

José Manuel

ESTIGACION Y ENSEÑANZA PARA LA ZONA TEMPLADA
INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA O.E.A.

INVESTIGACIONES AGRICOLAS "ALBERTO BOERGER"
RIO DE GANADERIA Y AGRICULTURA DEL URUGUAY

BIBLIOTECA Y SERVICIO DE DOCUMENTACION
Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas
DUPLICADOS
Autorizado su traspaso

igación de fertilidad de suelos
a la producción agrícola
en la zona templada

EDITADO POR
ERNST E. REYNAERT

IICA - ZONA SUR
MONTEVIDEO
1969

URUGUAY 630.277

I 59748 1969

**La investigación de fertilidad de suelos
para la producción agrícola
en la zona templada**



Impreso en Montevideo, Uruguay
1969

Todos los derechos reservados por el
Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O. E. A.
Prohibida la reproducción sin permiso.

CENTRO DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA PARA LA ZONA TEMPLADA
DEL INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA O. E. A.

CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS "ALBERTO BOERGER"
DEL MINISTERIO DE GANADERIA Y AGRICULTURA DEL URUGUAY

La investigación de fertilidad de suelos para la producción agrícola en la zona templada

EDITADO POR
ERNST E. REYNAERT

Edafólogo Proyecto UNDP/80
FAO/IICA Zona Sur



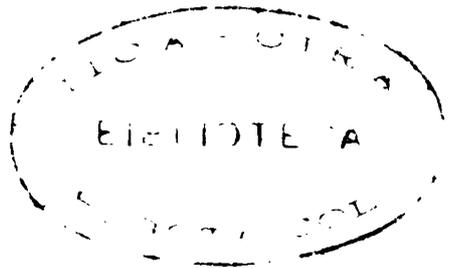
SIMPOSIO INTERNACIONAL
REALIZADO EN NUEVA HELVECIA (COLONIA), URUGUAY, 11-15 MARZO, 1968

NEA
Rd 59
@

Acto inaugural

Palabras de:

1. *Ing. Manuel Rodríguez Zapata*, Director Regional, IICA, Zona Sur.
2. *Sr. Luis M. Moris*, Sub-Secretario de Ganadería y Agricultura del Uruguay.
3. *Ing. Armando Conagin*, Director División de Agronomía del Instituto Agronómico de Campinas, Brasil.



**Palabras del Director Regional
del IICA, Zona Sur,
Ing. Manuel Rodríguez Zapata**

Señor Sub-Secretario de Ganadería y Agricultura del Uruguay, Señoras y Señores:

Nos complace haberos reunido para intercambiar vuestros conocimientos y experiencias con amplio espíritu americanista sobre los temas que comprende este Simposio Internacional sobre "La Investigación de Fertilidad de Suelos para la Producción Agrícola en la Zona Templada" y agradezco sinceramente vuestra presencia.

Por comprender la Zona Sur del IICA, que incluye a Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay, la mayor parte de la agricultura de clima templado de América Latina, el Instituto ha venido realizando desde 1962 un programa especialmente orientado a atender algunos de los aspectos de su desarrollo.

Con este fin en 1962 se firmó un acuerdo con el Ministerio de Ganadería y Agricultura del Uruguay para que en base a las facilidades y apoyo ofrecido a través de su Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", ubicado en La Estanzuela, el IICA operara un Centro Regional de Investigación y Enseñanza para la Zona Templada.

Dentro de las actividades que era posible promover a través del Centro, se dio prioridad a la investigación, a la enseñanza de postgrado y a la Extensión Agrícola como campos prioritarios a través de los cuales el IICA podría contribuir en mejor forma a los programas de desarrollo agrícola e institucionales de los países de la Zona Sur.

No es la ocasión para referirnos a lo que en este campo de acción se ha venido realizando por el IICA en asociación con el Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger" del Uruguay. Sólo destacaremos que en el campo de la enseñanza agrícola superior 30 Ingenieros Agrónomos y Veterinarios han participado en los cinco cursos al nivel de Magister Scientiae que la Escuela para Graduados del IICA ha venido ofreciendo desde 1963.

También a través de cursos cortos de especialización y adiestramiento en servicio han pasado por el Centro más de 50 profesionales interesados en Extensión Agrícola y Economía del Hogar, Fitotecnia y Fertilidad de Suelos.

La participación activa de los técnicos del IICA y del Proyecto FENU/80 radicados en La Estanzuela que han cooperado en la conducción de proyectos de investigación en Pasturas; Nutrición, Cría y Manejo de Ganado; Mejoramiento de Cereales y Fertilidad de Suelos que se realizan por el Centro de Investigaciones Agrícolas, nos ha permitido tomar algunas iniciativas para promover el intercambio de conocimiento científico en relación con estos campos de la investigación agrícola. Así, en 1964, se realizó un Primer Simposio sobre "Evaluación de Forrajes"; en 1966 efectuamos el Segundo Simposio sobre "Métodos in vitro para determinar el valor nutritivo en los forrajes" y hoy inauguramos nuestro Tercer Simposio sobre "Fertilidad de suelos para la producción agrícola en la Zona Templada".

En estos tres Simposios se han venido reuniendo en Uruguay más de 120 profesionales de la Zona Sur para intercambiar sus conocimientos y experiencias frente a estos problemas y hemos realizado dos publicaciones en base a los Simposios. Esperamos en esta ocasión también publicar los trabajos del Simposio y nos asiste la seguridad que él contribuirá a dilucidar problemas de especial trascendencia para promover un mejor uso de los fertilizantes y correctivos del suelo.

Nuestros países confrontan urgentemente la necesidad de incrementar la producción agrícola para hacer frente a una creciente demanda de productos agrícolas para satisfacer las necesidades de una población en rápido crecimiento y para aumentar sus exportaciones de productos agropecuarios. La fertilización y enmienda de los suelos permite, sin tener que incrementar el área cultivada, aumentar sustancialmente la producción al elevar los rendimientos unitarios como consecuencia de mejores niveles de fertilidad de los suelos.

Es notable la diferencia que existe en el consumo de fertilizantes entre los países del mundo desarrollado en relación a los países en desarrollo.

Así, de los datos estadísticos del "Análisis Anual de la Producción el Consumo y el Comercio Mundial de Fertilizantes" de FAO correspondiente a 1965 se desprende que: durante 1964/65 el consumo mundial de todos los fertilizantes ascendió en total a casi 40 millones de toneladas, cantidad superior al 10 % del año anterior; sin embargo, de ese total el consumo de América del Sur representa solamente el 1,8 % del nitrógeno (N), el 2,3 % del fósforo (P_2O_5) y el 1,6 % de la potasa (K_2O). En cambio, Europa, América del Norte, incluyendo a los Estados Unidos, Canadá y México, consumieron el 72,0 % del nitrógeno (N), el 71,6 % del fósforo (P_2O_5) y el 81,7 % de la potasa (K_2O).

Si bien estas cifras merecieran alguna corrección en función de población, son tan distantes de nuestros consumos que de por sí demuestran la gran distancia que nos encontramos de esos continentes en América Latina.

Otra forma de expresar estos datos comparativos del consumo de fertilizantes es referirlos a kg. de fertilizantes consumidos por Há. cultivada. De la misma fuente de información obtenemos las siguientes cifras:

	Consumo por Há. cultivada (Kgs.)	Consumo por habitante (Kgs.)
Europa Occidental	120	37,2
América del Norte	44	46,0
Japón	298	18,8
América Latina	12	5,7

Este promedio de consumo para América Latina es muy variable por países, siendo el Perú el único país de América Latina que alcanza a cifras comparables a los países desarrollados, debido a que es el mejor dotado de fuentes de fertilizantes como es el guano de aves marinas.

No obstante, este bajo consumo por Há., él representa un total de 779.000 toneladas para Sud América, valor que excede a U\$S 300 millones y una importación equivalente a un tercio de este valor.

Considerando la trascendencia de estas cifras, las que deberán incrementarse a corto plazo, es evidente la importancia que tiene que el consumo de los fertilizantes se haga con la máxima eficiencia posible.

Esto implica conocer la acción de un gran número de variables que tienen interacciones entre sí y que inciden en el uso de los fertilizantes y correctivos del suelo, haciendo muy compleja la respuesta acertada para las variadas condiciones en que se aplican los fertilizantes.

Sólo un desarrollo sistemático de las investigaciones y un perfeccionamiento de los métodos de trabajos pueden dar las respuestas deseadas, resultando en un ahorro de dinero, esfuerzo y en una mayor respuesta por las plantas al uso de los fertilizantes.

Tenemos esperanzas que el intercambio de ideas e informaciones que provocará este Simposio contribuirá a un mejor conocimiento de los métodos a aplicar en la investigación del uso de los fertilizantes en la Zona Templada de América Latina.

Sabemos que la investigación es básica para dar una mejor orientación a los agricultores en el uso eficiente de los fertilizantes.

Agradezco la cooperación que hemos recibido del Ministerio de Ganadería y Agricultura del Uruguay que siempre nos ha brindado su apoyo para cumplir con los fines del Centro de Enseñanza e Investigación que el IICA opera en La Estanzuela.

Deseo para ustedes que sea provechosa vuestra participación en el Simposio y grata vuestra estadía en este país que se destaca por su espíritu de apoyo a todas las iniciativas de confraternidad americana.

**Palabras del Subsecretario
de Ganadería y Agricultura
del Uruguay, Sr. Luis M. Moris**

Señor Director de la Zona Sur, Ing. Rodríguez Zapata, Delegados de FAO y Técnicos de los países de la Zona Sur de América Latina:

Es para mi un gran placer darles a todos ustedes la bienvenida en nombre del Gobierno de mi país y al par que desearles éxito en estas deliberaciones, desearles una feliz estadía en este país. Naturalmente que para el Gobierno del Uruguay es ésta una buena oportunidad de, conjuntamente con sus técnicos, cambiar ideas y a través de ellos, con los técnicos de los países especializados en fertilización. Nosotros naturalmente estamos muy interesados en este tema y no es la oportunidad ni es el lugar para manifestar los esfuerzos que se vienen haciendo de un tiempo a esta parte y enfatizados ahora, para procurar la mayor fertilidad de nuestros suelos a través de los tratamientos técnicos adecuados para ello, por medio de los organismos dependientes del Ministerio de Ganadería y Agricultura especializados en la implantación de praderas, el caso concreto del Plan Agropecuario, por ejemplo, por medio de los organismos del crédito oficial a través del establecimiento de créditos amplios a efectos de que el sector agrícola se vea también beneficiado con esta necesidad sustancial que es aumentar la producción en el mismo espacio, en la misma área, para todos los países del mundo, para todos los países de América Latina de la Zona Sur y, especialmente para nuestro país, tan limitado en su dimensión física.

Pero quiero decir entonces que, de acuerdo con el pensamiento del Gobierno, están ustedes en un país donde se están haciendo los máximos esfuerzos de parte de los gobernantes, de sus técnicos y sin ninguna duda de parte de los productores que a través de los Servicios de Extensión están recibiendo el adecuado consejo al cual contestan con contribuciones efectivas y además con una comprensión cabal del tema.

Yo creo que, como se decía por parte del Señor Director, tenemos que procurar en forma urgente, que haya un mayor consumo de nitrógeno, fósforo, potasio, que significarán sin ninguna duda el aumento de nuestra producción, el abatimiento de los costos para evitar los altos precios de nuestra producción

agraria y fundamentalmente para nuestro país, como para casi todos los países del área, es indispensable el aumento inmediato de la producción agropecuaria, puesto que en el caso concreto del Uruguay, el 98 % de las exportaciones básicas provienen del campo. Y no hay otra alternativa que aumentar esa producción, que tecnificar la producción cuyo déficit en tecnificación es harto elevado y buscar otros caminos que la técnica nos da para aumentar, vuelvo a decir de manera sustancial y de manera urgente, esa producción que para nosotros significa la vida misma, la sangre misma del país.

Quiero señalar que este acto es un acto de alta significación americanista, por lo tanto, sirve para conjugar necesidades comunes, para estudiar y afrontar con espíritu amplio y decidido problemas que son comunes de América Latina y particularmente de nuestra zona, para buscar nuevos caminos dentro del intercambio de ideas, del intercambio de información técnica y del intercambio de pensamientos fundamentalmente de unidad que debe presidir nuestra América. Hay cosas por sobre la división política natural, por sobre la división geográfica natural de nuestros países que están interdependientes y que están por encima de ellos mismos y que son los intereses comunes de esta parte del mundo, que deben conjugarse también de manera común para que podamos afrontar el destino, para que podamos afrontar el futuro con felicidad y con posibilidades. Sentimos, a veces, que la América Latina no ha conseguido armonizar sus intereses frente a otras zonas del mundo a las que no estamos opuestas, pero que se han defendido en forma global de una manera tal que nosotros no hemos podido hacer y este tipo de encuentros hechos sin espectacularidad y a través del estudio, del intercambio de ideas y de la discusión hecha en un lugar como éste donde no cabe otra cosa que ello y no la simple publicidad de algunos tipos de congresos, son, a veces, la manera efectiva, la manera concreta y práctica de llegar a caminos útiles que en otras oportunidades tal vez no puedan encontrarse.

De manera pues que, además de la alta significación técnica, de la alta significación científica que tiene este Simposio, yo siento la alta significación política, hablando en el sentido amplio de esta expresión, que tienen estos encuentros entre americanos que servirán para afianzar nuestra amistad y para además dar pasos optimistas en nuestro futuro.

En nombre del Gobierno de mi país, deseo el más amplio éxito a este Simposio y ofrecemos la más amplia colaboración de nuestra parte.

Muchas gracias.

Palabras del Ing. Armando Conagin

Señor Director de la Zona Sur, Señor Representante de la FAO, apreciado compañero Reynaert organizador de este Simposio, colegas y compañeros, estamos aquí y me siento honrado de representar a las personalidades de otros países que están presentes en este Simposio.

Quiero decir, complementando las palabras de don Manuel Rodríguez, que América Latina está teniendo una expansión de población del orden del 2,5 %, Brasil con más de 3 %, São Paulo con 3,5 %. Como nosotros, otros países de América Latina así como también otras regiones del mundo, están sufriendo una expansión poblacional muy grande y por ello están surgiendo problemas de superpoblación tan graves que puede decirse que se está estableciendo el hambre en algunos lugares del mundo.

A más podemos decir que como Ingenieros Agrónomos hemos procurado desarrollar la tecnología agrícola y también mejorar la agricultura en nuestros países; pero nuestros suelos han sido cultivados continuamente y han perdido su fertilidad. Pienso que el objetivo de este Simposio ha de ser útil para todos nuestros países en el sentido de alertarnos sobre la mejor forma para tratar de solucionar los problemas de fertilidad, ya sea discutiendo los aspectos de la investigación de campo, los aspectos de la investigación en laboratorio, de la invernáculos u otros aspectos ligados a la técnica experimental.

Ahora, considerando que el abonamiento, la fertilización y también el uso de correctivos de suelos, representan uno de los insumos más caros que deben ser sufridos por los agricultores, es nuestro punto de vista que todo lo que se pueda hacer en este Simposio en el sentido de procurar aclarar aspectos ligados a estos problemas, podrá ser muy útil para completar el desarrollo de la experimentación y posteriormente promover el mejoramiento de la fertilidad agrícola.

Como bien decía don Manuel, América Latina está gateando en el problema de la utilización de fertilizantes y correctivos. Este problema podrá mejorar lográndose una mayor productividad para nuestro agricultor, a partir del momento en que las nuevas formas de abonamiento puedan ser razonablemente recomendadas, evitando el mal uso de los fertilizantes, evitando los excesos o el uso insuficiente en ocasiones en que se debería usar mayor cantidad. En fin, el aspecto económico de la utilización de fertilizantes está íntimamente relacionado con otros aspectos de la experimentación agrícola.

Nuestros votos son para que este Simposio pueda a través de un debate franco, traer para todos nosotros nuevas luces y regresemos a nuestros países llevando la experiencia adquirida; son nuestros votos que a corto y a largo plazo el resultado de este Simposio pueda redundar en una mejor tecnificación de nuestros países, en la mejora de la fertilidad de nuestros suelos y en un progreso para nuestra agricultura.

Participantes

Ing. Agr. Angel Berardo,
Estación Experimental Agropecuaria
I.N.T.A.,
Casilla de Correos 276.
Balcarce,
ARGENTINA.

Quím. Ind. Albina Secondi de Carbonell,
Dirección de Suelos y Fertilizantes,
Ministerio de Ganadería y Agricultura,
Avenida Garzón 456.
Montevideo,
URUGUAY.

Ing. Agr. Alfonso Castronovo,
Instituto Interamericano de Ciencias
Agrícolas,
Casilla de Correos 1217.
Montevideo,
URUGUAY.

Ing. Agr. Armando Conagin,
Instituto Agronómico de Campinas,
Caixa Postal 28.
Campinas, Est. de São Paulo,
BRASIL.

Ing. Agr. Aluizio Duarte Cruz,
Instituto de Pesquisas y Experimentación
Agropecuaria,
Caixa Postal E.
Pelotas, R.G.S.,
BRASIL.

Ing. Agr. Nelson de Barros Barreto Herrero,
Facultad de Agronomía y Veterinaria,
Casilla de Correos 1036.
Asunción,
PARAGUAY.

Ing. Agr. Manuel José Gandarillas Infante,
Inst. de Investigaciones Agropecuarias,
Casilla 5427.
Santiago,
CHILE.

Dr. Andrew L. Gardner,
Especialista en Pasturas,
I.I.C.A.
Centro de Investigación y Enseñanza
para la Zona Templada,
Casilla de Correos 1217.
Montevideo,
URUGUAY.

Ing. Agr. Assis Rosa Gonçalves,
C.L.M. Palacio do Comercio,
8 andar.
Pelotas, R.G.S.,
BRASIL.

Ing. Agr. Elías Letelier Almeyda,
Inst. de Investigaciones Agropecuarias,
Casilla de Correos 5427.
Santiago.
CHILE.

Ing. Agr. Emilio Montero,
Economista Agrícola Adjunto,
I.I.C.A.,
Casilla de Correo 1217.
Montevideo,
URUGUAY.

Prof. John Murdock,
Convenio USAID/UFRGS,
Consulado Americano.
Porto Alegre, R.G.S.,
BRASIL.

Ing. Agr. Carlos Alfredo Puricelli,
Estación Experimental Agropecuaria,
INTA.
Marcos Juárez, Prov. de Córdoba,
ARGENTINA.

Ing. Agr. Manuel Rodríguez Zapata,
Director Regional Zona Sur,
I.I.C.A.,
Casilla de Correos 1217.
Montevideo,
URUGUAY.

Ing. Quím. Gotardo Schenkel,
Instituto de Investigación Agropecuaria.
Estación Experimental "Carillanca",
Casilla 58-D.
Temuco,
CHILE.

Ing. Agr. José Germano Stammel,
Departamento de Produção Animal,
Secretaría de Agricultura.
Facultad de Agronomía e Veterinaria
da UFRGS,
Avda. Bento Gonçalves 7712.
Porto Alegre, R.G.S.,
BRASIL.

Ing. Agr. Hernán Tejada,
Inst. de Investigaciones Agropecuarias.
Estación Experimental Chillán,
Casilla 426, Chillán,
CHILE.

Ing. Agr. Hermann Tobler
Bottini,
Dirección de Suelos y Fertilizantes.
Ministerio de Ganadería y Agricultura,
Avda. Garzón 456.
Montevideo,
URUGUAY.

Ing. Agr. María Calvelo de Valli,
Dirección de Suelos y Fertilizantes.
Ministerio de Ganadería y Agricultura,
Avda. Garzón 456.
Montevideo,
URUGUAY.

Ing. Agr. Antonio Carlos Torres
Vianna,
Cadeira de Geología Agrícola
Escola de Agronomia Eliseu Maciel,
Pelotas, R.G.S.,
BRASIL.

Ing. Agr. Marino J. R. Zaffanella,
Instituto de Suelos y Agrotecnia,
Cerviño 3101.
Buenos Aires,
ARGENTINA.

DIRECTOR DEL SIMPOSIO:

Ing. Agr. Ernst E. Reynaert,
Especialista en Fertilidad del Suelo,
F.A.O. - I.I.C.A.
Centro de Investigación y Enseñanza
para la Zona Templada,
Casilla de Correos 1217.
Montevideo,
URUGUAY.

SECRETARIO TÉCNICO:

Ing. Agr. Walter Couto,
Asilo 3291,
Montevideo,
URUGUAY.

Contenido

I.	Introducción. <i>Manuel Rodríguez</i>	pág. 3
II.	La evaluación de factores edáficos y ambientales que limitan los rendimientos en la producción agrícola, como punto de partida para las investigaciones en fertilidad de suelos	" 5
	1. Ataque de problemas regionales de productividad agrícola mediante análisis y síntesis ecológicos. <i>M. J. R. Zaffanella</i> y <i>M. Gemesio</i>	" 7
	DISCUSIÓN	" 56
	2. Estudio de la productividad del maíz en la Provincia de Santiago. <i>M. J. Gandarillas</i> , <i>E. Acevedo</i> y <i>R. García</i>	" 71
	DISCUSIÓN	" 89
III.	Desarrollo y coordinación de las investigaciones en fertilidad de suelos en los tres medios de trabajo	" 101
	3. Relaciones entre las investigaciones de campo, laboratorio e invernáculo en un programa de Fertilidad del Suelo. <i>E. Letelier</i>	" 103
	DISCUSIÓN	" 111
	4. Etapas de un programa para aumento da produtividade dos solos do Rio Grande do Sul. <i>J. C. Stammel</i> e <i>J. T. Murdock</i>	" 139
	DISCUSIÓN	" 149
IV.	El diseño experimental en la investigación de campo	" 169

5.	Consideraciones sobre diseños experimentales en la investigación de campo en fertilidad de suelo. <i>H. Tejada</i>	pág. 171
6.	Delineamentos experimentais utilizáveis na experimentação de campo. <i>A. Conagin, J. P. N. Jorge y W. R. Venturini</i>	" 183
	DISCUSIÓN	" 202
V.	Tecnología de la aplicación y evaluación de fertilizantes	" 227
7.	Eficiencia relativa de tres fertilizantes fosfatados en la fertilización inicial de pasturas. <i>E. E. Reynaert y J. L. Castro</i>	" 229
	DISCUSIÓN	" 246
VI.	Conclusiones	" 257

I Introducción

Introducción

El propósito del Simposio “La Investigación de Fertilidad de Suelos para la Producción Agrícola en la Zona Templada” ha sido el de reunir a los especialistas en fertilidad de suelos de los distintos países de la Zona Sur, particularmente de la Zona Templada, para promover un intercambio de experiencias y conocimientos en este campo. Se pretende conseguir este propósito a través de una libre discusión alrededor de 4 temas principales que fueron elegidos previamente:

1. La evaluación de factores edáficos y ambientales que limitan los rendimientos en la producción agrícola, como punto de partida para las investigaciones en fertilidad de suelos.
2. Desarrollo y coordinación de las investigaciones en fertilidad de suelos en los tres medios de trabajo:
 - 2.1 La investigación de campo.
 - 2.2 La investigación de laboratorio.
 - 2.3 La investigación de invernáculo.
3. El diseño experimental en la investigación de campo.
4. Tecnología de la aplicación y evaluación de fertilizantes.

En consecuencia, el Simposio ha dado énfasis a la discusión y en estas memorias el lector encontrará una relación completa de ellas, además de los trabajos presentados.

Este Simposio tiene todavía un carácter general, pues corresponde a una primera reunión, pero es el propósito del IICA tratar temas más especializados en los próximos simposios.

La elección del temario tomó en cuenta que se debe en primer lugar a que:

1. Las bases para la programación de investigaciones en fertilidad de suelos muchas veces no está todavía muy definida.

2. **Aparentemente, no hay armonía y adecuada proporción entre las investigaciones de campo, laboratorio e invernáculo y es escasa la vinculación con los trabajos de clasificación de suelos.**
3. **No existe suficiente conocimiento sobre las ventajas y desventajas de los distintos diseños experimentales utilizados en la investigación de campo.**
4. **Se subestima el aspecto de la tecnología de fertilizantes, es decir, la evaluación de los distintos fertilizantes y de la metodología de su aplicación.**

**MANUEL RODRÍGUEZ ZAPATA,
Director Regional IICA - Zona Sur.**

II. La evaluación de factores edáficos y ambientales que limitan los rendimientos en la producción agrícola, como punto de partida para las investigaciones en fertilidad de suelos

Ataque de problemas regionales de productividad agrícola mediante análisis y síntesis ecológicos

Segunda aproximación (1)

MARINO J. R. ZAFFANELLA y MATILDE GEMESIO (2)

Consideramos que un problema de productividad agrícola es el resultado desfavorable de una particular interacción de factores en un ambiente dado.

Conviene estudiar la interacción causante de un problema antes de intentar resolverlo. Esto significa conocer los elementos que la integran, y cómo actúan entre sí.

Una vez conocidos y comprendidos los problemas de productividad agrícola de una región, es posible darles un orden de prioridad y decidir su ataque, considerando la relación existente entre las dificultades de su estudio y su incidencia. Todo esto procura el ordenamiento de los recursos humanos y materiales disponibles en una región para tratar de resolver sus problemas de productividad agrícola.

La mayor utilidad del procedimiento puede esperarse en regiones con pocos antecedentes sobre la investigación de sus problemas agrícolas. Es también útil para evaluar lo hecho por centros de investigación en regiones más desarrolladas.

Por su naturaleza, este procedimiento es un estudio de situación. Con estos estudios ocurre, a veces, que se reúne una información difícil de analizar e interpretar por su magnitud y heterogeneidad. Por tal razón, hemos procurado hacerlo escueto para que resulte realizable y actualizable fácil y rápidamente. Lo ilustraremos con un ejemplo real: la zona de riego de la provincia de San Juan, integrada por los valles de Tulum, Ullúm y Zonda.

-
- (1) Primera aproximación: Zaffanella, M. J. R. y Matilde Gemesio de Zaffanella, 1967. Estructura de los problemas de productividad de algodónero en San Luis del Palmar, arroz en El Sombrerito y tabaco criollo en Goya, Corrientes. Buenos Aires, Instituto de Suelos y Agrotecnia, 17 págs., rotaprint.
- (2) Del Instituto de Suelos y Agrotecnia, INTA, Buenos Aires, República Argentina.

PRIMERA ETAPA. Corografía de la región estudiada (*).

Propósito. El objetivo de esta etapa es familiarizar al lector con la región en estudio, describiendo sucintamente sus principales características.

Procedimiento para preparar la corografía de la región estudiada. Mediante bibliografía y consultas informar sobre:

- 1) Ubicación, subdivisión y límites políticos de la región estudiada.
- 2) Latitud y longitud: valores extremos que encuadren al área.
- 3) Altura sobre el nivel del mar: valor medio en regiones llanas y rango de altitud en regiones montañosas.
- 4) Orografía y topografía: ubicación geográfica de los cordones montañosos importantes y descripción sucinta de las características más representativas del relieve y exposición.
- 5) Clima: temperaturas, lluvias, granizo, heladas, vientos predominantes, etc. Breve descripción de estos aspectos climáticos, con valores promedios, rangos, porcentuales.
- 6) Hidrografía: régimen de los cursos de agua, especialmente si existen períodos de estiaje. Incluir aguas subterráneas.
- 7) Suelos: clasificación taxonómica y características del perfil que puedan condicionar al crecimiento de plantas cultivadas.
- 8) Tipos de vegetación natural: formaciones fitogeográficas predominantes.
- 9) Elemento humano: indígena, inmigrante, número de habitantes, proporción en centros urbanos y en el campo.
- 10) Núcleos urbanos, ordenados por su importancia de acuerdo con cierto criterio: población, industrias, etc.
- 11) Actividades más importantes que sirven como medio de vida al elemento humano.
- 12) Propiedad rural y tenencia de la tierra: tipos de predios por actividad a la que estuvieran dedicados; tamaño medio y rango de los mismos; cantidad; proporción de ellos cultivados por sus propietarios o por arrendatarios, describiendo los sistemas de arrendamiento más importantes.

(*) Adaptado del esquema preparado por A. L. De Fina en: *Bosquejo de estudio corográfico de una región agrícola*, por R. Ramella. Ministerio de Agricultura, Servicio Téc. Ext. Nº 10, 1942, Buenos Aires.

- 13) Riego: descripción del complejo, origen de las aguas de riego, sistemas de almacenamiento y distribución, régimen legal y económico de los servicios de riego.
- 14) Vías de comunicación y medios de transporte.
- 15) Otras características de interés.

SEGUNDA ETAPA. Confección del mapa de unidades agroecológicas.

Propósito. El mapa de unidades agroecológicas expresa geográficamente el contenido agronómico de una región, necesario para elegir los sectores que por su importancia justifican el estudio de sus problemas de productividad.

La definición de unidades ecológicas ha sido intentada por otros autores. Azzi (*) ha desarrollado el concepto de unidad clima-suelo, a la que considera síntesis del ambiente físico.

Las situaciones típicas representadas por unidades clima-suelo son las siguientes:

1. Condiciones óptimas de clima y suelo.
2. Condiciones óptimas de clima y limitantes de suelo.
3. Condiciones limitantes de clima y óptimas de suelo.
4. Condiciones limitantes de clima y de suelo.

Según Azzi, un suelo en condiciones óptimas es aquel que no ofrece limitaciones en su dotación química potencial, balance hídrico (considerando resistencia a la sequía y al encharcamiento) y laborabilidad. Un suelo tal es representado por los símbolos: A₅, B₅, B'₅ y C₅, donde A, B, B' y C representan, respectivamente, dotación química, resistencia a la sequía, resistencia al encharcamiento y capacidad de labranza y el subíndice 5 el valor más favorable en una escala de cinco puntos.

En cada punto de un eje que reúna las condiciones climáticas extremas para un cultivo dentro de su región existe, según Azzi, toda una serie de suelos, desde los más aptos a los menos aptos para la condición climática de cada punto.

Papadakis (*) ha desarrollado el concepto de tipo de campo o tipo de tierra (land type), unidad que incluye todas las tierras en las cuales las condiciones ecológicas son suficientemente uniformes para un mismo cultivo incluyendo como tales a pasturas y forestales, conducido de la misma manera y con

(*) AZZI, G. 1947. *Ecología Agrícola*, 1 vol. Ministerio de Agricultura y Cría. Caracas.

(*) PAPADAKIS, J. 1964. *Soils of the world*, 1 vol. Buenos Aires.

los mismos rendimientos. Los tipos de tierra, entre otras cosas, difieren por los cultivos que en ellos se realizan, y esas diferencias pueden deberse a condiciones físicas del suelo, como su textura, o a circunstancias variables, como oportunidad de labranza en función del contenido de humedad del suelo o destino de los cultivos o rendimientos de los mismos, etc.

Según Papadakis, las principales diferencias entre regiones ecológicas amplias son climáticas. Los tipos de tierra son regiones pequeñas; entre ellas las principales diferencias son edáficas.

En los dos casos citados, los autores describen unidades considerando fundamentalmente las condiciones ambientales (edafoclima).

Según Azzi, la delimitación de las unidades clima-suelo requiere especialistas avezados que sepan interpretar la información existente.

Según Papadakis, la determinación de sus unidades requiere un equipo competente de especialistas que puedan realizar, simultáneamente, los estudios necesarios en ecología de cultivos, pedología, fisiografía, geología y vegetación natural de una región.

El concepto de unidad agroecológica que aquí desarrollamos toma en consideración todos los factores ambientales que sea posible distinguir como variantes en la región estudiada, incluyendo los aspectos de la actividad del hombre relacionados con el agro: en cualquier punto de una región agrícola coinciden factores de origen independiente, cuya interacción provoca los más diversos resultados. Así, por ejemplo, un suelo de textura fina o gruesa puede ser ondulado o llano, estar poco o muy subdividido y ser cultivado por arrendatarios o por sus propios dueños. La combinación suelo arenoso-ondulado-muy subdividido-arrendado es muy susceptible a la erosión. Las restantes combinaciones pueden serlo menos, pero resultar proclives a otros problemas, provocados por la interacción de los mismos factores al actuar con otras magnitudes.

Los límites entre unidades agroecológicas señalan *diferencias ambientales relativas*. No se establecen de acuerdo con escalas previamente elaboradas para cada factor diferenciante. En una región se distinguirá, por ejemplo, un sector más lluvioso de otro donde llueva menos. Cuando sea posible, se diferenciarán más de dos situaciones, sin que sea imprescindible referirse a la cantidad de milímetros de lluvia, porque antes de describir cosas es preciso distinguirlas.

Es, precisamente, la capacidad de distinguir niveles en las cosas, aunque no se las describa, lo que permite delimitar unidades agroecológicas contando solamente con la experiencia o la vivencia de gente conocedora de una región. Si para el levantamiento de unidades agroecológicas fuese indispensable la información cuantificada y registrada, de tan solo unos pocos

factores ambientales importantes, el trabajo, a lo sumo, podría hacerse en áreas restringidas, donde ya exista esa información, pero no, en las regiones más necesitadas de asesoramiento. Sólo después de haber distinguido las unidades agroecológicas se las podrá describir, con la información disponible.

En el cuadro titulado "Descripción de unidades agroecológicas" mostramos las 16 unidades agroecológicas que surgen al considerar dos situaciones de textura, relieve, división y tenencia de la tierra.

En el cuadro las equis de las columnas permiten ver en qué características una unidad agroecológica coincide o se diferencia de otras. Las equis de las líneas permiten estimar cuáles unidades agroecológicas poseen una misma característica.

DESCRIPCION DE UNIDADES AGROECOLOGICAS

Características diferenciantes	N ú m e r o															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Textura fina	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
Textura gruesa										X	X	X	X	X	X	X
Relieve llano	X	X	X	X					X	X	X	X				
Relieve ondulado					X	X	X	X					X	X	X	X
Mesofundio	X	X			X	X			X	X			X	X		
Latifundio			X	X			X	X			X	X			X	X
Propietario	X		X		X		X		X		X		X		X	
Arrendatario		X		X		X		X		X		X		X		X

Procedimiento para el levantamiento de unidades agroecológicas.

Hemos preparado una lista básica de factores ambientales, que al variar en una región agrícola pueden dar origen a unidades agroecológicas diferentes. Al respecto véase el Anexo 2. La lista básica de factores no puede ser completa. Con frecuencia aparecen características locales que deben ser mapeadas. Queda a criterio de quien haga el trabajo considerarlas o no.

Para ejecutar el relevamiento se requieren mapas, informantes y los medios para recorrer la región y realizar obser-

vaciones rápidas. Pueden servir simples mapas catastrales. Se prefieren, desde luego, mapas más informativos. Las escalas convenientes son aquellas que no superan la relación 1:50.000. Son muy convenientes las escalas 1:10.000 a 1:20.000. Son buenos informantes los agrónomos, los gerentes de cooperativas agrícolas, los agricultores evolucionados.

Elegido el sector de trabajo y los informantes, se procederá a interrogarlos sobre cada uno de los factores de la lista, tratando de establecer cuáles manifiestan diferencias en el sector y por donde corre el límite de esas diferencias. Como la apreciación es subjetiva, se requerirá la consulta de varios informantes sobre un mismo sector. Quien esté a cargo del levantamiento del mapa tratará de establecer el límite más seguro después de haber consultado a varios informantes. Para facilitar el trabajo pueden utilizarse hojas transparentes, en cada una de las cuales se trazarán los límites de unos pocos factores, a fin de no hacer muy confuso el dibujo. La superposición de todas las hojas permitirá trazar el contorno de las unidades agroecológicas.

En el Anexo 3 ilustramos el proceso, simplificando el caso real tomado como ejemplo. El Anexo 4 es el mapa final de unidades agroecológicas del ejemplo y el Anexo 5 es el cuadro de descripción sucinta de esas unidades.

Una vez levantado el mapa de unidades agroecológicas corresponderá verificar su precisión. Esto es indispensable porque el trazado de sus límites ha sido hecho de manera subjetiva. Un procedimiento de verificación consiste en cubrir el mapa de la región con un retículo de adecuada densidad, obtener una muestra estadísticamente representativa del total de cuadrículas y verificar sobre el terreno la proporción de cuadrículas con descripción acertada.

Otro procedimiento menos preciso, pero más expeditivo, consiste en elegir trayectos que atraviesen el mayor número posible de unidades agroecológicas y verificar sobre el terreno el grado de precisión de sus límites.

TERCERA ETAPA. *Determinación de la prioridad de estudio de las unidades agroecológicas.*

Propósito. Los recursos disponibles para el estudio de los problemas de rendimiento de una región agrícola deben concentrarse sobre los más importantes. La división de la región en sus unidades agroecológicas facilita ese propósito porque puede establecerse un orden de prioridades de estudio de esas unidades, con lo cual se logra ordenar el estudio de la región entera.

A veces es fácil decidir cuáles son las unidades agroecológicas más importantes. Otras veces es difícil. Nos ocuparemos de esta segunda situación.

Procedimiento para determinar la prioridad de estudio de las unidades agroecológicas de una región.

Para aplicar este procedimiento resulta indispensable contar con un grupo de consultores que tengan un buen conocimiento de la región y sus problemas.

Se tomará la primera unidad agroecológica de la serie y se la comparará con la segunda. Mediante intercambio de opiniones con el grupo de consultores se establecerá cuáles son las razones que determinan la preferencia por una de las dos unidades.

Sea, por ejemplo, que se haya elegido la unidad agroecológica 1 porque en ella hay mayor densidad de productores. Se preparará una escala sencilla para el factor diferenciante y con ella se lo medirá en todas las unidades agroecológicas. Conviene que las escalas tengan pocos grados para facilitar la decisión de la calificación. Nos ha dado buenos resultados emplear una escala de tres grados: bajo, mediano y alto, con la posibilidad de utilizar grados intermedios y extremos: cero o vestigios y máximo o muy alto. Se comparará a continuación la unidad agroecológica 1 con la 3; se decidirá cuál es más importante y porqué. El factor o factores de decisión deberán ser medidos en las restantes unidades agroecológicas, que ya han recibido puntos por primer cotejo. El proceso se repetirá hasta finalizar la comparación de todas las unidades agroecológicas con la primera y después los cotejos posibles restantes.

Tendrá primera prioridad la unidad o unidades agroecológicas que reúnan el mayor número de puntos.

Es posible que aparezcan unidades agroecológicas en posición considerada incorrecta dentro del ordenamiento establecido. Esto puede ocurrir por haberse asignado los mismos puntos a escalas con grados de distinto valor. En tal caso deberá realizarse un cotejo entre los factores para establecer su orden de importancia relativa, corrigiendo las escalas.

En resumen, lo que se procura con este procedimiento es trabajar sistemáticamente para evitar omisiones en el proceso de cotejo, y realizar una cuidadosa labor de análisis que eluda, en lo posible, decisiones basadas en juicios confusos.

Nótese que el procedimiento no utiliza una lista de factores de aplicación universal, sino a los que tienen importancia real en la región estudiada y que surgirá al cotejar las unidades agroecológicas. A veces esos factores son tan locales que tienen vigencia en áreas muy restringidas.

CUARTA ETAPA. *Estudio de problemas de productividad mediante cultivos.*

Propósito. Una vez dividida la región en sus unidades agroecológicas habrá llegado el momento de iniciar el estudio de sus problemas de productividad más trascendentes, que serán los de las unidades agroecológicas más importantes.

Consideramos que los cultivos constituyen un buen medio para llegar a comprender los problemas de productividad, porque, si en la interacción ambiental existen condiciones limitantes de la productividad agrícola, éstos deben manifestarse directa o indirectamente a través de los cultivos, que pasan a ser aquí entidades ecoindicadoras.

Procedimiento para el estudio de problemas de productividad mediante cultivos.

Se comenzará por seleccionar informantes competentes; pueden ser agentes de extensión, gerentes de cooperativas agrícolas, técnicos de estaciones experimentales, productores, etc.

El trabajo se verá facilitado si se prepara una breve descripción de la técnica cultural propia del cultivo elegido como ecoindicador. La indagación se hará sobre el cultivo en el lote, potrero, cuartel o como se llame a la unidad de explotación dentro del predio agrícola, recordando con insistencia al informante que se hablará de esas unidades en predios o fincas que él conozca dentro de la unidad agroecológica elegida. Se aceptarán como factores limitantes a los de acción negativa evidente y a aquellos cuyos efectos adversos puedan sospecharse o explicarse razonadamente; este aspecto del procedimiento no se resuelve por el sistema de encuestas. No se requiere la consulta de muchos informantes sino la de pocos competentes, con los cuales será indispensable dialogar hasta dejar en claro las relaciones entre factores ambientales y el rendimiento o de los mismos factores ambientales entre sí. Convendrá la consulta aislada de los informantes. Las dudas deberán ser dilucidadas por el aporte de nueva información y por observaciones directas. Cuanto más competentes sean el investigador y sus informantes tanto mejor resultará el trabajo. Debe tenerse bien presente que se logrará una visión del problema por la información de un grupo, lo cual dará, en el mejor de los casos, una buena aproximación a la verdad.

El subjetivismo de esta etapa podrá ser neutralizado, en parte, al disponerse de varias fuentes de información, cuyos aportes permitirán obtener una resultante única.

Como cultivos indicadores se elegirán aquellos que, además de ser importantes, cubran con sus ciclos distintas estaciones del año, a fin de valorar, lo más completamente posible, las condiciones ambientales. Este propósito se ve limitado en regiones con monocultivos. Tal, precisamente, el caso que tomamos como ejemplo, pero como en la región estudiada no se realizan cultivos invernales, sólo interesan las características ambientales de esa estación que puedan incidir después en la marcha del cultivo. Por ejemplo, la magnitud de las nevadas en relación con las disponibilidades futuras de agua de riego durante el período vegetativo activo de la vid.

Para que la indagación resulte sistemática, hemos preparado una lista básica de factores que pueden resultar limitantes del rendimiento y una planilla de registro de la información de acuerdo con cierto orden y técnica, que facilita el análisis de la acción de los factores limitantes del rendimiento, Anexo 6 y Anexo 7, respectivamente.

- 1) *Instrucciones para el registro de factores ecológicos participantes en un problema de rendimiento.* Para cada informante se utilizará una planilla, cuyos detalles pueden consultarse en el Anexo 6. Hemos ilustrado este aspecto con el caso de la vid productora de uva para vinificar, en la unidad agroecológica N^o 34, correspondiente al departamento de Cauce, en el valle de Tulum, San Juan.

Comentaremos aspectos de la planilla que merezcan alguna aclaración.

1. ENCABEZAMIENTO.

- 1.1. "Factores que participan en el problema de productividad de...".
 - 1.1.1. Indicar el cultivo que se analizará. Ejemplo: 1) algodón; 2) tabaco criollo misionero.
 - 1.1.2. Cuando sea necesario, agregar a 1.1.1. la aplicación o destino del producto. Ejemplo: alfalfa para corte.
- 1.2. "En la unidad agroecológica". Anotar el número que se le ha asignado a la unidad en el croquis de unidades agroecológicas.
- 1.3. "Informante".
 - 1.3.1. "Número". Anotar el número correlativo del informante para cada problema de productividad, en cada unidad agroecológica.
 - 1.3.2. "Calificación". La que merezca el informante, en cuanto a conocimiento del problema, certeza de la información, etcétera. Categorías: bueno, regular, malo.

2. COLUMNAS.

2.1. "Factor participante".

2.1.1. "Número (A)". Número correlativo del factor que participa en el problema de productividad.

2.1.2. "Descripción (B)".

2.1.2.1. Enunciar el factor. Ejemplo: 1) granizo; 2) parásitos del suelo.

2.1.2.2. Cuando sea necesario, agregar a 2.1.2.1. cualidades del factor en relación con sus efectos sobre el problema de productividad considerado. Ejemplo: 1) lluvias torrenciales; 2) poda pobre.

2.1.2.3. Cuando sea necesario, agregar a 2.1.2.1. ó 2.1.2.2. la época del año y/o el momento en que el factor actúa. Ejemplo: 1) heladas en primavera; 2) nieblas prolongadas en otoño; 3) vientos fuertes cuando la alfalfa está cortada, antes de enfardar; 4) huelgas cuando la caña de azúcar está cosechada.

2.2. "Acción directa del factor".

2.2.1. "Durante el crecimiento y el desarrollo". A veces el efecto del factor no se aprecia en la planta, sino sobre el producto terminado y/o elaborado: Ejemplo: 1) salitre (columna "B"), afecta al tamaño y al gusto de la uva; 2) salitre de sabor amargo al vino.

2.2.1.1. "Sobre la planta".

2.2.1.1.1. "Efecto (C)". Anotar sólo descripciones de efectos directos sobre la planta (simples, no compuestos). Ejemplo: El factor "poda inadecuada" (columna "B"), contribuye a que sea poco vigorosa la brotación de la vid observada en enero ("pobre brotación en enero", en columna C). Las aclaraciones sobre los efectos de una brotación que se manifiesta poco vigorosa en enero (menores crecimiento de planta y producción de uva al año siguiente), deben anotarse como observación complementaria a la planilla, lo cual facilitará el análisis de la matriz fenológica, según se verá más adelante.

2.2.1.1.2. "Frecuencia (D)". Anotar el grado de frecuencia con que actúa, según la escala: A, con poca intensidad; B, con mediana intensidad; C, muy intensamente. Pueden anotarse grados intermedios.

2.2.1.2. "En el cultivo". Consignar la acción del factor en el lote cultivado, no sobre la planta aislada.

2.2.1.2.1. "Forma como se manifiesta (F)". Puede presentarse en forma de manchones, franjas, generalizado, o cualquier otro patrón, como, por ejemplo, en cabeceras o pie de tablones de riego.

- 2.2.1.2.2. "Proporción (G)". Proporción del cultivo que el factor afecta en el lote, según grados: A, cuando afecta 30 % del cultivo; B, del 30 al 60 %; C, cuando ejerce acción sobre más del 60 % del cultivo.
- 2.2.2 "Sobre el producto terminado". Producto terminado (maduro), es todo órgano (hojas, rama, flor, fruto, etc.), fisiológicamente desconectado de la planta, aunque permanezca unido a ella.
- 2.2.2.1. "Antes de cosechado". El producto está terminado, pero aún unido a la planta. Ejemplo: 1) semillas de forrajeras, a ya maduras, pero fisiológicamente desconectadas de la planta, pueden ser volteadas por vientos antes de la cosecha; 2) hojas maduras de tabaco, pero aún no cosechadas, pueden ser dañadas por granizo.
- 2.2.2.1.1. "Efecto (H)". Deben figurar solamente los efectos directos (simples), del factor sobre el producto terminado, aún unido a la planta, y en modo alguno vinculaciones entre efectos. Ejemplo: El viento voltea semillas maduras de forrajeras. No debe decirse que el viento que voltea semillas de forrajeras produce menor rendimiento, porque esta es una acción directa de la caída de semillas, o indirecta del viento.
- 2.2.2.1.2. "Frecuencia (I)". Como 2.2.1.1.2.
- 2.2.2.1.3. "Intensidad (J)". Como 2.2.1.1.3.
- 2.2.2.1.4. "Proporción (K)". Como 2.2.1.2.2.
- 2.2.2.2. "Después de cosechado". El producto ha sido cosechado, pero no consumido, ni retirado ni elaborado.
- 2.2.2.2.1. "Efecto (L)". Deben figurar solamente los efectos directos (simples), del factor sobre el producto ya cosechado, pero no vinculaciones entre efectos. Ejemplo: Las huelgas, cuando la caña de azúcar está cosechada producen demora en la entrega de caña para molienda; cuando se demora la molienda de la caña cortada se produce inversión de la sacarosa. El efecto directo de las huelgas es en la demora de entrega de caña; la inversión de sacarosa es un efecto directo de la demora en la molienda e indirecto de las huelgas.
- 2.2.2.2.2. "Frecuencia (M)". Como 2.2.1.1.2.
- 2.2.2.2.3. "Intensidad (N)". Como 2.2.1.1.3.
- 2.2.2.2.4. "Proporción (O)". Como 2.2.1.2.2.
- 2.3. "Acción indirecta del factor". Se ejerce cuando el factor no actúa directamente sobre la planta o sus productos, antes o después de cosechados, sino que actúa sobre otros factores que, a su vez, ejercen su acción directamente sobre ellos o sobre factores indirectos. Ejemplo: 1) el relieve desuniforme condiciona una distinta distribución del agua en el suelo y se producen áreas más secas, donde las

plantas de alfalfa tienen menor desarrollo. El factor relieve desuniforme tiene acción directa sobre la distribución del agua en el suelo, pero su acción sobre la planta es indirecta; 2) la mala administración del agua de riego no procura la construcción de desagües públicos; la falta de desagües públicos no permite construir desagües privados; la falta de desagües contribuye al revenimiento; el revenimiento impide el crecimiento de hortalizas. Aquí el único factor que tiene acción directa sobre el cultivo es el revenimiento, y los demás actúan sobre otros, y su acción es indirecta sobre las plantas.

- 2.3.1. "En relación con otros factores".
 - 2.3.1.1. "Ecológicos (P)". Factores del ambiente en el cual la planta crece, exteriores a ella. Ejemplo: 1) encharcamiento; 2) arañuela; 3) salitre.
 - 2.3.1.2. "Fenológicos (Q)". Manifestaciones en la planta de alguna condición adversa del ambiente. Ejemplo: 1) brotación retrasada; 2) amarillamiento prematuro del follaje; 3) caída extraordinaria de capullos.
 - 2.3.1.3. "Descripción (R)". Enunciar el factor condicionante, como se hizo en 2.1.2.
- 2.3.2. "Frecuencia (S)". Anotar la frecuencia con que actúa el factor participante, según la escala señalada en 2.2.1.1.2.
- 2.3.3. "Proporción (T)". Anotar la proporción de área donde el factor actúa adversamente, según la escala indicada en 2.2.1.2.2.

2) *Estudio de la interacción de los factores ambientales. La matriz ecológica.*

Una vez finalizado el registro de los factores participantes en el problema de productividad del cultivo elegido, se analizarán las relaciones que puedan existir entre esos factores, de acuerdo con las siguientes posibilidades: I) No se advierte relación alguna entre un factor y otro; II) Un factor contribuye en forma directa, total o parcialmente, a la forma en que se manifiesta el otro factor. III) La forma de manifestación de un factor es el resultado total o parcial de la acción de otro factor.

Para facilitar este análisis, los factores se dispondrán en cuadro, de manera que el primer factor encabece la primera columna y la primera línea del cuadro y los factores sucesivos las siguientes columnas y líneas. Hemos denominado "matriz ecológica" a este ordenamiento, que ilustramos en el Anexo 8.

Para el estudio de la interacción se comienza por el factor que encabeza la primera columna y se analiza su vinculación

con el factor de la segunda línea, tratando de establecer el tipo de relación existente entre ellos, de acuerdo con los tres indicados más arriba. Para facilitar el trabajo bastará tratar de establecer si el factor cabeza de columna contribuye en forma directa, total o parcialmente, a la forma en que se manifiesta el factor de la segunda línea. Si tal fuera la situación se anotará una "C" en el casillero correspondiente. Si fueran independientes, o el factor cabeza de columna, fuese, por su forma de manifestación, un resultado parcial o total del factor de la segunda línea, el casillero se dejará en blanco.

Deberán tenerse en cuenta las siguientes observaciones: 1) la letra "C" sirve para indicar una relación directa entre dos factores, no las indirectas que puedan existir por medio de otros factores; 2) si al analizar la relación entre dos factores aparecen otros vinculados a ellos, que no hayan sido indicados en la planilla de registro, antes de proseguir el análisis de relaciones entre factores, se procederá a registrarlos en la planilla y analizarlos en ella, según las normas dadas; 3) el estudio de la relación entre dos factores debe hacerse considerando el caso particular y no la relación general que pueda vincularlos. Ocurre a veces que un caso particular hace excepción a una regla general; 4) cuando se considere que hay relación entre dos factores debe explicarse el mecanismo de esa relación; 5) el trabajo se verá facilitado si se realiza con el auxilio de personas competentes.

Consideremos un ejemplo: si se estudia la relación entre capa freática salina alta y revenimiento, se anotará una "C" en la línea revenimiento y columna capa freática salina, porque en el caso considerado el ascenso de ésta contribuye a la aparición de sales en superficie. No se indicará relación alguna entre falta de desagües y revenimiento, aunque evidentemente la haya, porque la relación no es directa; en efecto, la falta de desagües contribuye a la elevación de la capa freática salina y ésta, a su vez, a la aparición de sales en la superficie del suelo.

Una vez finalizado el análisis del último factor cabeza de columna se procederá a anotar una letra "E" en todas las posiciones simétricas de las "C". Así, por ejemplo, si en la cuarta columna y décima línea figurara una letra "C" deberá anotarse una letra "E" en el casillero intersección de la décima columna y cuarta línea. En efecto, si el factor de la cuarta columna contribuye a la forma en que se manifiesta el factor de la décima línea, éste es, en alguna medida, un efecto.

Una vez llenada la matriz con las letras "E" se procederá a una primera verificación del trabajo realizado, consistente en considerar si las relaciones de tipo "E" son razonamientos correctos. Se verá, siguiendo con el ejemplo, si satisface afirmar que el revenimiento es un efecto o resultado de la capa freática

salina alta. Como las relaciones de tipo "E", no fueron razonadas, sino indicadas como recíprocas de las relaciones de tipo "C", que fueron las razonadas, ocurrirá que si ha habido algún vicio de razonamiento en la relación de tipo "C" se facilitará su evidencia al realizar el razonamiento inverso.

3) *Estudio de los diversos aspectos del problema de rendimiento en sí. La matriz fenológica.*

A continuación se procederá a analizar el problema de rendimiento en sí mismo, vale decir, que aspectos del cultivo se ven afectados y qué relación existe entre esos aspectos. Para cumplir con este propósito se volverá a la planilla de registro de factores participantes en el problema. En la columna "C" de esa planilla se han registrado los efectos que sobre el crecimiento o el desarrollo de la planta y sus partes ha provocado cada factor. Con los diversos efectos encontrados se preparará una segunda matriz, que hemos denominado matriz fenológica, en la que deberán indicarse las relaciones que se considere existan entre los diversos aspectos del problema de rendimiento. Al respecto, consúltese el Anexo 9.

QUINTA ETAPA. *Síntesis del problema de productividad. Estructura del problema.*

Propósito. Es un hecho que en la interacción de factores que provocan un problema de rendimiento algunos factores actúan directamente sobre el cultivo y otros lo hacen en forma indirecta. Hasta ahora, la forma más avanzada de expresar el rendimiento como función de una interacción es el de las ecuaciones matemáticas. En estas ecuaciones cada factor estudiado es un término determinado. Al asignar valores a los términos se resuelve la ecuación, obteniéndose un resultado que expresa cuantitativamente, y con cierta aproximación, la magnitud del rendimiento. Pero este lenguaje matemático no permite ver las interdependencias de los factores, aunque se le asigne a cada factor su justo valor relativo. Las relaciones entre factores deben ser conocidas para evitar un resultado frecuente: la solución muy parcial del problema de rendimiento. Con alguna frecuencia los resultados logrados en un experimento no son viables al nivel del cultivo, porque la realidad no ha sido debidamente contemplada. Así, por ejemplo, se logrará poco impacto en la realidad al pretender corre-

gir los suelos alcalinos de una región bajo riego por el simple hecho de haber determinado experimentalmente la dosis de los correctivos de alcalinidad, si no se realizan las obras de desagües, al nivel privado y público, que permitan desalojar los productos de la corrección y contribuyan a mantener la capa freática salina alejada convenientemente de la superficie del suelo.

Con lo que aquí llamamos estructura de un problema de productividad pretendemos mostrar, de manera gráfica y esquemática, cuáles son las relaciones de los factores detectados, entre sí y con el rendimiento. Conviene señalar en este momento que también el problema de rendimiento en sí es algo complejo, cuya estructura debe ser estudiada. Si se toma el cultivo que aquí nos sirve de ejemplo, una escasa cosecha de uva para vinificación puede deberse a limitaciones propias del período vegetativo actual y también a las que derivan de situaciones críticas en el ciclo precedente, determinantes entonces de un escaso vigor que afecta al del ciclo presente. Un bajo rendimiento puede deberse a la producción de pocos racimos bien formados o a la de muchos deficientes. En uno y otro caso, el conjunto de factores ambientales determinantes del problema puede ser parcial o totalmente distinto.

Procedimiento para la diagramación de la estructura de un problema de productividad.

El procedimiento que hemos desarrollado permite diagramar las relaciones existentes entre los factores ecológicos, entre los aspectos fenológicos, las vinculaciones entre la estructura ecológica y la fenológica del problema de productividad y las resultantes finales del problema. Se comenzará por la diagramación de las relaciones entre los factores ambientales (ecológicos), de acuerdo con las siguientes instrucciones.

Concatenación de factores. Para explicar el procedimiento tomaremos el caso de la vid en la unidad agroecológica 35, de la zona de riego del río San Juan, que estamos usando como ejemplo. Se analizan sucesivamente los factores que en la matriz ecológica, Anexo 7, reúnen solamente letras "C" en sus columnas a (factores 1, 4, 10, 12, 20, 25 y 28); los que inciden directamente sobre factores fenológicos (factores 11, 13 y 16); los que condicionan a resultantes finales del problema (factor 29).

Desarrollaremos el caso del factor 25. El condiciona a los factores ecológicos 17, 18, 19 y 24, en consecuencia se tiene:

I 25: 17 18 19 24

El factor 17 actúa sobre los factores ecológicos 6, 8 y 9 y fenológicos B, C y J. Se tacha 17 de I y se tiene:

II 17: 6 8 9 B C J

El factor 6 condiciona a los factores ecológicos 8 y 9 y a los fenológicos B, C, D, E y J. Se tacha 6 de II y se tiene:

III 6: 8 9 B C D E J

El factor 8 condiciona a los factores fenológicos C y G. Se tacha 8 de III y se tiene:

IV 8: C G

Se termina así el análisis ecológico de un factor, el 8 y se prosigue con el factor condicionado por más factores, en el ejemplo el 9, de igual categoría que el 8, por lo cual se escribirá en su misma columna. El factor 9 condiciona el factor fenológico I. Se tacha 9 de III y se tiene:

V 9: I

Se termina así el desarrollo del factor 17. Se prosigue el análisis del primer factor ecológico que se encuentre sin tachar contando desde la última línea considerada (en este caso la V), hacia arriba (en este ejemplo el 18, de igual categoría que el 17 en I).

El factor 18 condiciona al factor ecológico 7 y al fenológico M. Se tacha el 18 de I, y se tiene:

VI 18: 7 M

El factor 7 condiciona al factor ecológico 6 y al fenológico F. Se tacha 7 de VI, y se tiene:

VII 7: 6 F

Como el factor 6 ya ha sido analizado (III a V), a fin de no repetir su desarrollo, se tacha de VII y se tiene:

VIII 6!

Se termina así el desarrollo del factor 18 y se prosigue con el siguiente factor sin tachar, contando de abajo hacia arriba, en este caso el 19, de igual categoría que los factores 17 y 18, por lo que se escribirá en su misma columna.

El factor 19 sólo condiciona al factor ecológico 7. Se tacha 19 de I y se tiene:

IX 19: 7

Como el factor 7 ya ha sido analizado (VII-VIII), se tacha de IX y se tiene:

X 7!

Se termina así el análisis del factor 19 y se prosigue con el 24, de igual categoría (I).

El factor 24 condiciona a los factores ecológicos 7 y 23. Se tacha 24 de I y se tiene:

XI 24: 7 23

Como 7 ya ha sido desarrollado en VII y VIII, se tacha de XI y se tiene:

XII 7!

Se prosigue el análisis con el último factor sin tachar, el 23, que condiciona únicamente al factor ecológico 7. Se tacha 23 de XII y se tiene:

XIII 23: 7

Se tacha 7 de XIII y se tiene:

XIV 7!

Al resumir el proceso, y tachar lo que corresponda, se tiene:

I	25:	17 *	18 *	19 *	24 *				
II		17:	6 *	8 *	9 *	B	C	J	
III			6:	8 *	9 *	B	C	D	E
IV				8:	C	G			
V				9:	I				
VI		18:	7 *	M					
VII			7:	6 *	F				
VIII				6!					
IX		19:	7 *						
X			7!						
XI		24:	7 *	23 *					
XII			7!						
XIII			23:	7 *					
XIV				7!					

Las cifras que tienen * a un costado, significa que se tachan

Si en el proceso se advierte que un factor que condiciona a una línea aparece condicionado en otra inferior de la misma cadena se estará ante un error de razonamiento, que escapó al primer nivel de verificación, en el análisis de la matriz ecológica. Supóngase, por ejemplo, en un ejemplo hipotético, que el factor 16 condicionase al 15, el 15 al 19 y el 19 al 16. No puede ser que el 19 condicione al 16, puesto que si el 19 es un efecto del 16, el 16, a través del 15, no puede ser su causa. Constituye éste el segundo nivel de verificación, al que nos referimos anteriormente.

Cuando se produzcan estos círculos viciosos o políadas circulares (a veces se crea un circuito con la participación de varios factores), debe detenerse el proceso y revisar los razonamientos en conflicto hasta descubrir al que sea falso o menos consistente.

Diagramación. Una vez terminada la concatenación de todos los factores dependientes del factor causante considerado (25 en el ejemplo), corresponde hacer su diagramación, según se indica en el gráfico de la página siguiente.

Una vez preparados los diagramas de todos los factores que sólo reúnen letras "C" en sus columnas, corresponderá realizar el ensamble de esos diagramas. Como algunos de los factores pueden figurar en cadenas de varios diagramas hay que realizar ligaduras más o menos complicadas, que pueden modificar a algunos de los diagramas originales.

Se realizan luego, de igual manera, la concatenación de factores y se construyen los diagramas de los factores fenológicos.

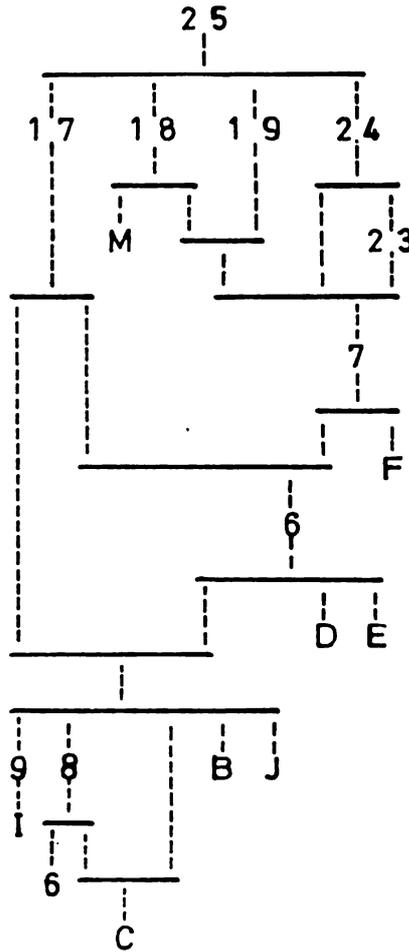
Finalmente, se ensamblan todos los diagramas por medio de los factores ecológicos con acción directa sobre factores fenológicos o sobre las resultantes finales del problema.

El diagrama final del caso que hemos tomado constituye el Anexo 10.

SEXTA ETAPA. *El ataque del problema de productividad.*

Propósito. El propósito de esta etapa es la selección de las vías más convenientes para resolver, en la medida de lo posible, un problema de productividad. La estructura del problema, diseñada en la etapa anterior, permitirá elegir los caminos más convenientes, apreciar el grado de complejidad del problema y abrir juicio acerca de si será factible o no resolverlo en grado satisfactorio.

Creemos que cuanto más trascendente es un factor dentro de la estructura de un problema, más se justifica invertir recursos en un intento de resolver las dificultades que plantea. Denominaremos índice de factibilidad (IF), a la relación que existe entre la dificultad relativa y la importancia o incidencia



relativas del factor a estudiar dentro de la estructura del problema. Si el factor tiene importancia en la estructura del problema se justificará, dentro de ciertos límites, invertir recursos costosos para estudiarlo. A veces, un factor de poca importancia no justifica la inversión aun de recursos moderados, porque de la relación entre su dificultad de estudio y su importancia resulta poco conveniente atacarlo.

Procedimiento para seleccionar las vías de ataque de un problema de productividad.

Se comenzará por seleccionar aquellos factores de la estructura ecológica que se vinculan directamente a aspectos de la estructura fenológica del problema. En el caso que venimos tomando como ejemplo, la capa freática salina alta debe ser seleccionada, porque su acción se ejerce directamente sobre el cultivo. En cambio, no debe seleccionarse el factor desagües (privados o públicos), porque no actúan directamente sobre el cultivo, sino sobre la capa freática, pero de todos modos serán tenidos en cuenta en cierto momento del proceso de cálculo.

En el Anexo 13 figuran los factores que actúan directamente sobre el cultivo, y que por tal razón serán estudiados. Para cada uno de esos factores se calculará su índice de factibilidad (IF), cuyo detalle damos en el Anexo 12, utilizando los puntos otorgados en el Anexo 11.

Se expresa el índice de factibilidad (IF), con la siguiente fórmula:

$$IF = \frac{ID_r}{II_r} = \frac{\frac{SD_i}{n_D(DMP_i)}}{\frac{SI_i}{n_i(IMP_i)}}$$

en la cual:

- IF es el índice de factibilidad.
- ID_r es el índice de dificultad relativa para el estudio del factor.
- SD_i valor, en puntos, de la suma de las dificultades estimadas para los factores relacionados (encadenados), al factor en estudio, incluyendo en el puntaje el propio factor.
- n_D número de factores relacionados (encadenados), al factor en estudio, que ofrecen dificultades a resolver, incluyendo en ese número al propio factor.
- DMP_i dificultad máxima posible, expresada en puntos, que un factor puede adquirir dentro de la escala de dificultad.
- SI_i valor en puntos de la suma de importancias o trascendencias individuales de los factores relacionados (encadenados), con el factor considerado, incluyendo los puntos del propio factor.

- n_1 , número de factores relacionados (encadenados), con el factor en estudio, que inciden directamente sobre aspectos del problema de rendimiento, incluyendo en ese número al propio factor.
- IMP₁, importancia o trascendencia máxima posible de un factor, expresada en puntos, dentro de la escala de estimación.

1) *Cálculo de las dificultades que puede ofrecer el estudio de un factor.* Hemos tratado de estimar esta parte de cálculo de factibilidad considerando aspectos que evidentemente deben ser tenidos en cuenta, mediante escalas de valoración, muy simples. Al respecto, un factor exige, por lo menos, personal, tiempo y recursos, para ser estudiado. Dentro de lo relativo es posible estimar, para estos aspectos, si sus exigencias serán escasas, medianas o elevadas. Hemos asignado 1 (un) punto a toda exigencia baja; 2 (dos) puntos a toda exigencia mediana; 3 (tres) puntos a toda exigencia elevada en personal, tiempo o dinero. Puede resultar difícil la decisión por uno de estos tres grados. Al respecto, consideramos, a manera de orientación muy general, que el levantamiento de un mapa de suelos de cierto detalle, para una región extensa, es un ejemplo de elevadas exigencias en los tres aspectos, y que un trabajo de invernáculo puede estar en el extremo opuesto, si el invernáculo ya está disponible. Convendrá tomar las decisiones sobre la calificación después de habes discutido cada caso con personas competentes. Si, por último, se hubiesen cometido errores de apreciación, ellos se advertirán al cotejar los índices de factibilidad obtenidos, pues que si un factor tiene un índice relativamente inadecuado será porque se han cometido errores de cálculo o de apreciación de sus valores en las escalas respectivas.

Al margen del personal, tiempo y recursos que un factor demanda para su estudio, existen otros aspectos importantes. Un factor adverso puede pertenecer al sector de las condiciones ambientales físicas (naturales), por ejemplo, una adversidad climática, una deficiencia edáfica, un parásito, susceptibles todos de ser controlados con recursos tecnológicos.

Por otra parte, existen factores ambientales antrópicos adversos (originados en deficiencias de la organización socio-económica). Tal el caso del parcelamiento inadecuado, nivel cultural, estado sanitario, tensiones sociales, etc., que requieren acciones legales o de otro tipo, no estrictamente tecnológicas.

Además de este aspecto, los factores adversos pueden ser controlables o no por el hombre. Ciertas adversidades climáticas, como las heladas por advección o los vientos desecantes, resultan todavía incontrolables. Otros factores incontrolables pueden ser sustituidos. Tal el caso de un suelo originalmente

desprovisto de ciertos elementos nutrientes que pueden ser provistos mediante fertilización, o el de una helada por radiación, que puede ser controlada mediante caloríferos. Estos aspectos crean algo así como niveles de dificultad independientes de las necesidades en personal, tiempo y recursos, pero que agregan inconvenientes a ser considerados en el cálculo. Por lo tanto, hemos estimado conveniente sumar a los puntos por personal, tiempo y recursos, los que se le asignen por la naturaleza del factor (ambiental físico o ambiental antrópico), según la posibilidad de controlarlo y de sustituirlo. Al esquematizar el proceso tenemos:

- CT (3 puntos): factor susceptible de modificación (C), de origen ambiental físico (T).
- Ct (9 puntos): factor susceptible de modificación (c), de origen ambiental antrópico (t).
- cS (6 puntos): factor ambiental físico incontrolable hasta el presente (c), pero cuya acción negativa puede neutralizarse económicamente con recursos tecnológicos.
- cs (sin puntos): factor incontrolable hasta el presente y sin recursos tecnológicos económicos para su modificación.

Todo factor "cs" debe ser descartado, pues su corrección económica es momentáneamente imposible. Su aparición en cadenas de factores puede anular todo el esfuerzo. Es necesario un estudio cuidadoso de la cuestión, al margen del proceso mecánico de cálculo del índice de factibilidad.

Hemos otorgado el máximo puntaje, 9 puntos, a la combinación "Ct", porque consideramos que es sumamente difícil modificar la estructura social de un ambiente dado. En consecuencia, sumamos 3 puntos a los que reúna el factor en estudio por personal, por tiempo y por recursos, lo cual totaliza los 9 puntos, y expresa la idea de nivel de dificultad a la que nos referimos anteriormente.

En el Anexo 11 pueden consultarse los puntos que hemos otorgado por dificultad de estudio a cada uno de los factores que inciden directamente sobre el cultivo. No hemos calculado las dificultades de los factores 2 y 22 por pertenecer a la categoría "cs". Los factores 7 y 18 no ofrecen dificultad por sí mismos, puesto que dejarán de ser limitantes cuando se corrijan aquellos que al condicionarlos los han llevado a una situación que resulta crítica para el cultivo. El factor 11 no requiere estudio particular, puesto que se trata de una cuestión de buena administración del viñedo. En la cadena del factor 30 (falta de humedad adecuada en la zona radicular), no se calcula el estudio

de la dificultad de los factores 5 (encostramiento por riego) y 26 (infiltración decreciente), porque los tres pueden considerarse sinónimos, o el 5 causa del 26 y éste del 30. A su vez, el factor 5 es una consecuencia del 27, que permite el desarrollo de trabajos para neutralizar su acción limitante.

Cuando en la estructura de un problema de productividad aparecen factores encadenados sin ramificaciones laterales, caso, por ejemplo, de los factores 20, 21 y 22, debe estudiarse con cuidado la situación, puesto que podría tratarse de factores sinónimos, de manera que se abultará, innecesariamente, la dificultad y la importancia de esos factores, especialmente los de los extremos de la cadena, al desmenuzar en exceso este aspecto del problema de productividad. Otras veces esas cadenas deben ser calculadas factor por factor. Tal el caso de los factores sinónimos 23 y 24, porque ambos requieren estudios propios. Como se ve, también en esta etapa del procedimiento hay poco margen para realizar procesos totalmente mecánicos, requiriéndose el juicio y conocimiento específicos de quienes realizan el trabajo.

Una vez calculadas las dificultades de todos los factores que se encadenan con el factor considerado, se calcula el índice de dificultad relativa cuya fórmula es:

$$ID_r = \frac{SD_i}{n_D(IMP_i)}$$

y cuyo numerador y denominador ya hemos explicado oportunamente.

Creemos conveniente explicar el concepto sobre el cual hemos desarrollado el ID_r . Si bien es cierto que para el cálculo de las dificultades hemos utilizado escalas cerradas, es decir, con un valor máximo, también es cierto que no podemos prever el número de factores que aparecerán en un encadenamiento. Por consiguiente, no podríamos establecer cuál es el puntaje máximo que un factor podría reunir al calcular la magnitud de su dificultad y la de los que se vinculan a él, y que también deben ser estudiados para resolver la parte correspondiente de la estructura del problema. Ante esta realidad, hemos creído conveniente obtener un índice de dificultad relativa que muestre, al margen del número de factores participantes, en qué grado la dificultad conjunta de esos factores se aproxima o no a la dificultad máxima posible que podrían tener. Si la dificultad conjunta se aleja de la máxima posible el estudio sería relativamente más factible, en lo que a dificultad concierne.

Otra ventaja del cálculo de estos valores relativos están en que se neutraliza, en gran medida, la sobrevaloración de las

dificultades cuando se desmenuza excesivamente un encadenamiento, haciendo aparecer factores sinónimos como si fueran independientes. En efecto, el número total de factores es un elemento que aparece tanto en el numerador como en el denominador de la fórmula para calcular el índice de dificultad relativa. Sea, por ejemplo, calcular el índice de dificultad relativa del factor 7, capa freática salina alta. La corrección del factor no incluye un estudio en sí mismo, porque es una resultante de los factores: 18 (exceso de agua en primavera), 19 (riegos con exceso de agua), 23 (falta de desagües privados), 24 (falta de desagües públicos), 25 (deficiencias de carácter agronómico en la administración pública del agua de riego) y 28 (deficiencias en la obra de riego).

Al consultar el Anexo 12 se verá que hemos otorgado puntaje diferente a algunos de los factores. En la línea SD_i el total (T), es igual a 43 puntos. En el Anexo 10 podrá verse como se descompone el puntaje dado a cada factor. Los factores 7, 18 y 19 no necesitan estudios en sí mismos por ser resultantes de otros. El puntaje para calcular la dificultad máxima posible de un factor (DMP_i), es 18; el total de los factores involucrados (n_D), es 4; por lo tanto, $n_D (DMP_i) = 72$. El índice de dificultad relativa se obtiene al dividir SD_i por $n_D (DMP_i)$, o sea $43/72 = 0,60$. Nótese entonces que el índice 0,60 es la dificultad relativa del complejo de factores que se manifiesta en la realidad a través de un factor que afecta directamente a las plantas: capa freática muy cerca de la superficie del suelo.

2) *Cálculo de la incidencia o importancia de un factor.* Como en el caso del cálculo de las dificultades que ofrece el estudio de un factor, no hemos podido encontrar una forma de medir con precisión la incidencia de un factor en la estructura de un problema de productividad, por lo cual hemos considerado aspectos evidentes del factor tratados de una manera muy sencilla. También en este caso medimos, en realidad, la importancia del complejo de factores participantes directa o indirectamente en un aspecto del problema de rendimiento y comenzamos a descifrar la cuestión empezando por el factor que dentro del conjunto actúa directamente sobre un aspecto del rendimiento del cultivo.

Consideramos que es posible medir la incidencia de un factor si se toman en cuenta las siguientes características: frecuencia con que se manifiesta; intensidad de su acción deprimente; proporción del área estudiada en la que se manifiesta; naturaleza de su acción, es decir, si actúa sobre la planta, sobre otros factores o sobre ambos a la vez; si el perjuicio que causa va en aumento o se mantiene estacionario.

Los factores que inciden sobre el cultivo son aquellos que causan algún efecto sobre el mismo, según se registra en las columnas C, H y L de la planilla de registro de factores participantes en el problema de rendimiento. En las columnas D, E, G, I, J, K, M, N, O, se han registrado la información necesaria sobre frecuencia, intensidad y proporción de área de cada factor incidente. La escala que utilizamos es la siguiente:

**ESCALA PARA FRECUENCIA, INTENSIDAD Y PROPORCION
DE LA ACCION DE FACTORES**

Calificación	Vestigios	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Grado	—a	a	ab; ba	b	bc; cb	c
Puntos	1	2	3	4	5	6

Por frecuencia entendemos las veces que en cierto período se produce la acción negativa del factor. Por ejemplo: heladas todos los años (grado C = 6 puntos).

Por intensidad entendemos la magnitud del daño que causa el factor. Puede ser un daño ligero (muy bajo, grado a, 2 puntos), total (muerte de planta, grado C, 6 puntos).

La proporción del área hace referencia a la fracción afectada de la superficie tomada como unidad de cultivo y que recibe distintos nombres: parcela, lote, potrero, etc.

La acción de un factor puede ejercerse sobre la planta, sobre otros factores ambientales o sobre planta y factores ambientales a la vez. La acción de un factor sobre otros no se considera en el cálculo, porque se tiene en cuenta a los factores que actúan sobre la planta y/o sobre el producto terminado, antes o después de cosechado (col. C, H, L, de la planilla de registro de factores).

Consideramos entonces los casos restantes, a los cuales hemos otorgado el siguiente puntaje:

El factor actúa sobre la planta y/o el producto terminado, antes o después de cosechado 1 punto

El factor actúa sobre la planta, como en caso anterior, y sobre factores ambientales 2 puntos

Finalmente, otro aspecto de la acción del factor es su efecto constante o creciente (aumento), sobre el cultivo. Así, por ejemplo, manchones de suelos, de superficie constante, poco

productivos debido a materiales inertes en el perfil (piedras, canto rodado, etc.), crean un problema de distinta incidencia que el de manchones salinos, de superficie creciente, debidos a procesos de salificación progresiva. El puntaje que hemos otorgado es el siguiente:

Factor de incidencia constante sobre el cultivo,
cada vez que se manifiesta 0 puntos

Factor de incidencia creciente sobre el cultivo,
cada vez que se manifiesta 6 puntos

En el Anexo 11 figuran los puntos que hemos otorgado a los factores que inciden en este caso sobre el cultivo de la vid (columna C de la planilla de registro de factores.

No asignamos puntos a los factores 23, 24, 25 y 28, porque ellos no inciden directamente sobre el cultivo. Figuran en el cuadro porque deben ser estudiados para resolver la parte del problema en que participan, en función del grado de dificultad que ofrecerán.

En el Anexo 12 figuran los elementos para calcular el índice de la incidencia relativa de los factores. Como en el caso del cálculo de la dificultad, el índice de incidencia relativa es el cociente que resulta al dividir la suma de las incidencias individuales por la incidencia máxima posible de igual número de factores. Así, por ejemplo, en el caso del factor 7, capa freática salina alta, además de la incidencia de este factor (23 puntos), hemos calculado la del 18 (exceso de agua de riego de primavera, 15 puntos), no así los restantes factores del ordenamiento (19, 23, 24, 25 y 28), porque ellos no inciden directamente sobre el cultivo.

Creemos conveniente señalar otra vez que, si bien en el ejemplo dado tenemos como factor incidente al N° 7, no es éste aislado el que causa problemas a las plantas, sino junto con otros más.

Una vez calculado el índice de incidencia relativa (ya hemos explicado anteriormente porqué elegimos la forma relativa), en el ejemplo igual a 0,73, estamos en condiciones de calcular el índice de factibilidad:

$$IF = \frac{ID_r}{II_r} = \frac{0,60}{0,73} = 0,82$$

El valor obtenido nos indica que el estudio del factor capa freático salina alta es factible, puesto que IF es inferior a la unidad.

3) *Determinación del orden de prioridades en que deben atacarse los factores que participan en un problema de productividad.* Aunque muy importante, el cálculo del IF no es la operación decisiva en el proceso que lleva a decidir qué factores deben estudiarse primero. Establecemos el orden de prioridades únicamente para los factores que actúan en forma directa sobre la estructura fenológica del problema de productividad. Los restantes factores participan en otros aspectos del cálculo. Debe determinarse primero el orden de prioridades en el ataque de dichos factores y después ver su factibilidad.

Consideramos que el orden de prioridades puede establecerse de la siguiente manera: un factor tendrá el mayor valor (mayor prioridad), en el conjunto, cuando reúna el mayor puntaje por suma de sus propios puntos debidos a incidencia y los de factores que él condiciona, y que actúan directamente sobre el cultivo. En el caso que damos como ejemplo, el factor 10, falta de materia orgánica, tiene el mayor valor al reunir 69 puntos, según puede verse en el Anexo 13. Su índice de factibilidad, IF, es 0,68, vale decir, menor que la unidad. Estas dos circunstancias recomiendan la apertura, con primera prioridad, de una línea de trabajo que reúna investigaciones tendientes a incrementar el tenor de materia orgánica de los suelos bajo parral, en la región de Caucete, San Juan.

Si dos factores hubieran resultado con igual valor o valores muy próximos, debería otorgarse primera prioridad al que tenga el IF más bajo. En el ejemplo, el factor 17, falta de agua de riego, reúne 68 puntos, pero su IF 1,06 es mayor que el de materia orgánica, 0,68.

El Anexo 13 es el mejor elemento de verificación de todo el procedimiento. Si el orden de los factores por valor o los IF resultasen inadecuados se estará en condiciones de revisar todo el proceso para buscar los posibles errores cometidos en los cálculos, en la asignación de valores o en la concatenación de factores.

En modo alguno este procedimiento pretende suplantar el criterio o el conocimiento que alguien tenga de un problema, pero entendemos que es válido cualquier esfuerzo que pretenda ordenar todo el proceso que lleve a la toma de decisiones importantes.

Instituto de Suelos y Agroecnia,
Buenos Aires, febrero de 1968.

Anexos

ANEXO 1

COROGRAFIA DEL AREA DE RIEGO DEL RIO SAN JUAN (VALLES DE ULLUN, ZONDA Y TULUM, SAN JUAN)

Ubicación, subdivisión y límites políticos. Está ubicada en el centro sud de la provincia de San Juan. Comprende los siguientes departamentos, o parte de ellos: vértices sudeste de Ullún y nordeste de Zonda; parte sud de Albardón; vértices sudoeste de Angaco; totalidad de Sapital, Santa Lucía, Rivadavia,, Pocito, Rawson y 9 de Julio; este de San Martín, Caucete y 25 de Mayo; nordeste de Sarmiento.

Se extiende entre los 31°25 y 32°00 S y 68°15 y 68°40 W.

Latitud, longitud, pendiente y altura sobre el nivel del mar. La pendiente general es de NW a SE. El punto más alto es Ullún, con 750 m.s.n.m. y el más bajo Colonia Rawson (25 de Mayo), con 550 m.

Orografía. Los cordones montañosos más importantes son: al noroeste la sierra de Villicún, que separa los valles de Ullún y Tulum; al oeste la sierra Chica de Zonda, límite sud del valle de Zonda; los cerros de Las Lajas separan los valles de Zonda y Tulum; los cerros de La Flecha forman el límite oeste del valle de Tulum; al noroeste el valle de Tulum está limitado por la sierra de Pie de Palo. En el centro del valle de Tulum se levanta el cerrito Barbosa.

Lluvias. Períodos (1905-1946): promedio anual, 93 mm.; frecuencia anual, 18 días; estación más lluviosa, verano con 53 mm.; estación menos lluviosa, otoño con 8,4 mm.; mes más lluvioso, enero con 21,3 mm.; mes menos lluvioso, mayo con 1,6 mm.; valor absoluto de máxima lluvia diaria, 75 mm.

Nubosidad media: 3,4.

Humedad relativa media: 56.

Tensión de vapor media: 84.

Heliofanía. Efectiva media, en horas y décimos: 2965,3; relativa, 68 %.

Temperaturas. En grados centígrados (períodos 1901-1938): media anual, 17; máxima media anual, 25,6; mínima media anual, 9,4; media mensual de mes más cálido (enero), 25; media mensual del mes más frío (junio, julio), 8,4; amplitud media anual, 16,6; máxima media de verano, 31; mínima media de verano, 16; máxima absoluta, 45; máxima media de invierno, 3,2; mínima absoluta —10°.

Heladas. Período 1901-1938: primera, fecha media, 24 de mayo, fecha extrema, 18 de abril (1911); última, fecha media, 29 de agosto; fecha extrema, 5 de octubre (1936); mínimo de días con heladas, promedio anual 98, amplitud extrema 172.

Presión atmosférica. Media, al nivel de la estación meteorológica San Juan, 704,8.

Vientos. Frecuencia relativa (en escala de 1.000) de dirección: norte, 14; nordeste, 4; este, 3; sudeste, 13; sud, 170; sudoeste, 194; nordeste, 47; calma, 397; fuerza media, en escala de Beaufort, 1,4.

Suelos. Aluviales que, en términos generales, van adquiriendo de oeste a este textura más fina, mayor profundidad libre de cantos rodados, que desaparecen al este, capa freática a menor profundidad, y mayor contenido de sales.

Vegetación natural. Originariamente formación del Monte o Espinal, pérdida casi en su totalidad. Las especies predominantes eran algarrobos blancos y negro (*Prosopis alba* y *P. nigra*), chañares (*Goulica deconticans*), etc.

Población. Formada en un 75 % por argentinos (descendientes de europeos en su mayor parte; no quedan indígenas, pero sí mestizos). Los inmigrantes son españoles (16 % de la población); italianos (4 %), siguen chilenos, libaneses y otros en mucho menor proporción.

La población rural puede estimarse en un 50 % de la población total de la provincia (412.033 en 1967).

Actividades más importantes. Agricultura intensiva, que comprende vitivinicultura, fruticultura, horticultura, etc., e industrias derivadas de la agricultura: elaboración de vinos, aceites, conservas de frutas y hortalizas, frutas y hortalizas desecadas, etc.

En el período 1954-63, San Juan produjo el 28 % de la uva del país. El rendimiento promedio de vino por hectárea fue de 97 Hl./Há., el más alto del país, en 1960-63.

Riego. Están empadronadas 107.000 Há. para ser regadas por el río San Juan, de las cuales se cultiva el 55 %. La red de riego es de 1.100 km. de canales, con un 15 % impermeabilizados.

En un período de 38 años (1909-1948), el promedio del caudal fue de 66 m³/seg., con un promedio mínimo de 38,8 en agosto y un máximo de 129,9 en diciembre. El nódulo de riego es de 45 m³/seg.

Por ley se reglamenta el uso del agua que es de posesión del estado y se da en concesión de uso. El derecho de agua es inseparable de la tierra y su gobierno y suministro se hacen con la participación de los usuarios. Se riegan, además con aguas de arroyos unas 7.000 Há. en forma permanente, y con arroyos y vertientes se da riego accidental a unas 27.000 Há.

Con aguas subterráneas se riega muy poco en los valles de Ullún y Zonda, y en el valle de Tulum hay más de 5.000 pozos, que sacan agua de capa acuífera a presión o semisurgente.

Propiedad rural. En el padrón del regante figuran la siguiente distribución de propiedades:

Há .	Número	%
Menos de 1	17.730	59,66
1 a 10	9.244	31,14
10 a 25	1.482	4,98
25 a 50	609	2,25
50 a 100	344	1,15
Más de 100	247	0,82
Total	29.712	

Vías de comunicación. Toda el área cuenta con buenos caminos. El comercio de todos los productos se realiza en la ciudad de San Juan.

Se cruzan allí las rutas nacionales 40 (N-S) y 20 (E-W). La ruta 143 la une a San Luis y la provincial 37 a Coquimbo (Chile).

Llegan dos líneas de ferrocarril y tiene los servicios de dos compañías de aviación.

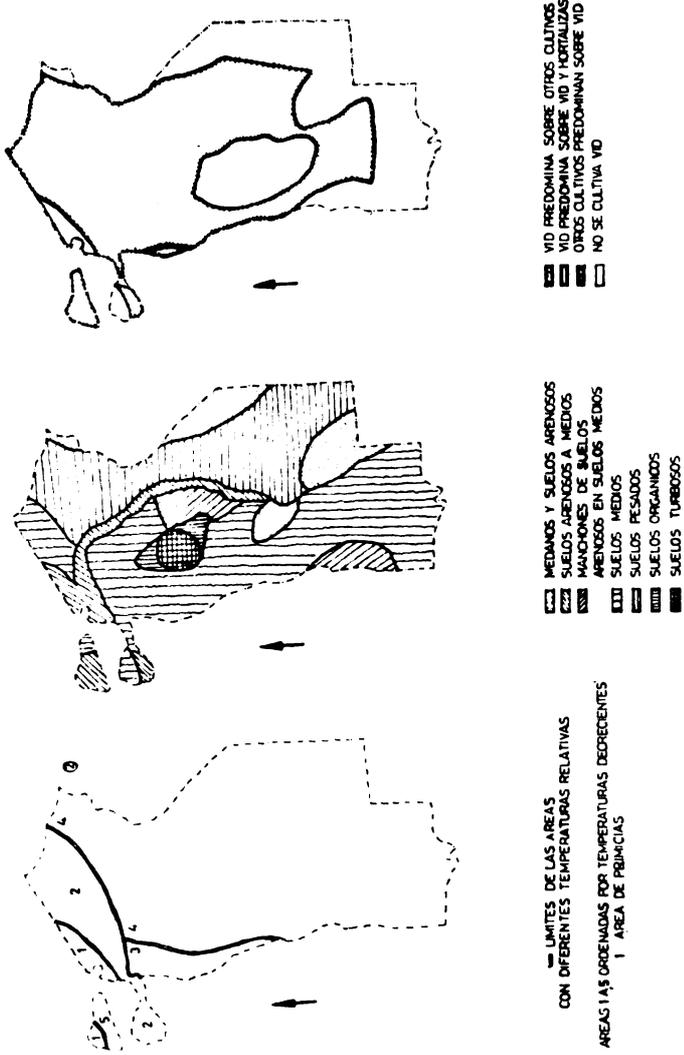
ANEXO 2

FACTORES PARA DELIMITAR UNIDADES AGROECOLOGICAS

- | | |
|---|---|
| 1 Lluvia. | 17 Infiltración. |
| 2 Viento. | 18 Textura media del perfil del suelo. |
| 3 Temperatura. | 19 Heterogeneidad de capas del perfil de suelo. |
| 4 Heladas. | 20 Tenor de materia orgánica. |
| 5 Granizo. | 21 Productividad (fertilidad). |
| 6 Luz (nubosidad, exposición). | 22 Riego (fuentes, frecuencia). |
| 7 Humedad atmosférica. | 23 Cultivos. |
| 8 Niebla. | 24 Población. |
| 9 Pendiente: dirección y grado. | 25 Tenencia de la tierra |
| 10 Relieve. | 26 Subdivisión de la tierra. |
| 11 Erosión. | 27 Transportes. |
| 12 Desagües. | 28 Comercialización. |
| 13 Anegamiento. | |
| 14 Encharcamiento. | |
| 15 Salinidad. | |
| 16 Factor que limita al perfil del suelo. | |

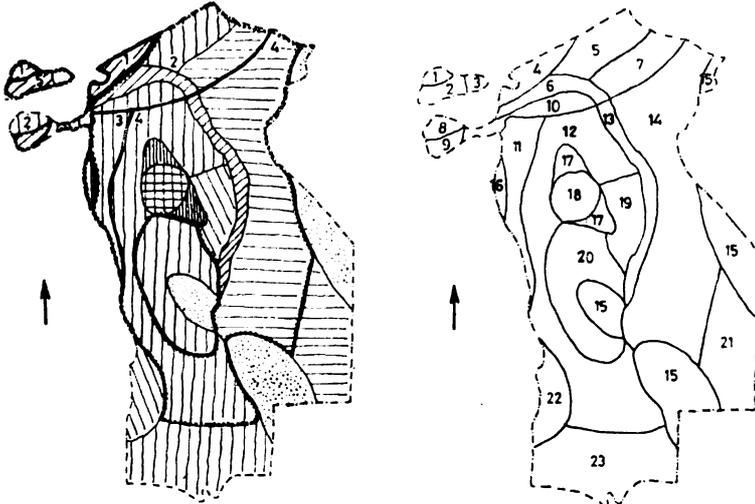
ANEXO 3

PROCESO DE LEVANTAMIENTO DEL MAPA DE UNIDADES AGROECOLOGICAS



ANEXO 3

(Continuación)



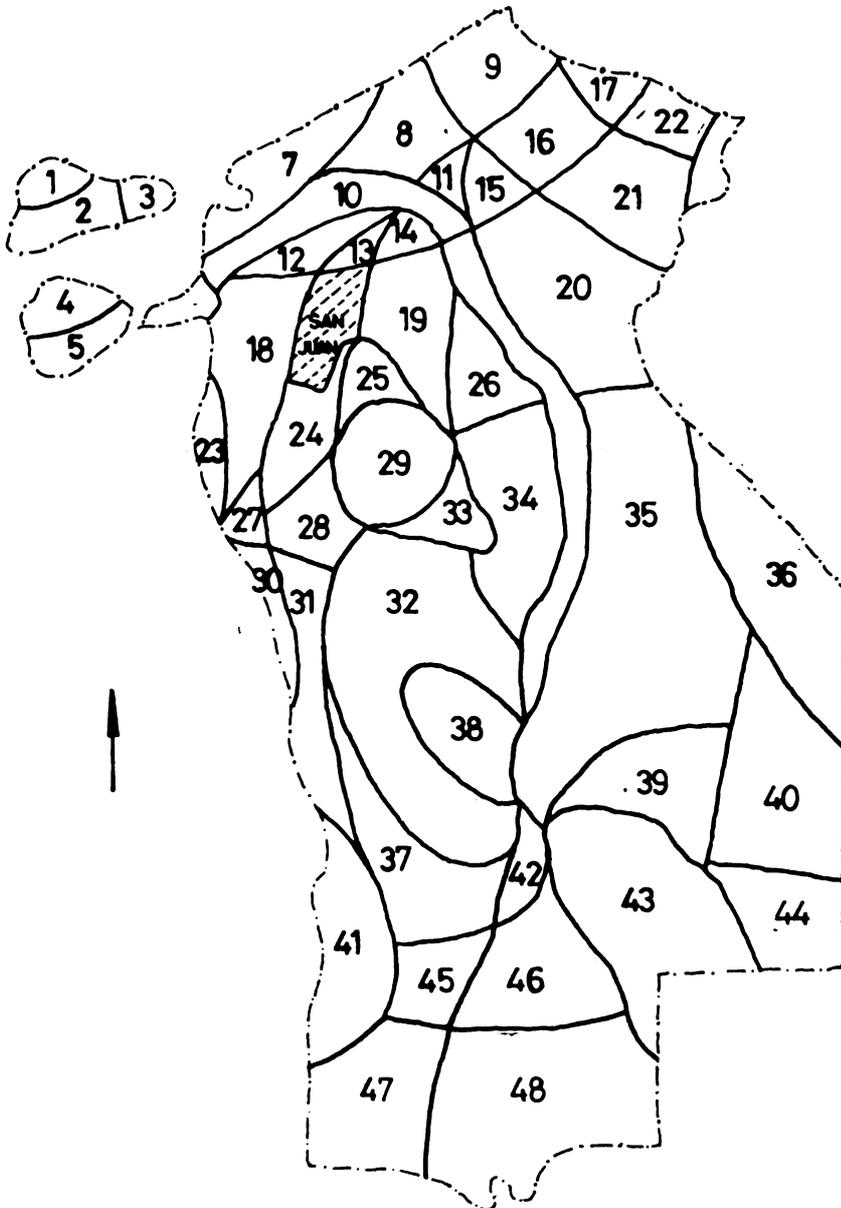
SUPERPOSICION DE LOS CPOQUIS DE TEMPERATURAS RELATIVAS, SUELOS Y CULTIVOS

UNIDADES AGROECOLOGICAS RESULTANTES

SAN JUAN - VALLES DE ULLUM, ZONDA Y TULUN - UNIDADES AGROECOLOGICAS

FACTORES TEMPERATURAS SUELOS Y CULTIVOS	UNIDADES AGROECOLOGICAS																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
TEMPERATURAS RELATIVAS																							
1 AREAS DE PRIMICIAS	X																						
2		X																					
3 AREAS ORDENADAS POR TEMPERATURAS RELATIVAS			X	X	X	X	X	X	X														
4 AREAS ORDENADAS POR TEMPERATURAS RELATIVAS DECRETANTES Y RIEGGO DE MELADAS									X														
5	X	X												X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
SUELOS																							
MEDANOS Y SUELOS ARENOSOS																						X	
ARENOSOS A MEDIOS	X	X	X	X	X			X															
MANCHONES ARENOSOS EN SUELOS MEDIOS																						X	X
MEDIOS								X	X	X	X											X	X
PESADOS																							
ORGANICOS																						X	
TURBOSOS																							X
CULTIVOS																							
VID PREDOMINA SOBRE OTROS CULTIVOS	X	X	X							X	X	X	X	X	X	X						X	X
VID PREDOMINA SOBRE VID Y HORTALIZAS				X																			
OTROS CULTIVOS PREDOMINAN SOBRE VID																							
NO SE CULTIVA VID																						X	X

ANEXO 4



UNIDADES AGROECOLOGICAS DEL AREA DE RIEGO DEL RIO SAN JUAN

ANEXO 5

CARACTERISTICAS DE LAS UNIDADES AGROECOLOGICAS — Valles de Ullún, Zonda y Tulúm - San Juan

Grado o manifestación del factor										
Factor	Situación	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Vientos	No afectan	X							X	
	Afectan		X	X	X	X	X	X		X
Temperaturas relativas	Mayor	X							X	
	Mayor a mediana				X	X	X		X	X
	Mediana									
	Mediana a menor									
	Menor		X	X						
Heladas	No afectan	X			X	X	X	X	X	X
	Afectan		X	X						
Humedad atmosférica (grados relativos)	Muy baja	X			X	X	X	X	X	X
	Baja		X	X						
	Mediana									
Grados de pendiente relativa	Mayor	X	X	X	X	X			X	X
	Mediana a mayor								X	
	Mediana									
	Mediana a menor									
	Menor									
Relieve	Suave	X	X	X	X	X	X		X	X
	Marcado								X	
Erosión hidráulica	No afecta				X	X	X		X	X
	Afecta	X	X	X					X	
Necesidad de desagües	No existe	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Existe									X
Anegamiento - inundación	No anegado	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Anegado									
	Inundable									

Continuación del Anexo 5.

Grado o manifestación del factor		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Factor	Situación									
Salinidad relativa	Libre	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Baja									
	Mediana									
	Mediana, con tendencia a acentuarse									
Límite del perfil del suelo	Capa ripiosa superficial				X				X	
	Subsuelo ripioso	X	X				X	X		X
	Lentes arcillosas									X
	Libre				X					
Capa de agua	No interfiere	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Mediana profundidad									
	Superficial									
Características de la composición del perfil del suelo	Arenoso									
	Arenoso a medio	X	X			X			X	
	Manchones arenosos en suelo medio									
	Medio			X	X		X		X	X
	Pesado									
	Orgánico									
Subdivisión de la tierra	Turbozo									
	Intensa, generalizada								X	X
	Intensa, no generalizada		X	X	X		X			X
	Mediana, generalizada	X				X				
Comercialización	Mediana, poco generalizada									
	Más favorable	X							X	
	Menos favorable		X	X	X	X	X		X	X
Relación entre vid y otros cultivos	Vid predomina sobre otros cultivos	X	X	X	X	X	X		X	X
	Vid predomina sobre vid y hortalizas								X	
	Otros cultivos predominan sobre vid									
	No se cultiva vid									
Producción de uva careza	Menos de 20.000 kg/Há.					X				
	Entre 20.000 y 25.000 kg/Há.	X	X							X
	Más de 25.000 kg/Há.						X	X	X	X

ANEXO 6

FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD DE UN CULTIVO EN UNA UNIDAD AGROECOLOGICA

EXPANSIÓN DEL CULTIVO.

1. Factores que limitan la expansión del cultivo (topográficos, edáficos, etc.).

CLIMA.

2. Lluvias inadecuadas (escasas, excesivas, mal distribuidas).
3. Humedad atmosférica inadecuada (escasa, excesiva).
4. Luminosidad inadecuada (escasa, excesiva).
5. Temperatura inadecuada (escasa, excesiva).
6. Heladas inoportunas (tempranas, tardías).
7. Golpes de sol.
8. Vientos.
9. Granizo.
10. Nieblas.

SUELO.

11. Encharcamiento.
12. Anegamiento extenso por períodos perjudiciales.
13. Suelos apretados (formación de costras y/o grietas).
14. Revenimiento o salificación.
15. Escorrentía excesiva (por pendientes marcadas y/o prolongadas).
16. Erosión (hidráulica y/o eólica).
17. Drenaje excesivo (suelo seco; arena, ripio, etc.).
18. Drenaje escaso (suelo húmedo; arcilla, limo, moteados herrumbrosos).
19. Capa freática alta en forma permanente o temporaria.
20. Suelo poco profundo (limitado por tosca, ripio, agua, manto arcilloso, etc.).
21. Capas duras en la zona radicular (pisos de arado, horizontes genéticos compactos, etc.).
22. Acidez (evidenciada por respuesta de los cultivos al encalado).
23. Carencia de nutrientes (evidenciada por respuesta de cultivos a los abonos).

24. Carencia de materia orgánica (evidenciada por respuesta de los cultivos a los abonos verdes).
25. Carencia de elementos menores (evidenciada por signos en el follaje y frutos y por la respuesta de los cultivos a esos elementos).
26. Suelos heterogéneos.

TÉCNICA CULTURAL.

27. Uso precedente del terreno (cultivos, barbechos, etc.).
28. Repetición inadecuada del cultivo en el lote.
29. Cultivo sobre una superficie mayor de la que se puede atender.
30. Calidad de los trabajos para instalar los cultivos.
31. Variedades agrícolas deficientes.
32. Densidad inadecuada (escasa, excesiva, con fallas).
33. Malezas.
34. Parásitos del suelo.
35. Parásitos aéreos.
36. Enfermedades del cultivo.
37. Animales dañinos.
38. Otras deficiencias de la técnica cultural que surjan de su análisis detallado, tales como mecanización insuficiente, escasez o carestía de elementos para realizar el cultivo, etc.

RIEGO.

39. Falta agua de riego en el momento oportuno.
40. Inadecuada cantidad de agua de riego (falta o exceso).
41. Mala calidad del agua de riego (sedimentos, sales, etc.).
42. Inadecuada técnica de riego (en lo referente a: sistematización del terreno; sistema de riego; dimensiones del sistema; número de riegos; cantidad de agua por riego, velocidad de riego; tiempo de riego, etc.).
43. Desagües privados inadecuados.
44. Desagües públicos inadecuados.

COSECHA, MANEJO E INDUSTRIALIZACIÓN.

45. Incidencia de producto no cosechado.
46. Mal proceso de cosecha (pérdidas de producto, selección inadecuada, etc.).

ANEXO 7

Factores que participan en el problema de productividad de vid en parral - uva para Prov.: S. J. Importante: N° 1; nombre: N. N.; prof. y ocup.: Ing. Agr. - Adm. de fincas;

Factor participante		Acción directa del factor				
		Durante el crecimiento y el desarrollo				
		Sobre la planta		En el cultivo		
Nº	Descripción	Efecto	Fre- cuen- cia	In- ten- si- dad	Forma como se manifiesta	Pro- por- ción
A	B	C	D	E	F	G
1	Lluvias estivales.					
2	Humedad atmosférica escasa.	Deshidratación de flores.	A	A	Generalizado.	C
3	Humedad atmosférica excesiva.					
4	Viento Zonda.					
5	Encostramiento por riego.					
6	Salitre blanco en superficie.	a) Menor crecimiento o muerte. b) Menor tamaño uva. c) Mal sabor al fruto.	C C C	C C C	Manchones. Manchones. Manchones.	A A A
7	Capa freática salina alta.	"Shock" generalmente mortal.	C	C	Manchones.	AB
8	Carencia de nitrógeno.	a) En enero, limit. brotación. b) Menor tamaño frutos.	C C	B BA	Generalizado. Generalizado.	C C
9	Carencia disponible de fósforo.	a) Menor número y tamaño frutos. b) Menor vigor plantas jóvenes.	C C	BC BC	Generalizado. Generalizado.	C C
10	Carencia de materia orgánica.	a) Menor crecimiento. b) Menor tamaño uva.	C C	CB CB	Generalizado. Generalizado.	C C
11	Malezas al implantar cultivo.	Pérdida por asfixia.	—A	C	Manchones.	—A
12	Malezas en el cultivo.	Menor crecimiento.	C	B	Manchones.	A
13	Arañuela.	Asfixia foliar tardía.	A	AB	Franjas de bordura.	—A
14	Peronospora.	Seca hojas y flores.	A	B	Generalizado.	B
15	Botrit.s.	Pudrición de frutos.	A	C	Generalizado.	B
16	Poda pobre.	Menor número de racimos.	C	BC	Generalizado.	C
17	Falta agua de riego.	a) Menor crecimiento. b) Menor tamaño uva.	AB AB	B B	Generalizado. Generalizado.	B B
18	Exceso agua de riego en prim.	a) Clorosis. b) Menor crecimiento. c) Menor tamaño racimos.	A A A	BC BC BC	Generalizado. Generalizado. Generalizado.	C C C
19	Riego con exceso de agua.					
20	Suelo heterogéneo.					
21	Infiltración desuniforme.					
22	Manchones con escasa humedad.	Menor crecimiento.	C	BA	Manchones.	A
23	Faltan drenes privados.					
24	Faltan desagües públic. adec.					
25	Deficiencia agron. en la adm- nistración pública de agua.					
26	Infiltrac. progresiv. reducida.					
27	Poca estabilidad estructural.					
28	Deficiencias en obra de riego.					
29	Variedad difícil comercializ.					
30	Falta agua en zona radical.	Menor crecimiento.	C	B	Generalizado.	C

vinificar, en la Unidad Agroecológica 35. Localidad: Cauçete. Part. o Depart.: Cauçete. años que conoce la zona: 20; calificación: mB. Fecha: 15-X-87. Reconocedor: M. Z. y M. G.

Acción directa del factor								Acción indirecta del factor				
Sobre el producto terminado								En relación con otros factores				
Antes de cosechado				Después de cosechado				Eco- ló- gi- cos	Fi- sio- ló- gi- cos	Descripción	Fre- cuen- cia	Pro- por- ción
Efecto	Fre- cuen- cia	In- ten- sidad	Pro- por- ción	Efecto	Fre- cuen- cia	In- ten- sidad	Pro- por- ción					
H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
								X		Humedad atmosf. exc.	A	c
								X		a) Peronospora.	A	c
								X		b) Botritis.	A	c
								X		Humedad atmosf. exc.	A	c
								X		La filtración reducida.	A	c
								X		Poca estab. estructural.		
								X		Ascenso capa freática.	CB	c
								X		Infiltrac. desuniforme.	C	A
								X		Manchones hum. escasa.	C	A
								X		Ascenso capa freática.	C	C
								X		Ascenso capa freática.	C	C
								X		Actúa sobre distribu- ción del agua.	C	C
								X		Falta agua zona radic.	C	C
								X		Encostramiento riego.	C	C
								X		Actúa como factor 25.	C	C

Dif. comercializ.

47. Producto desuniforme (en tamaño, calidad, etc.).
48. Producto de mala calidad.
49. Producto de duración menor que la corriente.
50. Producto mal procesado (clasificación, embalaje, empaquetamiento, fermentado, curado, etc.).
51. Escasez de elementos para el almacenamiento del producto (bolsas, cajones, galpones, baja capacidad de fábrica para recibir materia prima, etc.).

FACTORES SOCIOECONÓMICOS.

52. Tenencia de la tierra (propietario o arrendatario, etc.).
53. Predios inadecuados (por tamaño, forma, parcelamiento creando lotes con diferentes suelos, etc.).
54. Trabas para el acceso a tierras laborables (incultas, latifundios, fiscales, etc.).
55. Dificultades para exportar el producto desde el predio (malas comunicaciones, lejanía de mercados, etc.).
56. Escasez permanente o circunstancial de dinero.
57. Precios no retributivos para el producto.
59. Fallas en la comercialización del producto (mala negociación del producto por cooperativas, acopiadores, etc.).
60. Competencia de otros productos o de otras regiones productoras.
61. Comprador único.
62. Venta forzada (por circunstancias accidentales).
63. Falta de cultura agraria en quienes deben tomar las decisiones.
64. Falta de dedicación de quienes deben tomar las decisiones.
65. Falta de laboriosidad de quienes deben ejecutar las tareas.
66. Alcoholismo y otros problemas sociales similares.
67. Bandolerismo, cuatreroismo y otras formas de delincuencia.
68. Falta mano de obra (especificar en qué momentos).
69. Composición étnica de los grupos sociales o problemas derivados de esa composición.

ANEXO 9

MATRIZ FENOLOGICA DE FACTORES DE PRODUCTIVIDAD EN ESTADO CRITICO

TEMA: Vid en parral — Caucete - San Juan PRODUCTO: Uva para vinificar. FECHA: 16-X-67. REC.: M. Z. y M. G. OBS.: Al dorso

NUM.: Unidad Agr. 35

Nº	Manifestación	Nº	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Pun-		
																	tos		
A	"Schock", generalmente mortal		X																
B	En enero, brotación limitada			X	E					L	C								C
C	Menor cantidad de racimos			C	X						C								C
D	Menor vigor de plantas jóvenes					X	E												C
E	Pérdida plantas					C	X												
F	Asfixia foliar tardía							X	E										
G	Pudrición de frutos							C	X										
H	Clorosis			C						X									
I	Menor crecimiento al año siguiente			E	E					E	X								
J	Corriente de racimos											X							
K	Menor crecimiento de plantas												X						
L	Menor tamaño de uva						E												X
M	Mal sabor de uva			E	E														
N	Mal sabor de v.no			E	E			C			N		C						X

ANEXO 12

CALCULO DEL INDICE DE FACTIBILIDAD DE FACTORES ECOLOGICOS

Línea superior, factores analizados; línea inferior, cadena del factor analizado.

Elementos para el cálculo del índice de factibilidad	14	15	2	27	30	11	13	16	7																	
	14	3	1	T	2	27	10	T	30	26	5	27	T	11	13	16	7	23	24	18	19	25	28	T		
SI _I	6	cs	cs	6	cs	6	cs	9	9	18	9	sn	sn	18	27	ext	6	ext	r	12	12	r	r	7	12	43
n _D (DMP _I)	18	--	--	18	16	--	18	--	18	18	36	18	--	36	54	--	18	--	--	18	18	--	--	18	18	72
SI _I	11	--	--	11	13	--	13	11	17	19	36	17	--	36	53	9	7	18	23	--	--	--	--	--	--	38
n _I (IMP _I)	26	--	--	26	26	--	26	26	26	26	52	26	--	52	78	26	26	26	26	--	--	--	--	--	--	52
$ID_r = \frac{SD_I}{n_D (DMP_I)}$	0,33			0,33			0,33		0,50		0,50			0,50		0,33										0,60
$II_r = \frac{SI_I}{n_I (IMP_I)}$	0,42			0,50	0,42		0,50		0,59		0,59			0,68	0,35	0,27	0,69									0,73
$IF = \frac{ID_r}{II_r}$	0,79			0,66			0,72		0,72		1,22			0,74		1,22										0,82

Continuación del Anexo 12.

Línea superior, factores analizados; línea inferior, cadena del factor analizado.

Elementos para el cálculo del índice de factibilidad	6	7	17	T	8	10	12	6	T	9	10	12	6	T	10	12	17	18	18	22	29						
SD_1	10	43	r	53	10	9	6	53	78	10	9	6	53	78	9	6	r	7	12	19	r	7	12	19	cs	10	
n_D (DMP ₁)	18	72	—	90	18	18	18	90	144	18	18	18	90	144	18	18	—	18	18	36	—	18	18	36	—	18	
SI_1	22	38	13	73	17	19	14	73	123	16	19	14	73	122	19	14	15	—	13	15	—	—	15	15	—	15	
n_I (IMP ₁)	26	52	26	104	26	26	26	104	182	26	26	26	104	182	26	26	26	—	26	26	—	—	26	26	—	26	
$ID_r = \frac{SD_1}{n_D (DMP_1)}$				0,54				0,54					0,54	0,50	0,33				0,53				0,53			0,53	0,56
$II_r = \frac{SI_1}{n_I (IMP_1)}$				0,68				0,68					0,67	0,78	0,54				0,50				0,58			0,42	0,65
$IF = \frac{ID_r}{II_r}$				0,79				0,79					0,81	0,68	0,61				1,06				0,91			0,86	

NOTA:

- cs: factor incontrolable hasta el presente y sin recursos tecnológicos económicos para su modificación.
- sn: factor sinónimo, causa a otros.
- ext: se sabe como corregirlo. Debe ser difundido por extensión.
- r: resulta por acción de otros factores.

ANEXO 13

IMPORTANCIA (VALOR) Y OTROS ASPECTOS PARA DETERMINAR LA PRIORIDAD DE ESTUDIO DE FACTORES DEL PROBLEMA DE PRODUCTIVIDAD DE VID EN CAUCETE, S. JUAN

Factor	Descripción del factor	Puntos por incidencia	Factores condicionados	Puntos incidencia factores condicionados	Valor	IF	Domnio del INTA (**)
10	Carencia de materia orgánica .	19	8, 9, 27	17, 16, 17	69	0,68	T
17	Falta agua de riego	13	6, 8, 9	22, 17, 16	68	1,06	P
6	Salitre blanco en superficie ..	22	8, 9	17,	55	0,79	P
12	Malezas en el cultivo	14	8, 9	17, 16	47	0,61	T
18	Exceso de riego en primavera	15	7	23	38	0,91	P
27	Poca estabilidad estructural ..	17	30	17	34	0,72	T
7	Capa freática salina alta	23	—	—	23	0,82	P
16	Poda pobre	18	—	—	18	—	Ext.
8	Carencia de nitrógeno	17	—	—	17	0,79	T
30	Falta de agua en zona radical	17	—	—	17	0,74	T
9	Carencia disponibilidad fósforo	16	—	—	16	0,81	T
15	Botritis	13	—	—	13	0,66	T
2	Humedad atmosférica escasa ..	11	—	—	11	—	cs
14	Peronópera	11	—	—	11	0,79	T
22	Manchones con escasa humedad	11	—	—	11	—	cs
11	Malezas al implantar el cultivo	9	—	—	9	—	Ext.
13	Arañuela	7	—	—	7	1,22	T
29(*)	Variedades de dif. comerc.	17	—	—	17	0,86	P

(*) Fuera de la estructura fenológica, actúa sobre comercialización.

(**) T, total; P, parcial; Ext. de extensión; cs, no controlable, no susceptible.

Discusión

Exposición de MARINO J. R. ZAFFANELLA
Presidente de la Sesión: E. LETELIER (Chile)

Schenkel. La investigación básica a mi juicio, no puede delegarse a otras instituciones por parte del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria que se dedica esencialmente a investigaciones aplicadas, si el conocimiento básico es esencial para interpretar el proceso al que se aplica. Me gustaría conocer la opinión del colega Zaffanella.

Zaffanella. Existe la situación que expone el colega y que me parece correcta. En la realidad cada país tiene organizaciones a su servicio y problemas particulares. Además está la capacidad de las instituciones para atacar problemas. Es posible que el tema del trabajo que he presentado, corresponde ser realizado por gente que no trabaja en fertilidad de suelos, porque en la estructura de un problema de productividad, como acabamos de ver, existen aspectos concurrentes de la más diversa naturaleza que escapan al campo de la fertilidad. Quizás, desde el punto de vista organizativo, correspondiese a economistas y sociólogos antes que a nosotros. Pero en nuestra realidad, en la Argentina, se cuenta ahora con un Instituto que ha avanzado de cierta forma en la organización de nuestras investigaciones tecnológicas y está revisando sus planes de trabajo. Estas circunstancias nos han llevado a la necesidad de realizar este trabajo.

Schenkel. Como norma general, un instituto de tecnología aplicada no debería hacer investigación básica, pero cuando se requiere hacerla para lograr un impacto con su aplicación, naturalmente, habrá que hacerla.

Zaffanella. Si me permite, tendríamos que ponernos de acuerdo sobre el concepto de investigación básica.

Schenkel. Llamo investigación básica a una investigación que no tiene orientación definida en cuanto a la utilidad que presta, y que sirve esencialmente para explicar mecanismos o procesos.

Zaffanella. En este caso creo que nosotros debemos realizar la investigación básica que una investigación aplicada requiere.

Schenkel. Esa es precisamente mi posición. Ahora, simultáneamente con eso, creo que el Instituto de Tecnología Agropecuaria tiene un deber y es el de lograr el máximo de colaboración con las Universidades que son las instituciones mejor preparadas para la investigación básica.

Tejeda. Yo tengo una pregunta específica que se refiere a la etapa 3 de la secuencia explicada anteriormente, respecto de la selección del sector a estudiar dentro de toda el área. Se sugirió que si al obtener los diferentes puntajes de los diferentes sectores se obtienen resultados que no satisfagan a primera vista, se podría variar arbitrariamente la ponderación correspondiente al puntaje de cada factor de tal manera que al hacer la nueva suma de puntos pudiera obtenerse un resultado más razonable. Aquí parece, aparentemente, que habría un punto débil en la metodología por cuanto esto significaría en cierto modo que estaríamos eligiendo el sector que más nos gusta, que más nos gustaba previamente, entonces la alternativa sería: ¿por qué no aceptar previamente la ponderación dada por la escala, en base a una serie de consideraciones de tipo teórico y de conocimientos que se tengan, importancia relativa de factores dentro del área, etc., y dejarse llevar por esa ponderación?

Zaffanella. En el folleto que preparamos hemos indicado que es la segunda aproximación a un procedimiento que está en pleno desarrollo. Hemos ofrecido un criterio que de ninguna manera creemos que sea el mejor o el único. Sin embargo, creemos que pueda ocurrir, que aún aplicando escalas elaboradas lleguemos a resultados que nos parezcan discutibles, tal el caso de la materia orgánica y de la salinidad en San Juan. El grupo de técnicos de San Juan estaba muy preocupado con el problema del rendimiento de la vid y la salinización de un área de alrededor de 30.000 Há. sobre un total de 100.000. Es, indudablemente, un problema que apura; sin embargo, hecho el análisis metódico del problema de productividad de la vid la materia orgánica resultó de una importancia mayor, aunque menos espectacular. Este ejemplo apoya lo que dice el colega Tejeda.

Tejeda. Quiero aclarar una cosa: Yo me estoy refiriendo solamente a la determinación de prioridades para seleccionar una metodología.

Conagin. Creo interpretar la preocupación de los colegas de San Juan con relación al salitre o a la salificación por la circunstancia de que existían 30.000 Há. con ese problema pro-

bablemente con posibilidades de extenderse a las 100.000 Há. y que tenían poca experiencia en la forma de resolver dicho problema. Todo el mundo sabe que existe el problema de la materia orgánica y la cuestión es cómo atenderlo en forma proporcional a su importancia; algunas veces hay una especie de ponderación intuitiva en la valoración del problema que proviene del temor que se tiene con relación a los conocidos. La pregunta que yo quisiera hacer necesita esta consideración previa: allá en San Pablo, en nuestros programas de extensión, cuando se quiere evaluar los problemas de los agricultores, extensión prepara una serie de preguntas para los agricultores y los extensionistas tratan de obtener respuestas que estén en relación con los problemas que enfrentan los agricultores. Por ejemplo, en relación al maíz, ellos preguntan cuáles son los factores más importantes que debieran estudiarse para mejorar el rendimiento. Digamos que el porcentaje mayor indica que el problema es: densidad, distancia entre plantas, preparación del suelo, etc.; en función de esa apreciación, se tendría una indicación dada por el levantamiento desde que un número bastante grande de personas pueden ser entrevistadas para saber si los institutos están realmente atacando los problemas o si la propia dirección de extensión está haciendo correctamente campañas dentro de la lista de prioridades. Lo que se ve es que nuestro colega está tratando de establecer un sistema que use un proceso de evaluación en escalonamiento y que procura dar prioridad a la variación de determinados fenómenos sin preocuparse inicialmente de darles peso, pero sí orden de prioridad. Por lo que entendí, pregunto si ustedes comienzan por evaluar el orden de concatenación lo cual es un orden de importancia sin dar pesos o valores ponderados o, si en ciertas condiciones, llegan a atribuirles peso a estas diferenciaciones.

Zaffanella. Tenemos que darle peso o importancia a cada uno de ellos en escalas relativas para poder luego ordenar el ataque. Digamos: yo puedo tener un problema de poca importancia, en el caso concreto el problema de la *arañuela*. Como dije, este arácnido con sus telas cubre las hojas de la vid en los bordes del viñedo. Se puede intentar su control con una serie de productos químicos y otras normas, pero en este momento, por los medios disponibles posiblemente sea más útil aplicarlos a problemas de mayor importancia. Pero para decir problemas de mayor importancia, tenemos que establecer un orden de prioridades entre la *arañuela* y los demás, y para ello se requiere cuantificación.

Conagin. Sí, pero eso ustedes pueden hacerlo también por ordenación o dando números.

Zaffanella. El peso o la importancia lo valoramos considerando ciertos aspectos, así tenemos *frecuencia*: el problema se presenta todos los años, tiene entonces por *frecuencia* el máximo puntaje. El problema se presenta en toda el *área* cultivada o puede afectarla parcialmente. En este caso afecta solamente parte del *área* cultivada y muy poco. Tiene pocos puntos en lo referente al *área*. Además de la superficie que afecta, está la *intensidad* con que perjudica al cultivo. En este caso es relativamente pequeña. En cambio, el problema de la salinidad, se presenta todos los años; por lo tanto, máxima *frecuencia*. Se presenta en *áreas* que son relativamente grandes; por esto merece puntaje medio o quizás alto, pero no máximo. Afecta con mucha intensidad, de manera que por intensidad debe tener alto puntaje. Además es un problema que está *creciendo*; también el de la arañuela posiblemente crezca, pero a través de las observaciones disponibles el ataque de la arañuela es más o menos estable. En el caso de la salinidad el problema se va extendiendo, de manera que hay *aumento* del problema; por eso también recibe puntaje. Todos estos puntos son dados en escalas de pocos grados. El *área*, por ejemplo, puede ser escasa, mediana o alta, lo mismo la *frecuencia*, el crecimiento. Además de la importancia de un problema, hay que considerar las dificultades que presenta resolverlo. Hay que ver si los medios humanos que vamos a aplicar tienen que ser escasos, medianos o altos; por ejemplo, un mapa de suelos necesario para el ordenamiento de una región es, generalmente, costoso en *dinero* y en recursos humanos y se invierte mucho *tiempo*. Una investigación en invernáculo, si el invernáculo existe, en términos generales puede ser relativamente baja en exigencias de personal y dinero, si bien esto es muy relativo, porque pueden aparecer circunstancias imprevistas que alteran la marcha de las investigaciones. Al respecto, sabemos que hay factores *controlables* y otros, que no lo son. Por ejemplo, el problema de las sequías. Por el momento no son controlables climáticamente, de manera que el combate directo de una sequía es, en ciertas regiones, muy difícil. Hay factores no controlables, pero que son *sustituibles*; tenemos, por ejemplo, un suelo naturalmente pobre en P; podemos sustituir esa carencia con un fertilizante. Existen problemas de naturaleza estrictamente *tecnológica*, otros que no son de esa naturaleza social, por ejemplo, un problema de erosión o de un piso de arado, que se forma en nuestros suelos de la región pampeana, aparecen relacionados con el número de años que el suelo ha sido dedicado a la agricultura. En un campo pequeño, donde el agricultor cultiva todos los años, al cabo de 20 años hay que prever la presencia de un piso de arado. El piso de arado es molesto para el almacenamiento de agua, crecimiento de las raíces, etc. Podemos elaborar un plan que modifique física-

mente el piso de arado, pero en su origen, el piso de arado está en relación con el tamaño de la propiedad. Es decir, el productor se ve obligado a cultivar todos los años las mismas parcelas, de manera que una solución podría ser tener un tamaño mayor para que él pudiera hacer una rotación de cultivos adecuados. El problema, entonces, no es estrictamente tecnológico, en parte se debe a la organización social que existe en ese lugar. Todos estos factores que yo no he explicado en la exposición para no alargarla excesivamente, pueden verse en el folleto. No sostenemos que lo que nosotros hayamos hecho sea perfecto. Ofrecemos este aporte como un punto de partida. En nuestro país lo consideramos así. Pensamos que quizás dentro de algunos años, gracias a la experiencia de un grupo de gente trabajando sobre la misma idea podamos elaborar, algún procedimiento que ahora recién está en sus comienzos.

Conagin. ¿Cuál es la actitud de los demás colegas que entienden en el problema de la vid en San Juan, en relación con la apreciación de resultados?

Zaffanella. El resultado fue bien recibido por los colegas, al punto que ahora algunas estaciones experimentales del Oeste van a realizar el trabajo. Resultó que los colegas conocían más de la región de lo que ellos mismos creían. Pasaba, que ese conocimiento no había sido organizado y puesto en forma sistemática. Además sirvió para hacer un examen crítico de la labor conjunta y encontramos que en San Juan se estaba trabajando sobre las líneas más importantes. Se ha hecho una especie de examen, por los propios técnicos, con nuestra ayuda, que les ha permitido llegar a la conclusión de que, en efecto, se está trabajando en las líneas adecuadas. Pero no ha sido esta la única reacción. En algunos casos el trabajo ha sido considerado un poco como una intromisión. Este tipo de trabajo puede encontrar en la realidad algunos problemas humanos. Creemos que la mejor política es elaborar un procedimiento, por ejemplo, éste, para ser entregado a los técnicos de cada lugar para que ellos mismos realicen el trabajo, en vez de realizarlo desde afuera sin la participación de quienes están en el problema. Porque en el problema de las decisiones sobre qué corresponde investigar en una región y qué corresponde no investigar hay mucha subjetividad y simpatías por hacer esto o lo otro. Por ejemplo, en una región donde se cultiva arroz, se presenta un plan para el mejoramiento de la estructura del suelo, después de varios años de cultivo. En sí la idea es correcta, pero resulta que el arroz se cultiva en arrendamiento durante algunos años. Cuando el suelo empeora, se deja de cultivar; se pone ganado y con esta acción, a través del tiempo, el suelo se recupera.

¿Qué sentido tiene desde el punto de vista tecnológico, gastar recursos, buscar formas de recuperación física de un suelo cuando ya existe un sistema en armonía con la situación socioeconómica actual?, ¿cómo podríamos convencer, además, al técnico de que está haciendo algo correcto, pero fuera de momento y que podría trabajar en cosas más urgentes dentro de un instituto dedicado a la tecnología? De manera que no solamente existe el problema de entender lo que corresponde hacer a una institución sino también el aspecto humano de aceptar problemas en vez de plantearlos.

Reynaert. Quería preguntar a Zaffanella si tiene alguna idea de la incidencia del error debido al factor humano, en este caso los informantes, sobre el resultado final del estudio.

Zaffanella. Todo es función de la calidad del grupo humano con el que vamos a trabajar. Después de haber vivido años en una estación experimental me encuentro con colegas que no saben lo que pasa a 10 km. de la misma. Debemos considerar y trabajar con la opinión de profesionales y de gente, no siempre basada en experimentos, puesto que lo que precisamente queremos hacer es orientar la investigación. Estamos ante el gran problema de separar lo que es la superstición de lo que es verdad. De manera que cuando alguien nos dice: "Yo considero que el suelo, al estar anegado genera un ambiente reductor y esto provoca asfixia radicular o impide el crecimiento de las plantas", lo primero que tenemos que establecer es: ¿Cuáles son las pruebas? En este procedimiento no aceptamos el criterio de encuesta por sí o por no, sino que nos tienen que explicar en qué se funda quien dice que tal cosa es un problema, para aceptarlo. Si se nos dice: "Hay un horizonte gley, hay un moteado", entonces, en principio, podemos aceptar el factor. Claro que este es un ejemplo muy sencillo. Hay factores de los cuales no podemos estar seguros de si son o no causa de disturbio. Si no se sabe bien si son o no causa de disturbio, quiere decir que tienen un valor bajo en la interacción. En este procedimiento es indispensable un proceso periódico de actualización y revisión. Lo que hemos explicado no es la verdad del problema de productividad sino una aproximación lograda por la información de un grupo humano. Si el grupo no tiene experiencia ni conocimientos ello no invalida al procedimiento. Se trata de un caso de mala información que hace que el procedimiento pueda llevar a resultados erróneos. Es como si a una computadora le diéramos datos falsos.

Carbonell. ¿Qué soluciones encuentran ustedes cuando el agricultor consultado no les puede responder varias preguntas?

Zaffanella. No exigimos que la persona entrevistada pueda contestar todas las preguntas. Supongamos que estamos en una zona donde hay cooperativas; el gerente de la cooperativa nos podrá dar información sobre aspectos de la venta de los productos y de los problemas que hay en ese nivel. Normalmente, no nos dará información sobre ciertos aspectos del suelo. El agricultor, en cambio, puede orientarnos. Veamos este ejemplo típico: en Corrientes tomamos contacto con un productor que era analfabeto; tenía un cultivo de algodón muy pobre. Le preguntamos: ¿Qué haría usted para producir más algodón acá? Contestó: "Si pudiera araría más hondo". Pero no tenía tractor, tenía un buey y un arado de manquera. Estudiando después el perfil, pudimos ver que, efectivamente, se había generado un piso de arado y que las raíces del algodón se torcían al alcanzarlo. Nos mostró un sector de su campo, donde con gran esfuerzo, había conseguido penetrar con el arado unos pocos centímetros más y en ese lugar el rendimiento era superior. De manera que teníamos allí una prueba aceptable del problema físico de la penetración de raíces y una serie de cosas más que, sin ser preguntadas, el agrónomo a cargo de este trabajo tiene que saber ver si es un profesional competente. Es decir, al margen de las cosas que se pueden preguntar al agricultor es necesario saber "ver" ecológicamente.

Carbonell. Pero hay algunas respuestas que no las puede dar el agrónomo sin los resultados de muchos años de experiencias.

Zaffanella. Por eso es que tenemos que buscar varios informantes, en lo posible ubicados en distintos niveles de todo el proceso, extensionistas, agrónomos, gerentes de cooperativas, de bancos, maestros, productores evolucionados y tenemos, además, que viajar por la región y conocerla personalmente. En el caso de San Juan, la cosa fue sumamente fácil, porque nos pusimos en contacto con todos los investigadores y extensionistas de la Estación Experimental, sobre una superficie de sólo 80.000 Há. con un cultivo, la vid, que se viene haciendo desde muchos años atrás. Pero, sin duda, hay casos que son difíciles.

Gandarillas. Un sistema que creo puede servir de chequeo, en un paso previo a volver atrás a realizar todo el programa de estudio de los factores de productividad, podría ser estudiar en otros cultivos los factores permanentes. Supongamos que se estudie vid y otro cultivo cualquiera: trigo. Los factores edáficos y los climáticos permanentes, o sea, aquellos que no modifica el hombre, pueden ser chequeados en otro cultivo; entonces,

solamente los factores que el hombre varía y son propios del cultivo incidirán en ambos. De esa manera se podría, quizás, obtener un chequeo de los factores permanentes.

Zaffanella. Decíamos en la exposición que en lo posible no debería estudiarse un solo cultivo, sino más de un cultivo por unidad agroecológica, y en lo posible no deben superponerse en una estación climática sino cubrir todo el rango climático y en las preguntas que podemos ver en el anexo se hace hincapié en los factores fijos, porque son éstos los que se pueden detectar. Además, es muy interesante ver cómo van surgiendo cosas a medida que uno va preguntando a la gente o explorando sobre el terreno. Las cuestiones que se anotan por último en la planilla especial pueden parecerse poco al cuestionario de origen. El cuestionario inicial sirve para ordenar la investigación.

De Barros. Por un lado la preocupación que tengo es que, como se ha dicho, este método es empírico. No existen parámetros ni criterios definidos que puedan permitir que lo que se halle en un lugar pueda ser comparable con lo hallado en otras regiones, para poder sacar diferencias en base a esos resultados. Segundo, no se si valdría la pena que en vez de llamarlo ataque del problema de productividad agrícola mediante análisis y síntesis ecológicos se llamase método de evaluar la situación en una región agrícola, porque incluye, por ejemplo, aspectos tales como, transporte y otros que no son prácticamente de ecología.

Zaffanella. Bueno, ahí está uno de los puntos de discrepancia en cuanto al uso de la expresión ecología. La palabra ecología se presta a un uso sumamente amplio. Hablo de ecología agrícola en una forma que difiere de la de otros autores, cuando se refieren al estudio de las asociaciones vegetales y su evolución. Para nosotros, ecología es, simplemente, el estudio de las relaciones de los factores de ambiente entre sí y con el rendimiento de los cultivos. Entre los factores de ambiente no distinguimos aquellos que consideramos físicos, de los que derivan de la acción del hombre. El hombre es un factor importantísimo en el ambiente y las decisiones que toma tienen una enorme importancia. De manera que ecológicamente, para nosotros, desde el punto de vista agrícola, un agricultor es un factor ecológico múltiple. La técnica cultural, la rotación, la oportunidad de hacer un cultivo, ¿quién las determina, sino el hombre? ¿Por qué hace las cosas de una manera y no de otra? No podemos entonces, en un problema de productividad, no de fertilidad, pero sí de productividad, olvidar al hombre. Y en ese sentido creo que los sociólogos tienen mucho camino por delante, no tanto en la elaboración de teorías sobre el comportamiento

del hombre sino en la búsqueda de parámetros que puedan medir al hombre como un factor de ambiente. Además, recordemos que nuestro propósito es ordenar la investigación de un área para elevar su rendimiento y no solamente ver qué es lo que debe hacerse con el suelo.

Rodríguez Zapata. Volviendo al punto de partida en la determinación de áreas o regiones agroecológicas, me pareció que el criterio era identificar el área de los problemas básicos y las relaciones de causa y efecto de esos problemas con el fin de servir de orientación a los trabajos de la estación experimental. Ahora debemos preguntar si acaso no sería posible, como método, identificar esas áreas agroecológicas en función de un trabajo que debe existir en Argentina, yo sé que se ha hecho, de una regionalización y zonificación física que permita determinar áreas físicas homogéneas por factores climáticos y en ese nivel identificar las áreas agroecológicas. Me parece que podría ser muy importante dentro de la identificación que ya se hubiera hecho al nivel de zona elegir todavía áreas que pudieran ser subdivisiones y alrededor de éstas identificar las áreas agroecológicas. Tendría la ventaja de que contaría con un elemento en lo físico, por lo menos para extender la aplicación del resultado. De manera, que me preguntaba si ve esa posibilidad de que se pueda jugar esa identificación de área agroecológica con un sistema de clasificación.

Zaffanella. Este es un procedimiento que está en sus comienzos, no es algo que esté terminado. Cuando pienso que los americanos han precisado siete aproximaciones para llegar a un sistema de clasificación que sigue siendo criticado y no aceptado en muchas partes del mundo, sobre una base mucho más elaborada, desde todo punto de vista, que la que sirve al procedimiento del que he hablado hoy, no soy muy optimista en cuanto al futuro, lo cual no quiere decir que sea pesimista. Diría que la idea suya es totalmente racional.

Rodríguez Zapata. En Argentina existe ya una regionalización física, una zonificación dentro de regiones que ha sido hecha en el Instituto de Suelos, el que ha delimitado ciertas regiones, ciertas zonas que tienen una base homogénea; factores físicos integrados por factores de clima y de suelo. Lo que le sugería era aprovechar la existencia de esa investigación de áreas que tienen factores físicos comunes que identifican cierto tipo de agricultura para ir haciendo el estudio de esas áreas agroecológicas en unidades más chicas en función de esas áreas que ya están identificadas y no exclusivamente en función de la presencia de una estación experimental. Puede ser que la estación experimental conduzca a estudios locales en su con-

torno. Pero si no se integra en una clasificación que dé una visión más amplia, habría que hacer demasiados trabajos de estudio por área, cosa que podría simplificarse si usted muestrea en áreas más grandes, con cierta homogeneidad, y elige en ellas áreas agroecológicas como variables de área para generalizar los resultados.

Zaffanella. Lo que usted propone es trabajar con el criterio conocido de muestreo. Es decir, dentro de un área extensa tomar puntos representativos. En cambio, este procedimiento ha surgido, para responder a una necesidad de una organización dedicada al estudio de problemas de productividad, el INTA, y en este momento lo que pretendemos es que las estaciones experimentales tengan una idea relativamente clara de lo que deberían hacer en sus zonas de influencia. En algunos casos se tienen esas ideas suficientemente claras. En otros casos ese análisis sería muy conveniente. De manera que partimos de una necesidad interna dentro del campo de acción de un instituto, y estamos desarrollando un procedimiento que, si es válido podrá extenderse al campo de la planificación.

Duarte. Si el colega halla que el resultado, en vista del instrumento usado para medir magnitudes, es poco preciso, ¿no encuentra que es mucha responsabilidad formular conclusiones?

Zaffanella. (Contestando, cita el último párrafo de su trabajo.) “En modo alguno este procedimiento pretende suplantar el criterio o el conocimiento que alguien tenga de un problema, pero entendemos que es válido cualquier esfuerzo que pretenda ordenar todo el proceso que lleve a la toma de decisiones importantes”. Asumo con plena tranquilidad esa responsabilidad porque, al pronunciarme sobre cuáles son las investigaciones que se deben hacer, lo hago porque el procedimiento me da los elementos para demostrar, paso a paso, porqué llego a las decisiones.

Duarte. Pero, ¿no considera débiles los elementos?

Zaffanella. Los considero menos débiles que el procedimiento actual de tomar decisiones sin haber hecho estudios de situación suficientemente precisos.

Couto. Trataba de enfocar el procedimiento que propone el colega Zaffanella desde el punto de vista de la investigación en Fertilidad de Suelos y considero que en ese sentido puede ser un aporte importante para determinar las áreas en las cuales se debe trabajar en condiciones más o menos uniformes, o bien para, una vez conocidos los factores que afectan los rendimien-

tos y, en general, la productividad, ajustar los resultados obtenidos de acuerdo a esos factores. Me caben sí, ciertas dudas sobre si los resultados que se obtienen por el procedimiento pueden ser tan seguros como para darles ese uso en los problemas de fertilidad del suelo. Si bien usted dijo que el procedimiento no era defectuoso y si los resultados no eran válidos era porque estaba mal la información, considero que, de todas maneras, el procedimiento adolece de ciertas desventajas si permite llegar a resultados que no son correctos. En ese sentido comparto con usted los problemas que señaló en cuanto a subjetividad de la información y he señalado algunos otros también que me hacen pensar que los resultados pueden ser equivocados incluso en forma peligrosa, porque partiendo del punto de vista de la subjetividad habría un montón de deficiencias a señalar, por ejemplo: la capacidad de observación personal es muy diferente e incluso está afectada por ciertos elementos tales como el interés de cada persona en el problema que está estudiando. Y usted mismo dio la prueba de cómo los informantes influyen demasiado en los resultados desde que elige un número impar para obtener decisiones sobre si se tiene en cuenta o no la información que proporcionan los informantes para su estudio. Esto es una prueba de que los resultados que se puedan obtener son extremadamente variables de acuerdo al informante que se elige y al conocimiento que tiene el informante del problema. Habrían otras observaciones que hacer: por ejemplo; la influencia de factores que se desconocen, hay un montón de problemas que inciden sobre la producción que a veces no se tienen en cuenta por la razón de que no son conocidos, e incluso está el error en que puede incurrirse cuando en la ordenación de matrices de los datos que Ud. dio, se hace la prueba de determinar cuando es causa y efecto a la matriz por filas o columnas, es decir, haciendo el procedimiento a la inversa. Si bien eso puede eliminar la posibilidad de error, también el error es posible cuando se trabaja en sentido inverso. Por un lado toma un factor y le atribuye cierto puntaje por el conocimiento que tiene de la incidencia de ese factor en los resultados y por otro lado toma en cuenta la acción de ese factor sobre otros factores y atribuye también un puntaje a esos factores secundarios o que son afectados por el primero y suma los puntos para obtener el resultado final. En ese sentido cabe también la pregunta por qué tienen que ser aditivos, porque muchas veces la interacción se presenta de maneras muy diferentes y los resultados pueden ser falseados. Si utilizamos el procedimiento para desarrollar áreas de investigación o para corregir factores en estudio de problemas de investigación de acuerdo a estos resultados, considero que son aceptables con mucha reserva.

Zaffanella. Desgraciadamente, comparto en mucho sus críticas, pero creo que hay un dicho en portugués, que dice: "Si no se tiene perro, se caza con gato". He asistido, hace unos años, en el INTA, a un intento de estudio de situación para poder decidir las líneas de ataque de los aspectos más importantes a fin de que la investigación y la extensión se orientaran hacia objetivos importantes. La información reunida mediante encuestas, fue muy difícil de interpretar y el proceso, muy laborioso, fracasó parcialmente. En tales situaciones estamos ante una especie de círculo vicioso: para investigar problemas de productividad tenemos que tener información y esa información requiere investigación. ¿Cómo hacemos, entonces, para elegir las líneas en que debe trabajarse, no en fertilidad, sino en los aspectos que están gobernando la productividad de una región? A pesar de todos los inconvenientes señalados, el procedimiento entrega resultados. Estos resultados son un reflejo de la información disponible. Desde luego que hay muchos factores que no se conocen, pero es que todo el proceso de la investigación es precisamente el continuo ataque de hechos desconocidos mediante la información conocida, en un proceso continuo de interrogantes. En algún momento tenemos que ordenarnos para empezar y algún punto de partida debemos tener. Desgraciadamente veo, muchas veces, que el punto de partida no tiene el subjetivismo de este trabajo sino el subjetivismo absoluto de alguien que está al frente de una institución o de grupos que no demuestran, analíticamente, como han decidido lo que se ha de hacer. O tenemos el caso de países subdesarrollados, que piden el concurso de la FAO, por ejemplo, para que manden expertos para trabajar, sea el caso, en problemas de fertilidad de suelos, sin haber sido capaces de definir en el pedido cuál es el problema por atacar. De modo que se recibe cualquier experto, a veces de alto valor con el riesgo de estar especializado en un campo que no es precisamente donde tiene que trabajar. En cuanto a lo de la aditividad, diría que es una manera de encarar el problema con resultados hasta ahora aceptables.

Couto. Quería destacar que las observaciones que planteé son desde el punto de vista de la aplicación del procedimiento a problemas de investigación de Fertilidad de Suelos y no de desarrollo de zonas o de programación de la investigación con carácter regional.

Zaffanella. Coincido con usted. Nosotros no aplicamos este procedimiento a problemas determinados de fertilidad de suelos sino para el ordenamiento general de las investigaciones de carácter agronómico que deben escalonarse para atacar un problema de productividad.

Schenkel. En primer lugar creo que el trabajo aporta algo macizo, y que cualquiera que sea la imperfección que tuviera, es importante destacar que permite ubicar a cada especialista de fertilidad dentro del conjunto de factores que están incidiendo sobre una zona. Ha sido incompleto porque no ha sabido distinguir la necesidad de separar el grado de conocimiento técnico que el agricultor o el productor tiene, de la ignorancia que los propios especialistas tienen. En ese cuadro, Anexo 13, yo haría una pregunta concreta: ¿Esta importancia, vale decir valor, y otros aspectos para determinar la prioridad del estudio de factores del problema de productividad de vid en campos de Cautete en San Juan, es un orden de importancia de lo que los investigadores deben hacer o es un problema de extensión? Esto es lo primero; lo segundo es que me parece que el esquema, al cual se llega finalmente, de la importancia que tienen los distintos factores de productividad debería ser independiente del cultivo por cuanto hay cultivos que son sensibles y otros que no lo son, y lo importante es llegar a conocer los factores de tal manera que se conjuguen y que sobre un área agroecológica determinada pueda juzgar el profesional agrónomo adaptando variedades, adaptando especies, modificando a lo mejor, un sistema tradicional de monocultivo en ciertos casos a pluricultivos. Lo imperfecto que hay, me parece secundario frente a esta parte positiva.

Zaffanella. Contestando a la primera pregunta, el ordenamiento se hace para los planes de investigación. Con respecto a la segunda pregunta, coincido totalmente en que diversos cultivos, indican con diversa intensidad la acción de un mismo factor ambiental. Pongo por caso a la caña de azúcar y al tabaco. Mientras la caña de azúcar es poco sensible a ciertos factores edáficos, el tabaco o el maíz en las mismas situaciones, reflejan de una manera muy clara los problemas. Por eso es que pedimos que la investigación se haga en lo posible, no sobre un cultivo, sino sobre varios.

Schenkel. Eso lo acepto con condiciones. En el primer caso tendría que hacer una pequeña reserva: que la valorización de los problemas para estudiar puede estar muy afectada por el conocimiento específico que cada cual tenga sobre el factor a estudiarse.

Zaffanella. Esto es indudable, pero entramos otra vez en el tan temido problema del subjetivismo. La única manera dentro de lo humanamente posible en esta etapa, para neutralizar al subjetivismo es reunir la mayor información para lograr, en lo posible, un conocimiento que nos lleve no, simplemente a acep-

tar que un factor es importante, sino aceptarlo por las explicaciones o las evidencias que se hayan reunido. Nos ha pasado que de la consulta de 2 ó 3 agrónomos en un área unos han señalado unos factores y otros han señalado otros. Por ejemplo, el agrónomo 1, señala el factor A, B, C y D; el agrónomo 2, señala el factor B, C, J y H. Si hubiéramos trabajado en base al agrónomo 1, los factores J y H se hubieran descartado. Es posible que si se hubiera contado con un tercer agrónomo, hubieran aparecido el factor W o el Z. Por eso, dentro de lo posible tenemos que agotar el conocimiento disponible, estando prontos a reestructurar y a modificar la estructura conferida al problema, apenas tengamos nueva información. Es por eso que se necesitan procedimientos que sean relativamente ágiles y no demasiados complejos en su elaboración, porque cuanto más complejos los procesos, más costosos y más tiempo llevan. No tanto es la interpretación por computación, sino la toma de información. Tenemos siempre este conflicto: por un lado precisión, pero ganamos tiempo. Creo que no es toda cuestión de rapidez, pero tampoco podemos sacrificar en aras de la precisión ese elemento tan precioso que es el tiempo.

Letelier. Quiere hacer unas observaciones muy simples y cortas. Es curioso cómo una de las principales críticas que se han hecho al trabajo del colega Zaffanella es el subjetivismo en que se basa, sin embargo, es precisamente el objetivo del trabajo eliminar en parte ese subjetivismo. Es indudable que el subjetivismo sigue existiendo, pero en la medida en que la información sea buena se disminuye, se obtiene una especie de promedio. Me parece que es un paso adelante y una manera de empezar. Pero esta manera debe mirarse con cierto beneficio de inventario. Como lo señalaba el colega Couto, hay cosas que no se ven, incluso el agrónomo que vive en una región tiende a ser muy conservador. Así como el informe a veces está atrasado en su punto de vista, también el agricultor a veces está atrasado en su punto de vista, no está al día con las técnicas modernas; por ejemplo, he tenido oportunidad de discutir con agricultores respecto a calidad de suelos que me ha tocado informar. Ellos opinaban, porque siempre lo habían creído así, que un suelo relativamente delgado, pero con bastante coloide orgánico y algo de arcilla era el mejor suelo de la región; sin embargo, en el informe yo ponía que era de segunda categoría, y un suelo relativamente más bajo en materia orgánica, pero mucho más profundo, en primer lugar. Eso, ¿a qué se debía? A que el agricultor todavía no está conciente de que el fertilizante puede modificar totalmente la productividad. El dependía todavía, de la productividad natural, en gran parte, para lo cual ese suelo rico en coloides minerales y materia orgánica era

evidentemente lo mejor. Pero ahora ya no lo es, de modo que hay cierto conservadorismo inherente a toda información proveniente de un agricultor, pero debe ser complementado también por otra clase de información tal vez de carácter experimental y rápida sobre todo en el aspecto de fertilidad propiamente aunque él nos ha dicho que su programa es de productividad; dentro de la productividad está metida la fertilidad y los problemas nutricionales también, de modo que no se pueden separar, para estudiar un área. Me parece que otra manera de disminuir el subjetivismo sería que la información procediera en lo posible y en gran parte, no totalmente, de buenos extensionistas. Algo que nos falta, una cosa que está fallando generalmente es el extensionista de una región o de un área más bien pequeña que esté continuamente estudiando y viendo los problemas que existen para llevarlos a la parte de investigación que es la manera normal en que se trabaja en EE. UU., Europa y en otras partes.

Zaffanella. Estoy de acuerdo con usted. En lo posible hemos estado usando información de extensionistas.

Estudio de la productividad del maíz en la Provincia de Santiago ⁽¹⁾

MANUEL J. GANDARILLAS I. ⁽²⁾, EDMUNDO ACEVEDO H. ⁽³⁾
y RAMÓN GARCIA L. ⁽²⁾

INTRODUCCION

La problemática con que el investigador en ciencias agrónomas se enfrenta continuamente, es la complejidad de los factores que determinan el rendimiento de una especie cultivada. Se ha tratado de aislar los diferentes fenómenos y estudiarlos por separado, con el fin de encontrar los mecanismos que los rijan y conocer su importancia en la producción. El método enunciado permite conocer los fenómenos en forma aislada, pero a su vez plantea la dificultad de reunir estos diferentes aspectos y de este modo aplicar los resultados de la investigación.

El rendimiento de un cultivo es función de los factores de productividad: suelo, planta, clima y manejo. Cada uno de los factores citados es compuesto y puede subdividirse en varios. Así los suelos por una parte, tienen diferentes propiedades físicas, químicas y biológicas que provocan diferentes reacciones en la planta. El material vegetal reacciona a condiciones de clima, manejo y suelo de manera diferente dependiendo de sus características genéticas. En consecuencia, el número de factores conducentes a un rendimiento determinado es inmenso y las relaciones entre ellos de una magnitud notoriamente superior.

(1) Los autores dejan especial constancia de la inestimable ayuda recibida en el planeamiento e interpretación del presente trabajo dada por el Ing. Agr. Elías Letelier A.

Además agradecen la colaboración de los Ings. Agrs. Marino Zaffanella y Raúl Barnier, y a los Sres. Hernán Hernández V. y Jorge García Ruidobro.

(2) Ingenieros Agrónomos, Proyecto Suelos, Instituto de Investigaciones Agropecuarias - Proyecto Estudio y Reconocimiento de los Suelos Chilenos, Gobierno de Chile - Naciones Unidas.

(3) Ingeniero Agrónomo, Universidad de Chile - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Profesor Auxiliar Cátedra de Suelos, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile.

Es, por lo tanto, de vital importancia integrar los factores que intervienen en la producción y asignarle a cada cual su valor relativo, a manera de solucionar en orden causal las limitantes que el agricultor encuentra en la producción de los cultivos.

REVISION DE LA LITERATURA

Entre los factores de productividad de mayor importancia, el número de plantas por unidad de superficie es uno de los que influyen en mayor proporción la producción del maíz. Varios investigadores (8, 12, 16) han encontrado que el número de plantas por hectárea es una función directa del rendimiento. Duncan et al. (3) encuentran que la población óptima en diferentes partes de Estados Unidos varía entre 7.500 y 50.000 plantas por hectárea. Las densidades óptimas altas correspondían a suelos con fertilización alta en los estados del norte. En Chile, San Cristobal (14) en maíz, detectó una interacción positiva entre las dosis de nitrógeno y las densidades de plantas por hectárea. La población óptima fluctuaba entre 60.000 y 75.000 plantas por hectárea, correspondiente a ello una dosis de nitrógeno variable entre 100 y 200 kg./Há. Una interacción semejante fue encontrada por Norero en Chile (9). El efecto del nitrógeno era mayor a medida que la población de plantas aumentaba.

Shalhevet y Zweman (15) en un estudio efectuado en invernadero en maíz, encontró que el nitrógeno podría compensar por los efectos del mal drenaje. Así al fertilizar con este elemento en condiciones de drenaje interno libre, restringido y con nivel freático fluctuante, no encontró diferencias en peso de materia seca en las plantas. Sin fertilización nitrogenada, el drenaje libre resultó el tratamiento con rendimientos superiores.

Zaffanella y Gemesio (19) trabajando en suelos de pradera en Argentina determinan una dependencia entre el tenor de materia orgánica del suelo de los 40 cm. superficiales y los rendimientos del maíz. Sugieren, además, el uso de barbechos tempranos para elevar la cantidad de nitratos del suelo.

La evapotranspiración del maíz, según Fritschen y Shaw (5) es baja en los primeros estados de desarrollo, para alcanzar un máximo a los 40 días y mantenerse constante hasta los 90 días aproximadamente, Fritschen y Rasayaski (*) determinaron el uso consumo del maíz para zona de Santiago, encontrando que éste era de 5 mm. diarios a los 50 días de la siembra. El uso consumo total obtenido fue de 5.304 m³/Há.

(*) Informe Técnico 1965-66, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Inédito.

Zaffanella et al. (20) estudió cinco factores —espesor del suelo con materia orgánica, años precedentes de agricultura, época de la primera labor, número de plantas por hectárea e índice de uniformidad de la plantación— en la región pampeana argentina, en relación a los rendimientos del maíz. Los resultados indican una dependencia entre los factores estudiados y los rendimientos del cultivo.

MATERIAL Y METODO

Durante la temporada 1966-67 se realizó una investigación en 38 sitios representativos de la provincia de Santiago, elegidos de acuerdo a la importancia del cultivo y a la gama de suelos de riego existentes. En cada sitio se ubicaron dos parcelas en la siembra del agricultor; una de ellas contenía la dosis de fertilizante empleada por él y, por lo tanto, variable de sitio y en la segunda se completó un total de 217 kg. de N/Há. y 141 kg. de P_2O_5 /Há.

En estas parcelas se efectuó un grupo de observaciones que comprendieron:

- a) Factores permanentes como profundidad del suelo, drenaje, % de arcilla más limo determinado por el método del hidrómetro (1), densidad aparente del suelo (*), capacidad de uso (11), conductividad eléctrica del extracto saturado del suelo analizada mediante las normas del U.S. Salinity Laboratory (17), reacción del suelo en relación suelo-agua 1: 2.5 (7), materia orgánica según el método de Walkley y Black (7), nitrógeno nítrico y potasio aprovechable por el método de Peach-English (10) y fósforo aprovechable por el método de Bray y Kurts N° 1. Las muestras analizadas fueron obtenidas de los primeros 18 cm. del suelo.
- b) Factores controlables como densidad de plantas por hectárea, fertilización nitrogenada y fosfatada, tiempo transcurrido entre la primera labor y la siembra, número de labores, fecha de siembra, distancia entre hileras, ataque de gusano (*Heliothis almigera*) a la mazorca, número de controles de maleza y déficit hídrico.

Si bien, la conductividad eléctrica es un factor hasta cierto punto controlable dependiendo de la calidad del agua de riego —en el presente trabajo se tomó como un factor permanente

(*) RUSSI, E. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile. Comunicación personal.

CUADRO 1

FACTORES NO CONTROLABLES Y MANEJABLES EN EL CULTIVO DE MAIZ,
ESTUDIADOS EN 40 SITIOS DE LA PROVINCIA DE SANTIAGO

Factores	Denominación
Rendimiento	Y ₁
Densidad de plantas por hectárea	X ₁
Profundidad del suelo	X ₂
Drenaje del suelo	X ₃
Fertilización nitrogenada	X ₄
Fertilización fosfatada	X ₅
Nitrógeno nítrico del suelo	X ₆
Fósforo asimilable del suelo	X ₇
Potasio asimilable del suelo	X ₈
% de materia orgánica del suelo	X ₉
% de arcilla + limo del suelo	X ₁₀
Conductividad eléctrica del extracto saturado	X ₁₁
Reacción del suelo (pH)	X ₁₂
Densidad aparente del suelo	X ₁₃
Capacidad de uso	X ₁₄
Tiempo entre primera labor y siembra	X ₁₅
Número de labores	X ₁₆
Fecha de siembra	X ₁₇
Distancia entre hileras	X ₁₈
Cantidad de pesticida al suelo	X ₁₉
Ataque de gusano a la mazorca	X ₂₀
Número de control de malezas	X ₂₁
Control de humedad del suelo	X ₂₂

debido al alto contenido de sales que trae en solución las aguas del río Maipo, lo que impide efectuar un adecuado control de este factor—.

La profundidad del suelo fue medida a base a la presencia de un nivel freático o una estrata de grava o piedra que ocupara un porcentaje mayor al 80 % del volumen del suelo. La estimación del drenaje se basó en el moteado en el perfil y en los niveles freáticos del suelo.

Mediante un muestreo del suelo, dos o tres días antes de cada riego, se controló la humedad disponible del suelo en ese momento. El déficit hídrico, factor considerado en el presente estudio, se refiere al número de días que el suelo estuvo en 0 bajo marchitez permanente entre la emergencia y el estado de bandera floral.

El clima correspondiente a la provincia de Santiago, según los márgenes de Köppen (2), es templado cálido con lluvias invernales y estación seca prolongada.

Los suelos en estudio son en su mayoría aluviales, estratificados, de profundidad variable y descansan en un substrato de gravas o piedras. Sin embargo, hay sectores de depósitos finos, que probablemente correspondan a un origen lacustrino.

El 67 % de los ensayos fueron sembrados en suelos aluviales, el 28 % en suelos lacustrinos y el resto en otros suelos.

La experiencia se efectuó bajo condiciones de riego.

Con el objeto de clarificar los resultados presentados más adelante, en el Cuadro 1, aparecen los factores considerados más importantes en la obtención de la cosecha de maíz y que fueron tomados en cuenta en este trabajo.

Los datos fueron procesados mediante el computador IBM-360 perteneciente a la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, con el objeto de obtener correlaciones totales entre los rendimientos y las variables en estudio, correlaciones entre las variables y correlaciones parciales. Mediante este método se determinó el grado de dependencia e importancia de los factores considerados en el rendimiento del maíz.

Se propusieron diez alternativas de regresión múltiple a fin de determinar los coeficientes de regresión entre el total o parte de los factores estudiados y los rendimientos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos se separarán en tres capítulos principales a manera de simplificar la comprensión del trabajo:

1. Resultados físicos experimentales.
2. Factores que afectan la productividad del maíz en parcelas abonadas por el agricultor.
3. Factores que afectan la productividad del maíz con una fertilización alta constante.

1. *Resultados físicos experimentales.*

Los cuadros 2 y 3 representan los rendimientos y valores de las mediciones más importantes efectuadas en las parcelas del agricultor y con fertilización alta constante.

Para facilitar la comprensión visual de los cuadros anteriores, cada uno de los factores considerados ha sido dividido en tres niveles, que se indican con diversos tipos de imprenta. El límite de estos niveles es arbitrario, pero ellos guardan una relación

CUADRO 3

RENDIMIENTO Y FACTORES MAS IMPORTANTES QUE LO AFECTAN
EN PARCELAS FERTILIZADAS CON UNA DOSIS CONSIDERADA ADECUADA

Rendi- miento (qq/Há.)	Densidad (plantas/ Há.)	Dre- naje *	Conduc- tividad (mmhos/ cm ²)	Nitrógeno agregado (kg./Há.)	Días rotura siembra (días)	Profun- didad suelo **	Déficit hídrico ****	Fecha siembra ***	Ataque heli- this (%)	D'istancia entre hileras (mts.)
142	48,438	3	1,7	217	190	3	0	26	30	1
126	50,500	3	1,1	"	181	3	0	6	80	1
124	52,188	3	1,9	"	72	2	0	17	20	1
118	40,972	2	0,7	"	79	2	0	4	40	1
114	57,500	3	1,2	"	33	2	0	24	15	1
113,6	41,563	3	1,3	"	77	1	1,5	0	50	1
112	39,062	3	0,7	"	137	3	0,9	17	70	1
110	37,672	2	1,2	"	24	3	0,0	5	80	1
108	43,322	1	0,2	"	50	2	0	15	55	0,8
104	58,571	1	1,6	"	146	2	1,6	10	80	0,7
103,6	55,448	3	0,5	"	30	3	1,9	5	70	1
103	50,391	3	1,6	"	37	1	1,5	2	80	0,8
100	39,063	3	0,7	"	37	1	0	28	60	1
100	37,813	1	1,4	"	35	2	1,7	41	80	1
98	41,358	3	1,5	"	76	3	2,4	0	90	1
93	27,813	3	1,5	"	107	3	0	21	40	1
92,8	36,250	2	1,1	"	78	3	2,9	53	85	0,8
88	35,157	2	1,9	"	35	3	2,8	75	90	0,8
86	51,563	3	1,5	"	33	3	3,3	25	90	1

(Continuación Cuadro 2)

Rendimiento (qq/Há.)	Densidad (plantas/Há.)	Drenaje *	Conductividad (mmhos/cm ²)	Nitrógeno agregado (kg./Há.)	Días rotura siembra (días)	Profundidad suelo **	Déficit hídrico ****	Fecha siembra ***	Ataque heliothis (%)	D. distancia entre hileras (mts.)
70	35,938	2	1,9	0	35	3	2,7	71	70	1,00
65	45,000	3	0,7	179	62	3	5,2	35	95	0,80
62	34,688	3	1,1	131	58	3	7,9	29	90	0,80
59	25,000	3	2,1	98	60	3	6,7	29	70	1,00
55	31,563	3	1,8	13	20	3	6,5	66	80	1,00
54	38,125	2	1,3	96	30	3	8	36	100	0,80
50	37,313	2	3,9	92	48	3	9	5	95	0,80
50	27,273	3	3,9	160	35	1	0	5	80	0,80
48	16,786	3	0,8	82	90	1	10	33	90	0,70
47	35,313	3	0,6	113	70	3	0	35	30	0,80
45	44,285	1	1,6	147	146	2	1,6	10	65	0,70
44	34,063	3	0,7	134	53	1	9,5	28	60	0,80
43	45,938	2	1,5	102	62	3	9,7	22	100	0,80
41	40,982	1	2,4	53	63	2	0	29	100	0,80
40	31,563	2	0,75	96	75	3	9,3	25	100	0,80
39	26,500	2	1,9	33	47	3	4,6	8	60	0,80
38	18,750	1	3,4	0	21	1	0	57	95	0,80
27	22,813	1	5,0	0	26	1	0	51	100	0,80
24	30,555	1	3,9	33	28	1	0	36	100	0,80
10	7,083	1	1,5	0	20	1	0	36	100	1,00

* 3, bueno; 2, regular; 1, malo.

** — 0,40 m. = 1; 0,40 — 0,80 m. = 2; + 0,80 = 3.

*** Días a partir del 15 de octubre.

**** Días entre emergencia y bandera florar en o bajo Porcentaje de Marchitez Permanente (0 — 30 cm.).

general con los rendimientos obtenidos. Así, la “negrita” indica una limitante seria; el “tipo común”, una condición favorable y el “tipo “inclinado”, una condición intermedia.

De la comparación de los cuadros 2 y 3 se desprende que el número de casos en el cual los rendimientos son altos, eran mayores en las parcelas con fertilización suplementaria; a su vez estos tienen proporcionalmente menor número de casos con rendimientos bajos. Existe, por lo tanto, un efecto positivo de la fertilización.

Si bien el presente trabajo considera veintitrés factores como posible causante del rendimiento, en los cuadros 2 y 3 aparecen solamente los diez factores que fueron los de mayor incidencia.

Los rendimientos considerados altos presentan gran cantidad de factores no limitantes; sin embargo, los rendimientos bajos presentaron siempre factores limitantes.

El déficit hídrico y la conductividad eléctrica al parecer fueron factores de bastante importancia, dado que no aparecen rendimientos altos si estos factores eran limitantes.

2. Factores que afectan la productividad del maíz en las parcelas fertilizadas por el agricultor.

En el cuadro 4, se presentan los valores correspondientes a las correlaciones totales entre las parcelas fertilizadas por el agricultor y los rendimientos de maíz.

De los diez factores que resultaron significativos, siete de ellos son controlables, esto significa que pueden ser mejorados con prácticas culturales adecuadas. En orden de importancia los factores controlables de mayor peso en los rendimientos según los resultados de la correlación total, fueron: densidad de planta por hectárea, ataque de gusano (*Heliothis*) a la mazorca, fertilización nitrogenada, tiempo entre rotura y siembra, déficit hídrico, fecha de siembra y fertilización fosfatada.

La densidad de plantas por unidad de superficie fue el factor más importante que afectó los rendimientos. Esto concuerda con los datos obtenidos por Laird et al. (8), San Cristóbal (14) y Norero (9) que consideran los rendimientos una función de la densidad. En promedio, las parcelas del agricultor presentaron una densidad de 37.000 plantas por hectárea, valor bajo el óptimo indicado para nuestras condiciones.

Los agricultores que obtuvieron densidades altas de plantas, fertilizaban con dosis mayores de nitrógeno que el promedio.

CUADRO 4

CORRELACIONES ENTRE RENDIMIENTO DE PARCELAS FERTILIZADAS POR EL AGRICULTOR Y FACTORES CONTROLABLES Y NO CONTROLABLES EN 38 ENSAYOS EN LA PROVINCIA DE SANTIAGO

Factor	r
Densidad de plantas por hectárea	0,686 ***
Drenaje	0,502 **
Ataque gusano a la mazorca	-0,468 **
Conductividad eléctrica del suelo	0,461 **
Fertilización nitrogenada	0,444 **
Tiempo entre rotura y siembra	0,419 **
Profundidad del suelo	0,378 *
Déficit hídrico	-0,370 *
Fecha de siembra	-0,369 *
Fertilización fosfatada	0,343 *

Nivel de significación: 1% 0,519 ***
 1% 0,418 **
 5% 0,325 *

Dada las necesidades de este elemento fertilizante en el maíz y su interacción con el número de plantas (9), era posible esperar que la fertilización nitrogenada tuviera correlación con los rendimientos.

Otro factor significativo y probablemente relacionado indirectamente con el nitrógeno, es el tiempo transcurrido entre la primera labor y la siembra, ya que la mineralización de la materia orgánica experimenta un aumento en la estación que se efectúa la preparación del suelo, debido al aumento de temperaturas y humedad. En investigaciones efectuadas por el Departamento de Edafología de la Universidad Católica de Chile (*), se determinó una curva de nitrificación característica en condiciones de suelo desnudo a través del año. Al no consumirse los nitratos por un cultivo, posiblemente el barbecho o el laboreo anticipado del suelo, tiene un afecto positivo en la acumulación de éstos. Zaffanella y Gemesio (19) indican la necesidad de adelantar el barbecho para aumentar la cantidad de nitratos en el suelo.

Se encontró una relación negativa entre la fecha de siembra y los rendimientos; las siembras tardías tendrían bajos rendimientos. En el cuadro 3 se observa que la densidad de plantas

(*) Departamento de Edafología. Universidad Católica de Chile. Investigación. Inédito.

está correlacionado con la fecha de siembra y otros factores. Es probable que esta sea la razón del hecho señalado.

Los factores no manejables, en orden de importancia, que afectan significativamente los rendimientos son el drenaje, la conductividad eléctrica y la profundidad del suelo.

El drenaje del suelo correlacionó significativamente con los rendimientos; así pues, suelos bien drenados tenían rendimientos mayores que suelos con exceso de agua. Por otra parte, este factor tuvo una correlación positiva con la cantidad de nitrógeno agregado, en el caso de parcelas con la fertilización utilizada por el agricultor. Sin embargo, al poner una alta fertilización no hubo esta correlación. Esto concuerda con los datos obtenidos por Shalhevet y Sweman (15) en USA en maíz, bajo condiciones de invernadero.

La profundidad del suelo también correlacionó significativamente con los rendimientos, en el caso de las parcelas fertilizadas con las dosis usualmente agregadas por el agricultor, esto es, a mayor profundidad se obtendría un rendimiento más alto. Al comparar estos resultados con los de las parcelas fertilizadas a un nivel óptimo, vemos que en las últimas no habría correlación con rendimientos. Se concluiría de este hecho que la fertilización nitrogenada puede reemplazar hasta cierto punto la profundidad del suelo (4), debido a una mayor concentración del elemento en la solución del suelo.

El déficit hídrico del suelo fue una medida que presentó correlación con los rendimientos a un nivel de 5 % de significación. Esto parece indicar que en los primeros sesenta días de crecimiento, este factor es importante para el maíz. Una posible explicación de esta correlación podría ser que, en general, los agricultores siembran el maíz con una baja humedad en el suelo, demorando bastante el primer riego (con el objeto de efectuar ciertas labores como escardas o aplicación de herbicidas), de esta manera el % de germinación es bajo, obteniéndose una población inadecuada de plantas. Esta situación se agravaría al existir una conductividad eléctrica alta debido a que la aprovechabilidad del agua del suelo es menor por la mayor presión osmótica generada.

Es necesario destacar el efecto de la conductividad eléctrica en el cultivo del maíz. Esta planta es considerada semitolerante (17), o sea, sus rendimientos no bajarían con una conductividad menor de 4 mmhos. por centímetro a 25° C. Sería de interés efectuar un estudio sistemático de la salinidad en el maíz, viendo los posibles efectos de ella en la germinación y en la aprovechabilidad del agua.

En el cuadro 5 se presentan los valores de las correlaciones significativas entre las variables consideradas en el presente trabajo.

CUADRO 5

CORRELACIONES OBTENIDAS EN 38 ENSAYOS DE MAÍZ, ENTRE VARIABLES ESTUDIADAS PARA LA PARCELA FERTILIZADA POR EL AGRICULTOR

Variables relacionadas		r
Densidad aparente	Ataque de Heliothis	0,654 ***
Drenaje	Fertiliz. nitrogenada	0,589 ***
Fertilización nitrogenada	Ataque de Heliothis	—0,513 **
Drenaje	Ataque de Heliothis	—0,472 **
Densidad de plantas	Profundidad	0,443 **
Tiempo de rotura siembra	Número de labores	0,417 *
Densidad de plantas	Ataque de Heliothis	—0,436 **
Densidad de plantas	Fecha de siembra	—0,415 *
Densidad de plantas	Conductividad	—0,365 *
Profundidad	Conductividad	—0,354 *
Densidad de plantas	Densidad aparente	—0,344 *

Nivel de significación: 1% 0,519 ***
 1% 0,418 **
 5% 0,325 *

Los agricultores de la zona estudiada, efectúan ciertas prácticas de manejo características; así cuando aran el suelo temprano efectúan un número mayor de labores que si roturaran cerca del período de siembra del maíz. De esto se desprende la relación encontrada entre el tiempo transcurrido entre la primera aradura y el número de labores a que se somete el suelo. Esto reflejaría una conducta del agricultor.

Por otra parte, el cuadro 5 sugiere ciertas relaciones entre los factores aludidos que serían interesantes de estudiar como el ataque de Heliothis en función del drenaje o fertilización nitrogenada.

Las relaciones entre variables permitiría explicar la mayoría de los rendimientos encontrados en la presente experiencia. La densidad de plantas, por ejemplo, sería función de la fecha de siembra, de la conductividad eléctrica y de la densidad aparente, por lo tanto, en los suelos que presentaron estos factores desfavorables sería difícil obtener una población de maíz óptima.

El cuadro 6 presenta los valores de correlación parciales significativos, obtenidos al comparar los diferentes factores de la producción y los rendimientos.

Al efectuar este cálculo, la densidad de plantas continuó siendo el factor más importante que afecta los rendimientos

CUADRO 6

VALORES DE LAS CORRELACIONES PARCIALES OBTENIDAS EN 38 ENSAYOS DE MAIZ, ENTRE LAS VARIABLES Y LOS RENDIMIENTOS, PARA LAS PARCELAS FERTILIZADAS POR EL AGRICULTOR

Variable	r
Densidad de plantas	0,576 ***
Conductividad eléctrica	— 0,517 **
Déficit hídrico	— 0,434 **
Drenaje	0,364 *
Número de labores	0,333 *

Nivel de significación: 1 % 0,519 ***
 1 % 0,418 **
 5 % 0,325 *

CUADRO 7

REGRESIONES MULTIPLES MAS IMPORTANTES Y SUS COEFICIENTES DE CORRELACION, EN LA PARCELAS FERTILIZADAS POR EL AGRICULTOR

Factores considerados *	r
y (22) = f (x ₁ , x ₂ , x ₃ , x ₂₂)	0,922
y (1) = f (x ₁ , x ₂ , x ₃ , x ₄ , x ₁₁ , x ₁₅ , x ₁₇ , x ₁₈ , x ₂₀ , x ₂₂)	0,858
y (2) = f (x ₁ , x ₄ , x ₅ , x ₁₅ , x ₁₆ , x ₁₇ , x ₁₈ , x ₁₉ , x ₂₀ , x ₂₁ , x ₂₂) .	0,857
y (3) = f (x ₂ , x ₃ , x ₆ , x ₇ , x ₈ , x ₉ , x ₁₀ , x ₁₁ , x ₁₂ , x ₁₃)	0,733

* El significado del factor que interviene en la regresión (xn) se encuentra en el cuadro 1.

(r = 0,576 ***), sin embargo, hubo un reordenamiento de la importancia de los factores. La conductividad eléctrica (r = 0,517 **) pasó a ocupar el segundo lugar de importancia desplazando el drenaje al cuarto lugar (r = 0,364 *). Entre ellos se ubicó el déficit hídrico con un coeficiente de correlación parcial de —0,434 **.

La profundidad de suelos, la fecha de siembra y otros factores bajaron su coeficiente de correlación y no fueron significativos en la correlación parcial.

En el cuadro 7, se presentan los coeficientes obtenidos en la regresión con los veintidós factores estudiados, los rendimientos y las principales alternativas.

La regresión múltiple y (22) representa la totalidad de factores que se tomaron en cuenta en el presente trabajo, siendo su coeficiente de correlación de 0,922. En la proposición y (1) que toma en cuenta solamente diez variables el coeficiente de correlación es de 0,858, indicando que los factores dejados de lado no son relevantes en la regresión múltiple.

Los factores controlables representados por la alternativa y (2) fueron más importantes ($r = 0,857$) que los no manejables ($r = 0,733$) de acuerdo a la regresión múltiple.

3. *Factores que afectan la productividad del maíz con una fertilización alta constante.*

La dosis de nitrógeno y fósforo aplicada por el agricultor era fluctuante, por este motivo y para determinar las variables influyentes en los rendimientos a un nivel adecuado de estos elementos, se completó sobre la fertilización base puesta en cada sitio a 217 kg./Há. de N y 141 kg./Há. de P_2O_5 .

La influencia de los veinte factores estudiados —no se incluye fertilización nitrogenada ni fosfatada por ser constantes— se determinó mediante correlaciones totales con los rendimientos, los resultados aparecen en el cuadro 8.

Los factores manejables significativos fueron la densidad de plantas, la distancia entre las hileras, el déficit hídrico y el tiempo transcurrido entre la primera labor y la siembra.

La densidad de plantas nuevamente resultó de mayor correlación con los rendimientos a un nivel de significancia del 1%.

Un factor que no apareció anteriormente y probablemente de importancia, es la distancia entre hileras. A medida que aumentaba esta distancia los rendimientos eran mayores. Yao y Shaw (18) encontraron que la radiación neta era proporcional al incremento de la distancia entre hileras, así la energía disponible para la evapotranspiración y fotosíntesis aumentaba. García (6) al estudiar el espaciamento del maíz en relación a los rendimientos encontró una interacción positiva; a igual densidad de plantas por unidad de superficie, distancias entre hileras mayores producían aumentos significativos de los rendimientos.

El único factor no controlable significativo fue la conductividad eléctrica en las parcelas con fertilización alta.

Las correlaciones parciales indicaron que la densidad y la conductividad eléctrica del extracto saturado del suelo fueron los factores relacionados directamente con el rendimiento. La densidad a un nivel de significancia de 1% ($r = 0,620$ ***) y la conductividad al 5% ($r = 0,350$ *).

En el cuadro 9 se presentan las regresiones múltiples principales efectuadas para el caso de las parcelas con fertilización alta.

CUADRO 8

CORRELACION ENTRE RENDIMIENTOS DE PARCELAS ABONADAS A UN NIVEL OPTIMO Y FACTORES CONTROLABLES Y NO CONTROLABLES EN 40 ENSAYOS EN LA PROVINCIA DE SANTIAGO

Factor	r
Densidad de plantas	0,648 ***
Distancia entre hileras	0,488 **
Déficit hídrico	— 0,439 **
Tiempo entre rotura y siembra	0,418 **
Conductividad eléctrica	— 0,333 *

Nivel de significación: 1 %	0,519 ***
1 %	0,418 **
5 %	0,325 *

CUADRO 9

REGRESIONES MULTIPLES MAS IMPORTANTES Y SUS COEFICIENTES DE CORRELACION, EN LAS PARCELAS FERTILIZADAS CON DOSIS ALTAS DE N Y P

Factores considerados *	r
y (20) = f (x ₁ , x ₂ , x ₂₂)	0,851
y (1) = f (x ₁ , x ₂ , x ₃ , x ₁₁ , x ₁₅ , x ₁₇ , x ₁₈ , x ₂₀ , x ₂₂)	0,817
y (2) = f (x ₁ , x ₁₅ , x ₁₆ , x ₁₇ , x ₁₀ , x ₂₀ , x ₂₁ , x ₂₂)	0,806
y (3) = f (x ₂ , x ₃ , x ₆ , x ₇ , x ₈ , x ₉ , x ₁₀ , x ₁₁ , x ₁₂ , x ₁₃)	0,547

* El significado del factor que interviene en la regresión (xn) se encuentra en el cuadro 1.

La regresión y (20) representa la totalidad de factores tomados en cuenta en el caso de las parcelas con fertilización óptima. El coeficiente de regresión para este caso fue de 0,851. Con sólo diez factores interviniendo en la regresión como es el caso y (1), el coeficiente baja solamente a 0,817, indicando una baja relación de los factores dejados de lado con los rendimientos.

Los factores controlables están representados por la expresión y (2), siendo el coeficiente de correlación muy superior y (3), que representa los factores no controlables.

CONCLUSIONES

Es obvio que los factores de producción permanentes que afectan a los cultivos, son difíciles o imposibles de modificar, por ello se plantea la necesidad de encarar en forma inmediata una solución de los factores controlables del cultivo, que son los responsables en una gran parte del rendimiento del maíz, a fin de llevarlos a un nivel óptimo, lo cual permitiría elevar considerablemente los rendimientos. Las regresiones efectuadas apoyan la hipótesis sugerida, encontrándose un coeficiente de regresión de mayor significancia para los factores manejables.

El número de plantas por unidad de superficie es el factor manejable relacionado con los rendimientos en forma más estrecha. Otros factores controlables que resultaron importantes fueron: déficit hídrico, tiempo transcurrido entre la primera labor y la siembra, fecha de siembra y distancia entre hileras.

Los factores no controlables que afectan los rendimientos fueron: conductividad eléctrica del extracto de saturación, drenaje y profundidad del suelo.

BIBLIOGRAFIA

1. BOYOCUS, G. J. Recalibration of the Hydrometer method for the mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal* 43 (9): 434-438. 1935.
2. CORPORACION DE FOMENTO A LA PRODUCCION. *Geografía Económica de Chile*.
3. DUNCAN, G. H., LANG, A. L. and PENDLETON, J. W. Corn plant population in relation to soil productivity. *Advances in Agronomy* 10. 1958. p. 435-473.
4. ENGLESTAD, O. P., SHRADER, W. D. and DUMENIL, L. C. The effect of Surface Soil thickness on corn yields. I. As determined by a series of Field Experiments in Farmer-operated Fields. *Soil Science Society American Proceedings*. 25 (6): 494-497.
5. FRITSCHEN, L. J. and SHAW, R. H. Evaporation of corn as related to Pan evaporation. *Agronomy Journal* 53 (3): 149-150, 1961.
6. GARCIA, L. R. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y el contenido de nitrógeno en el suelo y en la planta de maíz. Tesis Ing. Agr. Santiago. Universidad Católica de Chile. 1967. 33 p. (mimioografiada).
7. JACKSON, M. L. *Soil chemical analysis*. New Jersey. Prentice Hall Inc. 1958. 498 p.
8. LAIRD, J. R. y LIZARRAGA, H. N. Fertilizantes y población óptima de plantas de maíz de temporal en Jalisco, México. Oficina de Estudios Especiales. Folleto Técnico 35. 1959. 63 p.
9. NORERO, SCH. A. Estimación de las necesidades de fertilizantes del maíz mediante análisis de tierra y planta. Santiago. Universidad Católica de Chile. Boletín de Divulgación. 2. 1967. 13 p.
10. PEACH, M. and ENGLISH, L. Rapid microchemical soil test. *Soil Science* 57: 167-195. 1944.
11. PERALTA, P. M. Guía para los reconocimientos de conservación y clasificación de la capacidad de la tierra. Santiago, Chile. Departamento de Conservación y Asistencia Técnica. Boletín Técnico 7. 1963. 69 p.

12. PUENTE, F. F., SANCHEZ, N. D., CHAVEZ, S. R. y LAID, J. R. Prácticas de fertilización y poblaciones óptimas de siembras de maíz en las regiones tropicales de Veracruz, México. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Folleto Técnica 45. 1963. 53 p.
13. ROBERTS, R. C. y DIAS, V. C. Los grandes grupos de Suelos de Chile. Agricultura Técnica (Chile) 19 y 20: 8-64. 1959-60.
14. SAN CRISTOBAL, R. I. Influencia de la población y los niveles nitrogenados en los rendimientos de maíces híbridos. Agricultura Técnica (Chile) 25 (4): 155-162. 1965.
15. SHALHEVET, Y. and ZWEMAN, J. P. Nitrogen response of corn under variable condition of drainage a preliminary greenhouse study. Soil Science 85 (5): 255-260. 1958.
16. STRINGFIELD, G. H. and TRATCHER, L. E. Stand and Methods of planting for corn híbridos. Journal American Society Agronomy 39: 995-1010. 1947.
17. U.S.A. SALINITY LABORATORY. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Traducción de la primera Edición Inglesa efectuada por Sánchez, D. N. y Ortega, T. E. Departamento de Agricultura, México, 1962. 172 p.
18. YAO, R. and SHAW, R. H. Effects of plant population and planting pattern for corn on water use and yields. Agronomy Journal 56: 147-152. 1964.
19. ZAFFANELLA, E. M. J. y GEMESIO, Z. M. Relación entre el rendimiento de maíz y proporción de materia orgánica en suelos de Pergamino. Pergamino, Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Informe Técnico 46. 1965. 7 p.
20. ZAFFANELLA, R. M. J., MARZALI, J., GEMESIO, Z. M. y CHIEZA, P. Principales factores condicionantes del rendimiento de maíces de la región pampeana. Buenos Aires. Instituto de Suelos y Agrotecnia. 1967 (mimeografiada).

Discusión

Exposición de MANUEL GANDARILLAS
Presidente de la Sesión: M. ZAFFANELLA (Argentina)

Reynaert. ¿Cómo explica usted la correlación bastante alta y positiva entre rendimiento y densidad y entre rendimiento y distancia entre hileras?

Gandarillas. El coeficiente de correlación entre densidad de plantas es positivo, o sea, por lo tanto, a mayor densidad, hay mayor rendimiento, al igual que la distancia entre hileras, que a nosotros nos pareció extraño porque tengo entendido que en EE. UU. están acortando la distancia entre hileras y obteniendo mayores rendimientos. Probablemente se deba a que en este caso específico utilizamos un maíz muy alto, de aproximadamente 2.50 por lo menos 2.20 a 2.40 de altura.

Reynaert. Por otra parte, la correlación entre las variables densidad aparente del suelo y ataque de *Heliothis* es positiva. ¿Por qué se estudió esa correlación?

Gandarillas. La estudiamos para tratar de explicar algunos casos en que era difícil lograr entender las correlaciones directas con rendimiento; pensábamos que si relacionábamos los factores entre sí, podríamos tratar de obtener explicación para fundamentar las correlaciones totales entre los rendimientos y los factores específicamente.

Reynaert. Usted dijo en un momento que se eligió un polinomio de primer grado porque se consideraban los factores que estaban en la parte ascendente de la curva de respuesta; ¿eso se aplica a todos los factores considerados?

Gandarillas. Nosotros utilizamos al agricultor como un medio de exploración, es decir, que en vez de hacer una encuesta al agricultor, hicimos una encuesta al cultivo del agricultor. El agricultor nunca está en un óptimo de producción, sino que está para nuestras condiciones en un punto medio o un poco más alto que el medio de la curva de rendimiento. Si suponemos que el agricultor no tiene los medios optimizados pode-

mos pensar que está en el sector ascendente de la curva de rendimiento. ¿Por qué pensamos esto? Porque el agricultor nunca alcanza los rendimientos experimentales obtenidos; el promedio de rendimiento de maíz para la Provincia de Santiago es de aproximadamente 3.200 kg./Há. Experimentalmente hemos llegado a 14.000 kg./Há. aproximadamente.

Reynaert. En este caso, ¿usted se refiere a dos variables en particular, es decir, la aplicación de fertilizantes?

Gandarillas. No, me refiero a todas las variables, especialmente a las manejables, porque probablemente hay varios agricultores que tienen las variables no manejables en una situación optimizada, pero como no han optimizado sus variables manejables, difícilmente llegan a rendimientos máximos, además nuestro tipo de parcela no nos permitía hacer otro tipo de experimentación que no fuera un polinomio de primer grado.

Letelier. Si habían suelos que eran frecuentemente salinos, ¿por qué se sorprende usted de que hubiera correlación entre rendimiento y conductividad? Porque si bien la mayoría de los suelos no lo eran, me parece que basta que haya un cierto porcentaje de esos suelos sobre el límite para que produzcan un efecto negativo y aparezca correlación de ese tipo en el cálculo.

Gandarillas. Hicimos cuarenta sitios de experimentación. De los cuarenta sitios, suelos salinos propiamente tales hubieron aproximadamente tres o cuatro con conductividad sobre 4 mmhos. Sin embargo, obtuvimos en todas las correlaciones un alto coeficiente con conductividad eléctrica; o sea, que llegamos a pensar que la conductividad eléctrica bajo nuestras condiciones está jugando un papel bastante importante a pesar de no ser un suelo salino, o sea, que la susceptibilidad de nuestro maíz a la salinización es, al parecer, bastante grande.

Schenkel. Gráficamente, ¿esos resultados que habían obtenido corroboraron si en realidad respondían a la hipótesis que ustedes habían elegido? En el caso de la pregunta que hacía Letelier de la relación que había entre rendimiento y salinidad, ¿qué se encontró?

Gandarillas. Se encontró algo de dispersión, sin embargo, también había una relación.

Rodríguez Zapata. Me llama la atención porque el déficit hídrico dio una correlación relativamente tan baja frente a otros factores.

Gandarillas. No tomamos los factores por separado sino en conjunto. Había muchos sitios experimentales los cuales no tuvieron déficit hídrico. Si tomamos solamente los puntos que tenían déficit hídrico éstos se repartieron en un plano casi perfecto con relación a una recta. Hicimos el cálculo de correlación y obtuvimos un coeficiente de 0.98.

Schenkel. Creo que ahí puede haber una explicación, que como lo que se hizo fue una estimación del déficit hídrico dentro de una cierta profundidad la correlación 0.98 pudo haber sido con un tipo de suelo muy delgado y, por el contrario, los otros puntos eran de zonas más profundas donde el maíz hizo uso de recursos de agua de capas que había más abajo.

Gandarillas. Sin embargo, no hay que olvidarse que esta correlación se hizo aproximadamente a los 60 días, por lo tanto, la penetración de las raíces a los 60 días aproximadamente en un suelo sin problemas es del 80 % a los 40 cm.

Carbonell. ¿El estudio se hizo hasta los 60 días?

Gandarillas. No, hasta la cosecha.

Letelier. La definición de déficit hídrico que usó Gandarillas es un tanto artificial, es un déficit hídrico relativo. En el primer período del crecimiento de la planta, los agricultores tienen la costumbre, cosa tradicional que ya debiera modificarse, de no regar hasta muy tarde. Parece que esto viene del tiempo en que no habían herbicidas y era inconveniente regar temprano porque había gran competencia de la maleza con el maíz. Entonces, generalmente, los cultivos de chacarería los hacen sufrir los agricultores. Este mayor o menor grado de sufrimiento fue lo que llamó Gandarillas déficit hídrico. Pero después de ese período no hay déficit hídrico, incluso riegan de más.

Puricelli. En el cuadro 5, en la tercera correlación, veo negativa fertilización nitrogenada y ataque de *Heliothis*, ¿tiene alguna explicación?

Gandarillas. No, realmente no pudimos obtener ninguna explicación.

Letelier. Yo tengo una explicación de orden general para muchas de estas correlaciones raras, y es que los agricultores buenos usan prácticas buenas, los malos no las usan. Generalmente, los agricultores que ponen más nitrógeno son también los que ponen insecticidas.

Conagin. Como no se tiene copia del trabajo completo pierdo un poco el hilo de la cuestión, especialmente teniendo en cuenta que el colega habla en español. Quisiera hacer la siguiente pregunta: ¿Esa correlación que se estableció entre densidad aparente y el ataque de *Heliothis* con un valor de 0,654, es una correlación para las dos variables para una combinación específica de un nivel de fertilidad? En el cuadro 5 se tiene correlación establecida para los treinta y ocho pares de valores en los ensayos de maíz entre parcelas fertilizadas por los agricultores.

Gandarillas. No se hicieron correlaciones parciales entre variables, sino solamente correlaciones parciales entre las variables y los rendimientos, manteniendo todas las otras constantes. Ese es el cuadro 6.

Conagin. Correlaciones parciales, lo que quiere decir, dejando afuera la influencia de todas las otras variables.

Gandarillas. Esas fueron las que sobrevivieron, que fueron significativas.

Conagin. Se nota un número muy grande de correlaciones entre dos variables, dos a dos, altamente significativas. Cuando se pasaron estos datos a correlaciones parciales, ¿permaneció eso así?

Gandarillas. No hicimos correlaciones parciales entre variables, hicimos solamente correlaciones entre rendimientos y las variables. Debido a eso quedaron solamente cinco.

Zaffanella. En un orden más general de cosas vemos que, aplicando metodologías bastante distintas, ciertos valores tienen importancia, por lo menos, para el cultivo del maíz en regiones tan distintas, por lo menos, ecológicamente, como el valle central de Chile y la región maicera argentina. Trabajando en una forma similar, sin la precisión metodológica del trabajo de Gandarillas, en una forma más simple, encontramos que los factores profundidad del suelo, densidad de plantas, años precedentes de agricultura, número de labores preparatorias y regularidad de plantación eran variables importantes dentro de las que condicionan el rendimiento del maíz. En cierto sentido existen para ese cultivo, elementos que tienen importancia universal puesto que aparecen en regiones muy dispares. Esto indicaría que, por distintas metodologías, podemos llegar a los mismos resultados. El trabajo de Gandarillas es muy meritorio porque utiliza una técnica moderna y atiende a algo que nos preocupa bastante, que es no tanto la ejecución de ensayos con variables hipoté-

ticas sino la exploración de una realidad en una región tomando como fuente de información los factores ambientales que pueden pesar sobre la producción. Hay dos posiciones del investigador frente a estos problemas del rendimiento. La de realizar ensayos en los cuales se utilizan variables por parte del investigador quien se convierte un poco en árbitro y experimenta con lo que supone son aspectos importantes. En ciertas oportunidades tiene éxito, pero en otras circunstancias trabaja durante años sin llegar a resultados positivos, un tanto frustrantes si bien es cierto que resta el consuelo de que todo resultado negativo evita recorrer caminos sin salida. La otra posición es la que ha tomado, en este caso, Gandarillas, quien ha trabajado realizando una red de observaciones en condiciones reales de cultivo y ha podido aislar una serie de factores que han mostrado actuar sobre el cultivo. Me parece que es un enfoque desde el cual habría que insistir más en el futuro, es decir, tratar de estudiar la realidad de los cultivos y ver qué factores son los que realmente, en condiciones naturales, están actuando. Una vez conocidos esos factores podemos experimentar con ellos o elaborar hipótesis para trabajar con ellas.

Gandarillas. Estos ensayos que efectuamos en los cultivos fueron; en gran parte, debidos a dos personas: Letelier y Zaffanella; a través de comunicaciones personales adoptamos una metodología semejante.

Berardo. ¿Durante cuántos años se realizaron los ensayos? ¿O fue un año sólo? ¿Se tuvo en cuenta la rotación de cultivos o hubo una rotación bastante uniforme?

Gandarillas. Por ahora solamente un año. Entre nosotros la rotación es bastante pareja, salvo en pequeños sectores, por lo tanto, y esta rotación es, en general, chacra, trigo y dos años de praderas. Chacra puede ser maíz o frijol. Dentro de los ensayos tratamos siempre de seguir esta rotación tipo.

Berardo. Ustedes dicen que la dosis estimativa más adecuada es de 217 kg. de N/Há. ¿El porcentaje de M.O. en el suelo, tiene para ustedes algún valor?

Gandarillas. Si, el porcentaje de M.O. aproximado está entre 1,2 y 1,5.

Letelier. La dosis mencionada de N es la más adecuada; no se si será la más adecuada económicamente. Los buenos agricultores están usando esa dosis y en algunos casos más y resulta económico.

De Barros. Quería preguntar si lo hicieron y si no hubo alguna correlación entre el número de labores y el número de control de malezas.

Gandarillas. Si, la efectuamos, pero no hubo, es decir, el número de labores previas a la siembra. No aplicamos herbicidas. Dejamos tal cual, el agricultor hacía sus cultivos.

Tejeda. Yo quería hacer notar que este tipo de trabajo presenta un panorama de unidades de factor de producción, pero que, sin embargo, hay cosas que demuestran que es necesario seguir una etapa más adelante de mayor refinamiento en la fase experimental. Dentro de las parcelas que están fertilizadas por el agricultor, hay una gran variación dentro del nivel de fertilización aplicado; sin embargo, en la tabla 6 de las correlaciones parciales no aparece, por ejemplo, el efecto de la fertilización nitrogenada que no hay duda que es evidente. La fertilización fosfatada no aparece tampoco haciendo efecto, claro que, con mayor conocimiento de la zona, la respuesta a P, es menor. Sin embargo, a alto rendimiento se debe esperar cierta respuesta a P. En esa misma línea de observaciones, los análisis de suelo efectuados tampoco aparecen dando ningún nivel de significación, lo que también es sospechoso. En el sentido que atañe directamente a la parte de fertilidad del suelo, es necesario, completada esta etapa, pasar a una etapa experimental, a entrar a probar esa variable, incluyendo por supuesto otras que aparecen como relevantes. Que ciertas relaciones no se presenten como significativas pudiera deberse a un enmascaramiento de factores debido a que se están tomando todos en forma conjunta. Es muy posible obtener la situación de ortogonalidad, es decir, de independencia de un factor con respecto a otros, en la situación misma del terreno. Se puede efectuar la correlación parcial, es decir, aislar después en la computadora el efecto de un factor y dándole un valor medio a los demás, pero con ese procedimiento vemos que hay factores que, por conocimiento de lo lógico sabemos que tienen que actuar. Eso se debe a que el planeamiento experimental no dispone de los medios para que dentro de la ocurrencia misma del fenómeno se tengan situaciones que permitan aislar el efecto de los factores.

Gandarillas. Conuerdo plenamente con Tejeda en lo que dice; me parece que esta es una etapa que consideramos exclusivamente para determinar los factores limitantes. A su vez esta segunda etapa sería complementada con una tercera etapa que estudiaría los fertilizantes en relación con los factores más importantes encontrados aquí. Probablemente sea de bastante utilidad para una tercera etapa para dosificación de fertilizantes

y funciones de producción. Por otra parte, nos interesa principalmente saber cuáles eran los factores actuantes. En cuanto al enmascaramiento de ciertos factores es bastante razonable pensar que ocurra especialmente en la correlación parcial por cuanto, al dejar fijos todos los otros factores, éstos se dejan fijos en promedio, y el promedio de los otros factores en general, está muy por debajo del óptimo. Por lo tanto, la correlación parcial tiene indudablemente bastante limitaciones en lo que se refiere al coeficiente de correlación, por cuanto los otros factores que están interviniendo en el rendimiento están en un nivel no óptimo, sino a un nivel medio.

Letelier. Quiero dar una explicación que me parece mucho más sencilla, a la respuesta de Tejeda. ¿Por qué no hubo efecto del nitrógeno? Me parece que no hubo por dos motivos bien claros: primero porque el agricultor ya había puesto N, es decir, la parcela del agricultor ya tenía N en cierta cantidad, de modo que el efecto del abono nitrogenado no fue demasiado grande entre la parcela del agricultor y la parcela fertilizada. Por otro lado encuentro muy interesante el hecho de que no hubiera correlación con N cuando según lo que dijo Tejeda, y es cierto, sabemos que hay un gran efecto del N incluso a dosis muy altas, pero es que esos ensayos se han realizado en condiciones óptimas de manejo cultural sin limitantes culturales, en cambio, esas observaciones se hicieron en las condiciones corrientes y precisamente la gran correlación con densidad de plantas nos indica que es el factor crítico, que no sacamos nada con poner N antes de que ese factor quede a un nivel suficiente. Obtenemos, claro, efectos enormes de aplicación de N, pero cuando tenemos una densidad apropiada. El agricultor medio no obtiene esa densidad, luego, no saca nada con elevar demasiado su N. Creo que es muy útil la conclusión obtenida.

Duarte. Quisiera preguntar al colega si no encuentra que existe una subordinación en esos factores. Nosotros cuando hacemos análisis de fertilidad de suelos, para interpretar dichos análisis partimos de la base de que una serie de factores van a condicionar la disponibilidad de nutrientes, porque partimos de la idea de que lo que la planta necesita son tales y cuales elementos y que los demás factores controlan la disponibilidad de dichos elementos, y cuando queremos hacer correlaciones deberíamos hacerlas con situaciones donde esos elementos están a un nivel bajo o alto lo cual nos permitiría determinar que factores los afectan. Someto esta idea al auditorio; me gustaría escuchar comentarios.

De Barros. (Traducción.) El colega Duarte decía que la interpretación de los análisis de suelo son en cierto modo una evaluación de la productividad del suelo y de los factores que la controlan. ¿Por qué no se le dio más importancia a eso y también a la relación entre esto y rendimiento? Las condiciones físicas gobiernan la disponibilidad de N, P y K.

Duarte. Creemos que hay una subordinación de orden de N, P, etc., a los demás factores, es decir, que si el P está bajo, la conductividad y las otras condiciones físicas son malas. Todos estos factores están gobernando la disponibilidad de N, P, etc., para cultivos específicos. Entonces no necesitaría en una primera fase medir todo eso.

Gandarillas. Me parece que en ciertos casos puede que sea cierto, pero si se explora en un ambiente bastante amplio y heterogéneo no creo que sea totalmente cierto lo que opina el colega. Desde luego que hay ciertas relaciones que los rigen, pero esas relaciones están alteradas por segundos y terceros procesos. Como no podemos conocer esos terceros procesos, de ahí que tengamos que atacar de una manera más simple el problema, momentáneamente.

Vianna. Parece que el colega Duarte decía que el problema más importante serían los niveles de N, P y K como primera etapa. Luego que se resuelvan estos problemas tendríamos el problema inmediato de ayuda a los agricultores, ¿a qué nivel se aplicaría el fertilizante o se aplicaría fertilizante o no? Si se sabe a qué nivel se aplicaría la fertilización, entonces se debería pasar a un estudio de los demás factores en lugar de ver solamente qué factores están afectando el rendimiento. Mediante eso, podríamos hacer inmediatamente una recomendación de abonamiento. ¿Qué se piensa sobre esto? Entiendo que es lo que el colega quería expresar.

Letelier. Pienso que, en primer lugar, tal como lo plantea el trabajo del colega Zaffanella, debe comenzarse por buscar los factores limitantes, entre los cuales los fertilizantes son algunos de ellos. Por otro lado, me parece sumamente audaz la teoría que nos expone el colega Duarte e interesante, desde luego. Ahora podríamos aprovechar la oportunidad, si es que la asamblea lo permite, de que el colega Duarte nos exponga brevemente en que basa esta teoría.

Murdock. Habíamos tenido una pequeña conversación con el colega Duarte. A mi juicio, lo importante del trabajo, es el factor de fertilidad y realmente debemos de tener alguna manera de medir, aunque se piensa que se puede hacer una evalua-

ción razonable de la cantidad de N, comparando entre fertilización general y fertilización nitrogenada, por ejemplo, no tenemos en el papel que nos dio, si todos los suelos que fueron tratados tenían un alto nivel de N o un bajo tenor de N, o una cosa variable, pero si todos los niveles fueran altos, no podemos esperar una correlación entre la aplicación o la correlación entre aplicación y nitrógeno. Por otro lado, si todos los niveles de N fueran bajos vamos a esperar una estrecha correlación entre la aplicación de N y la producción.

Gandarillas. Los niveles de análisis de suelo para N en Santiago, en general son muy bajos y la aplicación de fertilizantes también fue relativamente baja. Según lo que tengo aquí, varió mucho, pero, en general, no pasó de 60/kg./Há. de N.

Reynaert. Creo que debiera establecerse primero para cualquier análisis de N si hay una correlación entre el valor analítico y el rendimiento de maíz. Si eso queda establecido en Chile, entonces sí tiene sentido el hablar de análisis de N.

Tejeda. Hay un método que ha dado muy buena correlación con rendimientos. Es un estudio hecho por la Universidad Católica en el que se detecta el nitrógeno nítrico de un extracto de suelo, método Davarda, extraído con agua destilada bastante diluida y destilación posterior. Además han estudiado un método para el N bastante bueno, por incubación aunque todavía no está calibrado.

Gandarillas. En Santiago, la Universidad Católica tiene un estudio en maíz y trigo en el que se utilizó el método Devarda y análisis de tejido y al parecer el método Devarda resulta satisfactorio.

Couto. Sólo para agregar una observación más. Hasta ahora se han dado varias interpretaciones del por qué de coeficiente de correlación relativamente bajo entre fertilizaciones adicionales y rendimiento. Estaba observando, como otra cosa posible, que se deba solamente al hecho de que la asociación entre las dos variables: fertilización y rendimientos no sea lineal, en ese caso, el coeficiente de correlación no estaría dándonos un índice adecuado. No se si son muchos los niveles que ustedes han probado.

Letelier. Pero, ¿cómo obtuvieron la correlación con N? ¿Qué es lo que es la variable N en este caso?

Gandarillas. La variable N en una de las situaciones eran los diversos niveles usados por el agricultor. En la otra situación no había posibilidades de hacer una correlación con diversos niveles porque era un solo nivel de fertilización.

Couto. Quiere decir que esta correlación está determinada entre la observación de rendimiento en un nivel determinado de fertilización y el rendimiento.

Tejeda. Para N aplicado se hizo tomando la fertilización hecha por el agricultor en cada uno de los lugares, pero la variación fue muy baja, porque llegó solamente hasta 60 unidades como promedio.

Gandarillas. En algunos casos se llegó a mucho más, pero el promedio fue 60 kg./Há. de N; llegó hasta 233 unidades y hubo casos en que el agricultor aplicó más fertilizantes de que el que nosotros habíamos aplicado.

Couto. Es por eso que yo pienso que a partir de determinado nivel, la relación para ciertas variables deja de ser lineal y eso explicaría las correlaciones tan bajas.

Schenkel. Creo que se ha pasado por alto la excelente observación que hizo el Dr. Murdock. El ha dicho una gran verdad que es la siguiente: Ha dicho que nos creemos poseedores de un conocimiento que no tenemos. Es decir, que trabajamos en un área, en general nuestras áreas son extremadamente extensas, de las cuales no conocemos sus propiedades de fertilidad. En otros términos hemos ido demasiado rápido en el proceso de calibración sin hacer una adecuada exploración del medio en el cual estamos trabajando. Por eso, desde ese punto de vista, es lamentable que el análisis de suelo no esté aquí, pero desde otro punto de vista es necesario convencerse que hay que ubicarse exactamente con las muestras que se trabaja dentro de lo representativo en el medio en el cual uno va a hacer los ensayos. Esto ha sido particularmente claro para nosotros en el área en que yo trabajo porque hemos logrado en los ensayos de calibración excelentes correlaciones entre los rendimientos de trigo y niveles de fósforo. Sin embargo, los niveles de P en el suelo a los cuales hemos obtenido estas correlaciones están muy por encima, casi 5 a 10 veces por encima de lo que es el promedio de niveles de P en la zona. Entonces ocurre que mientras nosotros pretendemos por una parte solucionar un problema, que es un problema nacional de todos los países desarrollados el de incrementar el rendimiento, por otro lado estamos escapando a la realidad, es decir, dedicamos demasiado poco tiempo a auscultar cuál es la realidad que nuestros productores viven y estamos eligiendo en general granjas bien trabajadas. De ahí que yo creo que la observación es muy cierta. El análisis de suelo debe definir o debe ubicar en qué grupo estamos trabajando y seguramente que en una primera etapa es absolutamente

innecesario un análisis de calibración; bastará con decir: remédiese tal factor de productividad. El mérito que tiene este trabajo es que bajo las condiciones en que se está trabajando, para el agricultor de la zona maicera ensayada de Chile, prácticamente la fertilización tiene una incidencia mínima o en todo caso condicionada a otras medidas de manejo del maíz y que el impacto que pueda causar el especialista de fertilidad por la parte del fertilizante quedará recién en claro cuando se elimine o se subsanen otros aspectos. Por eso es que valdría bien la pena consultar a los demás colegas cómo enfocan en sus respectivos países este problema. Es decir, esta etapa de la exploración del medio de la valoración de los otros factores de productividad que están incidiendo sobre los rendimientos de los cultivos que ellos están ensayando, cómo lo abordan antes de entrar a la etapa de calibración.

De Barros. El Dr. Murdock expuso lo que realmente Duarte indicaba, de modo que era la misma cosa.

Letelier. No. Entendí muy claramente lo que dijo el colega Duarte y usted mismo lo tradujo después. Dijo el colega Duarte que él creía que los factores nutricionales eran los fundamentales y que los demás factores actuaban sobre los factores nutricionales, de tal modo que, según él, basta con medir P aprovechable, N aprovechable y otros que se consideren importantes y no sería necesario medir los factores físicos, puesto que cualquier deficiencia de factores físicos se reflejaría en el tenor de los elementos nutritivos. O sea que es una cosa bastante poco convencional porque estamos acostumbrados a pensar que los factores físicos son independientes y complementarios de los factores nutricionales en la productividad, es decir, que si falta aire por exceso de densidad eso va a influir directamente y va a causar un impacto negativo en la productividad aunque todos los factores nutricionales estén muy altos. Así que lo que dice el colega Duarte es serio y tiene que aclararlo. Se le concederá la palabra oportunamente.

Zaffanella. Creo que nos hemos alejado un poco del objetivo del trabajo que ha expuesto Gandarillas. Coincido con Schenkel. Me parece que tendríamos que considerar no solamente el valor del coeficiente de correlación, sino también los asteriscos asignados. Según ellos el hecho fundamental es, ante todo, la densidad de plantas; luego siguen en un orden decreciente de importancia los otros factores que forman parte del cuadro 6. De manera que mientras no corriamos, por lo menos a nivel de cultivo y tecnológicamente, esos factores, los demás van a quedar subordinados. En cuanto a lo que pedía Schenkel

de cómo se encara este problema en otros países, pienso que podríamos posponerlo, porque mañana o pasado trataremos investigación de campo, de laboratorio y de invernáculo, de manera que ahí podríamos explicar lo que estamos haciendo.

Tejeda. Quiero decir más o menos lo mismo que acaba de decir Zaffanella. Creo que el punto que se está discutiendo esta tarde es sumamente interesante porque se trata de centrar los valores dentro de los factores que inciden directamente en el mayor o menor rendimiento de una planta cultivada en una zona dada, centrados dentro de este marco específico estamos viendo como obtener la información necesaria que nos permita posteriormente manejar estos factores para poder llevar el cultivo a un nivel óptimo. En ese sentido, el problema es un problema esencialmente multivariado. A priori no podemos restarle importancia a ningún factor de producción que razonablemente parezca relevante. El problema se centra entonces en cómo obtener el máximo de información utilizando la cantidad de recursos limitados que la mayoría de los centros de investigación tienen. Es decir, si tuviéramos recursos de investigación ilimitados, podríamos hacer líneas de investigación independientes, pero estamos con recursos muy limitados. En ese caso me parece que es un deber fundamental del investigador el encarar el problema haciendo uso del máximo de información previa que tenga en cuanto a la mejor metodología que se pueda utilizar. En ese sentido, si revisamos la literatura que puede llegar a nuestras manos, vemos que este problema es candente y de una importancia muy grande en nuestros días en Europa, EE. UU., Holanda y distintas partes y que se están usando metodologías diferentes. Si en esta reunión vamos a escapar a una discusión franca acerca de la metodología, creo que la reunión va a perder parte de su importancia. Quiero terminar diciendo que ojalá mañana, en el momento de abrir el trabajo de campo, pudiéramos entrar directamente a una discusión acerca de la metodología para trabajar en esto.

III. Desarrollo y coordinación de las investigaciones en fertilidad de suelos en los tres medios de trabajo

Relaciones entre las investigaciones de campo, laboratorio e invernáculo en un programa de la fertilidad del suelo

ELÍAS LETELIER A.(¹)

INTRODUCCION

Se estima que el título se refiere a las prioridades y relaciones que deben existir en un programa de fertilidad del suelo que tiende a promover el aumento de la producción en un área determinada.

Para simplificar, se supone que la región carece de un programa activo de investigación en este campo.

Seguramente hay muchas maneras de obtener resultados válidos. La secuencia y relaciones que se describen aquí, corresponden al criterio y la experiencia del autor.

Se parte de la base de que Fertilidad del Suelo es una rama de la Ecología Agrícola; el estudio del suelo no puede estar separado del resto de las disciplinas agronómicas. Se puede "aislar" una parte del fenómeno "provisionalmente", pero siempre que sea con el objetivo de integrar posteriormente la información obtenida al conjunto del conocimiento del sistema agrícola cuyo funcionamiento se desea investigar.

Ejemplo: Estudio en Chile del problema de "fijación del P en los trumaos". Se ha avanzado bastante en el estudio físico-químico del fenómeno, incluso con el uso de radioisótopos, pero no se ha definido qué significa este término "fijación del P" a nivel de campo y cuáles son sus verdaderas proyecciones agronómicas y económicas.

Es fácil, atrayente y elegante estudiar un fenómeno por sí mismo, sin relacionarlo con hechos de carácter práctico.

Se encuentran continuamente estas relaciones entre "fertilidad del suelo" y otros aspectos del sistema agrícola y, seguramente, si no se observan más a menudo, es debido a nuestra natural tendencia a aislar fenómenos que en la naturaleza funcionan en promiscua "interacción".

(1) Ingeniero Agrónomo; Coordinador, Línea de Suelos; Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile.

Ejemplos: a) Remolacha, Chile (1).

Rendimientos ton./Há.	Fertilización	
	Alta	Baja
Raleo oportuno	54,2	53,9
Raleo semitardío 15 días después	38,9	29,7

Probable explicación. El atraso del raleo produce ahilamiento y limita irreversiblemente el desarrollo de las raíces. Un raleo oportuno induce, por lo tanto, un mejor uso del P y seguramente del azufre del suelo.

El adelanto de 15 días equivalió a una fertilización suplementaria, de 100 kg. de P_2O_5 , 80 kg. de N, 100 kg. de K_2O y aproximadamente 110 kg. de azufre.

b) Monocultivo en Est., Exp. La Platina (2).

Decadencia en los rendimientos de los monocultivos de trigo, porotos, papas, maíz.

Explicaciones posibles. Agotamiento de reservas de macro y micronutrientes, lixiviación de N por exceso de agua, pérdida de estructura y permeabilidad del suelo inducidas por sistema de riego. Todas estas explicaciones no fueron satisfactorias.

IMPACTO DE LA DESINFECCION DEL SUELO CON BROMURO DE METILO TRIGO

A ñ o	Testigo	N 100 P 200 K 100
1º	17,4	29,7
2º	3,5	10,9
3º	4,0	8,3
4º	6,9	12,7
5º	11,9	28,6 *
5º con bromuro de metilo	28.2	44,9

(1) JARA DE LA MAZA, Fernando. "Aumente sus rendimientos en el cultivo de remolacha, efectuando el raleo y las limpieas oportunamente". Boletín Remolachero, IANSA, agosto 1966.

(2) MARTINEZ, Maximiliano. Informes no publicados.

* En las repeticiones en que no se usó bromuro de metilo, se aplicaron algunos tratamientos que posiblemente aumentaron también los rendimientos, aunque en menor grado que la desinfección con bromuro (por ejemplo: quema del rastrojo, aplicación de insecticidas, remoción del suelo y crecimiento libre de malezas).

c) Mejor aprovechamiento de los fertilizantes en las praderas cuando éstas se manejan correctamente. El manejo inadecuado promueve invasión de pastos rústicos y poco productivos que no responden a la fertilización. Además, cuando el número de animales es inferior a la capacidad forrajera, a estas les basta con la cantidad de elementos fertilizantes que les proporciona la pradera fertilizada a bajo nivel. Un exceso de carga produce agotamiento de la pradera y disminución de su capacidad talajera.

Datos de experimentos efectuados en zona de la Provincia de Concepción, Chile (1).

**PRODUCCION ANIMAL OBTENIDA CON TREBOL SUBTERRANEO
Y BALLICA WIMMERA**

	Ganancia peso vivo, kgs.			
	Fertilización de mantención			
	0 kgs. P ₂ O ₅ /Há.		150 kgs. P ₂ O ₅ /Há.	
	Por animal	Por Há.	Por animal	Por Há.
8 ovinos/Há.	12	94	23,5	188
12 ovinos/Há.	12	143	16	193
16 ovinos/Há.	— 2,4	— 38	17	272

El punto ecológico no debe perderse de vista aunque se comience con investigaciones aisladas.

La secuencia que se propone en este trabajo es más bien con fines de aclarar prioridades en el tiempo. Pero cierta superposición de niveles de trabajo parece conveniente.

**ESQUEMA DE DESARROLLO
DE UN PLAN DE INVESTIGACIONES
EN FERTILIDAD DE SUELOS**

1ª Parte (Exploratoria)

1. Conocimiento del ambiente físico y de los sistemas agrícolas como un medio de separar los "Universos" en que debe desarrollarse la investigación.

(1) VICENS, J. y JOUSTIN, P. "Una oveja por Há. por cada 100 mm. de precipitación". Investigación y Progreso Agrícola, Vol. 1, 1967.

a) *Climatología.*

Ejemplos: Relación entre la pluviosidad y el movimiento de nutrientes, especialmente nitrógeno. Año seco y frío, año de trigo y de poca respuesta al nitrógeno.

Relación entre luminosidad y respuesta al nitrógeno en remolacha.

INCREMENTOS PRODUCIDOS POR LA APLICACION
DE 200 Kgs. N POR Há., Ton./Há.*

	Raíces	Hojas
Zona Linares (luminosa)	25	13
Llanquihue (nubosa)	4	17

* IANSA. "Investigación Agronómica en Remolacha", 1963-64.

b) *Suelos.*

El especialista necesita un mapa de unidades naturales que no tse diferencien especialmente en sus características más permanentes (economía del agua, tenor y tipo de materia orgánica y de minerales arcillosos, grado de evolución). Las unidades menores (fases) no interesan tanto, puesto que es precisamente la investigación del especialista en fertilidad la que debe determinar cuáls son las variantes que interesa medir a este nivel.

c) *Sistemas agrícolas.*

Los sistemas agrícolas (soluciones, manejo del suelo, etc.) pueden tener efectos tanto o más profundos que los derivados directamente del tipo de suelo.

La combinación clima/suelo/lugar en el sistema agrícola define los "universos" que constituyen las unidades de la experimentación en Fertilidad del Suelo.

2. Exploración de deficiencias nutritivas.

Un programa de exploración de deficiencias nutritivas permite obtener en forma rápida un panorama general "cualitativo" de las deficiencias prevalentes en el área en estudio.

Medios que se pueden utilizar:

Análisis de suelos.

Análisis de tejidos y tests foliares.

Ensayos en macetas: Neubauer.

Jenny.

Chaminade (agotamiento del suelo),
etcétera.

Aspersiones e inyecciones a frutales.

Ensayos rápidos de campo sobre siembras del agricultor.

Los métodos directos dan más seguridad. Los indirectos permiten expandir el área en estudio. Una combinación de análisis de suelo con algún método directo permite establecer una primera calibración entre análisis y necesidades reales.

Características del Chaminade; su uso en Chile.

Los ensayos en macetas dan resultados de orden más bien cualitativos. Ejemplo: los Chaminades en Chile acusan una expansión de la deficiencia de azufre sin duda superior a la que se observa en los ensayos de terreno.

Causas probables:

El azufre se acumula en el subsuelo; la liberación del S es mayor con las temperaturas normales; el agotamiento de las reservas es demasiado rápido en las macetas.

3. Calibración de los resultados obtenidos en explotación a niveles de campo.

El objetivo de esta etapa deriva de lo indicado anteriormente en referencia a la falta de relación cuantitativa entre maceta y terreno.

Los ensayos deben ser sencillos y no pretender estudiar interacciones con mucho detalle. Posiblemente el mismo esquema de Chaminade transportado al terreno.

Debe tratar de abarcarse el máximo de los "universos" determinados en la etapa 1.

Hay que utilizar una planta tipo, de fácil cultivo y efectuar la siembra en condiciones razonables y controladas.

Con esto se puede considerar la primera parte terminada. Puede ser realizada razonablemente en tres años.

Fuera de tener una base firme para estudios posteriores y más complejos, se dispone de una serie de datos que ya se pueden traducir en recomendaciones prácticas:

- a) deficiencias prevalentes en los diversos "universos";
- b) cuantía de estas deficiencias y valor económico del uso de fertilizantes en condiciones culturales aceptables;
- c) utilización de las correlaciones obtenidas en macetas y terreno para recomendar fertilizantes a los agricultores. Estas recomendaciones ya pueden tener una base económica en base a los efectos máximos encontrados en la etapa 3.

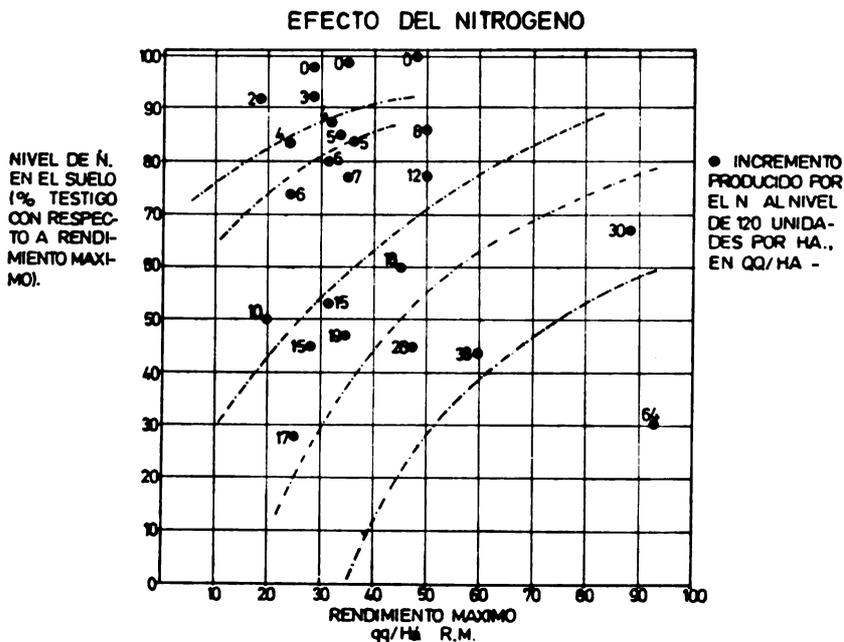


Fig. 1.

2ª Parte: Las fases 1, 2 y 3 son aquí simultáneas

1. Efecto de los fertilizantes en los diversos cultivos. Esto no es más que un aspecto de la *autoecología del cultivo* y debe ser estudiado en relación no sólo a tipo de suelo y clima sino también en relación a la incidencia de las prácticas culturales en el efecto y necesidad de fertilizantes.

Si bien, estas relaciones pueden ser muy complejas, el autor estima que una primera aproximación con un criterio semejante al de Mitschelich puede ser muy valioso en sí mismo y contribuir a encauzar investigaciones más delicadas.

El efecto de un fertilizante depende esencialmente del nivel del nutriente respectivo en el suelo y del rendimiento máximo (fig. 1) (1). El nivel del nutriente se puede predecir mediante estudios de correlación entre rendimientos y factores de la producción (edáficos, culturales y climáticos). La técnica de Zaffanella o alguna variante de la misma sería de gran utilidad en esta etapa.

(1) LETELIER, E. "Análisis de los resultados de los ensayos de fertilizantes en trigo de invierno efectuados durante la campaña del trigo en la provincia de Cautín", trabajo presentado a las Jornadas Agronómicas. Linares, 1967.

Posteriormente se diseñarían los factoriales que fueran necesarios para precisar cuantitativamente los diversos efectos. La etapa anterior ayudaría a programar aquellos ensayos que fueran realmente de interés. Es posible, por ejemplo, que más que un ensayo $N \times P$ sea necesario realizar uno $P \times$ Época de Raleo o $N \times$ Densidad de Siembra \times Economía del Agua.

2. *Efecto de los fertilizantes dentro de los sistemas agrícolas.* O sea, el uso de fertilizantes en relación con la rotación de cultivos y el manejo del suelo, función de la ganadería en la productividad del suelo, uso de estiércoles, abonos verdes, efecto residual de los fertilizantes, función de las leguminosas, etcétera. Es decir, la acción de los fertilizantes dentro del conjunto integral de los factores que determinan la productividad a largo plazo.

Es la parte más compleja, pero también la más interesante de los estudios de fertilidad del suelo. Debe efectuarse en base a ensayos permanentes y semipermanentes, observaciones y encuestas. Las encuestas y las observaciones cuantitativas son muy necesarias pues los ensayos permanentes difícilmente pueden efectuarse fuera de las estaciones experimentales.

3. *Estudios básicos.*

En un plan para obtener aumento de la productividad no deben constituir un fin en sí mismos. Deben apoyar los resultados experimentales de carácter más práctico y aclarar los problemas que se presenten en las fases agronómicas de la investigación. Pueden referirse a: química del suelo, fisiología vegetal, relaciones suelo/planta/agua, etc. No se desconoce el valor de estos estudios por sí mismos, pero en este aspecto deben abordarse en Instituciones de orientación científica pura.

Fases de un programa de fertilidad del suelo

Parte II

Etapas simultáneas:

- a) Fertilización en relación a la ecología de cada cultivo.
 1. Correlación de factores físicos y culturales con la productividad.
 2. Ensayos factoriales.
 3. Otros estudios.
- b) Fertilización en relación a los sistemas de agricultura (Ensayos permanentes).
- c) Estudios básicos.

Parte I: Exploratoria

1. Conocimiento e inventario del ambiente físico y agrícola:
Climatología.
Suelos.
Sistemas culturales.
Delimitación de los “universos” experimentales.
2. Exploración de suficiencias nutritivas en el área.
Posibilidades: Ensayos en macetas; análisis foliar, análisis de suelos, aspersiones e inyecciones.
3. Calibración cuantitativa de los resultados encontrados en 2) a nivel de terreno utilizando un cultivo tipo y controlando condiciones culturales.

Discusión

Exposición de ELÍAS LETELIER
Presidente de la Sesión: M. ZAFFANELLA (Argentina)

Couto. ¿Por qué vías se llegó a determinar el efecto de la nubosidad?

Letelier. La comparación es entre las dos zonas. Tenemos que en la zona de Linares el incremento producido en raíces fue de 25 toneladas, el incremento producido entre la no aplicación de N y la aplicación de 200 kg. de N fue de 25 ton./Há. En la zona de Llanquihue, que es una zona nubosa, fue solamente de 4 ton./Há.

Couto. Quiere decir que se asume que los demás factores son relativamente homogéneos no varían entre zonas, que la luminosidad sería el factor que las diferencia en mayor grado.

Letelier. Se supone que en este caso ha sido la luminosidad; no podría asegurarlo.

Puricelli. La misma pregunta; concretamente, ¿los suelos son idénticos?

Letelier. No, son distintos.

Tejeda. Me parece que desde el punto de vista nutricional en los dos casos se ha suministrado una amplia cantidad de nutrientes, de diferentes cosas, en las dos situaciones.

Letelier. Nosotros conocemos los suelos por los estudios de fertilización. Hemos variado el N, pero tenemos una base suficientemente amplia para ambos suelos de P y otros elementos.

Schenkel. Tal vez se podrían agregar dos cosas más: que una zona está muy distante respecto de la otra (aproximadamente 500 ó 600 kms.) y que lo que ahí se expresa es menos notorio que lo que se ve efectivamente en la gran mayoría de las siembras de remolacha.

Letelier. Es curioso que en Llanquihue se ve generalmente una excesiva y lujuriosa vegetación de las hojas, sin embargo, los rendimientos son correspondientemente e incluso en forma absoluta más bajos que los de Linares que tienen un follaje mucho más pobre. Los suelos son distintos aunque en Linares también hay algunos trumaos, pero son trumaos poco típicos.

Carbonell. ¿Qué son los trumaos?

Schenkel. Son suelos derivados de cenizas volcánicas que tienen excepcionalmente alto contenido de alofano, un material que, desde el punto de vista mineralógico, es amorfo. Para dejarlo más en claro, no debe buscarse en los suelos la diferencia sino en otra causa la diferencia del efecto. Quisiera decir lo siguiente: en la zona de Llanquihue hay también suelos que no son trumaos que se asemejan mucho más a los suelos de Linares que son suelos aluviales en los cuales se presenta exactamente el mismo fenómeno, y otra cosa que se ve muy clara, para la zona de Llanquihue creo que la relación peso de hoja a peso de raíces debe ser 1:1, en cambio, en la zona de Linares me imagino que debe ser por una parte de peso de raíz tal vez $\frac{1}{3}$ de peso de hoja.

Letelier. Bueno, eso no sólo se ve en la remolacha, se ve en todas las plantas, en la papa, por ejemplo, con mucho mayor desarrollo foliar, se ve en la zarzamora de un modo notable.

De Barros. ¿Cuántas horas de luminosidad hay en Linares y esa nubosidad, cómo es medida climatológicamente hablando?

Letelier. Yo no puedo darle un dato exacto, pero estoy seguro de que las horas de nubosidad durante la época del desarrollo de la remolacha son mucho menores en Llanquihue que en la zona de Linares, donde prácticamente en esa época hay muy poca nubosidad; en cambio, en el sur hay nubosidad y lluvias.

Rodríguez Zapata. Usted dice que en la zona de Llanquihue en Chile hay lluvias en verano y prácticamente todos los meses tienen precipitaciones, en la zona de Linares prácticamente no llueve y totalmente la agricultura depende del riego.

Letelier. Claro, pero me parece que el efecto diferencial entre la cantidad de hojas y raíces es un efecto específico de la nubosidad, porque no es cuestión de cantidad de agua, porque en Linares no tenemos lluvia, pero regamos en cantidad suficiente y generalmente superior a la de Llanquihue, ni del N

tampoco porque eso lo hemos visto en los ensayos. El N favorece, por supuesto, el follaje, pero nunca lo hace en forma equivalente a lo que sucede en Llanquihue. No lo veo como una cosa definitiva, es solamente una interpretación mía, y se da como ejemplo del efecto de clima sobre el efecto de los fertilizantes.

Zaffanella. ¿No podrían ustedes hacer un estudio de correlación entre radiación neta de Llanquihue a Linares en un trayecto que corte ese fenómeno de la luminosidad? Es decir, ¿atravesando el gradiente de luminosidad, de manera de ver hasta qué punto ese factor influye?

Letelier. Claro, pero lo que nosotros queremos ahora es introducir la parte climatológica, no sólo en ese aspecto sino en todos los aspectos relativos al clima. Por eso, en el proyecto de las Naciones Unidas que estamos empezando a desarrollar precisamente se pidió un experto en climatología y que además de ser experto en climatología es bastante buen experto en fertilidad. Así que creemos que nos va a servir de mucho.

Schenkel. ¿Cuánto cree usted que demoraría, siguiendo su esquema, comenzando en un lugar hasta llegar a la parte final en un país o para una zona en que no hay nada?

Letelier. No se cuánto podría demorar, pero se me ocurre que en una región chica la podemos hacer rápidamente, en una región grande podemos demorar mucho. La parte I.2 creo que se puede hacer en un año, usted lo sabe bastante bien, y la parte I.3 también se puede hacer en un año, es cuestión de organizar bien el proyecto usando un cultivo tipo de fácil manejo como el trigo, por ejemplo, y hacer un ensayo sencillo, que es lo que se propone. O sea, que creo que si tenemos antecedentes en I.1 en tres años se puede terminar esta primera parte. En cuanto a la parte II no tiene límites.

Carbonell. ¿Usted no cree posible que al mismo tiempo que se esté haciendo el inventario del ambiente físico y agrícola se pueda comenzar con la exploración de las deficiencias nutritivas?

Letelier. Sí, creo que si se puede, las etapas pueden superponerse un poco, pero, indudablemente, me parece que si se dispone de una cantidad limitada de personal es más útil y más lógico, desde el punto de vista organizativo terminar rápidamente la primera etapa que nos va a decir cuánto va a ser el monto de la segunda. Me parece que habría más orden y aprovechamiento del personal y de los medios.

Gandarillas. Además pienso que es una especie de adiestramiento para el personal para trabajar posteriormente en la segunda etapa principalmente.

Tejeda. El desarrollar las etapas en una secuencia indicada puede tener la ventaja de familiarizar a las personas que van a trabajar después en laboratorio e invernadero con la realidad de la zona de donde vienen las muestras y otros materiales y eso le va a ayudar enormemente en la interpretación de los resultados de laboratorio e invernadero.

Carbonell. Yo entendía en esta forma el trabajo: a medida que se va haciendo el inventario, supongamos que ustedes tienen terminado el inventario de una provincia, entonces, parte del personal sigue trabajando con otra provincia y la otra parte del personal empieza con la exploración de deficiencias e incluso con ensayos de calibración.

Letelier. Indudablemente que si esto se va haciendo por provincias y en cada provincia tenemos personal para fertilidad, es perfectamente lógico lo que dice usted.

Carbonell. Puede significar una ganancia de tiempo.

Letelier. De todas maneras, me parece que es conveniente terminar en una zona la primera parte y entonces después se pueden dividir las dos partes en forma sucesiva, pero la segunda algo más atrás que la primera.

Rodríguez Zapata. ¿Desearía saber qué nivel de clasificación ha resultado más aplicable a la programación de los ensayos de fertilidad en Chile? Estos niveles fueron "asociaciones de series" y agrupaciones de suelos por características relevantes de origen o de posición geomorfológica?

Letelier. En primer lugar, yo dije que el hecho de que creyera que este plan me parece bastante racional y que lo propondría yo en una zona nueva no quiere en absoluto decir que lo hayamos seguido ni mucho menos, y tal es así que en el aspecto de clasificación todavía no tenemos una información bien clara de qué cosa podemos utilizar, desde luego, lo que nos ha servido más es la primera clasificación de asociaciones en forma muy amplia en la cual participó el colega M. Rodríguez. Es decir, la distinción entre trumaos, suelos rojos, graníticos aluviales, y yo creo que ha sido la que ha tenido más utilidad después de todo, aunque sea muy amplia. Creo que una clasificación a un nivel más detallado, por supuesto, tiene que tener

una utilidad muy grande, pero para eso tenemos que aislar los otros factores que inciden en la productividad, como lo está haciendo el colega Schenkel a través de sus estudios en macetas de las diversas situaciones. Ahora no podemos, con el cúmulo de datos que tenemos actualmente, hacer una buena correlación de efectos de fertilizantes con series de suelos, porque en los ensayos han estado interviniendo otra serie de factores que son del mismo nivel de importancia que la serie. De modo que contestando escuetamente la pregunta de M. Rodríguez le digo que lo que más nos ha servido ha sido la primera etapa de la clasificación de suelos que se hizo en Chile, y que recién ahora, con este criterio de distinguir los factores que inciden en la producción y por otro lado aislar el fenómeno nutricional de los demás factores a través de ensayos en macetas, como lo está haciendo Schenkel, vamos a poder utilizar con mayor efectividad la clasificación de suelos a un nivel más detallado.

Rodríguez Zapata. La primera agrupación de suelos en Chile dio lugar a 500 asociaciones de series. Pregunto: si estas asociaciones no han sido subdivididas posteriormente en estudios más detallados? Así, por ejemplo, la Asociación Santa Bárbara puede incluir cinco o seis nuevas diferenciaciones dentro de esta asociación de suelo?

Letelier. Ese nivel recién empieza a ser usado. No se podía hacerlo sin tomar en cuenta los factores que inciden en la productividad, llegar a una precisión suficiente como para que esa división tuviera importancia.

Rodríguez Zapata. ¿Y no se podría apoyar ensayos en razón de esos grupos de suelos ya conocidos como asociaciones?

Letelier. Eso es lo que está haciendo ahora Schenkel, pero al nivel de macetas, pero, planear ensayos a nivel detallado sobre el terreno es muy difícil porque no se puede hacer el número suficiente de ensayos y además cualquier variable no nutricional nos produce una diferencia en la respuesta que es muchas veces superior a la diferencia producida por el tipo de suelo o de la serie.

Rodríguez Zapata. Estimo que usar la clasificación de suelos a nivel muy general no permite dar suficientes antecedentes para apreciar el área a que se puede extender un ensayo de fertilidad. Sería de mayor interés correlacionar los ensayos con levantamientos de suelos más detallados que los que distinguen solamente regiones o zonas geográficas.

Letelier. Por lo demás, hay un pecado por parte de los clasificadores, que nos han dado solamente una descripción morfológica y, a veces, inadecuada. Nos han dado muy poca, casi ninguna caracterización química del suelo, que, a veces, debería ser el punto básico para diferenciar series o diversas conductas del suelo, desde el punto de vista nutricional.

Tejeda. Quiero aclarar un poco más la respuesta que ha dado Letelier. En primer lugar, es totalmente efectivo lo que ha dicho de que la primera gran clasificación por material de origen de los suelos ha sido muy útil para ubicar ensayos y ya en suma ha dado una variación de respuesta, pero en forma muy grosera todavía. Así, por ejemplo, en los trumaos hay una mayor respuesta al P y levemente menos respuesta al N y en el caso de los rojos se invierte esta posición. Pero, sin embargo, esta inversión no es una cosa tan definida. En segundo lugar, el criterio de clasificación usado hasta este momento no ha medido factores diferenciales en cuanto a series o asociaciones que hemos visto posteriormente y que tienen un efecto muy grande en la respuesta en los ensayos. Por ejemplo, la asociación Santa Bárbara tiene 600.000 ó 1:000.000 de hectáreas de este tipo de suelo, son todos de secano. Dentro de toda esta asociación que se llama Santa Bárbara existen, por una parte, diferentes niveles de aluminio extractable del suelo y nos están condicionando la respuesta al P. Esta variación es geográfica, no sucesiva, pero es geográfica; y enseguida sobre esta misma serie de Santa Bárbara existe una variación en la distribución, principalmente de la pluvio-metría, si vamos de norte a sur, aún cuando la cantidad total de agua caída sea más o menos parecida, la distribución baja. Entonces estos dos factores originan que la respuesta en los ensayos sea diferente, tanto en la respuesta aislada a los nutrientes aplicados como en el rendimiento total, es decir, el techo del rendimiento que se obtiene en diferentes lugares. Por este motivo se ha pensado en este momento hacer un estudio total de la fertilidad de la serie Santa Bárbara y medir algunos caracteres diferenciales químicos que permitan realmente diferenciar series dentro de la asociación Santa Bárbara. Es decir, junto con el estudio de fertilidad queremos llegar a tener Santa Bárbara I, 2, 3, 4, y las que sea posible, y dentro de cada una de estas series es que vamos a tener una respuesta más homogénea.

Rodríguez Zapata. El problema está en que el estudio inicial que reconoció las primeras "asociaciones de serie" en Chile debiera haber dado lugar a estudios más detallados de clasificaciones, que hubieran subdividido estas primeras asociaciones en un mayor número de ellas.

Letelier. Quiero contestar lo que dice el Ing. Rodríguez, lo que me parece que él, como buen clasificador, es un tanto optimista respecto a la utilidad de la clasificación, yo estoy de acuerdo con él, que si existe esa clasificación, debe usarse como uno de los factores que condicionen la fertilidad, que puede ayudar a diagnosticar el efecto de los fertilizantes, pero me parece que el efecto de las variables culturales es tan grande que muchas veces se superpone al efecto morfológico del suelo. Por ejemplo, han habido ensayos efectuados por IANSA evidentemente en la misma serie, en condiciones totalmente iguales, pero en puntos vecinos en los cuales la respuesta al P en el mismo año ha sido totalmente distinta; en unos se ha alcanzado rápidamente el rendimiento máximo con unidades de anhídrido fosfórico, en otros no se ha llegado al rendimiento máximo ni con 600 unidades. Evidentemente hay un factor no morfológico o, por lo menos, que la clasificación actual no nos dice. Puede ser que la caracterización no sea suficientemente detallada al nivel químico del suelo como para que nos indique esa diferencia por el momento. De modo que, para contestar su pregunta, por el momento no podemos utilizar con mucha eficiencia esas clasificaciones más detalladas.

Schenkel. Respecto a la pregunta formulada por el Ing. Rodríguez quería decir lo siguiente: en la exposición que hizo Gandarillas está la contestación. Si se trata de un trabajo exploratorio, la primera clasificación, más amplia, es totalmente suficiente. Por la experiencia que he podido recoger con los mismos suelos a los cuales el alude, tendría que contestar que si se pasa a la etapa de calibración, en realidad se nota insuficiencia de esta primera clasificación. Por lo tanto, para mí, el problema debería plantearse de otro modo; si existen recursos suficientes como para hacer solamente una primera clasificación amplia, porque posteriormente se pretende complementarla, es suficiente para avanzar este trabajo con la exploración de deficiencias nutritivas. Y en seguida, para la tercera etapa que tiene anotada Letelier, es decir, la calibración cuantitativa, ojalá y es muy deseable que exista ya una clasificación más detallada. Pero en este punto sí, es trascendental que la clasificación que se use considere ciertos factores que, en general, se omiten. Por ejemplo, los complejos de series son muy frecuentemente englobados como una serie de circunstancias en que el análisis de exploración de deficiencias nutritivas tiene un comportamiento totalmente distinto según que prime una cosa u otra. Parece que en ese punto es necesario orientar un poco más la clasificación detallada hacia finalidades propias de la fertilidad de suelos.

Carbonell. Creo que la utilidad que puede tener la clasificación de suelos en un estudio de fertilidad depende fundamentalmente del sistema que se haya seguido para la clasificación.

En los sistemas que se seguían antiguamente no se tenían en cuenta ciertos factores físico-químicos y químicos como es el caso lo que hace a partir de la séptima aproximación. Los factores puramente físico-químicos y químicos tienen una importancia fundamental para clasificar los suelos. Y yo creo que si se siguen estos procedimientos esto sí tiene una gran importancia, sin dejar de lado estos factores que influyen no especialmente sobre los problemas de fertilidad sino sobre la productividad. Creo que ha habido un poquito de confusión entre términos, pero cuando se toman en cuenta las nuevas interpretaciones creo que tiene razón el Ing. Rodríguez en decir que es un auxiliar muy valioso.

Rodríguez Zapata. La segunda pregunta mía es: ¿Qué procedimientos podrían recomendar los especialistas en fertilidad de suelo para hacer un mejor uso de la clasificación de suelos?

Letelier. Estoy de acuerdo con el Ing. Rodríguez, y quiero hacer una salvedad, que la hice también en la exposición: creo que antes de efectuar una clasificación al nivel detallado los clasificadores deben consultar a los que trabajan en fertilidad, para que no se escapen factores que son importantes, para la productividad o la fertilidad desde el punto de vista nutricional.

Zaffanella. Coincido con Letelier y creo que todos coincidimos en que es necesario un acercamiento. Propondría lo siguiente: ¿Por qué no le preguntamos a los cultivos que están ya asentados o por lo menos representan bien una región qué opinan del ambiente en que se desarrollan? Me parece que el cultivo tiene siempre un gran valor ecoindicador, no solamente edafoindicador, sino también ecoindicador. Por ejemplo, me refiero a una investigación que estamos realizando en Argentina con respecto a maíz. El criterio nuestro es precisamente a través del cultivo en las condiciones de campo ver qué información podemos obtener que nos oriente sobre los factores de ambiente que condicionan el rendimiento. La investigación consiste en elegir sitios, y hasta ahora lo hacemos, en forma deliberada, de alto y bajo rendimiento en condiciones de campo, tratando de entender qué es lo que ocurre en estas dos situaciones opuestas de rendimiento. La investigación en cada caso de los altos y los bajos rendimientos se hace de manera sistemática, vale decir, con el mismo criterio observamos los mismos factores. Ha surgido así, por ejemplo, como criterio práctico para los productores de la región maicera, que el espesor del suelo provisto con materia orgánica, apreciado simplemente a ojo, tomando un terrón de la capa arable y moviéndolo en el perfil hasta que el color del terrón contrasta con el color del subsuelo, es decir, vemos que ya hay poca materia orgánica, como medida práctica

para poder orientar al productor, encontramos que hay una asociación entre la profundidad del suelo con materia orgánica y la obtención de altos rendimientos de maíz. Como la profundidad del suelo en esa zona de Argentina es quizás un problema de toposecuencia, indudablemente que las series tienen un ordenamiento en el paisaje en relación con la profundidad. Pero es que nosotros hemos encontrado que ese factor, en ese caso particular la profundidad del suelo, tiene una verdadera importancia para los cultivos, de manera que dentro de las observaciones que la persona que clasifica suelos debe hacer, creemos que es muy importante en este caso el factor profundidad. Pienso que con el mismo criterio el cultivo podría marcar en otras regiones muy altos niveles de aluminio o cualquier otro problema de carácter químico o físico, de manera que esa exploración ecológica podría ayudar a ambas partes a la selección de factores a tomar en cuenta. Aunque este sistema de trabajo indudablemente tiene siempre una gran proporción de confusión puesto que no podemos trabajar con los factores aislados porque en la obtención de altos rendimientos concurren una serie de factores a cierto nivel y en bajos rendimientos los mismos factores están en otro nivel, es decir, buen espesor y poco espesor, de cualquier forma aparece en un primer momento de una manera evidente que estos factores son importantes. Volviendo al caso y con un trabajo que hemos visto ayer de M. Gandarillas, aparece un factor importante en los suelos, creo que la correlación no sea muy marcada, pero hay una correlación que es con drenaje y antes que eso, con conductividad eléctrica. De manera que, ¿qué relación hay entre estos aspectos de la conductividad y del drenaje con respecto a la taxonomía y la clasificación de suelos? Esos son criterio que quien clasifica suelos debe tener muy en cuenta, para poder orientar a los fertilólogos o a los ecólogos.

Rodríguez. Esas son justamente las informaciones que da la clasificación de suelos en el sentido de la descripción de los suelos, su morfología y sus características de perfil y después la fertilidad en conexión, en el sentido de una correlación de profundidad o de drenaje o de salinidad con productividad, pero después del mapeamiento de suelos se puede dar una información técnica a los que trabajen en fertilidad y donde se encuentran suelos que tienen profundidad adecuada para el maíz y en qué área hay suelos que su profundidad del primer horizonte sea suficiente para el maíz. De manera que evidentemente un ejemplo que es concreto de cómo las correlaciones de productividad y fertilidad se puede transformar en una selección de las áreas mejores para el cultivo de maíz, las medias y las que deben

eliminarse. Creo que Zaffanella aporta un muy buen ejemplo para esclarecer el papel y la relación en que puede ir clasificación y fertilización.

Letelier. Rodríguez dice que el argumento se ha vuelto en cierto modo contra lo que Zaffanella quería demostrar. Me parece que no; Zaffanella aporta una manera de medir la profundidad que es útil en esa zona.

Rodríguez Zapata. Estimo que una buena clasificación de suelos no puede considerar características aisladas, como sería profundidad de suelos solamente. Hay un conjunto de características que inciden entre sí y determinan el comportamiento de los suelos.

Letelier. Por eso estamos de acuerdo en que la clasificación básica nadie la discute, tiene que obedecer a normas universales, pero la clasificación local debería ser variable de acuerdo con las necesidades de la productividad. En este caso, por ejemplo, es muy importante y debiera dársele más peso al factor profundidad y medirlo en la forma que el fertilólogo lo ha determinado. Porque eso es lo que está correlacionado con la productividad. En el caso de los trumos posiblemente sea el aluminio lo que determine la clasificación local dentro de una asociación. Si realmente dentro de una zona el factor fundamental es profundidad y eso nos determina en un 90 % la productividad, no podemos estar esperando clasificaciones muy detalladas en todos los factores que no se van a hacer nunca, en cambio, esto se puede hacer rápidamente.

Tobler. Me quería referir al tema que tocó el Ing. Rodríguez. Estoy en un 100 % de acuerdo con él. Creo que el punto de partida de los que trabajamos en fertilidad es conocer primeramente el suelo, pero si no podemos reconocer el suelo, no podemos recomendar enmiendas. El punto de partida en este caso es la clasificación y como decía Rodríguez, en la clasificación de los suelos se tienen en cuenta una serie de factores que precisamente inciden sobre el aspecto de fertilidad. Lo que decía el Ing. Zaffanella de que en una toposecuencia encontramos horizontes distintos es cierto. Nosotros tenemos acá en el país, las asociaciones de los suelos de praderas con grumosoles y nos encontramos con horizontes A de distintas profundidades, pero el espesor del horizonte A da motivo a una diferenciación de los suelos en series y en tipos. Por otro lado, la salinidad es otro de los factores que tenemos en cuenta para diferenciar los suelos, de manera que hacemos conductividad y si aparece salinidad es otro tipo de suelo. Se determina alu-

minio y nos da para diferenciar los suelos. En la clasificación de los horizontes se tiene en cuenta el color, textura, estructura y nosotros complementamos con datos químicos: contenido de calcio, magnesio, sodio, potasio, hidrógeno, aluminio, que son factores que van a influir sobre el manejo de la fertilidad de suelos y eso caracteriza al suelo y lo que nosotros estamos haciendo en estos momentos en el país es la tipificación de las series: cada serie que estudiamos se tipifica, se describe morfológicamente, se define la génesis del suelo y se complementa con un análisis químico lo más exhaustivo posible. Y ése es el punto de partida: conociendo el suelo, después podemos hacer recomendaciones y ensayos y modificar los efectos que tengan. La clasificación, por ejemplo, tiene en cuenta también el drenaje. Esos factores se deben tener en cuenta después para los ensayos de fertilidad. Una vez clasificado el suelo a través de los años lo que nos va a variar es el nivel de fertilidad con el manejo, por el buen o mal manejo, pero lo que le vamos a cambiar es la génesis y las características morfológicas del suelo, y ese para mí es el punto en que se debe apoyar todo lo que se quiera hacer en fertilidad.

Assis. ¿Cuáles son las características físicas relacionadas con fertilidad a las cuales se debe dar prioridad en el levantamiento de suelos?

Letelier. Solamente le puedo contestar en general porque creo que eso varía con la zona, con el clima, con el sistema cultural, etc., pero en general, las condiciones físicas más importantes son las que se refieren a la estructura del suelo, a su capacidad de penetración por las raíces y a los factores que condicionan la economía del agua, el drenaje especialmente.

De Barros. Creo que de acuerdo a como se está desarrollando esta discusión, lo que haría falta es poner más en contacto a los fertilólogos con los clasificadores porque hay una serie de datos que se están maldando que son datos provistos por una clasificación local. Es lógico que a un nivel de grandes grupos todas las consideraciones son generales y no va a haber datos suficientes como para que en un nivel de tipo con fases o a lugares muy locales se disponga de todos estos datos que pueden hacer variar en una finca u otra una respuesta a un cultivo determinado. Creo que a medida que vayamos mejorando con un mapeo detallado o semidetallado se tendrán suficientes datos y una clasificación general a estos niveles siempre provee de todos esos datos. Sería interesante que ninguna persona que esté trabajando en el laboratorio deje de trabajar en el campo en mapeo de suelos en su vida cuando mínimo un tiempo equivalente a 3 a 6 meses porque

eso le permite identificarse con el suelo y conocer bien a profundidad los factores morfológicos y genéticos, que son, como dijo el colega de Uruguay, los que no varían y las otras consideraciones como manejo, los niveles de manejo y el clima, son consideraciones que varían de año en año o pueden variar de acuerdo a la persona que los usa; de ahí que creo que los estudios de la fertilidad deben basarse en mapeos en distintos niveles y que los mapeos están dando muchísimos datos básicos para productividad. Aparte entiendo que con la exposición de ayer y la de hoy, estamos tratando el suelo desde un punto de vista amplio, ecológico, que se está dando sin entrar a discutir si eso es bueno o malo. Yo entendía que íbamos a hablar desde el punto de vista de la fertilidad y si entramos a hablar desde el punto de vista de productividad hay un montón más de factores que intervienen: fertilidad es más o menos solubilidad de los nutrientes, disponibilidad de los nutrientes para la planta y forma de que nosotros hagamos que eso sea más eficientemente usado. Si nos centramos sobre este tema a lo mejor podríamos llegar a conclusiones porque de otra manera sería demasiado amplio el tema de discusión y se podría perder bastante en la discusión.

Tejeda. Según expresó el Ing. Tobler de Uruguay, las clasificaciones son suficientemente concretas como para proporcionar la mayoría de la información necesaria para basar un trabajo de fertilidad. Teóricamente, eso es cierto, es decir, si tomamos un mapa de la séptima aproximación vemos que así es, pero como bien lo dijo Letelier, estas clasificaciones no se hacen nunca; en nuestras condiciones, se toman las muestras del perfil, se mandan al laboratorio y ahí se quedan durmiendo montones de años y resulta que ya salieron los mapas y todavía no se han hecho los análisis. Esa es la situación de orden práctico, bastante aproximada a la realidad. En segundo lugar, suponiendo que se realicen aquellos análisis, viene una cosa muy importante. Los análisis se realizan generalmente sobre el modal, lo cual si bien para características físicas del suelo tiene un valor de extrapolación a todo el nivel que corresponde a ese modal, un valor de extrapolación bastante aceptable, me atrevo a decir que el valor de la extrapolación de las características químicas es bastante limitado; por lo tanto, el informe de los parámetros químicos de la serie debieran estar indicados en un rango de variación. Es decir, cada serie tiene un modal con estos valores y un mínimo presente que es este. Este rango de variación de parámetros químicos inmediatamente que el especialista en productividad o fertilidad debe decir si dentro de este rango tiene que entrar a subdividir grupos por cuanto en un rango tan amplio, el efecto de los nutrientes aplicados se va a ver afectado o no.

Por lo tanto, la clasificación llegaría ahí nada más y el especialista en fertilidad tendría que entrar a determinar lo último ya en base a su especialidad. Otra cosa en relación a lo que decía el colega De Barros. Sabemos que fertilidad de suelos se relaciona con el aspecto nutricional-químico del suelo, pero nosotros en Chile hemos visto que no avanzamos nada respecto a la utilidad que podamos prestar como científicos a nuestra agricultura y no les hacemos nada si restringimos nuestro trabajo a la parte química. Ese trabajo ya llegó a ser un círculo vicioso. Letelier ha mostrado con sus ejemplos la limitación de estudiar solamente el aspecto nutricional en nuestras condiciones; es fundamental, si queremos tener un efecto de impacto en la producción, tomar los demás factores que condicionan la productividad del suelo y estudiar conjuntamente fertilidad y otros factores de producción.

Puricelli. Siguiendo con el mismo tema de correlación entre el estudio de fertilidad y el mapa de suelos, concuerdo plenamente con Rodríguez y con Tobler de la conveniencia de contar inicialmente con una buena, prolija y detallada clasificación de suelos con todos los parámetros químicos y físicos útiles, pero también hay que ver la realidad de los países latinoamericanos en los cuales trabajamos. Es posible que eso sea muy útil y muy conveniente en países con áreas muy reducidas y con mucha variabilidad como entiendo que es el Uruguay y Chile, por ejemplo; ignoro otros países. Pero me remito a mi país; los únicos mapas de suelo que conozco fueron un mapa publicado en escala 1 y 7.150.000 por Vesel, que hizo el mapa sin visitar el país. Ese mapa fue muy útil durante bastante tiempo porque nos daba un nivel; conozco otro mapa hecho con la sexta aproximación 1960, escala 1 en 4 millones. Conozco otro mapa de asociaciones de series en escala parecida y conozco que la productividad la tenemos que levantar en forma acelerada porque entre otras cosas, como dijo Letelier, para eso nos pagan, y esa es la misión del Instituto Tecnológico. Entonces, ¿cómo se consiguen ambas cosas? Tenemos que esperar que esté hecha la clasificación completa, con todas sus etapas para estar actualizados y empezar con otras cosas. Creo sinceramente que si se pudiera disponer de clasificaciones exactas y precisas las tomaría directamente y casi diría a pie juntillas. Pero en la situación actual de nuestro país creo más conveniente adoptar un criterio menos ortodoxo y aceptar un poco más lo que nos dicen nuestros compañeros con orientación más ecológica.

Rodríguez Zapata. La intervención del colega comprueba la distancia en los que clasifican los suelos y los que trabajan en fertilidad. Se ha referido que en la Argentina hay sólo estudios de suelos muy generales no obstante que hay un plan para

mapear los suelos de la Pampa húmeda en escala 1:20.000, y ya se han mapeado 10:000.000 de Há. y la meta es llegar a 60:000.000.

Tobler. Lo mío es muy breve. Contestando al colega argentino en lo que él planteó del caso cuando no se tiene la clasificación de suelos. Me pongo en este lugar: que no se tenga, no quiere decir que no sea el procedimiento correcto, hay que hacerlo. Esto si me permiten hacer una comparación, lo podemos comparar con la medicina; en un principio no teníamos médicos, teníamos curanderos; hoy al curandero no se le deja ejercer la profesión, está el médico. Ese es el caso en que estaba la clasificación; que está el de fertilidad trabajando a ciegas. Para devolverle la vista al de fertilidad hay que empezar por la clasificación de los suelos.

Puricelli. Brevísimo, solamente para confirmarle al colega Rodríguez el ritmo del avance diario del mapa de suelos que está en los 8 km²/día, para realizar el mapa en Argentina a nivel de serie detallado. Por lo cual, haciendo un cálculo optimista, como son 60:000.000 de Há., vamos a estar alrededor de 20 años para completar ese mapa a ese nivel. Así que calcule usted colega, cómo le damos prioridad a las zonas para poder empezar a establecer trabajos, etc. Ahora, estoy completamente convencido que se deben hacer ambas cosas, una cosa no excluye la otra. Pero hay que iniciar de algún modo.

Schenkel. La verdad es que hay mucho acuerdo y mucho desacuerdo. ¿Podría alguien de aquí decirme cuáles son las cosas en que están de acuerdo y cuáles son las cosas en que están en desacuerdo? Me parece que interpretando la exposición de Letelier, que se dijo claramente que era una etapa exploratoria, es decir, que en un programa de fertilidad de suelos en un área desconocida era perfectamente suficiente para iniciar un mapeo general, sin perjuicio, por supuesto a que aquellos países que tienen un mapeo detallado evidentemente tendrán que hacer uso de él, pero como se trata de causar un impacto en un breve tiempo, en un área grande y desconocida no se puede estar distrayendo capital humano en hacer un mapeo detallado resintiendo otros factores de productividad, que son de tanta o más importancia que el mapeo de suelos. De modo que yo pediría concretamente quién está en desacuerdo con eso, porque estoy confundido, no entiendo lo que estamos discutiendo.

Zaffanella. Creo que vamos a seguir escuchando opiniones y vamos a poder resumirlo, hasta donde nos sea posible al final. Queda un poco pendiente la interesante pregunta que plantea aquí Schenkel.

Schenkel. La segunda observación que tengo es que se mencionan muchas ideas con respecto a una colaboración, pero lo práctico y lo cierto, es que nadie, para evocar esas colaboraciones habla de un caso excepcional. Esto es lo positivo para mí en una discusión: que se tenga conciencia que la parte de fertilidad de suelos queda retenida si paralelamente no se hace la clasificación. Y en ese punto en particular, concuerdo plenamente con el colega Tobler, de Uruguay.

Vianna. Después de lo que habló Schenkel me parece que hemos llegado a un acuerdo y todos estamos más o menos hablando de lo mismo, y que todos tenemos más o menos razón. En un levantamiento normal de suelos que se hace inicialmente a un nivel de reconocimiento llegamos al nivel de grandes grupos. Por lo menos en el Brasil, con este nivel de trabajo, ya se toman en cuenta para las separaciones, datos químicos, físicos y físico-químicos. Posteriormente se pasaría a la segunda etapa que sería al nivel de un levantamiento semidetallado con fases, tipos y series. Parece que el problema de correlacionar estos mapeamientos con fertilidad ya sería más propiamente un mapeamiento para fertilidad. Como dijo Rodríguez expresándolo mejor, se debe partir de un mapeamiento tan detallado como aquel que se tenga a mano, para poder extrapolar los resultados que tengamos en las experimentaciones de fertilidad, y al mismo tiempo que se desarrollan los trabajos de fertilidad, se debería procurar de mejorar el detalle y continuar con los trabajos de mapeamiento no de suelos desde el punto de vista pedológico, sino un mapeamiento desde el punto de vista de fertilidad, para finalmente poder llegar a un mapeamiento desde el punto de vista de productividad. En el esquema presentado por Letelier, me parece que sería interesante que considerásemos, tal vez en la parte 2, ya que suelos se está tomando en una concepción tan amplia e inclusive, no solamente hablando de suelos sino también de fertilidad y de productividad y que se piense en esta parte 2 un trabajo de levantamiento como una base real para permitir una extrapolación real y positiva de los resultados que estamos viendo en las experimentaciones con fertilidad. No sé si fui claro; con esto no quiero decir que debemos esperar hasta tener los mapas de suelos para empezar a trabajar en fertilidad, pero también encuentro que no podemos delegar a un plan secundario los trabajos de suelos de esta naturaleza. Me parece que esta es la opinión de todos nosotros aquí, lo que apenas estamos haciendo es darle mayor o menor importancia a un punto u otro. Creo que los dos son realmente de importancia, y tienen la misma importancia y se debieran tal vez de incluir en esa segunda parte de Letelier como un aspecto realmente relevante el mapeamiento detallado, tal vez en lugar de hacer un mapeamiento de fertilidad propiamente dicho.

De Barros. Será agregar algo más a lo que dijera Vianna y Schenkel, pero no hay duda de que si un suelo está deficiente en nutrientes, es definitivo que va a haber que agregarle tarde o temprano algún nutriente para que eso produzca, esté o no mapeado, se llame o no se llame suelo. Pero no hay duda tampoco que las extrapolaciones o inferencias que pudieran hacerse cuando ese suelo está mapeado y se puede compararlo con otros suelos de otros países o con suelos de distintas regiones del mismo país, el valor que se gana con eso cuando está mapeado es enorme y disminuye los años de investigaciones y experimentaciones de fertilidad permitiendo un trabajo mucho mejor. Así es que creo que la clasificación tiene un lugar y es muy importante lo mismo la forma como se está haciendo ahora. También es cierto de que en una clasificación no se mapea a nivel de fertilidad, porque cuando se toma una muestra de fertilidad y se quiere que sea lo más representativa posible de un área por pequeña que sea y entonces se sacan varias muestras. Lógicamente que un perfil modal no puede dar una idea de la fertilidad de toda una zona exactamente, es decir: usted puede esperar esto y esto, pero le da una idea y hay una serie de características químicas que da una clasificación que son relativamente de poca variación y que tienen gran valor para el trabajo de fertilidad. Decir que específicamente con un mapeo de suelo y una clasificación este suelo tiene 30 ppm. en fósforo, 40 ppm. en potasio y que eso tenga un valor porque las zonas generalmente son grandes no creo que se pueda resolver con clasificaciones.

Rodríguez. Por un lado lamento todo esto porque había cosas muy importantes para discutir y ya hemos gastado mucho tiempo en la clasificación en desmérito de cosas que tal vez eran de mucho alcance. Mi intención no fue hacer un debate tan largo, y solamente quiero referirme a una cosa: que parecería que hay que llegar a un equilibrio. Me da la impresión de que los que trabajan en fertilidad, se ven obsesionados por la planta, están fertilizando la planta, el trigo, el maíz, la papa y yo creo que los que trabajamos en suelos pensamos que hay que fertilizar el suelo para que produzca el maíz, esa es la prioridad con que se enfocan las cosas, un poquito diferente.

Letelier. Es necesario primeramente definir los universos mediante una clasificación generalizada y universal. En seguida es necesario estudiar en profundidad cada universo para delimitar los factores que —dentro de ese universo— están alterando la productividad y la respuesta a los fertilizantes. Determinados estos factores puede hacerse una clasificación detallada de carácter local que correspondería, a mi entender, a la sugestión del

colega Vianna en el sentido de agregar a la segunda parte del programa en discusión una fase D de clasificación detallada para productividad y fertilidad. Estoy totalmente de acuerdo con la sugestión del colega Vianna.

Couto. Cuando solicité la palabra estaba la discusión en el punto álgido e incluso lo que pensaba decir fue desarrollado en parte por Vianna y ahora Letelier. De todas maneras creo importante demostrar que, en esta posición que siempre es antagónica entre fertilólogos y clasificadores, hay una posición intermedia que viene utilizando mucha gente y que es muy útil porque las ventajas de disponer de un mapeo detallado de la zona quedaron bien en claro con las palabras de Tobler y de Rodríguez Zapata fundamentalmente y también las dificultades que hay en las condiciones de los países de América del Sur de disponer de ese tipo de material. Considero que hay una posibilidad intermedia que es simplemente hacer una delimitación de zonas con los recursos que existan disponibles (los conocimientos) que pueden ser desde el punto de vista de suelos, si se tiene alguna clasificación muy general, desde el punto de vista ecológico o incluso geológico; todos los elementos disponibles y realizar entonces los ensayos de experimentación ya sea a campo o en macetas dentro de la misma clasificación general, si se puede llamarle clasificación, y completar eso con una descripción detallada del perfil donde está ubicado el ensayo o de donde se extraen las muestras. Eso ya ha sido utilizado por otros investigadores y permite hacer dos cosas simultáneamente; es decir, se dispone de información experimental para determinadas zonas o para determinados suelos, mejor dicho, y al mismo tiempo se va haciendo una descripción detallada de suelos que va a servir cuando se disponga del mapeo en detalle también. De esa manera creo que quedan balanceadas las ventajas e inconvenientes de trabajar de una manera o de otra. Especialmente recuerdo las palabras del Dr. Laird, quien manifestó estar realizando en México ese tipo de experimentación a campo en gran escala sin tener un mapa detallado previamente.

Tobler. Quiero decir algo acerca de la preocupación que se tiene de la desconexión entre el edafólogo y el fertilólogo. Esto lo palpamos acá también. A mi me tocó redactar la base de reestructuración de un programa del Ministerio de Ganadería y Agricultura que es el que tenemos actualmente. En esa estructura traté de juntar todos, no sólo al edafólogo, al que se dedica a fertilidad sino también al geólogo y algún otro más. Estamos trabajando en equipo, todos juntos, y estando en contacto unos con los otros, porque no se puede trabajar en forma

aislada y ninguno puede tener una cabeza tan grande como para abarcar todas las especialidades. El fruto fue maravilloso. Además no solamente reunimos en el Ministerio de Ganadería y Agricultura sino que para obtener un fruto mejor todavía y ponderando que eran todos los dedicados al estudio de suelos, hay un convenio entre el M.G.A. y la Facultad de Agronomía que se llama "Programa de estudio y levantamiento de suelos" y trabajamos todos en conjunto en el mismo problema que tiene como ocupación fundamental el levantamiento de la carta agrológica del país. Pero en esta Dirección que se creó actualmente en Suelos y Fertilizantes se agregó toda la parte de Fertilidad. De manera que esa parte la obviamos. Estamos todos los técnicos y estudian todos el mismo problema, desde el punto de vista de la geología, desde el punto de vista de la química, desde el punto de vista de la fertilidad. En cuanto a otro punto que tocó el colega Vianna, creo que, más en nuestro país que es chico, porque pensamos en el término, aunque siempre la cosa se alarga, pero creo que más de diez años no tarde la carta agrológica del país en escala 1 a 20.000, ¿cuál es la etapa que sigue? Una vez obtenida la carta de suelos eso no se va a modificar a menos que venga un cataclismo. ¿Cuál es el trabajo que nos queda? Un mapa detallado de fertilidad, que en otros países se hace cada cinco años.

Zaffanella. ¿Qué superficie abarca aquí?

Tobler. 187.000 km².

Murdock. Me parece que tenemos varias clases de levantamientos; uno de los más importantes tal vez en la primera etapa de todo levantamiento es la caracterización de los suelos en sí mismos, es decir, la parte descriptiva de un suelo. Parece que precisamos de un sistema uniforme, standard, un sistema que pueda ser correlacionado y usado en varios países, especialmente en países como tenemos acá, Uruguay, Brasil, que están próximos, entonces el trabajo, por ejemplo, en Río Grande do Sul, a nivel de grandes grupos de suelos me parece bastante importante, pero tenemos que tener cierto cuidado en la manera en que los usamos, porque no son hechos para hacer la aplicación en la propiedad en particular. Aunque tengamos la posibilidad de hacer las descripciones de suelos a nivel de asociaciones o de series, queda más información útil para nosotros y en la última parte, donde estamos haciendo recomendaciones para agricultores, necesitamos personal que esté trabajando en el campo de clasificación y que entienda de los problemas no sólo de fertilidad sino también los problemas sociológicos de la región, para hacer planos de utilización de los mapas de que

disponemos. También necesitamos personas que estén trabajando en fertilidad, que entienden también de los sistemas de clasificación. El técnico más buscado ahora es aquel que pueda actuar dentro de estas dos razones, o sea, pueda hacer interpretaciones dentro del área de clasificación con idea de fertilidad, para hacer aplicaciones de clasificación con relación a fertilidad. Tenemos, por ejemplo, en un municipio de R. G. S. donde extrajimos más de 5.000 muestras para fertilidad marcadas todas en un mapa del área. Después hicimos el mapa que estuvo muy bien correlacionado con los grandes grupos de suelos; esto también es de alta prioridad ya que nosotros así sabemos que en aquella región tenemos tales problemas de fertilidad que van a precisar de investigaciones de fertilidad e insumos. Por ejemplo, hicimos el plano de aplicación de cal basados en dichos datos, pero cuando llegamos a hacer los análisis de campo para un agricultor particular, precisamos tener una persona que esté bien compenetrada en estos problemas hasta del problema humano de aquel que hablamos ayer cuando hablábamos del sistema ecológico de la región. Entonces yo encuentro que la clasificación de suelos debe ser usada en lo posible, debe ser considerada cuando establezcamos ensayos de fertilización, ya que tenemos establecidos muchos ensayos en un suelo rojo, en un latosol, etc., sin saber que debemos hacer una determinación exactamente del tipo de suelos en los cuales estamos trabajando. Por ejemplo, si hablamos del suelo Santa Angela, entonces ya sé que tiene ciertas características importantes, pero si hablamos de un suelo rojo, eso puede indicar una serie de cosas; entonces lo que debemos hacer es tratar de que estos clasificadores siempre nos estén dando mayores datos, mayores mapas más detallados y más útiles para nuestro uso. Pero en la primera etapa, yo opino que tener la caracterización de los suelos es bastante importante.

Tejeda. Quiero preguntar a Letelier donde cree él que existe información suficiente para que pueda empezar a operar un Laboratorio del Servicio de Análisis de Suelos para los agricultores y cuáles son las razones.

Letelier. Yo creo que puede comenzar inmediatamente después de terminada la primera parte.

Schenkel. Estoy en desacuerdo. Creo que cuando las cosas son favorables como nos ha sucedido a nosotros con el Potasio es perfectamente posible intercalarlo en I.2. Hemos encontrado muy inesperadamente una excelente correlación entre las depresiones que se producen en los rendimientos en la ballica y el contenido de K que hay en el suelo. De modo que hemos obtenido

ahí ya ciertos valores que son absolutamente seguros críticos y no permiten el crecimiento. Entonces el análisis de suelo ya cumple una función en esa etapa con sólo indicar bajo o en el nivel crítico.

Carbonell. Eso le permite decir que necesita K, pero, ¿y cuánto?

Schenkel. Por eso digo que el análisis de suelo cumple una función.

Carbonell. Pero no puede hacer recomendaciones de dosis aproximadas.

Letelier. Para recomendar dosis yo creo que después de cumplido el punto 3 ya podemos tener una estimación de la dosis. Esta etapa es relativamente corta; si está bien organizado el trabajo, esta etapa se cumple en un año. En total se cumpliría en tres años en buenas condiciones. Estoy de acuerdo con Schenkel de que si es muy urgente la necesidad de orientar a los agricultores ya esta etapa puede dar bastante luz en los casos extremos, por lo tanto, va a ser de utilidad el establecimiento de un laboratorio. Pero esta utilidad va a aumentar bastante cuando termine el punto 3.

Murdock. Quiero aclarar un punto que tal vez no quedó muy claro en la presentación anterior. Estaba hablando sobre el hecho de que hicimos análisis generales de fertilidad en varios municipios de Santa Angela. Esto es muy útil para planeamiento y para hacer recomendaciones generales; cuando necesitamos hacer análisis para un agricultor en particular, esto es una cosa que debe hacerse en seguida ya que de un año a otro la situación de él en particular puede mudarse completamente. Por ejemplo, aplica cal y el pH es modificado totalmente; entonces el levantamiento de fertilidad es una cosa que tiene un valor muy relativo ya que la fertilidad se muda y varía.

Couto. Quiero hacer una pequeña aclaración con respecto al punto 3, que el Ing. Letelier señaló que quizás con una muy buena realización tal vez en un año se podría cumplir; quería destacar que seguramente él no tuvo en cuenta el efecto año en la experimentación que es muy importante y muy especialmente cuando se refiere a K que puede variar completamente año a año la respuesta, según haya actuado el clima, periodo de sequedad y otros factores. Y eso me parece que requeriría como mínimo tres años.

Letelier. Estoy de acuerdo que eso se puede pulir, digamos, pero creo que una información bastante útil ya puede salir de un año, especialmente donde hay variaciones climáticas, donde hay diferencias de pluviometría en diversas zonas. Entonces podemos también en el primer año tomar en cuenta la variación de la pluviometría.

Couto. Yo no estaría de acuerdo, por lo menos, en otras condiciones no se puede pasar.

Reynaert. Quería preguntar algo a Letelier sobre el gráfico N° 1 del punto 3 de la parte I. Se habla de calibración cuantitativa de los resultados. Usted propone que pueden ser ensayos sencillos donde se aplican dosis máximas de nutrientes y se utiliza el procedimiento de Bray de rendimiento relativo como indicador, para obtener el levantamiento cuantitativo del experimento. Tengo entendido que eso marcharía muy bien en el caso de P y K; usted tiene ahí el ejemplo del N. ¿Cree verdaderamente que con el N también se puede aplicar ese procedimiento?

Letelier. Yo creo que sí, pero me gustaría que me dijera sus dudas de por qué no se podría aplicar en el nitrógeno.

Reynaert. Si, porque normalmente lo que se consigue con las curvas de respuesta al P y K, es un aplanamiento a niveles más altos de dosis; quiere decir que si usted elige arbitrariamente dosis máximas de P y K no tendría demasiado problema, conseguiría el máximo rendimiento, sin embargo, con N existiría el peligro que no sea realmente el máximo, entonces la expresión testigo como porcentaje del máximo no sería buen indicador.

Letelier. Posiblemente, en el caso del N no tendríamos una información tan absoluta, pero de todas maneras me parece que si somos prudentes en la elección de la dosis, vamos a quedar cerca, no exactamente en el 100 %, pero quedaríamos en el 85 % en algunos casos, en el 90 % en otros; con lo cual podemos hacer una estimación del tenor de N.

Reynaert. Justamente quería preguntar si la experiencia en Chile había sido así. Tengo otra pregunta: usted habla de cultivo tipo indicador. Yo pienso que el cultivo en sí, es tipo indicador si no interfieren otros factores que están catalogados en la segunda parte, por ejemplo, tecnología de fertilizantes, el tipo de fertilizante o manera de aplicación si eso no influye sobre las respuestas del cultivo o sobre la respuesta.

Letelier. Indudablemente que influye, pero lo hace en una segunda prioridad. En una zona calcárea si usamos superfosfato vamos a tener mayor efecto del P que si usamos un fosfato tricálcico. Pero vamos a poner una dosis bastante grande para que, aunque usemos cualquier tipo de fosfato, estemos cerca del rendimiento máximo. Y generalmente en el caso de la localización del abono fosfatado. Podemos sencillamente localizar de todos modos el abono. Es decir, tenemos que ponerlo en las mejores condiciones posibles. Esta es la primera aproximación que nos va a decir cuál va a ser la potencialidad del abono. Por lo tanto, tenemos que localizarlo en las mejores condiciones y usar el tipo de abono fosfatado más apropiado.

Reynaert. Es decir que usted elige un cultivo tipo que sea indicador, de deficiencias nutritivas para varios nutrientes. Sobre ese detalle tengo mis dudas porque si para explorar deficiencias nutritivas se elige, por ejemplo, un cultivo como el lino, ese cultivo no habría mostrado respuestas en ensayos normales de campo, sino recién después que se mejoró el método de aplicación del fertilizante. Entonces se logró un aumento considerable del rendimiento, es decir, que no hubiera servido para sus fines?

Letelier. ¿Por qué no especifica un poco más el ejemplo? ¿Qué pasó?

Reynaert. Bueno, resulta que en caso del lino, por ejemplo, la época de aplicación del N estaba condicionando la respuesta.

Letelier. Reconozco que esta etapa puede tener limitación también en el campo del N; la experiencia nuestra es que cuando se aplica una buena dosis con la siembra muchas veces no tenemos el efecto máximo, a veces es mejor dividirla en dos partes o aplicar una parte en forma más tardía. Pero de todas maneras, cuando aplicamos con la siembra una buena cantidad de N, nos acercamos bastante al rendimiento máximo. Acepto que esto va a ser una estimación solamente; los detalles van a ser definidos en la etapa siguiente.

Reynaert. Pero entonces, ¿qué criterios tiene usted para elegir este cultivo?

Letelier. En primer lugar, el que sea un cultivo que se pueda cosechar fácilmente; que permita realizar los ensayos cómodamente. Que no tenga muchas enfermedades, ni otras variables importantes.

Reynaert. ¿Y usted encontró que ese cultivo es buen indicador para varios otros cultivos?

Letelier. Indudablemente no hay ningún cultivo ideal. Lo ideal sería hacer varios cultivos al mismo tiempo, que tengan diversas respuestas. Generalmente me parece que si hay deficiencia de elementos mayores todos los cultivos responden a esta deficiencia, algunos más que otros ciertamente. Ciertas especies tienen mayor capacidad de absorción de P, pero si hay una necesidad de P, o de N, todas las van a necesitar en mayor o menor grado. Pero esta diferenciación por especie se hace más importante cuando se trata de elementos menores, en los cuales es evidente que hay una preferencia de unas especies en relación a otras, unas son sensibles a una deficiencia de manganeso, unas son acidófilas otras son todo lo contrario. De modo que yo creo que es muy importante la observación de Reynaert y me parece que si se quiere tener una visión total de las deficiencias debería hacerse así. Indudablemente que el trigo es una planta muy rústica, fácil de experimentar con ella, pero demasiado rústica en lo que se refiere a necesidad de elementos menores, por ejemplo. No hemos visto nunca en forma clara una respuesta a azufre o a Boro en trigo como hemos visto sus consecuencias en remolacha. Así que indudablemente también en esta etapa sería muy conveniente mejorarla en ese aspecto.

Reynaert. Otra pregunta que tenía yo es, ¿en qué parte del esquema entraría el estudio económico del uso de fertilizantes? ¿En qué fase?

Letelier. Como dice muy bien Zaffanella, agronomía es igual a ecología más economía. Por lo tanto, indudablemente los estudios económicos deberían iniciarse paralelamente a cada una de estas dos partes.

Reynaert. Si hablo de estudios económicos me refiero solamente a la economía del uso de fertilizantes.

Letelier. En ese mismo aspecto yo creo que en la primera parte podemos tener una primera aproximación económica. Pero no hay que olvidar que la economía de los fertilizantes no se puede separar de la economía del sistema agrícola.

Reynaert. Pero es cierto que el estudio fue puramente económico en la igualación del fertilizante con el insumo quizás en alguna fase, quizás en algunos ensayos de campo donde se estudia la superficie de respuesta.

Letelier. Claro, pero eso es una visión demasiado simplista; precisamente creo que esos estudios adolecen del grave defecto de que no se toma en cuenta el efecto residual ni la construcción de fertilidad.

Reynaert. Entonces, ¿cuál es su proposición?

Letelier. Bueno, yo propongo que en estos dos niveles se estudien paralelamente los aspectos económicos. En la primera parte la superficie de respuesta acompañada del estudio económico correspondiente, nos va a dar una respuesta a la necesidad anual. Es, sin duda, una cosa de orden práctico que preocupa al agricultor, pero eso no es todo el panorama económico de la fertilización, el cual tiene que estar relacionado con el sistema agrícola integral de la explotación, con la rotación, con el efecto residual con la construcción de fertilidad, con prácticas que modifiquen la fertilidad del suelo y como son el uso de leguminosas o el buen aprovechamiento del estiércol.

Tejeda. Quería referirme al punto 3 de la primera parte. Dado que se está trabajando con ensayos sencillos, seguramente se van a comparar 1, 2 ó 3 tratamientos nada más, si hay mucha duda de la diferencia de respuestas de los cultivos, se pueden seleccionar arbitrariamente dos cultivos que presenten diferencias muy marcadas, es decir, tratar de hacer unos extremos dentro de la gama que se puede presentar y sembrarlos conjuntamente en cada lugar. Se duplicaría un número de parcelas en una forma que todavía estemos dentro de una cantidad menor de montes de 10 u 8 parcelas. Con eso ya se tendría una información bastante aproximada para otros cultivos por siembra en años. En segundo lugar, el estudio económico, si bien en el punto 3 también se puede obtener una primera aproximación, esa aproximación necesariamente tiene que ser refinada en la parte 2 por medio de ensayos factoriales. Es decir, la metodología en realidad no es tan simplista, ojalá lo fuera, porque sería muy fácil realizarla, pero la metodología es bastante amplia en el sentido que trata funciones de producción de modelos de rendimiento para medir los factores relevantes f en forma cuantitativa. De esa forma se puede hacer el estudio económico del uso de fertilizantes, asumiendo una serie de diferencias ecológicas del lugar. Esto no quiere decir que la primera aproximación sea inválida, creo que es una responsabilidad tremenda que tenemos de poder salir lo más rápidamente posible con alguna dosis que se pueda recomendar a los agricultores en base a los análisis de suelos.

Puricelli. Quería hacer una pregunta a Letelier en relación a lo que él indicó recién de que usa como planta reactivo con buenos resultados el trigo. Por ejemplo, nosotros también hemos observado que en suelos Brunizem no hay ninguna respuesta a microelementos y lo hemos visto también en la bibliografía. Hemos visto también que responde muy bien a elementos mayores cuando la crisis es muy grande. Pero tenemos nuestras ciertas dudas sobre la capacidad de esta planta de responder cuando estamos subiendo la curva de respuesta. Quería hacer esta pregunta: ¿Cómo son las variedades chilenas de trigo desde el punto de vista, ustedes han encontrado diferencias de aprovechamiento de fertilizantes para distintas variedades? Esa sería la primer cuestión.

Letelier. Por lo que yo recuerdo, tal vez lo puede confirmar Schenkel, se ha encontrado que las variedades de mayor rendimiento responden más a la fertilización. Hay variedades un poco más rústicas, como el caso del castaño colorado en el cual se nota menos el efecto.

Schenkel. En realidad, la pregunta es extraordinariamente interesante. Es interesante porque hemos conseguido en la Estación Experimental de Carillanca, Temuco, una complementación muy buena y muy beneficiosa para las dos partes: Se ha comprobado en base a esta filosofía que envuelve la pregunta que, en primer lugar, las variedades rústicas son las menos exigentes y, por lo tanto, las menos sensibles a una buena fertilización. En segundo lugar, el mejorador tiene una tendencia natural a omitir la importancia de la fertilización en el momento en que está haciendo la selección de líneas o de variedades y que desde ese punto de vista es absolutamente necesario que la fertilización que acompañe a la selección que se está haciendo sea siempre buena, más diría yo, alta.

Puricelli. La segunda cosa con que podría continuar si está la información es qué tipo de variedades de trigo son las chilenas; me refiero dentro de la escala internacional: duro, semiduro uni D al valor W. No se si conoce el informe.

Letelier. Va a tener que explicarme lo que es eso. Son trigos blancos, en general los trigos de pan y trigos duros los trigos candeales.

Puricelli. Creo haberme compuesto mi cuadro. Hay bastante similitud con las variedades tipo chilenas, españolas, búlgaras, que muestran las mismas características.

Tejeda. En el caso de la capacidad de respuesta del trigo al N, nosotros hemos tenido en Chillán efectos muy nítidos de una variedad común que no acepta más allá de 130 unidades de N, en cambio, tenemos ahora una nueva que acepta hasta 300 kg. de N, y no se tiene problema por sobrecarga.

Puricelli. La pregunta sirve porque hemos notado una buena correlación general, visual, entre calidad del trigo y respuesta a la fertilización, o sea, variedades de muy alta calidad, con un valor W en el alveógrafo elevado, 500 unidades, 600 unidades, un trigo muy duro, trigo corrector de molinería, muestra un potencial de rendimiento mucho más bajo y mucha menos capacidad a la respuesta a los fertilizantes, a menos que, como decía, nos encontráramos al comienzo de la curva de respuesta. En cambio, los trigos de tipo blando con un W de 80 como los trigos españoles; 100-125, como los trigos mexicanos, muestran muy buena respuesta, tienen una excelente asimilación al N, pero con una calidad mantenida pobre y un potencial de rendimiento altísimo.

Letelier. Creo que todas estas cuestiones que ha planteado Puricelli, estarían situadas en esta parte de la izquierda, porque el punto 3 de la primera etapa es más bien una primera aproximación de campo de las necesidades, una comprobación del punto 2 en el campo. No pretendamos pedir en esta etapa contestación a este tipo de cosas que en realidad son muy interesantes y fundamentales y pertenecen realmente a la ecología del trigo. Tienen, por lo tanto, que ser estudiadas en esta etapa.

Zaffanella. Trataré de hacer un pequeño resumen de lo que se consideró. La exposición de Letelier ha sido sumamente clara, a mi entender, y creo que, en general, ha sido aceptada como un criterio muy razonable de trabajo por todos los asistentes. Es opinión de la presidencia que el enfoque general sigue líneas que, al final de cuentas, son clásicas y que resumen la experiencia que han tenido muchos investigadores en la materia, a través de los años. El énfasis ha sido puesto por el colega Letelier en lo ecológico, en el sentido de que una producción de una cierta región no es sólo el resultado de la fertilidad estricta sino también de otros factores. Pero, por ser este un Simposio relativo a Fertilidad de Suelos, ha puesto particular énfasis en como debería atacarse la parte relativa a lo que entendemos por fertilidad, es decir, dotación y suministro de nutrientes. La discusión abierta por Rodríguez Zapata, tocó un tema sumamente interesante y que, a juicio de la presidencia, merecería toda una pequeña reunión y yo haría votos para que el IICA alguna vez la propiciara, porque el distanciamiento cada

día menor entre los que hacen geografía de suelos y los que hacen fertilidad insume enormes cantidades de dinero en nuestros países en trabajos que no están suficientemente correlacionados y en donde cada parte trabaja con la mejor voluntad para el progreso de la región en estudio. Se advierte a través de todo lo que se ha discutido que tanto fertilidad de suelos como geografía de suelos, en lo que atañe a este problema de la producción son dos ramas de la Agronomía que están al servicio de la sociedad; de manera que el objetivo no es la clasificación de los suelos ni es el estudio de la fertilidad de los suelos sino dos elementos al servicio de un objetivo más importante que es aumentar los rendimientos. También se advierte que por cualquier punto que comencemos la discusión finalmente nos detenemos frente a las cuestiones prácticas. En tal sentido, no vamos a entrar en detalles porque sería aplicar tiempo que creo que es útil en otras discusiones, se me ocurre que el problema del desacuerdo sea el de las aproximaciones. Schenkel ha expuesto muy bien el problema en el sentido de que debemos trabajar de una manera progresiva, de niveles más gruesos a niveles más finos a medida que el conocimiento en la fertilidad de suelos y en geografía progresa. De manera que los mapas generales en gran escala son útiles cuando se trata de la etapa exploratoria, pero luego las exigencias de cada región obligan a un estudio más detallado de la materia. Indudablemente quienes trabajan en reconocimiento y clasificación de suelos conocen las determinaciones más importantes, tanto en el orden físico como químico que se deben hacer. Pero ha sido señalado que si bien eso es lo necesario para la buena descripción de las propiedades físicas y químicas del perfil, la masa de trabajo que esto requiere hace a menudo, que el concepto teórico y sensato a nivel de lo especulativo, no pueda realizarse en la práctica. Por eso nuevamente entiendo que el criterio de las aproximaciones, es el que debe prevalecer. De modo que en un país comencemos fertililólogos y suelólogos, trabajando en la misma aproximación; posiblemente la tendencia de quienes trabajan en reconocimiento de suelos es a comenzar por una aproximación más fina y más detallada que quienes están trabajando en fertilidad de suelos. De modo que nos encontramos a veces con datos que no sabemos utilizar, porque no tenemos todavía información en fertilidad de suelos; así que creo que como en otras ramas de la ciencia lo que tenemos que hacer es progresar por etapas, de lo más general a lo más particular. Se ha discutido también la necesidad de hacer mapas de fertilidad de suelos, creo que Vianna ha señalado eso como un objetivo parcial de reconocimiento. Yo creo que si la tarea de geografía de suelos es servir a la sociedad, es, sin duda, necesario que quienes están trabajando en geografía de suelos se preocupen de interpretar

al menos la distribución geográfica de la fertilidad, ya sea en forma de series o de cualquier otro sistema que se use en cartografía. Posiblemente olvide muchas cosas de importancia. Quedaba pendiente un problema planteado por Schenkel, no se si él podría decirlo, para no desfigurarlo, que era en qué estábamos en desacuerdo. Creo que el mismo Schenkel nos ha dado la solución; tendríamos que ponernos de acuerdo quizás en el problema de las escalas y del valor de aproximaciones que deberíamos aclarar. Sin duda, el contacto debe ser mayor, nadie lo discute, el problema es cómo lograr ese contacto. Yo personalmente creo que ese contacto se va a lograr si ambos grupos se fijan un objetivo común al cual ambos tienen que colaborar, y ese objetivo común es elevar la producción de una región.

Etapas de um programa para aumento da produtividade dos solos do Rio Grande do Sul

José GERMANO STAMMEL e JOHN T. MURDOCK (1)

A Faculdade de Agronomia e Veterinária da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, desenvolvendo a área de fertilidade de solo, procurou estabelecer um programa de pesquisa e assistência aos agricultores. A possibilidade de fornecer boas recomendações de adubação e o principal objetivo do plano.

A seguir as etapas do programa em desenvolvimento.

1. *Estudo Geral da Situação.*

Em primeiro lugar procurou-se identificar quais as principais culturas cultivadas no Rio Grande do Sul e quais seus rendimentos no passado e atuais.

Confrontando os rendimentos evidenciou-se nitidamente um decréscimo da produtividade das diversas culturas, contribuindo para o agravamento de problemas socio-econômicos do Estado.

As principais culturas são: milho, arroz, trigo, soja e plantas forrageiras.

2. *Escolha das Áreas com Maior Potencial de Produção.*

Posteriormente procurou-se localizar as regiões que possuem o maior potencial de produção, tomando em consideração solo, clima e potencial humano a fim de concentrar as atividades nestas áreas.

Para este estudo foram utilizados mapas de reconhecimento dos solos, informações climatológicas de órgãos oficiais, informações dos agricultores e agrônomos regionais. Com base nas áreas escolhidas foram instalados ensaios preliminares de adubação tanto na casa de vegetação como no campo.

(1) Engenheiro Agrônomo da Faculdade de Agronomia e Veterinária da Univ. Federal do RGS e do Departamento da Produção Animal da Secretaria da Agricultura do RGS Professor de solos da Universidade de Wisconsin e Universidade do RGS.

3. *Análises do Solo e Identificação do Problema.*

Foram analisados aproximadamente 7.000 amostras de solos e que forneceram os seguintes dados:

ph — 4.8 a 5.1.
P — 0 a 4 kg/há.
K — 15 a 1.000 kg/há.
MO — 0.5 a 4.0 %.

O resultado destas análises e as observações de sintomas de deficiência no campo, permitiram concluir que os maiores problemas eram a pronunciada acidez do solo e a deficiência de P.

A interdependência que existe entre os dois fatores, determinou os estudos das interações entre eles.

4. *Quantificação do Problema.*

4.1) *Estudios no laboratório.*

4.1.1.) *Determinação da necessidade de calagem.*

Foram adotados 4 métodos para determinar a necessidade de calagem e comparados com o da incubação em laboratório. Os métodos foram os seguintes: Woodruff, SMP, Acidez total e Cálculos Baseados na Acidez Total (Pavageau). Foram equilibrados 20 solos (80 % de capacidade de campo) em sacos plásticos no laboratório. Adicionou-se 0, 0.25, 0.50, 0.75, 1.0, 1.25, 1.50, 1.75 e 2 vezes a quantidade de carbonato de cálcio calculado para neutralizar a acidez total. Semanalmente foi medido o pH até o equilíbrio. O estudo da correlação mostrou que todos os métodos eram satisfatórios, foi escolhido porém o método SMP por ser mais fácil e mais rápido.

4.1.2) *Determinação do P disponível.*

Foi feito um estudo preliminar de correlação entre a extração por diferentes métodos químicos e absorção dos elementos pelas plantas em culturas a curto prazo, em casa de vegetação. Os testes foram realizados com adição de diferentes quantidades de P a diversos tipos de solos. Os melhores resultados foram obtidos com Bray 1 e Carolina do Norte.

4.1.3) *Determinação do K disponível.*

Para extração do K foi usado Bray 1.

4.1.4) *Determinação da matéria orgânica (M.O.).*

Foi usado o método de bicromato (Wakley-Black modif. por Corey) ⁽¹⁾.

(1) Corey, R. B. *Análise de Solos, Teoria e Prática*. Traduzido e mimeografado pelo Convênio USAID e Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

4.2) Estudos em casa de vegetação.

Procura-se em casa de vegetação testar os solos mais importantes do ponto de vista agrícola, porém, é difícil comparar rendimentos obtidos em casa de vegetação com rendimentos de ensaios em condições de campo. A casa de vegetação possibilita estudar:

- a) Reações solo-planta.
- b) Reações solo-fertilizante-corretivos.
- c) Reações entre fertilizantes.
- d) Reações entre fertilizantes e corretivos.
- e) Correlações entre absorção dos elementos e análises química.

A seguir são apresentadas algumas técnicas que podem ser utilizadas em casa de vegetação.

4.2.1) Experimentos factoriais.

Nos permitem estudar as interações entre solos, plantas, fertilizantes e corretivos, além dos efeitos diretos dos nutrientes. O procedimento utilizado no trabalho foi o seguinte:

“Efeito da Calagem e da Fertilização na Produção de Matéria Sêca de Trevo Vermelho (*Trifolium pratense*) em Três Tipos de Solos do Rio Grande do Sul.”

A produtividade dos campos nativos no Rio Grande do Sul, especialmente na região fisiográfica dos Campos de Cima da Serra, decresce durante a estação fria, causando elevadas perdas à pecuária, como conseqüência da falta de alimentação. O cultivo de pastagens artificiais torna-se um imperativo.

A pesquisa teve por objetivo obter informações preliminares do efeito da adubação e calagem em três tipos de solos, que ocorrem na mencionada região fisiográfica, sobre a produção de matéria sêca de Trevo Vermelho.

Os solos em estudo pertencem às Unidades de mapeamento Vacaria, Durox e Bom Jesús e a coleta dos mesmos foi feita junto ao local onde foram descritos os perfis modais.

É a seguinte a análise química dos tais solos:

Solos	ph	P kg/há	K kg/há	M.O. T/há	A1 (troçável) me/100 g
Vacaria	4.7	2	105	94	4.2
Durox	4.7	1	90	80	4.5
Bom Jesús	4.5	1	100	100	6.5

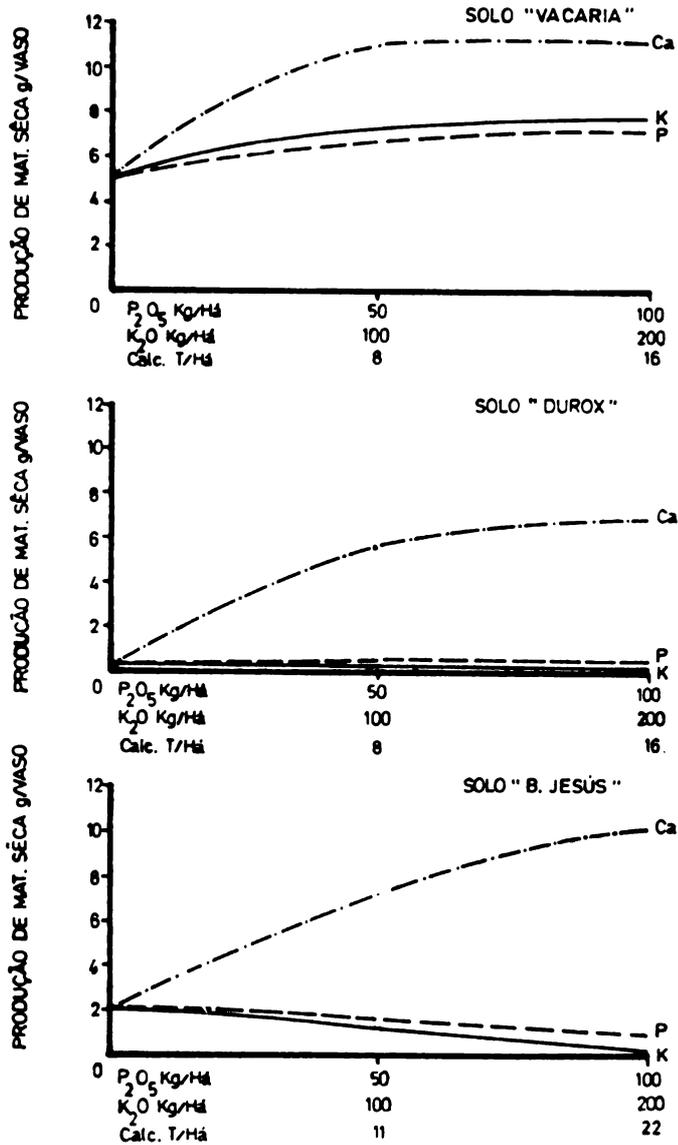


GRÁFICO Nº 1.— Efeito dos níveis crescentes do Pek ou da calagem na produção de trevo vermelho quando os elementos estão aplicados isoladamente.

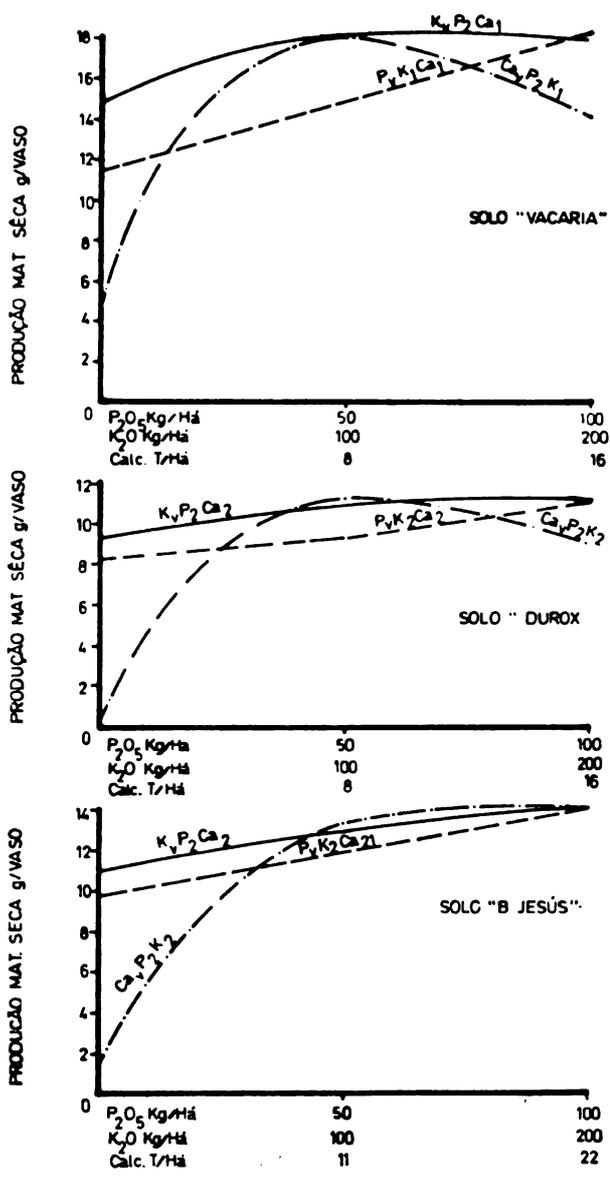


GRÁFICO Nº 2.—Efeito dos níveis crescentes do P, K ou da calagem na produção do trevo vermelho quando os outros elementos estão em combinação adequada o símbolo "V" significa variável.

O ensaio foi realizado nas dependências do Departamento de Produção Animal da Secretaria da Agricultura em Pôrto Alegre (R.G.S., Brasil). Usaram-se vasos de polietileno, com capacidade de 1 kg. de solo sêco ao ar. A unidade foi mantida em 70 % da capacidade de campo e o número adotado de plantas por vaso foi 4.

O ensaio é do tipo fatorial $3 \times 3 \times 3$, em blocos completos ao acaso com 2 repetições. Os níveis de P, com superfosfato triplo, foram $p_0 =$ zero, $p_1 = 50$ e $p_2 = 100$ kg. de P_2O_5 /há. Os níveis de K, com cloreto de potássio foram $k_0 =$ zero, $k_1 = 100$ e $k_2 = 200$ kg. de K_2O /há. Estes níveis de P e K foram comuns para os três tipos de solo; a calagem variou conforme a necessidade determinada pelo método S.M.P. Usou-se uma mistura de carbonato de cálcio e carbonato de magnésio na proporção de 1:1. Os níveis de calcário para o solo Vacaria, e Durox foram: $Ca_0 =$ zero, $Ca_1 = 8$ e $Ca_2 = 16$ t/há. Para o solo Bom Jesus foram: $Ca_0 =$ zero, $Ca_1 = 11$ e $Ca_2 = 22$ t/há.

Os gráficos 1 e 2 mostram os resultados parciais da produção de matéria sêca.

Observa-se no gráfico 1 que os elementos P e K não reagiram quando aplicados isoladamente; o calcário provocou um aumento na produção.

No gráfico 2 verifica-se que em presença de K e calcário os níveis crescentes de P aumentaram a produção; houve também respostas ao K, em presença P e calcário, porém em menor escala; o calcário na presença de P e K provocou um acréscimo marcante na produção até o nível 1 (recomendado) e um leve decréscimo para o nível 2.

É interessante observar a semelhança no comportamento dos três tipos de solos em estudo. Todos possuem um nível alto de Al trocável. Ensaio com outros solos com pequena quantidade de Al trocável, que receberam os mesmos tratamentos, reagiram diferentemente, alcançando com a adição de 100 kg. de P (sem calcário) um aumento na produção de 80 % da produção máxima.

O gráfico 3 mostra a produção do primeiro e do último corte efetuado até o presente. Nota-se um comportamento diferente entre os dois cortes. Procura-se explicar o fato, pela elevação inicial de pH a um valor superior a 8.2, com a aplicação do nível máximo Ca_2 , o que possivelmente provocou a fixação do P na forma de fosfato de cálcio. No último corte o pH está próximo de 7.0 e provavelmente houve estabelecimento do equilíbrio do sistema. As baixas produções registradas no último corte correspondem a fase final do ciclo da planta.

Os gráficos evidenciam os efeitos principais dos nutrientes e as respectivas interações.

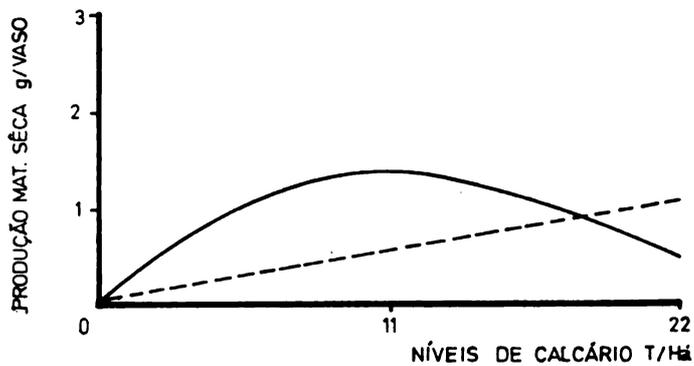
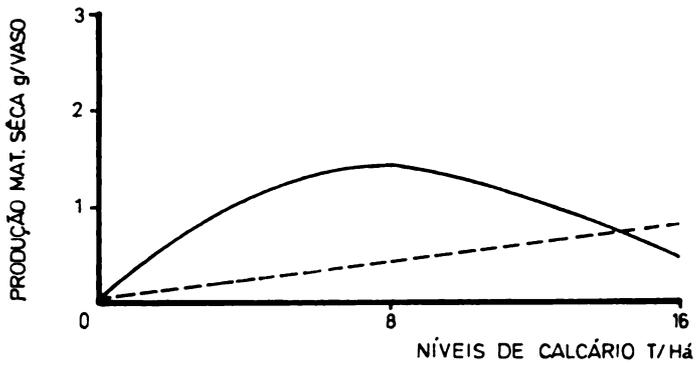
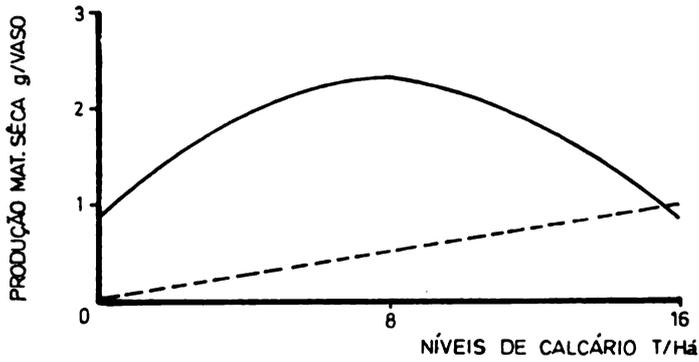


GRÁFICO Nº 3.— Produção de matéria seca em trevo vermelho (g/vaso) variando os níveis de calcário, permanecendo fixos os níveis de P e K (P_2K_3). Cortes efetuados em 23×67 (12-II-68).

4.2.2) Cultura a prazo curto (Short term cropping, de Stanford e De Ment).

Esta técnica é usada no estudo da correlação entre a absorção a curto prazo dos nutrientes pela planta e a extração de nutrientes do solo por métodos químicos. Aplica-se aos casos de nutrientes disponíveis de diferentes solos, níveis de fertilidade de um determinado solo e efeitos de diferentes níveis de tratamentos em diversos solos.

Este método foi utilizado para o estudo da seleção dos métodos para a extração do P.

4.2.3.) Série de tratamentos com supressão sucessiva de nutrientes.

Este método permite estudar os efeitos isolados dos elementos ou fatores sem permitir porém a avaliação das interações.

Este método por exemplo é muito útil no estudo de muitos fatores simultâneos. Usou-se este método na determinação do efeito de micronutrientes comparando-se a mistura completa com tratamentos que consistiram da misturas de todos nutrientes menos um.

4.3) *Ensaio em condição de campo.*

Os ensaios de fertilidade de solo a campo tem como finalidade estudar problemas diretamente ligados ao aumento de produtividade.

Procura-se através dêles determinar:

- a) Curvas de produção.
- b) Respostas a calagem.
- c) Respostas a P.
- d) Respostas ao K.
- e) Respostas a micronutrientes.
- f) Estudo das interações dos diversos nutrientes das plantas e de corretivos.

Na Estação Experimental de Plantas Forrageiras em Vacaria, em solo da Unidade de Mapeamento Vacaria, foi efetuado um experimento seguinte:

“Efeito da Adubação Fosfatada e da Calagem na Produção de Forrageiras.”

Objetivos:

- 1) Determinar a influência de vários níveis de cálcio sobre a acidez do solo e a produção de forrageiras.
- 2) Determinar os efeitos de varios níveis de fósforo sobre a produção de forrageiras.

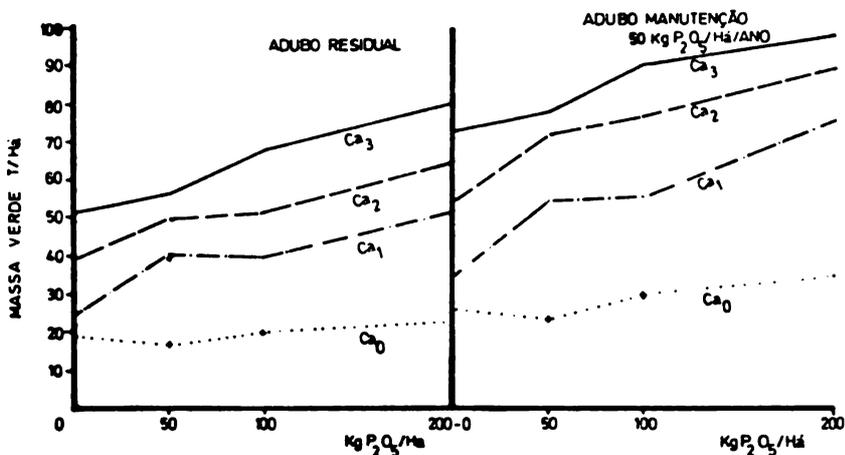


Gráfico Nº 4.— Efeito dos níveis crescentes do P na produção de cornichão, trevo branco e aveia perene, quando o calcário foi aplicado em diferentes níveis.

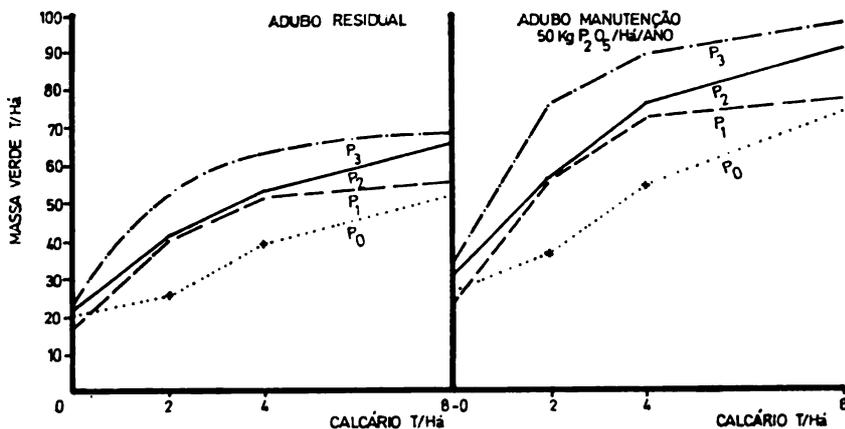


Gráfico Nº 5.— Efeito dos níveis crescentes de calcário na produção de cornichão, trevo branco e aveia perene, quando o P foi aplicado em diferentes níveis.

- 3) Determinar a interação cálcio-fósforo.
- 4) Medir os efeitos residuais das aplicações dos adubos fosfatados e avaliar as aplicações de manutenção anual dos adubos fosfatados.

Procedimento:

Semeou-se, como reagente uma mistura de aveia perene, corcichão e trevo ladino. A área experimental recebeu uma aplicação básica de 100 kg./há. de K₂O e 200 kg./há. de uma

mistura de elementos menores (B, Zn, Cu, Mn, Mo e S). Os tratamentos experimentais consistiram de 4 níveis de P (0, 50, 100 e 200 kg./há. de P_2O_5) combinados com 4 níveis de calcário (0, 2, 4 e 8 t./há.) com 4 repetições. As parcelas foram posteriormente subdivididas para tratamentos de manutenção.

A adubação consistiu na aplicação de 50 kg. de P_2O_5 há./ano e 60 kg. de K_2O há./ano.

A seguir os gráficos que mostram os resultados de produção de 7 cortes.

Em todos os níveis de P a produção de massa verde teve um aumento marcante até o nível de 4 t./há. de calcário mostrando um pequeno aumento até o nível 8 t./há. Uma aplicação de uma dose de adubação de manutenção provocou um aumento de produção em todos os níveis acentuando se diferença nos níveis mais altos.

Observou-se que níveis crescentes de P aumentaram a produção de massa verde somente quando o calcário foi aplicado. Uma aplicação de uma dose de adubação de manutenção provocou um aumento de produção.

Com os dados obtidos foram escolhidos os tratamentos para fertilizantes e calcário para estabelecer parcelas a fim de ser estudada a calibração das análises de solos. Usou-se para este estudo o delineamento "Composito Central".

Discusión

Exposición de JOSÉ STAMMEL y JOHN T. MURDOCK
Presidente de la Sesión: M. ZAFFANELLA (Argentina)

Schenkel. ¿Por qué motivo se usaron dos plantas leguminosas?

De Barros. Las leguminosas se usaron porque son sensibles a la acidez nociva, y segundo, porque en los suelos de Vacaría, Durox y de Bon Jesús no se puede conseguir instalación de leguminosas que es importante para el pastoreo aunque se puede tener producciones bajas de trigo también.

Schenkel. La segunda aclaración: Si se usó leguminosas, ¿se controló la nodulación?

Stammel. Sí, exactamente, en una de las repeticiones de ese experimento fue controlada si tenía o no nodulación, entonces el problema de nodulación es realmente de que en los suelos no tratados con cal no existe nodulación, en los tratados la nodulación es intensa.

Rodríguez. ¿Esto pudiera ser en suelos rojos, o de basalto, latosólicos?

Stammel. Sí, son latosoles, cuyo material de origen de basalto, son suelos profundos, bien drenados.

Vianna. Esta mañana se había hecho una relación hacia el punto económico. Quisiera preguntar al Dr. Murdock si se ha tenido en cuenta las consideraciones económicas, esas consideraciones tan altas del uso de cal y de abono.

Murdock. En primer lugar, en las áreas donde estamos estamos estudiando estos problemas en R.G.S. hay una necesidad tan grande casi que o hacemos esto o todo está perdido. En vista del valor económico para el país, encontramos que debiéramos establecer condiciones para producir, dejándole al agricultor la decisión de cuanta cal o fertilizante va a agregar para producir

su cultivo y pudimos llevar a los oficiales del Banco Central y del Banco de Brasil este problema para ver si se podría conseguir un crédito intermedio a un plazo de más o menos cuatro o cinco años de modo que esto le permita al agricultor recuperar algo para que pueda pagar luego. Fue así que con los datos que les estoy presentando como aquellos que voy a presentar después, en la siguiente charla, usando unas recomendaciones que eran necesarias para producción máxima en una pradera y usando los mejores tratamientos en las parcelas, se han podido mantener entonces, diez cabezas de ganado por hectárea cuando lo normal era 0,4/Há. Esto indica que sólo esto ya pagó para todo el tratamiento en el primer año. Asimismo pensamos que esto es un caso excepcional por lo cual no podemos generalizar y queremos colocar al agricultor en condiciones financieras para poder terminar el trabajo. Así podemos citar varios casos, por ejemplo, el caso de producciones de 2.000 kg. más de trigo por hectárea que ya paga para la aplicación de cal y fertilizantes en el primer año, soja es la misma cosa, maíz es excepcional la diferencia. Esas personas están haciendo lo que nosotros llamamos "reforma agraria vertical", o sea, que están produciendo más en una hectárea de lo que normalmente se produce en diez.

De Barros. Esta pregunta ya se hizo en el recreo, entonces quiero determinar un poco también que fue en el período de invierno y fue para mantener pesos. Normalmente los animales pierden alrededor de 75 kg. por cabeza, lo cual daría una producción de 750 kg. de carne, reduciendo a un nivel mínimo que sería de 50 ó 60 kg., ustedes sostienen que siempre obtienen un aumento, o manutención de 500 kg. de carne que es una cantidad considerable. En Paraguay con praderas artificiales abonadas con abonaduras normales, relativamente bajas, obtenemos 250 kg. tan sólo.

Tobler. Con respecto a la doración que dijo: ¿diez cabezas por hectárea promedio para el año?

De Barros. No, en período de invierno, de abril a setiembre. El Dr. Murdock ha hablado de un problema de crédito especial para esa región y parece que hay necesidad de créditos para poder elevar el pH.

Vianna. ¿Cómo se compara esto en base a lo propuesto por el Dr. Cate que está con el grupo de Carolina del Norte también en el Brasil y que tiene otra teoría que es calcular la cantidad de dinero a ser gastada, posible de ser gastada en abono en base a un porcentaje de la renta bruta obtenida en el año anterior a este en estudio y también preguntar a todo el audi-

torio de las consideraciones que se puedan hacer en el caso de que decidiera todo Río Grande del Sur o todo el Brasil a entrar a emplear estos métodos como podría subsanarse el crédito disponible para que se permitan estas aplicaciones o si no sería mejor sin crédito, usar ese porcentaje de la renta bruta en inversiones de abono.

Murdock. Primero: este cálculo de la renta bruta es demasiado variable para los distintos lugares; sin entrar a discutir eso, no creo que los niveles que se proponen para estos suelos sean excesivamente altos, al de Vacaría sería ocho toneladas y el de Santa Angel de solamente cuatro toneladas de cal siendo que eso paga y tiene un rendimiento económico. Parece una miseria comparado con gastos que generalmente se hacen en maquinaria o cuidados culturales cuando el rendimiento es aún mucho menor. Por eso no creo que esas cantidades de abono y de cal, sean excesivamente altas, pues tenemos el ejemplo de Chile que está aplicando el N y el P en cantidades mucho mayores, lógicamente teniendo rendimientos altos, y no creo que eso sea muy alto.

Zaffanella. La propuesta de Vianna fue para todos, quizás lo que ocurre es que no somos muy expertos en materia de créditos y estemos muy especializados en los problemas ecológicos y no económicos de la cuestión y que sea un tema un poco difícil para nosotros, pero de todas maneras sería interesante escuchar opiniones.

Conagin. Realmente sería interesante determinar la faja de lucro, de renta máxima dentro de las condiciones normales de crédito que normalmente se obtienen a seis meses o a un año. Ahora conste que el Dr. Murdock se refería a suelos que están prácticamente agotados y que necesitan de eso para quebrar la barrera en que se encontraban anteriormente y de ahí que han encontrado un financiamiento favorable de cuatro a cinco años que me parece algo razonable. Creo que el Brasil en su totalidad no podría aceptar ese método como una solución para todo el país, ni que esos niveles altos puedan ser usados para cultivos anuales, como el maíz, aunque se vea que para ganado está demostrado que paga favorablemente en el término de un año para toda la inversión.

Murdock. Este ejemplo demuestra cabalmente la economía. Cuando uno entra en la fase de mejoramiento del suelo, mediante el agregado de enmiendas y abonos, se debe cambiar totalmente la fase agrícola en el sentido de que se va requiriendo mejor semilla, mejores prácticas culturales y todo lo

demás. En la zona de Vacarí, en parcelas demostrativas de 5 Há. c/u, teniendo diez ensayos se obtuvieron veinte sacos de 50 kg. c/u de trigo más en todas estas parcelas en promedio luego de la cosecha. Luego se puso trébol rojo, cosechado en semilla para la venta que se obtuvo una entrada muy apreciable y aparte, en invierno entraron con una pradera formada de trébil rojo que permitió pastorear durante el invierno. Me parece que el agricultor es el mejor economista de que se dispone, y si él se decide a seguir con una práctica equis que ha demostrado su rendimiento, es porque está convencido que aquello vale, ya que él no está dispuesto a gastar más en lo que no le produzca. En el caso de Santa Angela y Vacarí, en un lado se tienen treinta agricultores y diez en Santa Rosa; con todos ellos se han hecho demostraciones y todos están dispuestos a seguir produciendo en esta forma y aparte a incrementar el área de cultivo con estas recomendaciones. Pienso que es una indicación de que la economía de esto es buena.

De Barros. En el Paraguay justamente estamos entrando en un programa muy parecido. Se ha conseguido que el Banco Nacional de Fomento financie la aplicación de cal dividida en cuatro años. Los fertilizantes deben pagarse anualmente porque se estima que son consumidos prácticamente en su totalidad en ese período, por lo tanto, deben pagarse a los sesenta días de la cosecha; pero las mejoras o enmiendas como cal u otras que se pudieran encontrar se llevan a cuatro años de espacio. Eso permitió que de una demanda prácticamente 0 en cal, era 30 ó 40 toneladas por año haya pasado a una demanda inicial de 9.000 toneladas y ahora eso sigue subiendo enormemente.

Rodríguez. Quería preguntar al Dr. Murdock si acaso dentro de la posibilidad de costos, si no fuera posible que en vez de aplicar todo el fósforo en forma de superfosfato, en vista de que se trata de suelos ácidos de utilizar fosforito, hiperfosfato u otras formas de fosfato menos solubles que pueden ser más baratas. ¿Hay algún ensayo que pueda ilustrar esa posibilidad o no habría ventaja de utilizar estos fosfatos menos solubles?

Murdock. Nosotros hicimos un experimento usando superfosfato en comparación con hiperfosfato, este mismo con 82 a 83 % de P_2O_5 no soluble. Inicialmente, con 0 de cal no había respuesta apreciable de uno u otro; a medida que iba aumentando la cantidad de cal agregada, se encontraba una mejor respuesta a superfosfato; debido al transporte, los costos de superfosfato y de hiperfosfato son los mismos, son prácticamente iguales, lo cual dejaría que el superfosfato es mejor.

Letelier. Hay un fosfato natural llamado de Olinda en Brasil, ¿cómo se compara con el hiperfosfato?

Murdock. Hay muchas apatitas en Minas Gerais y de fluorita en Olinda en Pernambuco; hay mucha discusión entre cuál de ellas es mejor o no. Apatita es inferior, pero el mejor uso de las rocas fosfatadas es para preparar superfosfato.

Tobler. Quería hacer una pregunta ya que hacen una comparación de superfosfato con hiperfosfato, ¿en qué se basan para comparar el super con el hiper? ¿En base al fósforo total o al asimilable?

Murdock. El superfosfato usado es el triple y la comparación es hecha en base a fósforo P_2O_5 total, del hiperfosfato y del superfosfato total, también. Y como ambos están lejos del puerto, el transporte influye para que el precio sea más o menos lo mismo entre el super y el hiper por unidad.

Tobler. La pregunta que yo quería formular, cambiando de tema, pero refiriéndome al trabajo de Murdock y Stammel, es sobre métodos y detalles de trabajo de estudios en invernáculo. El primer punto que quería que me aclarara es el siguiente: ¿cuántos kilos de tierra usa por maceta?

Stammel. Se usó por maceta un kilo de suelo. En el caso del suelo aquel de Bon Jesús que tenía mayor cantidad de materia orgánica se usó 900 gr.

Tobler. Bueno, yo utilizo 2 ½ kg. El otro punto que quería saber es este: ¿cómo hace la siembra del trébol en la maceta?

Stammel. La siembra fue hecha poniendo diez granos de trébol y dejando luego, después del raleo, cuatro plantas.

Tobler. Le formulé la pregunta precisamente para salvar el inconveniente que se me presenta de que cuando uno pone un número determinado de semillas, hay muchas que no germinan. Nosotros hacemos una pregerminación y cuando empieza la germinación, es decir, al salir la raicilla con una pinza, planto estas en las macetas.

Stammel. Nosotros también probamos este método de pregerminación de las semillas en agua, pero encontramos que en la plantación de esta semilla germinada se daña la radícula. Por esta razón utilizamos el método mencionado anteriormente.

Schenkel. Si se tiene un número de plantas con desarrollo desparejo, ¿cómo selecciona las plantas que deshecha?

Murdock. Sintetizando, el número de cuatro plantas es relativamente pequeño porque hay veces que hay variación genética entre las plantas individuales y entonces eso implicaría una variación en volumen de producción. Habiendo mayor número, eso es enmascarado, porque hay otras que las reemplazan.

Tobler. Pregunto si es correcto o no trabajar con tres repeticiones. Yo trabajo con cinco para que en caso de que haya algún problema, que una o dos repeticiones están mal, las elimino y analizo las tres.

Stammel. Generalmente nosotros trabajemos con tres repeticiones como las condiciones del invernáculo son buenas y se pueden controlar muchos factores. Si tenemos alguna pérdida, hacemos un cálculo de parcela perdida para la interpretación, cuando el diseño experimental lo permite.

Murdock. El método este es posiblemente bueno, pero tiene el problema de que si un pierde una maceta, teniendo cinco repeticiones, va a tener que eliminar uno de los otros para dejar cuatro en todos. El problema va a ser que entre las cinco repeticiones de los otros tratamientos, seguro que va a haber diferencias en respuesta aunque sea del mismo tratamiento, y entonces la persona ya no va a hacer el tratamiento al azar, porque se va a tender a elegir aquel de menor.

Conagin. Yo encuentro que existen métodos estadísticos para hallar esos errores, dependiendo de los diseños experimentales que se estén usando hay algunos que permitirían hacer eso, otros no lo permitirían porque quedaría deformado el diseño. En el caso del Ing. Tobler que está usando bloques al azar, no existiría problema y lo correcto podría hacerse mediante la fórmula de la parcela perdida, para obtener la información total.

Tobler. ¿Cómo soluciona usted el problema de la aplicación de fertilizantes, por superficie o por volumen?, para tener la equivalencia con la aplicación en el campo.

Murdock. Prácticamente no hay solución porque es muy difícil duplicar las condiciones de campo en una invernáculo. Otras personas en EE. UU., por ejemplo, King y Truog, han usado macetas del tamaño de este salón para tratar de correlacionar o reproducir lo que se hace en el campo, han obtenido problemas enormes con agua y han encontrado que era muy difícil, si no imposible duplicar eso en aquellas condiciones que

necesitan o que pudieran darnos alguna idea sobre duplicación. En el invernáculo, uno puede encontrar una serie de relaciones que en el campo no puede obtener y para eso precisamente uno realiza estos ensayos, pero, por ejemplo, la aplicación de fertilizantes en el campo no se puede prácticamente duplicar en un invernáculo.

Tejeda. El punto planteado por el Prof. Tobler es sumamente importante y a la mayoría de nosotros se nos ha presentado en alguna oportunidad. La respuesta del Dr. Murdock es muy acertada porque nadie ha podido encontrar una relación entre la maceta y el campo en forma cuantitativa. Sin embargo, seguimos cayendo en la ambigüedad de reportar nuestros trabajos hechos en macetas en kg./Há. de fertilizantes aplicados. Con eso estamos favoreciendo la confusión de ideas y, en cambio, podríamos adoptar una modalidad que permitiera que viéramos las cosas claras desde el comienzo. En ese sentido habría dos posibilidades de ataque a este problema: una es expresar las dosis aplicadas sencillamente en ppm de elementos aplicados al suelo, y hacer todo el informe del trabajo con esa escala en ppm de suelo. Pero siempre sería una dosificación arbitraria cuando uno está trabajando con dosis con suelos de diferente densidad aparente, porque en una maceta va a tener un peso de suelo dado y en otra maceta va a tener un peso diferente cuando el suelo tiene una densidad aparente que varía. Entonces, al tener ppm por un lado y al poner en el mismo gráfico el resultado de los dos suelos distintos, va a tener dos escalas diferentes en la abscisa. Una manera de standardizar esto sería trabajar en base a densidad aparente del suelo, es decir, considerar la densidad aparente del suelo, y en base a eso, hacer la aplicación.

Reynaert. El problema que presenta el Ing. Tobler de la selección de cantidades de nutrientes aplicados a ensayos en macetas es un problema que se ha presentado a muchos investigadores. En Holanda Lehr, Schuffeler (*) y últimamente Dilz (**), han estudiado qué relación podían utilizar para determinar esas cantidades, encontraron entonces que ni la superficie ni la cantidad de suelo es una buena base, un buen criterio para determinar esa cantidad de nutriente, sino la materia seca producida por superficie. Es decir, que si se toma en cuenta la materia seca producida en el campo y se busca el equivalente en la maceta que normalmente es mayor, se tendría la base para calcular los nutrientes a aplicar.

(*) Schuffelen, A. C.; Lehr, J. J. and Rosanow, M (1952). The technique of pot experiments. Trans. Inter. Soc. Soil. Sci., vol II.

(**) Dilz, K. Over de optimale stikstofvoeding van granen. Verstl. Landbouwk. Onderz. 641. Wageningen, 1964. (Con resumen extenso en inglés.)

Duarte. Nosotros no hacemos la aplicación de fertilizante por cada maceta, sino, que mezclamos el fertilizante con todas las repeticiones del tratamiento y luego lo distribuyen en las macetas. Pero, lógicamente, cuánto mayor sea el número de repeticiones, menor será el error, y mayor sería el error cuando uno aplique el fertilizante a cada una de las macetas, porque cualquier fertilizante le puede dar un nivel mucho más alto. Por otro lado, también para evitar el problema de expresarlo en kg./Há. tomamos en cuenta el volumen de la maceta y para evitar la densidad aparente hacemos pasar el material por un tamiz de 2 mm. lo cual prácticamente asegura que todo el material es igual y su volumen constante y entonces recién hacemos los resultados en base a esto.

Zaffanella. ¿Podría explicar un poco más ampliamente el problema del volumen, del tamizado?

Letelier. No entiendo porqué al tamizar hasta 2 mm. le van a quedar los suelos del mismo volumen.

Tejeda. Una explicación de eso sería que al secar el suelo y tamizarlo a 2 mm. se destruye en parte la estructura natural de los macroagregados, con la cual la relación de porosidad cambia y tienden todos a tener el mismo volumen. Pero esto tiene el peligro de alterar los resultados porque se altera la condición de aereación y de humedad del suelo.

Tobler. Logran ustedes uniformizar la distribución del fertilizante en la masa de las macetas de las repeticiones. Yo encontré bastante dificultad en esto.

Duarte. Generalmente usamos abonos fosfatados en general aplicados sólidos al suelo. Mezclamos bien antes y lo distribuimos en las macetas. Los abonos nitrogenados o micronutrientes los disolvemos y aplicamos la solución nutritiva.

Tobler. ¿Tienen ustedes establecida alguna altura de corte para las plantas en macetas, es decir, 2 cm. 3 cm.?

Murdock. Hemos encontrado que cortando arriba de 5 cm. no hay problema de rebrote.

Couto. Referente al momento de corte en las macetas, ¿cómo determina en qué momento debe cortarse las plantas en las macetas cuando el efecto de los tratamientos produce crecimientos muy diferentes en los tratamientos y si considera que este es un aspecto importante en la técnica de cultivos en macetas?

Tejeda. Quiero preguntar al Dr. Mudock como hacen el control del riego en las macetas cuando se tienen suelos donde capacidad de campo y punto de marchitez permanente y, por lo tanto, capacidad de retención de humedad, tienen una variación apreciable.

Murdock. La forma en que se resolvió eso es mediante el peso. Se determina la capacidad de campo y se pesa esto y luego se controla el peso para determinar qué humedad se ha perdido, y se agregan las distintas cantidades. No creo que sea la mejor solución, pero es la mejor que tenemos en este momento.

Stammel. Se determina la capacidad de campo por métodos normales y luego se trata de regar el suelo hasta un 80 % de la capacidad de campo y todos los días de la semana se controla tomando muestras al azar de tres o cuatro macetas, se pesa, se ve en que estado se encuentran y se riega lo que falta. Una vez a la semana todas se ponían en capacidad de campo, todas se pesaban, y se colocaba el agua necesaria para completar el peso.

Reynaert. Hablando de esa técnica en macetas yo he trabajado con trébol subterráneo aquí en Uruguay y entiendo un poco el problema que tiene el Ing. Tobler con la altura de corte sobre todo cuando se trata de trébol subterráneo que tiene ramificaciones muy cerca del suelo. Ese corte arriba de 5 cm. de altura se puede inducir a un coeficiente de variación mucho mayor. Cortando a ras del suelo, obtuvimos un coeficiente de variación de 10-11 %, que consideramos aceptable. Otra observación era en cuanto a suministro de agua. Quiero preguntar al Dr. Murdock, ¿cómo compensaba con el crecimiento diferente en los distintos tratamientos? Porque he visto casos en que algunas plantas apenas tenían desarrollo y otras tenían desarrollo abundante, seguramente tanto la parte aérea como la parte radicular tiene que agregar peso al total de la maceta. ¿Habría alguna manera para estimar eso?

Murdock. Realmente no se tiene a menos que se adivine una forma de determinar. No se conoce el posible crecimiento y, por lo tanto, las posibles variaciones que eso pueda dar en el uso de agua. Nosotros tratamos de mantener suficiente agua para que el suelo se encuentre entre el coeficiente de marchitez y la capacidad de campo o sea que exista suficiente agua disponible para el crecimiento para que no fuera agua un factor limitante.

Zaffanella. ¿Alguien tiene experiencia en haber conducido ensayos en macetas con base cribada de manera que las raíces puedan tomar el agua que necesitan de un vaso que se encuentra debajo? ¿Será tan importante preocuparse por este problema cuando la cuestión es un problema de exapotranspiración y quizás en condiciones de invernáculo la demanda por el gasto por evaporación y transpiración no sea tan intensa como para obligarnos a preocuparnos con tanto celo de este asunto?

Carbonell. Quería referirme a ese punto, no por experiencia personal, sino que sé que hay gente trabajando con recipientes debajo de los cuales echan el agua y entonces la planta la toma directamente y sólo se preocupan por reponer el agua. Me quería referir, esta sí es una experiencia personal, al mezclado de fertilizantes sólidos con el suelo. Hice un ensayo con ocho repeticiones y usé una técnica muy corriente en química para preparar mezclas sólidas que es poner el fertilizante en una pequeña porción del suelo y luego mezclarlo bien y luego incorporar el resto. De esa manera tuve un resultado que para mí fue muy satisfactorio.

Letelier. ¿Hasta qué punto es importante la alteración del suelo? ¿Hasta qué punto es necesario pasarlo por malla, o es mejor dejarlo lo más natural posible? ¿Qué inconvenientes puede tener una u otra situación?

Murdock. Realmente desde el momento en que se extrae la muestra ya se disturba; aún al llevar a un invernáculo un pedazo de suelo mismo no disturbado, siempre este suelo tiene una maceta como borde que no es otro suelo del mismo que le está rodeando, así que en ese mismo momento ya existe perturbación y problema de agua en este suelo. Es casi imposible mantener idéntico que en el campo una muestra de suelo en el invernáculo, y lo principal que se trata de mantener, es la constitución química del suelo.

Assis. El único problema que veo en tomar una muestra de suelo no disturbada es la aplicación del abono, por ejemplo, fosfatado en el sentido de que una muestra tamizada siempre es bien distribuida. El problema de obtener uniformidad en el muestreo también es muy difícil.

Schenkel. Primero, considero que hay que tener en mente inmediata cuando se hace un muestreo qué es lo que se desea investigar y, por lo tanto, el muestreo conjuntamente con la preparación de muestras, es decir, su tamizado son funciones de lo que se desea investigar. Habrá algunos casos en los cuales no tiene mayor transcendencia, otros en cambio, en los cuales

es fundamental. Me refiero a la movilidad que puedan tener el N, el K, el S, dentro de las macetas. Evidentemente que cuando más fino es el tamizado más lo perturbamos. Segundo, la mezcla del fertilizante con el suelo debe tomar en cuenta ciertas características fisico-químicas del suelo. No me cabe duda de que donde no hay problema de fijación no tendrá ninguna complicación la aplicación de una solución frente a una sal dura. Sin embargo, donde hay una fijación fuerte de K, una fijación más fuerte de P, es absolutamente imposible trabajar con soluciones. Y en este caso debemos apreciar la experiencia brillante que tiene en Prof. Chaminade en Francia. El recomienda para hacer una mezcla lo más homogénea posible, aún cuando incurra en un error, extender ésta sobre un plástico, de manera que no quede más de un espesor de 1 a 2 cm. y sobre esta se esparce lo más uniformemente posible, cosa muy difícil, pero posible, el fertilizante sólido que se desea aplicar y que, por lo tanto, está sujeto a fijaciones. En seguida, con el mayor cuidado, basándose en lo que decía la colega de Uruguay, se trata de mezclar y esto pasa por macetas, directamente al macetero. Tercero, la pregunta en cuanto a si agregamos el nutriente en la base de la maceta o no está sujeto a otra cosa. ¿Es siempre conveniente hacer las experiencias dentro de invernaderos con techo? ¿No será conveniente en algunos casos tenerlos simplemente en jaulas que aislen de ataque de insectos hasta pájaros y dejarlo expuesto a condiciones naturales? Es decir, que si hay un exceso de lluvia, se pierde, para que nos acerquemos a lo que va a ocurrir dentro de un perfil de suelo. Además, íntimamente ligado con esto, me imagino que deben haber condiciones totalmente distintas en un país que tiene una humedad relativa muy alta frente a un país que tiene una humedad relativa muy baja y que tiene fuertes vientos. Si se tiene un viento secante no tiene sentido estar pensando en capacidad de campo o no; yo personalmente me desespero porque tengo que regar tres veces al día. Entonces si todavía me quieren imponer de que tenga una cierta cantidad de exceso de humedad, no es posible. Cuarto, la altura a la cual se corta: yo diría, por la experiencia que he podido recoger, cuanto más alto, mejor, siempre que se trate de un control de producción. No así, cuando se trata de ver el efecto que podría tener la fertilización sobre semillas, en cuyo caso es evidente que el problema de corte es diferente. Por último, quería decir que el corte mismo debe ser ejecutado en lo posible por una sola persona. También aquí el Prof. Chaminade da ciertas normas: no debe ser inferior a una altura de 1,5 a 2 cm. utilizando ryegrass, y me imagino que para trébol debe ser lo mismo. Esta es mi experiencia y yo procedo así. Si alguien procede en forma distinta lo agradecería que me lo diga.

Carbonell. ¿Usted trabaja en jaulas? ¿Techadas o sin techo? ¿Cómo controla el riego?

Schenkel. Trabajo en jaulas sin techo, y el riego no me preocupa porque como corresponde a una condición climática en que va a vivir la planta si hay exceso de riego y hay pérdida se fue. Pongo, por lo demás en la maceta, un plástico perforado en la parte inferior que calza justo, pero que permite el drenaje.

Couto. Yo no tengo experiencia con macetas, pero no estoy de acuerdo con Schenkel, porque en primer lugar, en el caso de cultivos de invernáculo no tratamos de reproducir las condiciones de campo sino todo lo contrario, como generalizar las condiciones de la experimentación para trabajar con diferentes suelos, diferentes plantas; es decir, aislar del problema de experimentación algunos que de otra manera serían incontrolables y, en segundo lugar, en cuanto al contenido de humedad en la maceta considero que es fundamental porque creo que pone a todas las plantas en condiciones similares de crecimiento, o las características de evapotranspiración de la zona tampoco tienen por qué actuar sobre el invernáculo, desde que hay invernáculos muy simples que controlan la temperatura o, por lo menos, la humedad. En cuanto a lo que se refiere a corte, hice hoy la pregunta, porque lo había observado tanto en ensayos de campo como en macetas que es un punto extremadamente delicado, porque si se demora demasiado el corte, los tratamientos a los que damos un valor tan importante, detienen a veces su crecimiento mientras los demás siguen creciendo. Eso es una simple observación que he hecho y que no estoy muy seguro que sea correcta. Me gustaría oír la opinión de los demás.

Berardo. Me queda la duda en cuanto a control de producción, si efectuar el raleo de todas las plantas dejando el mismo número en todas las macetas, en todos los tratamientos puede expresarse en tal caso la eficiencia del fertilizante, porque es fácil de ver que con distintos tratamientos hay diferencias con el poder generativo. Entonces si dejamos el mismo número de plantas para todos los tratamientos quizás eso no refleje la potencialidad del fertilizante. Aquí se hablaba de dejar cuatro plantas para el caso del trébol rojo, si no es preferible dejar las plantas porque hay repeticiones. Nosotros, en lugar de pesar, contamos el número de semillas y no hemos tenido problemas.

Carbonell. ¿En caso de que fallen hacen correcciones?

Zaffanella. De manera que usted mantiene macetas con distintos números de plantas. No sé que opinan ustedes de ese asunto.

Tobler. A mí no me convence.

Conagin. No comparto la opinión de dejar crecer distinto número de plantas, sino mantener el mismo número.

Schenkel. Finalmente, lo que importa es el peso seco producido y esto no parece estar en relación con el número de plantas. Con remolacha se había determinado que cuando se controlaba la materia seca producida por maceta no afectaba mayormente el número de plantas y en ensayos de agotamiento según la técnica Chaminade en realidad es exactamente lo mismo; se toma un número muy grande de plantas, Chaminade propone 1.000 granos de semilla, de manera que si hay un poco de pérdida no importa porque se compensaría una maceta con otra, por la enorme exigencia que se está haciendo, pero desde luego que habrá ensayos en que esto puede no tener validez.

Reynaert. Estoy pensando que si se hace el ensayo con reygrass podría haber compensación si hay diferencia en el número de plantas mientras si se trata de plantas como Lotus, en ese caso no hay compensación, entonces sí es importante el número de plantas.

Zaffanella. Yo había preguntado si sería necesario tener tanta preocupación por mantener día a día capacidad de campo dentro de un invernáculo donde las condiciones de evapotranspiración hacen que podamos estar cerca de ese nivel de capacidad de campo más de un día, de manera que estando cerca del nivel de capacidad de campo y no habiendo un gasto por evapotranspiración muy grande las plantas pueden trabajar con bastante eficiencia como si tuvieran capacidad de campo. Es decir, ¿no estaremos exagerando un poco el problema de mantener el nivel de agua?

Reynaert. Eso depende mucho de la masa verde que hay en la maceta. Si hay mucho desarrollo de la planta y poco suelo, entonces sí que es importante vigilar el tenor de agua; si, por otra parte, son macetas muy grandes y plantas muy pequeñas entonces usted tiene razón de que no hay tanta necesidad.

Murdock. El mayor problema es el exceso de agua, si hay exceso de agua va a haber una denitrificación, un problema que en cuestión de horas puede darle una relación bastante diferente de las condiciones normales.

Reynaert. Yo creo que ese peligro no existe cuando se pesa la maceta, no siempre se pesa, pero se debería hacer siempre.

Duarte. ¿Se deberían secar los suelos antes de tamizar o después? ¿Cómo se debería hacer eso? ¿Secado al aire, o a estufa?; si es a estufa, ¿a qué temperatura?

Murdock. Debe secarse al aire, debido al problema que puede haber de fijación o liberación de K, en aquellos suelos que tengan arcillas, que tengan esas características. Generalmente es mucho mejor tamizar cuando el suelo está secado al aire y está todavía un poquito húmedo, no totalmente seco, y el secado después es al aire.

Schenkel. Yo espero a que la humedad del suelo no sobrepase al 20 ó 30 %, la traigo al laboratorio y de inmediato lo tamizo y lo siembro, no lo seco.

Duarte. Me refiero justamente a lo que dijo Schenkel, para aquellas personas que usan pesos pudiera haber una variación en ella, y sobre todo en condiciones donde uno tiene variaciones de porcentaje de humedad relativa en donde es muy difícil que un día uno se encuentre con que tiene el mismo porcentaje de humedad relativa. ¿Hay un error en eso?

Murdock. Definitivamente no. Es muy fácil tomar una muestra, cuando se seca se determina la humedad y se corrige eso.

Gandarillas. Quería preguntarle al Dr. Murdock, algo que dijo sobre la nodulación, que al parecer no se encontró nodulación en las macetas que no fueron fertilizadas o que no fueron encaladas, y a este respecto, en los ensayos efectuados en campo, al parecer aparentemente había una buena nodulación donde se encalaba. ¿Esta falla de nodulación en el campo, se debía al calcio o a la cantidad de aluminio?

Murdock. En cuanto a la nodulación si es debido a la aplicación de cal o al aluminio que no haya habido en las condiciones de campo, creo que es debido a ambos. No tengo una respuesta cierta que pueda definir cualquiera de ellos. Lo único que quiero aclarar es que los rizobios crecen mejor en un medio donde el pH es alto y una autoridad en rizobios en EE. UU. encontró que el mejor pH para su crecimiento es de 6.5.

Schenkel. Me parece que la discusión previa ha opacado un poco el mérito que tiene la audacia que ha sido puesta en juego para estudiar un problema que es muy simple y muy trascendente en países como Brasil y Chile y esto se llama "Uso de técnicas simples o análisis de suelo o de macetas para encarar el problema de la nodulación". Si esta extraordinaria

visión que se obtuvo al concebir este trabajo se compara con la experiencia que otros como yo en Chile, hemos podido recoger en suelos que presentan ciertas características similares, salta a la vista que algo que se inspira como válido para otros países es también válido para este país. Es esencial distinguir entre suelos con aluminio y sin aluminio, para encarar el problema de la nodulación. Por lo tanto, me preocupa un poco que se esté atribuyendo, especialmente en la exposición que hizo el colega Stammel, a la cal un mérito que es en realidad de la nodulación. Es decir, la comparación de productividad es un efecto del impacto que está causando, la cal indirectamente, pero en forma directa, el N fijado por los rizobios en los tratamientos con cal.

Murdock. Pongo a conocimiento que el mismo tipo de reacción se encontró con gramíneas. Esta aclaración la había hecho hoy al empezar a hablar la segunda vez, ese *Paspalum dilatatum* que aparecía ahí, tenía la misma reacción se veía cuando se aplicaba cal, no idénticamente en volumen, pero muy parecido, con nitrógeno. En el caso de las macetas tenía 200 kg./Há. de N.

Schenkel. Otra pregunta: ¿Han encontrado ustedes algún valor de aluminio en el suelo que les permitía distinguir a los que tienen este enorme efecto a la cal, y a los que no tienen este efecto a la cal sino cuando van adicionados de una cantidad de P?

Murdock. Nosotros no tenemos suelos que no necesitan P. Pero el uso de cal como correctivo condiciona la respuesta al P. Si comparamos dos suelos, el suelo de Vacaría que tienen alrededor de cinco miliequivalentes de aluminio libre y el suelo de San Gabriel que tiene un miliequivalente. En el suelo de Vacaría prácticamente no hay respuesta al P sin la aplicación de cal. En el suelo de San Gabriel que tiene menos aluminio libre hay una respuesta al P, pero aplicando cal la máxima respuesta se alcanza con mucho menos P. No se ha calibrado todavía la respuesta al P combinado con el requerimiento de endalado en relación a los tenores de aluminio libre, pero por lo menos se tiene datos de los suelos San Gabriel y Vacaría que se pueden usar.

Letelier. Me parece que tratándose de aluminio, la conducta de estos suelos es totalmente diferente de los suelos trumaos en Chile, puesto que allá en los suelos con mucho aluminio, tenemos una respuesta al P sin necesidad de cal, en cambio, la

respuesta a la cal es relativamente poco importante. Entonces, ¿qué teoría general tiene Schenkel sobre el aluminio en relación a esto?

Schenkel. Para mí que las cantidades de aluminio que hay ahí son bastante menores que las que tenemos nosotros, en primer lugar, y en segundo lugar, tendría que conocer los suelos para argumentar bien, pero me imagino que el comportamiento de estos suelos es más bien de suelo Miningo, donde en realidad no tenemos una información tan categórica de lo que usted está afirmando.

Murdock. La diferencia nuestra es apreciable, ya que sin aplicación de cal no se puede establecer de ninguna manera, ninguna leguminosa.

Carbonell. Sería muy importante conocer la dosis de fertilizante fosfatado que utilizan ustedes porque podría ser que la causa fuera la misma, el aluminio, pero que la dosis que se está usando sea una dosis capaz de vencer el efecto que podría tener dentro de la utilización el aluminio. Es decir, estar sobre saturación.

Letelier. Como lo expliqué antes ya se obtiene respuesta desde dosis bajas a las aplicaciones de P; pero para llegar al rendimiento máximo se necesita poner muchas unidades, 800-1.000 kg./Há. de P_2O_5 .

Rodríguez. Justamente lo que quería mencionar es que a veces, y me refiero a suelos rojos derivados de basalto, en el campo hay una abundancia enorme de manganeso. ¿En qué sentido esa abundancia de concreciones de manganeso que se ve en el suelo se refleja también en la movilidad de manganeso y en la toxicidad de este elemento y si existe alguna evidencia, porque esos suelos evidentemente son muy ricos en manganeso.

Murdock. En algunos suelos se encuentran concreciones de este tamaño de manganeso, así que estoy totalmente de acuerdo con lo que dijo el Ing. Rodríguez y viendo ese problema ya se han empezado a hacer algunos trabajos con eso, datos exactos de cuántos mil equivalentes o cuál es el nivel realmente de toxicidad, no recuerdo con exactitud, pero se ha hecho últimamente un experimento con soja y la cantidad de cal agregada a eso.

Reynaert. Quiero preguntar a Schenkel si compara la diferencia de respuesta al P, si la materia orgánica de esos suelos que no tiene que ver algo con la respuesta al P, porque los suelos referidos de Brasil son muy bajos en M.O. en comparación con los trumaos.

Schenkel. Sí, a los trumaos naturalmente. Ahí estamos en un 15 %, hasta 20 %. Pero no sabría en este momento contestar con seguridad a su pregunta porque no hemos realizado estos estudios.

Murdock. Hablando sobre el trabajo de fertilidad de suelos en Rio Grande do Sul, lo que hemos conseguido este año, más todo este trabajo fue hecho por los agrónomos del curso de Post-Graduado. En estos momentos tenemos unos diez a quince alumnos de dicho curso trabajando en investigación. Comenzamos con el proyecto tres años atrás. El trabajo aquí en Santa Rosa se comenzó un año atrás, pero tenemos un factor multiplicador muy grande ya que estamos trabajando con los agrónomos que están en el campo. Por ejemplo, tenemos aproximadamente trescientos agrónomos trabajando en el campo en el interior del estado de Rio Grande do Sul, principalmente siguiendo lo que está haciendo el agricultor. Uno les pregunta por qué no se produce más y se contesta que porque eso es normalmente lo que el agricultor hace. A quien es más difícil convencer es al agrónomo que está en el interior de que lo que tiene entre manos es bueno. Realmente se debe primero convencer al agrónomo para que él pueda convencer a los agricultores. Estamos trabajando con catorce o quince agrónomos en cada región. Se parte siempre del mismo punto de información técnica.

Zaffanella. Creo que es un trabajo extraordinario y está totalmente encuadrado dentro de los objetivos que Reynaert inició en este Seminario, porque hemos visto todos el desarrollo de la investigación desde la búsqueda de los factores limitantes hasta sus efectos últimos al nivel del productor que es lo que como agrónomos nos interesa. El Ing. Tobler tiene algunos datos sobre el problema de las situaciones del aluminio y del calcio en suelos del Uruguay y ya que estamos acá sería interesante escuchar la situación para poder ampliar el conocimiento que hemos adquirido en torno al problema en Chile, Rio Grande do Sul y ahora en Uruguay.

Tobler. Aprovechando la exposición del Dr. Murdock, creo que sería interesante ilustrar a los presentes sobre un problema similar en nuestro país. Estamos mejorando el campo natural a través de la implantación de tréboles y esto trajo ciertos problemas. El Dr. Murdock dijo al pasar que el 90 % de los pH estaban comprendidos entre 4,5 y 5,1. Si analizamos los suelos del Uruguay, los extremos que vamos a encontrar en agua van de 4,7 a 11. Pero el 90 % caen de 5,5 a 6,3. En cuanto al P, que seguimos la misma técnica de Bray I, tenemos desde

0,7 a 7 ppm, siendo lo más frecuente de 2,5 a 5, y esto lo consideramos sumamente bajo para el país. En cuanto al K, en general nuestros suelos están bien provistos de K y los podemos situar desde 0,1, 0,2 mil equivalentes hasta 10 mil equivalentes, pero lo más frecuente está entre 1 y 2 mil equivalentes. El calcio en la mayoría de los suelos tampoco presenta problemas. ¿Cuál es el único factor que limita en el país la instalación de los tréboles? Es el fósforo. Así como en Brasil es necesario encalar para obtener tréboles, en Uruguay se consigue con muy poco fósforo; bastan de 40 a 60 unidades de P_2O_5 , para lograr la implantación de tréboles por año, o provocar el desarrollo de los indígenas o subautótonos que tenemos en el país. Este año el Ministerio de Ganadería y Agricultura está haciendo la "Operación Colonia", es decir, la implantación de praderas naturales y mejoramiento de campo natural en esta zona. El año pasado lo hizo en Rocha. El sistema que se sigue es: o se mejora el campo natural incorporando en cobertura el abono fosfatado o mediante avión se distribuyen los Pellets que son las semillas de trébol, inoculadas y envueltas en abono fosfatado, o se hace la pradera artificial, mezcla de gramíneas y leguminosas. El único problema que se nos presenta de la implantación de las leguminosas está en la zona noroeste del país, sobre Basalto, cuando se quiere implantar el trébol, ya sea mediante zapatas, la distribución en cobertura o por la simple fertilización del campo natural con abono fosfatado. En Salto se han puesto hasta 1.500 kg. de superfosfato por hectárea y no se ha visto desarrollar el trébol. A todos nos preocupa saber a qué obedece ese problema. Actualmente existe un grupo de trabajo formado por la Facultad de Agronomía, La Estanzuela y el Plan Agropecuario, para estudiar las posibles causas de la falla de la implantación de los tréboles sobre Basalto, sobre todo sobre el suelo superficial, el que tiene de 10 a 20 cm. de espesor. Los datos analíticos todavía no los podemos confirmar del tipo, pero así, como primera impresión aparece un grado de saturación muy grande, y también aparece aluminio intercambiable que no lo tenemos en otros suelos. La suma entre H y A1 intercambiable, nos da en los suelos rojos alrededor de 10.000 u 11.000 equivalentes, mientras que en los negros de 5.000 a 6.000 equivalentes. En general, en otros suelos del país no hemos encontrado aluminio intercambiable y tienen un grado de saturación de unos 90 %. Estos suelos de basalto en su capa superficial tienen una saturación que está entre el 70 y 75 %, pero después de los 15 cm. ya tiene el 85 % de saturación. Yo doy como explicación que en los suelos que son un poco más profundos, y que permiten la labranza, al trabajar a 14 cm. y dar vuelta el suelo, tenemos en superficie una capa que está saturada al

85 % y permite la implantación de la leguminosa. Eso es lo curioso; si se ara, la leguminosa se instala, pero en cobertura la leguminosa no prospera. No se qué explicación a qué conclusiones habrá llegado el colega Reynaert.

Reynaert. Para empezar, creo que esos suelos tienen otros limitantes que solamente los nutrientes; la escasa profundidad, a veces menos 10 cm., indica que el factor agua es muy limitante. Muchos fracasos de implantación de leguminosas, se debe en primer lugar a esta escasez de agua en el periodo de implantación. Claro, estamos atacando el problema desde el punto de vista de fertilidad de suelos, en el sentido de nutrientes; hemos encontrado algunas cosas interesantes como es la diferencia en potasio intercambiable y diferente respuesta al P, pero creo que los estudios no son completos si no se estudia la precipitación, temperatura del suelo, etc. En ese sentido creo que el estudio no es suficiente, pero se está en el camino.

Couto. Corroborando lo que dice Reynaert, quería citar como ejemplo unos datos obtenidos en un ensayo en macetas realizado en Estanzuela, en el sentido de que hay factores que están limitando la producción y que no son la disponibilidad de nutrientes. Mientras que en el campo se observa que la producción de trébol rojo es muy inferior a los negros y además llama la atención por lo escasa en todo el año considerado, con humedad ideal y la misma temperatura, producía alrededor de tres veces más que el negro. Es un hecho que no podría explicar, pero que está demostrando que en condiciones de invernáculo produce mucho más que los otros. Además se observó en este ensayo que había un comportamiento diferente de impacto en el negro y en el rojo, porque si bien en los suelos negros no había diferencias entre tres fertilizantes probados y en tres niveles probados, en los suelos rojos, a los niveles inferiores aparecían provocando aumento de rendimiento los fertilizantes menos solubles al agua.

Tobler. Eso tiene una explicación; los rojos tienen más aluminio que los negros.

Zaffanella. En los suelos estos donde no se implantan las leguminosas, ¿han hecho algún experimento de encalado?

Tobler. Es precisamente lo que les acabo de sugerir a los técnicos a cargo, pero hay una observación del Ing. Murguía, del Plan Agropecuario, de que en los suelos profundos no hay problema; en los suelos superficiales si la implantación con zapatas era de 5 cm. fracasaba todo. A 7 cm. no había casi éxito,

a 10 cm. tenía un éxito mayor, y probando distintos abonos fosfatados daba la impresión de un mejor comportamiento de las escorias básicas, lo cual yo lo asocio a que es muy alcalina.

Couto. En cuanto a las experiencias con encalado, con Reynaert habíamos hecho ensayos de campo y también en macetas y en ellos no se observó ninguna diferencia en cuanto a los resultados obtenidos con fosfato comparado con fosfato más calcio.

Carbonell. ¿Cómo hicieron los tratamientos?

Couto. Como la implantación de leguminosas se hacía con la sembradora a zapatas se aplicó en el surco lo que significa una cantidad bastante apreciable y el producto agregado era carbonato de calcio precipitado. El fósforo se agregó en forma de superfosfato triple.

Reynaert. Tal vez podría agregar algo más. En ensayos en macetas se ha probado el encalado llevando el pH de los suelos hasta el pH 6 ½; no conseguimos con eso una mejora. Personalmente yo creo que esos suelos tienen otro problema más que es el del Rhizobium. Es por eso que el Plan Agropecuario está trayendo un especialista australiano que va a estudiar específicamente el Rhizobium en ese suelo.

Carbonell. ¿Ustedes agregaban en el mismo surco los dos fertilizantes?

Couto. Me imagino por dónde viene la pregunta. Se estará preguntando lo mismo que nos preguntamos nosotros y justamente pensamos que eso podía haber producido una insolubilización o mejor dicho, el pasaje del P a formas menos asimilables. Y a esos efectos se hicieron precisamente ensayos de inveráculo y no observamos diferencias.

Schenkel. Me gustaría saber si ahí donde aplicaron el fosfato junto con la cal hicieron un estudio de cuál sería la formación de los distintos estratos inorgánicos del suelo.

Couto. Se hicieron en inveráculo los ensayos simplemente para comprobar si esa forma de incorporación de fertilizantes podía haber tenido influencia, es decir, se agregó con cal, sin cal, etc. Yo no tuve más contacto con ellos después del mes de octubre, pero la idea que se tenía era estudiar en la propia maceta la forma en que se encontraba el P después de un cierto tiempo.

IV. El diseño experimental en la investigación de campo

Consideraciones sobre diseños experimentales en la investigación de campo en fertilidad de suelo

HERNÁN TEJEDA S.(1)

INTRODUCCION

Según Ostle (1963), "diseño experimental es el plan usado en experimentación, lo que involucra la asignación de tratamientos a las unidades experimentales y un completo conocimiento del análisis a realizar con los datos que se obtengan".

Esta definición no incluye ningún elemento que determine los objetivos de la investigación. Contrariamente el diseño experimental es sólo una herramienta del método científico utilizado en una investigación, que depende del tipo de problema que se quiera estudiar, naturaleza de las conclusiones que se quiera obtener y medios materiales para desarrollar el trabajo. Por este motivo, para poder hablar de diseños experimentales en investigación de campo en fertilidad de suelos, es necesario definir previamente que se entiende por esta investigación.

INVESTIGACION DE CAMPO EN FERTILIDAD DE SUELOS

Ferrari (1966) define investigación en fertilidad de suelos como "toda la actividad intelectual y de otra índole que tiene como propósito un mejor conocimiento de la interdependencia entre el crecimiento de las plantas en el predio agrícola y los factores de suelo, como también controlar el crecimiento por medio de influencia sobre estos factores".

En nuestro caso, restringiremos esta definición a aquellos estudios cuya parte fundamental se realice en el campo, aún

(1) Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Líder Proyecto Calibración de Análisis de Suelo, Estación Experimental Chillán, Instituto Investigaciones Agropecuarias, Chile.

cuando incluya análisis de laboratorio u otros controles como complemento. Dentro de este grupo se puede incluir, a manera de ejemplo, estudios relacionados con:

- a) Exploración de deficiencias nutritivas.
- b) Dosis y combinaciones de fertilizantes.
- c) Comparación de tipos de fertilizantes.
- d) Determinación de épocas de aplicación.
- e) Determinación de formas de aplicación.

En cada uno de estos casos se discutirá en líneas generales un posible plan experimental, de tal manera de visualizar el empleo de diseños experimentales.

EXPLORACION DE DEFICIENCIAS NUTRITIVAS

Por su naturaleza, este estudio es de tipo cualitativo o sólo semicuantitativo. Interesa conocer que nutrientes no están presentes en el suelo en el grado de disponibilidad requerido por los cultivos.

Un posible plan experimental consiste en comparar una fórmula completa con tratamientos que no incluyan, uno a la vez, los nutrientes de la fórmula. Este plan correspondería al descrito recientemente por Chamide (1964) para estudios en macetas. Para no obtener conclusiones erróneas, el investigador debe asegurarse que la diferencia del rendimiento atribuible a dos tratamientos cualquiera se deba efectivamente al efecto de tratamiento y no a error experimental, es decir, que la variancia para error sea significativamente menor que la variancia para tratamiento.

En esta situación, el análisis de variancia aparece como la herramienta estadística más indicada, pudiendo utilizarse, por lo tanto, algunos de los diseños experimentales que genera datos susceptibles de este tipo de análisis. El block randomizado y el cuadrado latino (Cochran y Cox, 1957) serían dos posibilidades, dependiendo la elección de la variabilidad del suelo, número de tratamientos y otras consideraciones propias del investigador.

ESTUDIOS DE DOSIS Y COMBINACIONES DE FERTILIZANTES

Antes de discutir alternativas de diseños experimentales, parece necesario revisar someramente la evolución que ha sufrido la orientación del estudio de dosis y combinaciones de fertilizantes. En lo fundamental, durante mucho tiempo estas

investigaciones tuvieron un carácter cualitativo o semicuantitativo; hoy día, sin embargo, posee un carácter esencialmente cuantitativo (Heady et al., 1955). En el primer caso, el objetivo era detectar diferencias significativas entre tratamientos de fertilizantes, utilizando el análisis de variancia. En el segundo caso, se pretende estimar la variación de rendimiento debida a aplicaciones sucesivas de varios fertilizantes en todo el rango de la respuesta. La relación continua entre rendimiento y nivel de fertilización se expresa por medio de un modelo estadístico cuyos parámetros se estiman por medio del análisis de regresión múltiple (Sundquist y Robertson, 1959; Ferrari, 1966).

Como ejemplo de lo inadecuado del sistema tradicional Hutton (1955) señala que hasta el año 1950 se había realizado una gran cantidad de ensayos de dosis de abono en los estados que comprenden la Autoridad del Valle de Tennessee. Solamente en uno de los estados se tenía resultados de 880 ensayos de maíz y 492 ensayos de algodón. Sin embargo, una evaluación detallada del conjunto de ensayos realizados entre los años 1939 y 1947 demostró que debido a los planes experimentales utilizados, no era posible obtener de sus resultados la información que el agricultor necesita para ajustar la producción al nivel de mayor eficiencia económica. Los ensayos se caracterizaban principalmente por tener un nutriente a niveles variables en presencia de otros a nivel constante. El número de niveles variables nunca fue más de cuatro y en su gran mayoría fue de tres o menos. El diseño experimental utilizado fue generalmente el block randomizado y el análisis estadístico correspondía a un análisis de variancia, por medio del cual se individualizaban aquellos tratamientos que producían diferencias significativas con el testigo. Si se efectuaba algún análisis económico, se trataba de individualizar el tratamiento "más rentable" para cada ensayo, el que no necesariamente coincide con la dosis económicamente óptima.

Ferrari (1966), en una de las revisiones más completas sobre la filosofía y sistemas aplicados en la investigación de fertilidad de suelo, critica el sistema tradicional, no sólo por su falla a proporcionar la información económica más adecuada, sino también porque no se tiende a relacionar cuantitativamente la variación de la respuesta a una fórmula de fertilizantes en diferentes sitios a los factores edáficos y de medio ambiente responsables de esta variación. Como ejemplo de esta falla el autor cita un trabajo de Reith e Inkson, publicado en 1963, en cuyo resumen se lee lo siguiente: "El fósforo aumenta los rendimientos en todos los experimentos a excepción de cuatro, y generalmente este nutriente tuvo un efecto mayor que el del nitrógeno o potasio. La respuesta a potasio fue significativa

solamente en la mitad de las experiencias y su efecto en el rendimiento fue menor que el del nitrógeno”.

El comentario de Ferrari (1966), es simple y definitivo: “Comparado (el texto de Reith e Inkson) con los resultados encontrados en Holanda 60 años atrás, el progreso no es muy grande; muy poco se observa de un método para relacionar sistemáticamente las diferencias entre sitios experimentales con factores causales”.

Las dos limitaciones, agronómica y económica, que presenta el sistema tradicional se resuelven si se enfrenta el estudio de dosis y combinaciones de fertilizantes bajo un principio que, aún cuando no es nuevo, no tuvo durante mucho tiempo la aceptación que hoy se le concede. Como se expresó anteriormente, el rendimiento de un cultivo puede ser considerado como una función continua de los factores de producción. Aún cuando la forma matemática de la función se desconoce, es posible utilizar modelos estadísticos que la aproximan con una precisión razonable (National Academy of Science-National Research Council, 1961).

Asumiendo entonces la continuidad de la función rendimiento, pierde utilidad el análisis de variancia como herramienta estadística, dada su finalidad eminentemente cualitativa, para dar lugar al análisis de regresión múltiple (Ferrari, 1966). Este último permite estimar en base a datos experimentales apropiados, los parámetros de la función aproximativa de rendimiento. Esta función tiene la suficiente flexibilidad y amplitud como para incluir como variables independientes no sólo los fertilizantes N, P, y otros, sino también la disponibilidad de estos nutrientes en el suelo y otros factores de producción tanto manejables como no manejables ⁽²⁾ (Voss, Pesek, 1967). De esta forma es posible obtener en una sola investigación por lo menos tres tipos de resultados, que bajo el método tradicional generalmente se obtendrían con estudios separados. Esto es, se logra:

- a) Calibrar el análisis de suelo con la respuesta al fertilizante.
- b) Estimar la naturaleza de la respuesta a varios nutrientes, incluyendo la interacción.
- c) Estimar el efecto de los factores edáficos y ambientales que modifican la respuesta del rendimiento a la fertilización.

(2) Factores manejables son aquellos que pueden ser controlados por el agricultor, pero que permanecen constantes durante un ciclo del cultivo, tales como variedad de semilla, época de siembra, prácticas culturales, etc. (Heady, 1952). Factores no manejables son aquellos que, para fines prácticos, no pueden ser controlados por el agricultor, tales como clima, profundidad de suelo, capacidad de retención de humedad, etc. (Heady, 1952).

Además, la función aproximativa permite efectuar el análisis económico marginal, cuyos resultados sirven para recomendar dosis económicamente óptimas de fertilizantes a los agricultores.

Asumiendo que se desee estimar la función aproximativa de rendimiento:

$$Y = b_0 + \epsilon b_{1i}X_i + \epsilon b_{11}X_i^2 + \epsilon b_{1j}X_iX_j + e \quad (1)$$

para un cultivo en una zona agroecológica determinada, el plan experimental consulta en términos generales, la realización de un número de experimentos ⁽³⁾ con dosis y combinaciones de los fertilizantes que afectan el rendimiento. Estos experimentos estarán diseminados en el área de estudio de manera de cubrir el rango de niveles de los factores edáficos relevantes, y se repartirán durante dos o tres años para tratar de cubrir el rango de condiciones climáticas que normalmente se presentan en el área.

En esta situación se puede prever que los diseños experimentales apropiados al estudio deben satisfacer por lo menos las siguientes condiciones:

1. Considerar un número suficiente de niveles de cada fertilizante de tal manera de cubrir todo el rango de la respuesta a cada uno de ellos, incluyendo el rendimiento máximo. Esto se hace necesario toda vez que no se conoce la forma de la función de respuesta (National Academy of Science-National Research Council, 1961) y se debe tener la posibilidad de probar diferentes funciones contra la forma geométrica sugerida por los puntos observados de rendimiento.
2. La variación de niveles de un fertilizante debe ser simultánea a la variación de los restantes, es decir, los tratamientos deben ser combinaciones factoriales. Esto es necesario para evaluar la interacción en todo el rango de la respuesta (Hutton, 1955).
3. El número total de tratamientos no debe ser muy alto de tal manera que sea posible, asumiendo medios de trabajo razonables, establecer un número mínimo de experimentos, distribuidos en el universo localidad-años, de tal manera de tener los grados de libertad suficientes que permitan estimar los efectos lineales, cuadráticos y de interacción de las variables que se suponen relevantes al rendimiento (Pesek, ca 1964).

(3) El número mínimo de experimentos es igual al número de efectos directos lineales, cuadráticos y de interacción de los factores en estudio más 15 (Pesek, ca 1964).

4. El rango de las dosis y combinaciones de fertilizantes seleccionados para el diseño debe cumplir ciertos requisitos propios del cálculo estadístico, como, por ejemplo, hacer lo más pequeño que se pueda el error standard de los coeficientes del modelo de regresión (4).

A continuación se discuten algunos diseños (5) que pueden ser utilizados en la determinación de funciones de respuesta a fertilizantes y otros factores.

Factorial completo. Los tratamientos consisten en todas las combinaciones que se puedan formar con los diferentes niveles de los diferentes factores (Cochran y Cox, 1957). La distribución en el campo puede ser un block randomizado.

Los experimentos factoriales generalmente se analizan por medio del análisis de variancia, evaluando los efectos directos de cada factor y sus efectos conjuntos o interacciones. Sin embargo, si el número de niveles de los factores es tres o mayor, los resultados de un factorial completo permiten estimar una función de respuesta continua, toda vez que el rango y combinaciones de factores incluidos están orientados a estudiar el efecto conjunto de sus diferentes niveles (Heady y Dillon, 1961).

Entre las desventajas del factorial completo para estimar funciones de respuesta, se pueden mencionar:

- a) Excesivo número de tratamientos cuando los factores y sus niveles aumentaron. Dos factores en 5 niveles requieren 25 unidades experimentales por repetición. Tres factores en 5 niveles requieren 125.
- b) Estimación de interacciones de orden superior cuando se trabaja con más de dos factores, las cuales no tienen un significado agronómico claro.

Factorial incompleto. Respecto a este tipo de diseño, existen dos posibilidades. La primera incluye los diseños factoriales que utilizan el principio de confundido, en que el efecto de las interacciones de orden superior se confunde con el efecto de blocks, con lo cual se puede disminuir el número total de unidades experimentales sin eliminar la estimación del error experimental (Cochran y Cox, 1957).

(4) Cady, F. B. (1966). Designs for response surfaces studies. Comunicación personal. Ames, IOWA, Iowa State University of Science and Technology.

(5) De aquí adelante, el término "diseño experimental" tendrá un significado diferente del definido previamente. Entenderemos por diseño no sólo la asignación de tratamientos a las unidades experimentales, sino también a la selección de las dosis y combinaciones que se incluyan en el experimento y su asignación a las unidades experimentales.

La segunda posibilidad consiste en seleccionar sólo algunos de los tratamientos de un factorial completo, de acuerdo al criterio e interés del investigador (Heady et al., 1955; Sundquist y Robertson, 1959). Desde el punto de vista estadístico, este sistema puede ser demasiado simplista y causar la pérdida de información importante (Heady y Dillon, 1961).

Diseños específicos para funciones de respuesta. Estos diseños han sido desarrollados por Box y Wilson (1951) y otros para generar datos experimentales apropiados para la estimación de los parámetros de funciones de respuesta. Aunque inicialmente estaban orientados para estudiar procesos industriales, han sido adaptados para investigaciones agrícolas. Tienen, si, la limitación que se asume que la mejor función aproximativa es el polinomio de segundo grado (Cochran y Cox, 1957) y se caracterizan por (a) requerir un número menor de tratamientos que los factoriales parciales para estimar un número dado de coeficientes polinomiales b_i , y (b) proporcionar estimaciones estadísticas tan buenas o mejores, en relación al número de observaciones requeridas.

Básicamente estos diseños se componen de los tratamientos de un factorial 2^n más tratamientos adicionales agregados de acuerdo a cierto criterio, lo que permite estimar el efecto de n factores en 5 niveles cada uno. Se los puede clasificar en diseños compuestos y diseños rotativos; sin embargo, se revisará solamente algunos diseños compuestos y modificaciones propuestas, por cuanto no se ha encontrado antecedentes en la literatura que indiquen el uso de diseños rotativos en ensayos de campo.

El diseño compuesto para n factores incluye $2^n + 2n + 1$ tratamientos estando los 5 niveles de cada factor igualmente espaciados. En la discusión subsiguiente, los niveles de cada factor se representarían por medio de las cifras codificadas ⁽⁶⁾: -2, -1, 0, 1, 2. Para dos factores ($n = 2$), los tratamientos se pueden representar de la manera siguiente:

		FACTOR Nº 1				
		-2	-1	0	1	2
-2				x		
-1			o		o	
0		x		+		x
1			o		o	
2				x		

(6) La relación entre las cifras codificadas (X_i) y el nivel del factor se expresa mediante la fórmula:

$$\frac{\text{Nivel } i \text{ del Factor} - \text{Nivel Medio}}{\text{Intervalo entre dos niveles}}$$

Los cuatro tratamientos correspondientes al factorial 2^2 están representados por un círculo (c) y se denominan puntos factoriales; los cuatro tratamientos correspondientes al 2×2 se representan por (x) y se denominan puntos estrella y el punto extra se representa por (+) y se denomina punto central.

Para la estimación del error experimental, se ha sugerido no repetir el diseño completo sino solamente el tratamiento central un cierto número de veces (Cochran y Cox, 1957).

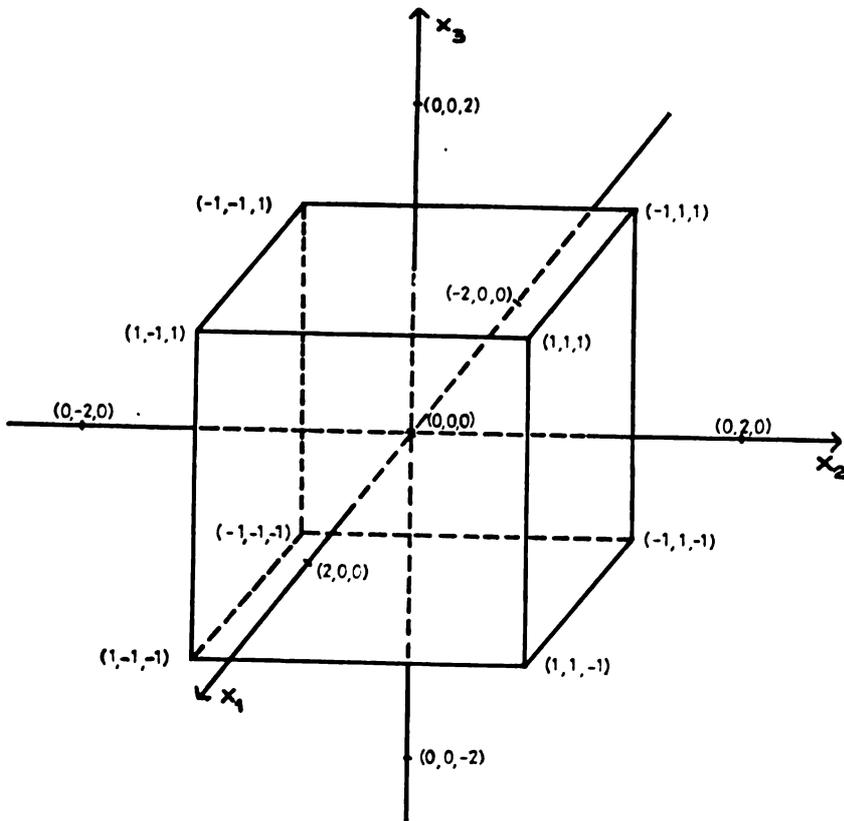
El diseño descrito no parece ser lo más satisfactorio para investigaciones agronómicas, presentando dos deficiencias importantes. La no inclusión del tratamiento testigo sin fertilizante no permite evaluar el incremento de producción debido a la fertilización ni tampoco calibrar análisis de suelo con la respuesta a los tratamientos. También, la sola repetición del tratamiento central parece no ser suficiente si se desea estimar el error experimental en condiciones de campo, situación que no se presenta en la investigación de procesos industriales, en donde se puede lograr mayor control de las variables no experimentales que en agricultura.

Debido a lo anterior se lo ha modificado (7) agregando cuatro tratamientos adicionales en las esquinas y repitiendo todo el diseño un cierto número de veces para estimar el error experimental. Los tratamientos incluidos en el diseño modificado se indican con una x en la figura siguiente:

		FACTOR Nº 1				
		—2	—1	0	1	2
—2		x		x		x
—1			x		x	
0		x		x		x
1			x		x	
2		x		x		x

A pesar de necesitar 4 unidades experimentales más que el diseño compuesto original, el total de 13 que requiere la modificación es casi la mitad de las 25 que requiere el factorial 5^2 por repetición.

(7) Tejada, Hernán (1966). Evaluación de algunos aspectos de la metodología para determinar funciones de respuesta a la fertilización y su utilización económica. Trabajo presentado al Seminario Internacional sobre Investigación Económica y Experimentación Agrícola, IICA-OEA, Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.



El diseño compuesto $2^n + 2n + 1$ para tres factores ($n = 3$) se puede representar gráficamente como un cubo cuyos vértices son los 8 tratamientos correspondientes a 2^3 más los 6 tratamientos estrella 2×3 situados sobre perpendiculares a las caras del cubo que pasan por el centro más el tratamiento central.

Utilizando los valores codificados $(-2, -1, 0, 1, 2)$ de los niveles de los factores, las coordenadas de los vértices del cubo son los tratamientos $(\pm 1, \pm 1, \pm 1)$, de los puntos estrella son $(\pm 2, 0, 0)$ $(0, \pm 2, 0)$ $(0, 0, \pm 2)$, y del punto central es $(0, 0, 0)$, pudiendo representarse el diseño mediante la figura precedente.

Igual que en el caso de dos factores, para la estimación del error experimental se sugiere repetir el tratamiento central un cierto número de veces (Cochran y Cox, 1957). Este diseño tampoco incluye el tratamiento testigo ni los máximos. Sin embargo, permite estimar el efecto de tres factores en 5 niveles cada uno utilizando sólo 15 de las 125 combinaciones que resultan del factorial completo 3^5 .

Voss y Pesek (1967) han utilizado una modificación que incluye 23 tratamientos, entre los que se encuentra el testigo y los máximos, utilizando dos repeticiones de todo el diseño para estimar el error experimental. Los 23 tratamientos se pueden representar gráficamente como dos cubos concéntricos de vértices $(\pm 1, \pm 1, \pm 1)$ y $(\pm 2, \pm 2, \pm 2)$ respectivamente, más 6 puntos estrella $(\pm 2, 0, 0)$ $(0, \pm 2, 0)$ y $(0, 0, \pm 2)$ y más el tratamiento central $(0, 0, 0)$.

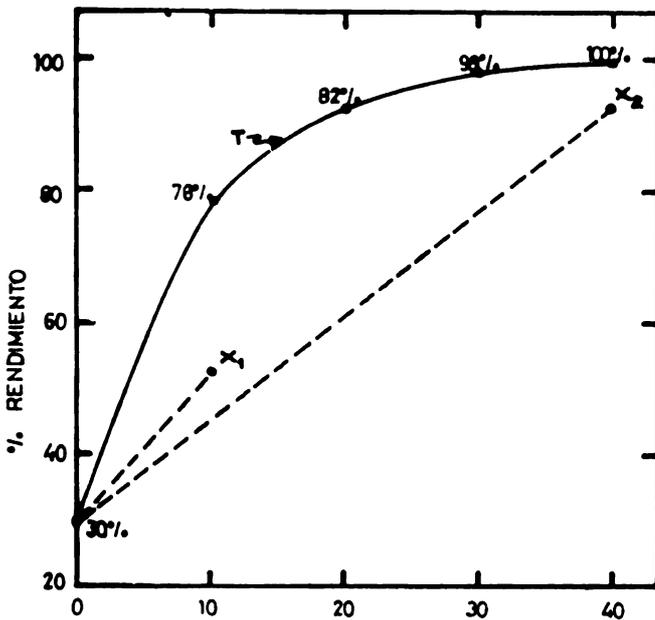
Tramel (1957) ha propuesto otra modificación que permite estimar el efecto de 3 factores en 9 niveles cada uno y que incluye 31 tratamientos en vez de los 729 que resultan en el factorial 9^3 completo. Utilizando la codificación $-4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4$ para los 9 niveles de cada factor, los tratamientos se pueden representar como los vértices de tres cubos concéntricos de coordenadas $(\pm 1, \pm 1, \pm 1)$ $(\pm 2, \pm 2, \pm 2)$ $(\pm 3, \pm 3, \pm 3)$, más 6 puntos estrella de coordenadas $(\pm 4, 0, 0)$ $(0, \pm 4, 0)$ $(0, 0, \pm 4)$ y el punto central $(0, 0, 0)$. Como este diseño no incluye el tratamiento testigo ni los máximos, Stavrou y Cady (1967) lo han modificado para que los incluya. La modificación consiste en tomar los puntos estrella como coordenadas $(\pm 3, 0, 0)$ $(0, \pm 3, 0)$ y $(0, 0, \pm 3)$.

En cualquiera de los dos casos, el diseño anterior, que se denomina triple cubo, presenta un número excesivo de unidades experimentales como para ser instalado en una red de sitios, aún cuando el número de repeticiones por sitio sea bajo. Para reducir el número de unidades experimentales, Stavrou y Cady (1967) sugieren confundir la interacción triple $X_1 X_2 X_3$ lo que permite distribuir los tratamientos en dos blocks de 18 unidades experimentales cada uno.

Diseños para más de tres factores. Cochran y Cox (1967) presentan una serie de diseños de tipo compuesto para más de tres factores, no habiéndose encontrado en la literatura revisada investigaciones que los utilicen, a excepción del trabajo de Soofi y Fuehring (1964) en el que se estudia el efecto conjunto de N, P, K, Mg y S sobre el rendimiento del maíz. Sin embargo, en el trabajo mencionado se concluye entre otras cosas, que la respuesta al nitrógeno es creciente, lo que es difícil conciliar con la realidad. Esto pudiera deberse al número excesivamente pequeño de tratamientos que dichos diseños incluyen en relación a los factoriales completos correspondientes, lo cual puede ser correcto en áreas de investigación donde se pueda controlar bien las variables no experimentales, lo que no siempre es cierto en investigación agronómica. En opinión del autor, se requiere realizar mayor investigación en estadística antes de poder disponer de diseños aptos para el estudio cuantitativo de más de tres nutrientes en ensayos de campo.

COMPARACION DE TIPOS DE FERTILIZANTES Y DETERMINACION DE EPOCAS Y FORMA DE APLICACION

Las investigaciones tendientes a determinar los fertilizantes más eficientes, la época de aplicación más oportuna y la mejor forma de aplicación tienen objetivos obviamente cualitativos. En este sentido, el análisis de variancia es el método más adecuado para analizar los resultados y consecuentemente se utilizan diseños experimentales orientados a este análisis. El diseño de block randomizado parece presentar las mayores ventajas, dada su simplicidad.



Para la realización de la experiencia, generalmente se elige un nivel de nutriente, el que se aplica en diversos fertilizantes, época y forma lo que constituye los diferentes tratamientos. El análisis de variancia permite apreciar las diferencias significativas, pudiendo luego expresar el efecto de cada tratamiento como por ciento de aumento sobre la parcela testigo.

Se ha querido llamar la atención en esta oportunidad sobre el planteamiento Terman (1967) en relación con el tema, quien sugiere la necesidad de estudiar cada uno de estos problemas sobre todo el rango de la curva de respuesta al nutriente en estudio.

A modo de ilustración, considérese el gráfico precedente, presentado por este autor:

Si se desea comparar un fertilizante con un testigo T, el efecto porcentual de X sobre T depende de la elección de la dosis a la cual se realiza la comparación, lo que demuestra que para comparar tipos de fertilizantes es necesario tomar tantos niveles de cada uno como para caracterizar las respectivas curvas de respuesta. En esta situación, el diseño de parcela dividida aparece mejor indicado, considerando fertilizantes como parcelas y niveles como subparcelas.

Para el estudio de época y forma de aplicación, las consideraciones anteriores también son válidas.

BIBLIOGRAFIA

- BOX, G. E. P. and WILSON, K. B. (1951). On the experimental attainment of optimum conditions. *Jour. Roy. Stat. Soc. B*, 13: 1-45.
- CHAMINADE, R. (1964). Diagnostic des carences minérales du sol par L'experimentation en petits vases de vegetation. *Science du Sol, deuxième semestre s.p.*
- COCHRAN, W. G. and COX, G. M. (1957). *Experimental Designs*. 2n.ed. N. Y., John Wiley and Sons, Inc., 611 p.
- FERRARI, Th. J. (1966). Towards a soil fertility in dimensions. *Neth. J. Agric. Sci.*, 14: 225-238.
- HEADY, E. O. (1952). *Economics of Agricultural Production and Resource Use*. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, Inc.
- HEADY, E. O.; PESEK, J. T. and W. G. (1955). Crop response surfaces and economic optima in fertilizer use. Ames, Iowa, Iowa Agricultural Experiment Station. (Res. Bull. 424).
- HEADY, E. O. and DILLON, J. L. (1961). *Agricultural production functions*. Ames, Iowa, Iowa State University Press, 667 p.
- HUTTON, R. F. (1955). An appraisal of research on the economics of fertilizer use. TVA, Div. of Agric. Rel., Agric. Ec. Branch. (Report N° T-55-1).
- National Academy of Science-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.
- OSTLE, B. (1963). *Statistics in research*. 2n. ed. Ames, Iowa, Iowa State University Press, 585 p.
- PESEK, J. T. ca. (1964). Some considerations for production function research. Mimeographed. Ames, Iowa, Agronomy Dept., Iowa State University of Science and Technology.
- STAVROU, J. and CADY, F. B. (1967). Confounding the triple cube response surface design to reduce block size. *Soil Sc. Soc. of Am. Proc.*, 31: 126-128.
- SOOFI, G. S. and FUEHRING, H. D. (1964). Nutrition of corn on a calcareous soil: I. Interrelationships of N, P, K, Mg and S on the growth and composition. *Soil Sc. Soc. of Am. Proc.*, 28: 76-79.
- SUNDQUIST, W. B. and ROBERTSON, L. S. (Jr.) (1959). An economic analysis of some controlled fertilizer input-output experiments in Michigan. East Lansing, Michigan Agric. Exp. Sta. (Technical Bull. 269).
- TERMAN, G. L. (1967). Commonly occurring errors in interpretations of yield results from single-rate nutrient comparisons. *Agronomy Jour.*, 59: 285-286.
- TRAMEL, T. E. (1957). A suggested procedure for agronomic-economic fertilizer experiments. In Baum, E. L. and others, eds. *Analysis of fertilizer innovations and resource use*. Ames, Iowa, Iowa State College Press, pp. 168-175.
- VOSS, R. and PESEK, J. T. (1967). Yield of corn as affected by fertilizer rates and environmental factors. *Agronomy Jour.*, 59: 567-572.

Delineamentos experimentais utilizáveis na experimentação de campo

ARMANDO CONAGIN, JOASSY P. N. JORGE
e WANDERLEY R. VENTURINI (1)

INTRODUÇÃO

A variabilidade experimental é uma característica comum em todos os campos da pesquisa científica.

Quando a variabilidade é pequena, relativamente à magnitude das diferenças de classes, não é necessária a utilização de delineamentos elaborados. Um número grande de observações é suficiente para caracterizar bem as médias e pôr à prova as diferenças existentes.

Quando, porém, a variação de observação, a observação feita com o mesmo material, é considerável, e ainda se fôr difícil ou excessivamente dispendioso lançar-se mão de um grande número de observações, o experimentador é obrigado a refinar sua técnica experimental ou lançar mão de delineamentos experimentais que possibilitem a obtenção de estimativas imparciais das verdadeiras diferenças de tratamentos, com um grau de precisão especificado. Se se pretende obter inferências válidas é necessário que se adicione às diferenças de tratamentos um valor em probabilidade (D).

Fisher introduziu a idéia da casualização e a repetição como condições necessárias para a obtenção de boas estimativas para as médias e para a obtenção de estimativa válida do erro experimental.

O progresso da pesquisa em qualquer campo será grandemente acelerado se as questões cujas respostas são buscadas, os resultados prováveis, o delineamento do experimento, a escolha criteriosa dos tratamentos a serem postos em prova, o método de análise, a apresentação dos resultados, etc., forem cuidadosamente estudados antes do início do experimento.

(1) Instituto Agronômico Campinas, Est. São Paulo, Brasil.

CLASSIFICAÇÃO DOS DELINEAMENTOS EXPERIMENTAIS

Ao planejar qualquer experimento, um procedimento experimental ou delineamento experimental é selecionado. A seleção pode ser boa ou má.

No passado usaram-se delineamentos sistemáticos. A partir de Fisher passaram-se a utilizar delineamentos casualizados que proporcionam estimativas válidas do erro experimental (D).

Uma classificação dos delineamentos pode ser a seguinte:

- A) Sistemático: Tratamentos colocados sistematicamente.
 - B) Casualizado: Tratamentos distribuídos ao acaso pelas unidades experimentais.
- I) *Área experimental não subdividida antes da casualização. Completamente casualizado.*
 - II) *Área experimental subdividida antes da casualização.*
 - a) Blocos completos — todos os tratamentos aparecem juntos em um bloco:
 - a') Sem restrições adicionais — Blocos ao acaso.
 - a'') Com restrições adicionais:
 - 1) Duas restrições:
Quadrado latino.
Cross-over.
 - 2) Mais de duas restrições:
Quadrado grego-latino.
Hiper quadrado grego-latino.
Outros.
 - b) Blocos incompletos — só k dos v tratamentos aparecem em cada um dos blocos ($k < v$).
 - b') Blocos incompletos não agrupados em blocos completos por repetição (v tratamentos em blocos de k):
parcialmente equilibrados,
equilibrados,
outros.
 - b'') Outros delineamentos:
 - 1) Blocos incompletos agrupados em blocos completos.
 - i) n dimensional (k^n tratamentos).
 - i₁ Parcialmente equilibrados:
Uma restrição:
Lattice simples.
Lattice triplô.
Lattice cúbico.
Lattice quártico.

- Canteiro partido (split-plot).
- Bloco partido (split-block).
- Duas restrições:
 - Lattice quadrado incompleto.
 - Lattice quadrado quase balanceado.
 - Split-Split-plots, etc.
- i₂ Equilibrado (k = primo ou potência de um número primo):
 - Uma restrição:
 - Lattice balanceado.
 - Duas restrições.
 - Lattice quadrado equilibrado, etc.
- ii) p q r s tratamentos.
 - ii₁ Parcialmente equilibrados:
 - Lattice retangular.
 - Split-plot.
 - Split-block.
 - ii₂ Balanceado.
- 2) Outros delineamentos:
 - i) Quadrados latinos incompletos:
 - Quadrado Youden.
 - Quadrado quase-latino.
 - Quadrado semi-latino.
 - ii) Outros:
 - Quadrados latinos com split-plots.
 - Experimentos de rotação.

A classificação dicotômica apresentada segue a de Federer (D) e indica a diversidade de delineamentos experimentais à disposição do experimentador.

Não existe um delineamento experimental melhor para todos os experimentos; pelo contrário, cada delineamento foi desenvolvido para controlar a variação para um conjunto dado de condições experimentais.

ESCOLHA DO DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

A escolha de um delinamento experimental do tipo casualizado necessita do conhecimento da variabilidade do material que vai fazer parte do experimento; a adoção do número de repetições é determinada pela grandeza da diferença que o experimentador pretende detectar.

Snedecor aponta quatro caminhos para se conseguir reduzir a variabilidade da média dos tratamentos (G):

- I) seleção de material mais homogêneo.
- II) estratificação do material experimental em sub-grupos mais homogêneos.

- III) aumento do número de observações ou repetições, e
- IV) medida de uma ou mais características relacionadas com a variável em questão, de forma a possibilitar o uso da covariância.

A escolha de um delineamento experimental está na dependência da natureza das fontes de variação do material ou da área experimental. Contudo, uma norma prática a ser adotada seria a de escolher o delineamento experimental que fôsse mais simples sobre o ponto de vista de estrutura e de análise da variância e que possibilitasse um controle adequado da variabilidade. Se um delineamento apresenta maiores dificuldades e é mais caro para analisar em relação ao custo de coleta dos dados, um delineamento mais simples deveria ser escolhido.

Enfim, o delineamento deveria ser mais eficiente que outro alternativo, computado o custo e tendo sido levado em consideração o número de repetições, a variabilidade e o número de graus de liberdade de cada delineamento.

A eficiência de um delineamento relativo a um outro é dada por:

$$\left(\frac{r_2 c_2}{s_1^2} \right) \left(\frac{df_1 + 1}{df_1 + 3} \right) / \left(\frac{r_1 c_1}{s_2^2} \right) \left(\frac{df_2 + 1}{df_2 + 3} \right)$$

onde s^2 = variância do erro por unidade de observação, r = número de repetições, c = custo por repetição, df = número de graus de liberdade da variância do erro, etc. (D).

Como exemplo, em cerca de 250 experimentos com o algodoeiro, obteve-se, com o delineamento fatorial 3^3 , confundida a interação NPK e colocados os tratamentos em blocos de 9, uma eficiência de 120 % em relação ao 3^3 completamente casualizado.

Algumas recomendações de valor prático são as seguintes:

Para as situações que demandam um período relativamente curto na obtenção dos resultados experimentais, em relação ao tempo requerido para a análise estatística (experimentos de laboratório por exemplo), pode ser mais econômico usar maior número de repetições de um delineamento menos eficiente e de análise mais simples, que usar um delineamento mais complexo e com análise mais complicada.

Se a unidade de observação é mais difícil e custosa (experimentos de campo, experimentos de alimentação animal) e o custo da análise é relativamente menor, o experimentador fará bem em ficar alerta para efetuar o controle da maior parte das fontes de variação por todos os meios a sua disposição, seja

pelo uso de delineamentos mais complexos ou pela utilização das medidas de variáveis correlatas.

A redução na variância do erro é muitas vezes conseguida pela utilização de variáveis relacionadas com a variável em questão. Se essa relação é estreita, a covariância pode ser bastante útil e possibilitar substancial redução no erro experimental. Por exemplo, no caso de experimentos de nutrição, a determinação do peso inicial dos animais é fácil de ser conseguida e é pouco dispendiosa; essa variável é, entretanto, bastante correlacionada com os índices de crescimento, possibilitando melhoria substancial da eficiência experimental.

No caso de experimentos de fertilidade, as respostas podem apresentar correlação com as análises de solo; além do valor intrínseco desses dados para uma explicação racional das respostas conseguidas, elas possibilitam a obtenção de índices e maior segurança para o prognóstico das respostas e, por tanto, maior eficiência às futuras recomendações de adubação.

ESQUEMAS FATORIAIS

Inicialmente os experimentos eram efetuados visando avaliar a variação da intensidade da ação de um fator de cada vez. Assim, os experimentos de espaçamento de milho procuravam determinar qual a distância de plantio entre as linhas de milho, mantidos os demais fatores constantes. Para isso partia-se de um espaçamento muito largo, 1,40 m por exemplo, e variava-se o espaçamento para 1,20 m, 1,00 m, 0,80 m, 0,60 m, etc., determinando-se o tratamento que produzia o máximo de resposta para determinada combinação dos outros fatores (densidade, época de plantio, igual preparo do solo, etc.).

Mais tarde, principalmente a partir de Fisher, procurou-se estudar a ação de dois ou três fatores simultâneos em vários níveis de cada um deles, em todas as combinações possíveis (fatores x níveis).

No caso dos experimentos de adubação variavam-se não só os macronutrientes N, P e K como experimentavam-se duas ou três doses de cada um deles. Fisher desenvolveu então o esquema fatorial e proporcionou fórmulas para a análise estatística e para pôr em prova não só os efeitos principais, como as interações entre os fatores (E) (I).

Surgiram assim os esquemas fatoriais 2×2 , $2 \times 2 \times 2$, $2 \times 2 \times 2 \times 2$, 3×3 , $3 \times 3 \times 3$, $3 \times 3 \times 2$, 4×4 , $4 \times 4 \times 4$, $3 \times 3 \times 4$, etc.

Quando os níveis eram só dois, podiam-se calcular só os componentes linear e as interações simples; com 3 ou 4 níveis, puderam-se adotar modelos mais complexos em que, além dos componentes linear e quadrático, podem-se calcular os componentes das interações: linear x linear, linear x quadrático, quadrático x quadrático.

Até há uns anos atrás efetuava-se a análise da variância decompondo seus componentes em todos os graus de liberdade. Assim a interação N era decomposta em N_L e N_Q ; a interação NP em $N_L P_L$, $N_L P_Q$, $N_Q P_L$ e $N_Q P_Q$, etc.(1).

Pouco a pouco foi-se acumulando evidência, nos ensaios de campo e de fertilidade, de que só os componentes linear x linear das interações simples tinham realmente maior significado e importância.

Dessa forma, modernamente, principalmente nos estudos de fertilidade, a decomposição de um esquema fatorial 3x3x3 em blocos de nove (obtido pelo confundimento de dois graus de liberdade da interação NPK) é assim efetuada:

	G.L.	Decomposição	G.L.
N	2	N_L	1
		N_Q	1
P	2	P_L	1
		P_Q	1
K	2	K_L	1
		K_Q	1
NP	4	$N_L P_L$	1
NK	4	$N_L K_L$	1
PK	4	$P_L K_L$	1
Blocos	2	Blocos	2
NPK	6	Resíduo	15
	26		26

O resíduo, que funciona como erro experimental, é um quadrado médio ponderado de NP (3 graus de liberdade correspondentes a $N_L P_Q$, $N_Q P_L$ e $N_Q P_Q$), NK (3 graus de liberdade), PK (3 graus de liberdade) e NPK (seis graus de liberdade).

A função de produção é, agora, da forma (C):

$$\hat{Y}_{ijk} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 x_2 + \hat{\beta}_3 x_3 + \hat{\beta}_{11} (x_1^2 - \frac{2}{3}) + \hat{\beta}_{22} (x_2^2 - \frac{2}{3}) + \hat{\beta}_{33} (x_3^2 - \frac{2}{3}) + \hat{\beta}_{12} x_1 x_2 + \hat{\beta}_{13} x_1 x_3 + \hat{\beta}_{23} x_2 x_3$$

onde $x_1 = -1, 0, +1$ $x_2 = 1, 0, +1$ $x_3^2 = +1, 0, +1$, etc.

Nos experimentos de campo, de fertilidade, quando se sabe que normalmente só dois fatores são importantes para determinada situação (caso de experimento de soja em São Paulo com semente inoculada de *Rhizobium* — dispensando o estudo do nitrogênio, no caso), pode-se, por exemplo, adotar um esquema fatorial 4x4 na presença e ausência de calagem dolomítica (0 e 2 toneladas de calcário dolomítico por hectare).

Esse delineamento pode ser colocado no campo em blocos de $\frac{1}{4}$ da repetição completa, fazendo-se fusão da interação AB (B), adotando-se duas repetições, uma com e uma sem calcário, com os blocos com e sem calcário sorteados de forma a possibilitar a avaliação do efeito do calcário (com pequena precisão) e das interações calcário x fósforo, calcário x potássio.

Apresentamos a seguir o conjunto balanceado do fatorial 4² em blocos de 4 unidades — interação AB fundida.

Rep I				Rep II				Rep III			
a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d
33	32	31	30	33	30	32	31	33	31	32	30
22	23	20	21	21	22	20	23	20	22	21	23
10	11	12	13	12	11	13	10	11	13	10	12
01	00	03	02	00	03	01	02	02	00	03	01

Com o conhecimento já existente da pouca importância das interações de ordem elevada, é possível, com o uso da técnica da repetição fracionada (fractional replication), utilizar-se o esquema fatorial 4x4x4 com $\frac{1}{4}$ da repetição, isto é, utilizando-se apenas 16 tratamentos (B).

Delineamento 4x4x4 em blocos de 16 (ABC fundida) — Efeitos principais A_L, A_Q, B_L, B_Q, C_L, C_Q, A_LB_L, A_LC_L, B_LC_L, livres de confundimento.

Pode-se utilizar o Bloco 1, por exemplo, e ficar-se-á com $\frac{1}{4}$ da repetição completa.

Sendo que o interesse da pesquisa reside muito mais na interpretação econômica dos experimentos que no teste de significância dos efeitos e interações é possível pôr-se em prova a adequação da função polinomial usando duas repetições dos 16 tratamentos correspondentes a $\frac{1}{4}$ do fatorial 4x4x4 (32 canteiros) ou uma repetição e mais 5 ou 6 observações no centro

Rep I			
Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4
000	001	002	003
110	111	112	113
220	221	222	223
330	331	332	333
011	012	013	010
121	122	123	120
231	232	233	230
301	302	303	300
022	023	020	021
132	133	130	131
202	203	200	201
312	313	310	311
033	030	031	032
103	100	101	102
213	210	211	212
323	320	321	322

**DELINEAMENTO CENTRAL COMPOSTO
TRÊS FATORES**

Observação	x_1	Nível x_2	—	Fator x_3
1	-1	-1		-1
2	1	-1		-1
3	-1	1		-1
4	1	1		-1
5	-1	-1		1
6	1	-1		1
7	-1	1		1
8	1	1		1
9	-2	0		0
10	2	0		0
11	0	-2		0
12	0	2		0
13	0	0		-2
14	0	0		2
15	0	0		0

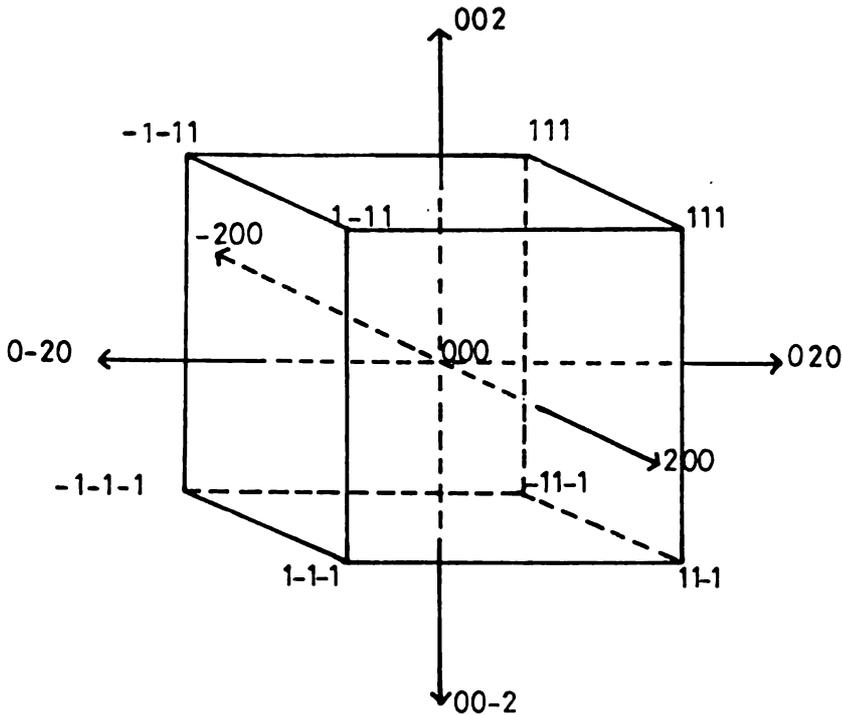
do delineamento (para possibilitar uma estimativa do erro e, assim, pôr em prova o resíduo experimental), o que totalizaria 21 canteiros.

Muito recentemente o Instituto Agronômico de Campinas vem utilizando, em alguns casos, o delineamento de Box que se segue (C).

Os oito primeiros pontos correspondem ao fatorial 2^3 , os seis seguintes são pontos axiais e o último representa o centro do delineamento.

Esse delineamento vem sendo utilizado em experimentos de fertilidade com 2 repetições (30 canteiros).

A disposição dos tratamentos pode ser representada geomêtricamente como segue:



O delineamento permite a exploração de uma amplitude (range) de -2 a $+2$, ou seja, um intervalo de dosagens de amplitude 5. A função de produção do tipo quadrático será da forma (C):

$$\begin{aligned}
 Y = & \hat{B}_{00} x_0 + \hat{B}_{11} x_1 + \hat{B}_{22} x_2 + \hat{B}_{33} x_3 + \hat{B}_{11}^2 x_1^2 + \hat{B}_{22}^2 x_2^2 + \\
 & + \hat{B}_{33}^2 x_3^2 + \hat{B}_{12} x_1 x_2 + \hat{B}_{13} x_1 x_3 + \hat{B}_{23} x_2 x_3
 \end{aligned}$$

Do grupo de Delineamento Composto, tipo Box, outros tipos também têm sido utilizados para a exploração de superfícies de resposta, como o central composto (central composite rotatable) com 21 tratamentos, etc. (B).

Se o objetivo é a calibração das respostas aos fatores de produção NPK, uma rede de ensaios é instalada nos grandes tipos de solo, se possível em função de uma prévia amostragem de solo para garantir que os locais escolhidos cubram a maior amplitude possível de fertilidade.

O objetivo é possibilitar a caracterização de determinados gradientes de fertilidade, obter correlações entre a análise de solo e a resposta aos fertilizantes e depois determinar uma função de produção que represente a resposta média.

Várias funções de produção têm sido utilizadas. A função quadrática, a função Mitscherlich, a função Cobb-Douglas, a função raiz quadrada, etc. (A).

Se for possível a caracterização por uma superfície de resposta média, então a função de produção adaptada, se for do tipo quadrático, terá a forma:

$$\hat{Y} = \hat{B}_0 x_0 + \hat{B}_1 x_1 + \hat{B}_2 x_2 + \hat{B}_3 x_3 + \hat{B}_{11} x_1^2 + \hat{B}_{22} x_2^2 + \hat{B}_{33} x_3^2 + \hat{B}_{12} x_1 x_2 + \hat{B}_{13} x_1 x_3 + \hat{B}_{23} x_2 x_3$$

Na possibilidade da existência de facilidades de capital, as dosagens de N, P e K que proporcionam lucro máximo serão, então, determinadas pela solução simultânea do sistema de 3 equações a três incógnitas (A).

$$\begin{aligned} \frac{\delta \hat{Y}}{\delta x_1} &= \frac{P_{x_1}}{P_Y} \\ \frac{\delta \hat{Y}}{\delta x_2} &= \frac{P_{x_2}}{P_Y} \\ \frac{\delta \hat{Y}}{\delta x_3} &= \frac{P_{x_3}}{P_Y} \end{aligned} \quad (1)$$

Se as interações B_{12} , B_{13} , B_{23} , isto é, as interações $N_L P_L$, $N_L K_L$ e $P_L K_L$, no caso de experimentos com NPK, foram pouco expressivas (como acontece muitas vezes nos experimentos de fertilidade), o modelo se simplifica e as dosagens mais econômicas podem ser determinadas independentemente, isto é, para nitrogênio pela relação

$$\frac{\delta \hat{Y}}{\delta x_1} = \frac{P_{x_1}}{P_Y}, \text{ etc.}$$

Nos experimentos de campo para estudos de fertilidade, quando do estudo dos macronutrientes, não se deve deixar de incluir alguns tratamentos extras em que entram calcário e micronutrientes.

Assim, no Instituto, em uma rede de experimentos de algodão do tipo NPK $3 \times 3 \times 3$, em blocos de 9, foram incluídos 3 tratamentos extras por bloco. Foram escolhidos os seguintes: calcário, micronutrientes e calcário + micronutrientes na dosagem NPK intermediária, o experimento compreendendo, então, 3 blocos de 12 tratamentos por localidade (ao invés de 3 blocos de 9).

Também deve ser realçada a necessidade de número suficiente de linhas em cada canteiro para poder deixar-se pelo menos uma linha de bordadura de cada lado do canteiro, de forma a evitar que as plantas úteis de outro tratamento (canteiro) possam ser beneficiadas, concorrendo para a mascaração dos resultados.

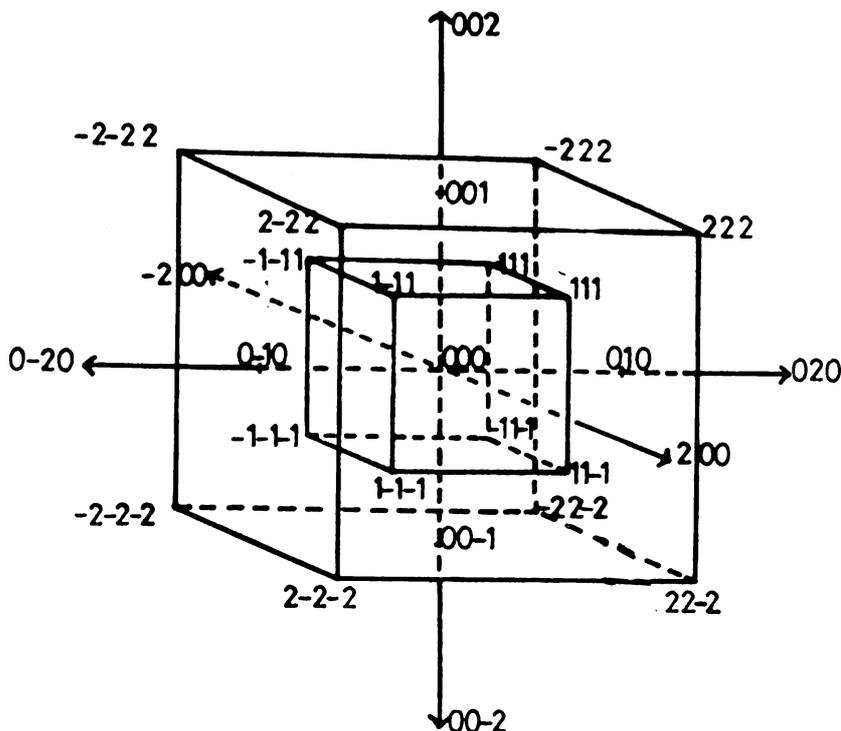
Para aumentar o conhecimento da potencialidade do solo em estudo, é conveniente seja, além da análise do solo, efetuada também a análise foliar; para isso, para uma boa caracterização do estado de nutrição das plantas, deve-se efetuar uma amostragem adequada para cada canteiro, levando em consideração o estágio fisiológico da planta e o grau de desenvolvimento das folhas que farão parte da amostra, a amostra devendo ser do tipo composta por caracterizar melhor a variação do canteiro.

DELINEAMENTO DUPLO CUBO, TIPO BOX

Um dos delineamentos tipo Box é o do tipo $2^3 + 2 \times 3 + 1$ ou seja, com 15 tratamentos (B).

Um delineamento ainda não apresentado (pelo menos, do nosso conhecimento) e que desenvolveremos a seguir, é um que abrange dois fatoriais 2^3 , 12 pontos axiais, 4 em cada eixo e o centro do delineamento.

Na verdade êle seria $2^3 + 2^3 + 4 \times 3 + 1 = 29$ tratamentos. Geomètricamente poderia ser assim representado:



Os 29 tratamentos correspondem às 2ª e 3ª colunas do quadro.

O polinômio a ser adaptado é ainda o do tipo:

$$\hat{Y} = \hat{B}_{00} x_0 + \hat{B}_{11} x_1 + \hat{B}_{22} x_2 + \hat{B}_{33} x_3 + \hat{B}_{11}^2 x_1^2 + \hat{B}_{22}^2 x_2^2 + \hat{B}_{33}^2 x_3^2 + \hat{B}_{12} x_1 x_2 + \hat{B}_{13} x_1 x_3 + \hat{B}_{23} x_2 x_3 \quad (2)$$

Para facilitar a ortogonalização (diagonalização da matriz), faz-se a transformação:

$$\hat{Y} = \hat{B}_{00} x_0 + \hat{B}_{11} x_1 + \hat{B}_{22} x_2 + \hat{B}_{33} x_3 + \hat{B}_{11} \left(x_1^2 - \frac{50}{29} \right) + \hat{B}_{22} \left(x_2^2 - \frac{50}{29} \right) + \hat{B}_{33} \left(x_3^2 - \frac{50}{29} \right) + \hat{B}_{12} x_1 x_2 +$$

$$+ \hat{B}_{13} x_1 x_3 + \hat{B}_{23} x_2 x_3$$

$$\text{onde } \hat{\eta}_0 = \hat{B}_0 + \frac{50}{29} \hat{B}_{11} + \frac{50}{29} \hat{B}_{22} + \frac{50}{29} \hat{B}_{33}$$

Feita essa transformação, os \hat{B} podem ser estimados calculando-se a matriz X , a qual é composta das colunas Z_0 a Z_9 da página 199.

Essa matriz terá 29 linhas e 10 colunas. A matriz transposta é a matriz X' , que terá 10 linhas e 29 colunas. A matriz $A = X'X$ de ordem 10, representa a soma dos quadrados e produtos dos X e é proveniente das equações normais resultantes das operações que visam à obtenção das estimativas dos B pelo método dos quadrados mínimos (B, C).

$$\text{Tem-se } XB = Y, X'XB = X'Y, AB = X'Y.$$

A matriz $A = X'X$ vale:

$$A = X'X \begin{pmatrix} 29 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2430 & 1444 & 1444 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline & 29 & 29 & 29 & & & & & & \\ 0 & 1444 & 2430 & 1444 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline & 29 & 29 & 29 & & & & & & \\ 0 & 1444 & 1444 & 2430 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline & 29 & 29 & 29 & & & & & & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 50 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 50 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 50 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 136 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 136 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 136 \end{pmatrix}$$

Pela teoria:

$$A^{-1}AB = A^{-1}X'Y \quad e$$

$$\hat{B} = A^{-1}X'Y$$

$$A^{-1} = \begin{pmatrix} 1/29 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,0214 & -0,0080 & -0,0080 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0,0080 & 0,0214 & -0,0080 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0,0080 & -0,0080 & 0,0214 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{50} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{50} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{50} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{136} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{136} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{136} \end{pmatrix}$$

$$X'Y = \begin{pmatrix} 67,97 \\ -250,55/29 = 8,6396 \\ -307,39/29 = -10,5996 \\ -385,11/29 = -13,2796 \\ 4,87 \\ 17,91 \\ 2,45 \\ 13,85 \\ -7,77 \\ -6,97 \end{pmatrix} \quad \hat{B} = A^{-1} X'Y = \begin{pmatrix} 2,3437 \\ 0,0061 \\ -0,0515 \\ -0,1303 \\ 0,0974 \\ 0,3582 \\ 0,0490 \\ 0,1018 \\ -0,0571 \\ -0,0512 \end{pmatrix}$$

Soma de Quadrados = $\hat{B}' X' Y$

$$\hat{B}' X' Y = \left. \begin{array}{r} 159,3012 \\ -0,0527 \\ 0,5459 \\ 1,7303 \\ 0,4743 \\ 6,4154^{**} \\ 0,1200 \\ 1,4099^{**} \\ 0,3569 \\ \hline 0,4437 \\ 9,2202 \end{array} \right\} 2,2235^*$$

$$SQ \text{ Total} = 171,2185$$

$$SQ \text{ Resíduo} = 171,2185 - (159,3012 + 9,2202 + 2,2235) = 0,4736$$

$$QM \text{ Resíduo} = 0,4736 \div 19 = 0,0249$$

$$\hat{\eta}_o = \hat{B}_o + \frac{50}{29} (\hat{B}_{11} + \hat{B}_{22} + \hat{B}_{33})$$

$$\hat{B}_o = \hat{\eta}_o - \frac{50}{29} (\hat{B}_{11} + \hat{B}_{22} + \hat{B}_{33}) =$$

$$= 2,3437 - \frac{50}{29} (-0,3029) = \hat{B}_o = 2,6466$$

$$V_{b_1} = V_{b_2} = V_{b_3} = \frac{1}{50} \sigma^2$$

$$V_{b_{12}} = V_{b_{13}} = V_{b_{23}} = \frac{1}{136} \sigma^2$$

$$V_{b_{11}} = V_{b_{22}} = V_{b_{33}} = 0,0214 \sigma^2$$

A equação da função polinomial nas variáveis originais, dada pela fórmula (2), páginas atrás, é, finalmente:

$$\begin{aligned} \hat{Y} = & 2,6466 + 0,0974 x_1 + 0,3582 x_2 + 0,0490 x_3 + 0,1018 x_1 x_2 - \\ & - 0,0571 x_1 x_3 - 0,0512 x_2 x_3 + 0,0061 x_1^2 - 0,0515 x_2^2 - \\ & - 0,1303 x_3^2 \end{aligned}$$

Se se quisesse determinar as dosagens que proporcionariam o lucro máximo poder-se-ia adotar a técnica atrás descrita em (1).

Com os valores esperados efetuou-se representação gráfica para doses crescentes de N, P, K e da adubação completa (gráficos 1 a 4 da página 200).

Comparação de precisão entre o 3x3x3 e o duplo cubo tipo Box.

O delineamento 3x3x3 tem a seguinte variância:

$$V_{b_i} = \frac{1}{18} \sigma^2 \quad V_{b_{ij}} = \frac{1}{12} \sigma^2 \quad V_{b_{ii}} = \frac{1}{6} \sigma^2$$

e o delineamento duplo cubo tipo Box a variância:

$$V_{b_j} = \frac{1}{50} \sigma^2$$

$$V_{b_{ij}} = \frac{1}{136} \sigma^2$$

$$V_{b_{ii}} = 0,0214 \sigma^2 \approx \frac{1}{46} \sigma^2$$

obtida da matriz variância $A^{-1} \sigma^2$

O delineamento utiliza 29 pontos enquanto a 3x3x3 utiliza 27.

O 3x3x3 apresenta residuo experimental (variância do erro) com 15 graus de liberdade (caso do 3x3x3 em blocos de 9)

Em 250 ensaios de algodoeiro a variância do erro do 3x3x3 em blocos de 9 foi aproximadamente $0,8 \sigma^2$ da variância obtida ignorando blocos (H).

Ignorando as pequenas diferenças nos graus de liberdade da variância do erro (15 do 3x3x3 para 19 do duplo cubo tipo Box) e no número de parcelas (27 canteiros do 3x3x3 para 29 parcelas do Duplo Box), e admitindo um aumento de 20 % de eficiência para o 3x3x3 em blocos de nove, teremos:

$$V_{b_i} = \frac{1}{18} (0,8) \sigma^2 \quad V_{b_i} = \frac{1}{50} \sigma^2 \quad Ef > 2,22$$

$$V_{b_{ij}} = \frac{1}{12} (0,8) \sigma^2 \quad V_{b_{ij}} = \frac{1}{136} \sigma^2 \quad Ef > 9,07$$

$$V_{b_{ii}} = \frac{1}{6} (0,8) \sigma^2 \quad V_{b_{ii}} = \frac{1}{46} \sigma^2 \quad Ef > 6,13$$

NOVA SITUAÇÃO DAS VARIÁVEIS

Tratamentos	Y	Z ⁰	X ⁰	Z ¹	X ¹	Z ²	X ²	Z ³	X ³	Z ⁴	X ⁴	Z ⁵	X ⁵	Z ⁶	X ⁶	Z ⁷	X ⁷	Z ⁸	X ⁸	Z ⁹	X ⁹	Σ
		X ⁰	X ¹	X ²	X ³	X ⁴	X ⁵	X ⁶	X ⁷	X ⁸	X ⁹	X ⁰	X ¹	X ²	X ³	X ⁴	X ⁵	X ⁶	X ⁷	X ⁸	X ⁹	X ⁰
1	-	000	-2	-2	-2	0,80	1	66/29	66/29	-2	-2	-2	-2	-2	-2	4	4	4	4	4	4	0,91
2	-	400	+2	-2	-2	0,97	1	66/29	66/29	2	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-4	-4	-4	-4	-4	0,94
3	-	040	-2	+2	-2	1,93	1	66/29	66/29	-2	2	2	2	2	2	-4	-4	-4	-4	-4	-4	1,94
4	-	440	+2	+2	-2	3,55	1	66/29	66/29	2	2	2	2	2	2	-4	-4	-4	-4	-4	-4	3,60
5	-	004	-2	-2	+2	2,06	1	66/29	66/29	-2	-2	-2	-2	-2	-2	4	4	4	4	4	4	1,97
6	-	404	+2	-2	+2	1,05	1	66/29	66/29	2	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-4	-4	-4	-4	-4	1,09
7	-	044	-2	+2	+2	2,21	1	66/29	66/29	-2	2	2	2	2	2	-4	-4	-4	-4	-4	-4	2,18
8	-	444	+2	+2	+2	2,99	1	66/29	66/29	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2,93
9	-	111	-1	-1	-1	2,01	1	-21/29	-21/29	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1,96
10	-	311	+1	-1	-1	2,06	1	-21/29	-21/29	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	2,06
11	-	131	-1	+1	-1	2,77	1	-21/29	-21/29	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	2,58
12	-	331	+1	+1	-1	3,22	1	-21/29	-21/29	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	3,09
13	-	113	-1	-1	+1	1,93	1	-21/29	-21/29	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	2,27
14	-	313	+1	-1	+1	2,09	1	-21/29	-21/29	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	2,15
15	-	133	-1	+1	+1	2,40	1	-21/29	-21/29	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	2,68
16	-	333	+1	+1	+1	3,05	1	-21/29	-21/29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2,97
17	-	022	-2	0	0	2,65	1	66/29	-50/29	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,48
18	-	122	-1	0	0	2,48	1	-21/29	-50/29	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,56
19	-	222	0	0	0	2,67	1	-50/29	-50/29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,67
20	-	322	+1	0	0	2,74	1	-21/29	-50/29	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,75
21	-	422	+2	0	0	2,74	1	66/29	-50/29	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,86
22	-	202	0	-20	-20	1,81	1	-50/29	66/29	-20	-2	-2	-2	-2	-2	0	0	0	0	0	0	1,72
23	-	212	0	-10	-10	2,45	1	-50/29	-21/29	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	2,24
24	-	232	0	+10	+10	2,93	1	-50/29	-21/29	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	2,96
25	-	242	0	+20	+20	3,05	1	-50/29	66/29	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	3,16
26	-	220	00	-2	-2	1,91	1	-50/29	-50/29	0	0	0	0	0	0	-2	-2	-2	-2	-2	-2	2,03
27	-	221	00	-1	-1	2,53	1	-50/29	-50/29	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	2,47
28	-	223	00	+1	+1	2,57	1	-50/29	-50/29	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2,56
29	-	224	00	+2	+2	2,35	1	-50/29	-50/29	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2,22
			67,97	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67,99

GRÁFICOS DE ENSAIO DE ADUBAÇÃO DUPLO CUBO TIPO BOX

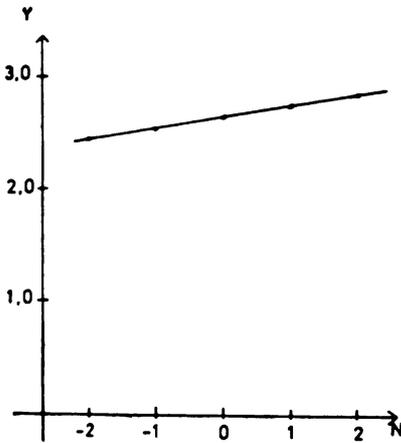


FIG. 1.—Gráfico mostrando o efeito de doses crescentes de Nitrogenio em presença de dose média de Fósforo e Potássio.

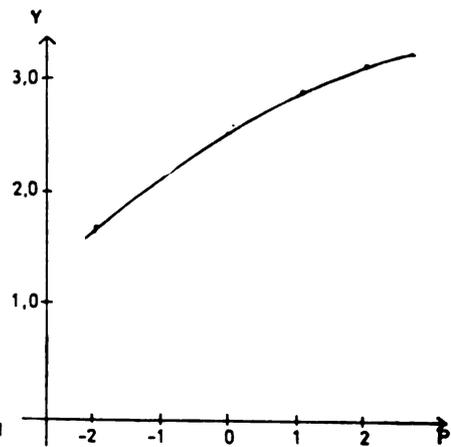


FIG. 2.—Gráfico mostrando o efeito de doses crescentes de Fósforo em presença de dose média de Nitrogenio e Potássio.

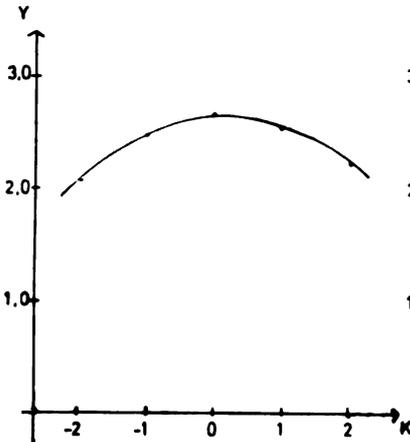


FIG. 3.—Gráfico mostrando o efeito de doses crescentes de Potássio em presença de dose média de Nitrogenio e Fósforo.

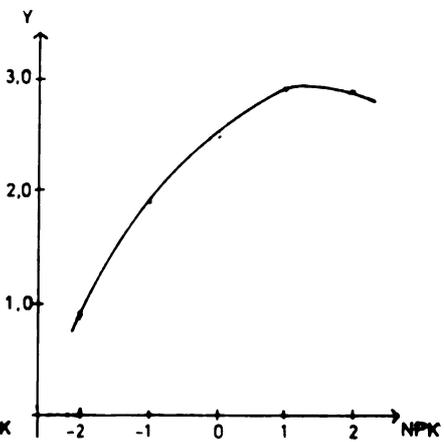


FIG. 4.—Gráfico mostrando a curva de produção para doses crescentes da adubação completa.

Conclui-se, portanto, que mesmo no caso em que a variância do $3 \times 3 \times 3$ em blocos de nove fôsse $0,8 \sigma^2$ da variância do duplo cubo tipo Box, a eficiência para a estimação dos coeficientes dos B do $3 \times 3 \times 3$ em blocos de nove seria bem inferior à do duplo cubo tipo Box, o que parece recomendar o nôvo delineamento especialmente para os ensaios de fertilidade, avaliação da superfície de resposta e determinação da economicidade da adubação. A correção para as diferenças do número de graus de liberdade da variância do êrro e número de parcelas dos dois delineamentos é mínima e pouco alterará a situação, dada a grande diferença de eficiência entre os dois delineamentos.

BIBLIOGRAFIA

- (A) BAUM, E. L.; HEADY, E. O. and BLACKMORE J. Methodological Procedures in the Economic Analysis of Fertilizer Use Data. The Iowa State College Press. Ames. Iowa, 1956.
- (B) COCHRAN, W. C. and GERTRUDE, M. C. Experimental Designs. John Wiley & Sons, New York, Second edition, 1957.
- (C) DAVIES, O. L. The Design and Analysis of Industrial Experiments. Oliver & Boyd, London and Edinburgh, 1954.
- (D) FEDERER, W. F. Experimental Design. Theory and Application. The Mac Millan Company, New York, 1955.
- (E) FISHER, R. A. Design of Experiments. Oliver and Boyd, London, 5th ed., 1949.
- (F) KITAGAWA, T. and MICHIVO, M. Tables for the Design of Factorial Experiments. Dover Publications, Inc. New York, 1955.
- (G) SNEDECOR, G. W. Statistical Methods. Iowa State College Press, Ames, 4th ed., 1946.
- (H) VENTURINI, W. R. and JOASSY P. N., J. Eficiência do delineamento $3 \times 3 \times 3$ em blocos de nove em experimentos de algodoeiro. *Bragantia*, 21: 631-637, 1962.
- (I) YATES, F. The design and analysis of factorial experiments. *Imp. Bur. Soil. Sci., Tech. Comm.*, 35: 1937.

Discusión

Exposición de HERNÁN TEJEDA y ARMANDO CONAGIN
Preside la Sesión: N. DE BARROS (Paraguay)

De Barros. Se pide a todos que sigamos el esquema, tan solo con el objeto de orientar algo las discusiones. Empezaríamos con el tema "la exploración de deficiencias nutritivas". ¿Qué observación hay acerca de exploración de deficiencias nutritivas teniendo en cuenta bloques al azar, cuadrados latinos, etc.?

Tejeda. Me interesaría saber si alguno de los presentes ha utilizado otro tipo de diseño experimental para trabajar en exploración de deficiencias nutritivas en el campo.

Zaffanella. Bueno, en Argentina, la exploración en campo de las respuestas del trigo y del maíz ha sido tardía en parte porque el país tenía una organización económica con rendimientos unitarios que eran aceptables para la economía. Pero indudablemente el INTA comenzó a ensayar en forma general en toda la región pampeana, la respuesta a los fertilizantes en trigo y en maíz. La investigación se organizó primero con una etapa exploratoria de campo, es decir, se probó este diseño simple con ausencia de un elemento y presencia de los demás probando N y P, es decir, N sin fósforo, testigo y completo. Se utilizaron varias parcelas que eran cosechadas por las máquinas cosechadoras en el caso del trigo; fue interesante este asunto. Las parcelas tenían como 60 m. de largo por 4 ó 5 m. de ancho y cuatro repeticiones y en algunos ensayos el coeficiente de variación fue del 4 ó 5%. De modo que teníamos menor variabilidad en los grandes ensayos de campo que en los ensayos con pequeñas parcelas de 1 m. × 5 m. en las estaciones experimentales. La etapa exploratoria fue muy útil, nos permitió en un año darnos idea de las carencias de estos dos elementos en una superficie de millones de hectáreas; encontramos carencia de N y P y una interacción entre ambos en la parte sur de la región triguera argentina, Mar del Plata y Bahía Blanca en la parte sur de la costa, en la parte central de la región pampeana que es coincidente en cuanto a trigo y maíz la reacción fue evidente al Nitrógeno. Es un ejemplo de campo sobre una gran superficie y es interesante porque colaboró el Servicio de Extensión, lo cual permitió instalar en un año varios centenares de ensayos en trigo y también en maíz.

Tejeda. Entonces sin tratar de generalizar o recomendarlo, por lo menos habrían dos o tres ejemplos que muestran que este diseño tiene el respaldo de haber sido ya utilizado.

Zaffanella. Quizás no se si el nombre de Chaminade no aparece asociado como el autor de las técnicas del estudio de los elementos completos del sur en macetas, pero hay trabajos de Blanes y Martín de hace unos cuantos años. Quizás Chaminade se distinga por otras características como el uso de un gran número de individuos para eliminar el error individual y el criterio de exploración exhaustiva, por cortes sucesivos de Lolium, de ballica o raigrás, le dan un carácter muy interesante al trabajo de Chaminade.

Tejeda. Justamente por eso es que este trabajo en el campo sería similar al descrito recientemente.

Puricelli. Para confirmar la bondad del cuadrado latino podría citar que fue el ataque inicial de los problemas de exploración de deficiencias que se hizo en Méjico; desde hace muchos años, trabajando en áreas de riego, con espacios físicos más restringidos que en Argentina donde la macro parcela ha andado muy bien, como dijo el colega Zaffanella. En Méjico se hizo el ataque en base al cuadrado latino, con muy buenos resultados también, así que entiendo que son dos sistemas bien funcionales.

Conagin. En el trabajo "Análisis suscinta de un grupo de experimentos de adubação de feijoeiro" que presenté en 1967 en Santiago (*) y en el cual se relata el ensayo con porotos, 70 ensayos con porotos 3 x 3 x 3 fueron hechos en São Paulo. Además del 3 x 3 x 3 colocamos en cada bloque de 9, algunos tratamientos extras, la dosis media más azufre, la dosis media más otros micronutrientes y la dosis media más azufre y micronutrientes, como una tentativa para ver si la respuesta a NPK no está condicionada por la falta de azufre, de los otros micronutrientes o de ambos. Los resultados aquí descritos muestran que en muy pocos casos hubo respuesta a los otros micronutrientes. Infelizmente en mi opinión en lugar de azufre debería haberse colocado cal dolomítica ya que las leguminosas necesitan bastante de esto. El azufre debería haber sido colocado tal vez como alternativa a la inclusión de micronutrientes. Yo creo que esto debería ser una mejor recomendación dada para aquellos

(*) "Investigación Económica y Experimentación agrícola" (p. 143), editado por E. Montero B. y Santos Pérez V., IICA, Zona Sur. Memorias del Seminario Internacional, realizado en Santiago de Chile en julio 25-29, 1966.

ensayos de NPK; quiero decir, que deberían incluirse tratamientos extras con micronutrientes, azufre, cal, etc., y si en un determinado ensayo se verificase respuesta positiva, debería tomarse las muestras de estos suelos para ensayos en macetas. Quiero decir, que habría que aprovechar los ensayos de NPK, con algunos tratamientos extras para descubrir si hay influencia de otros elementos, los cuales pudieran estar enmascarando las respuestas que se buscaban en cada caso, detallando entonces, la experimentación en estos locales para descubrir cuáles son los factores limitantes de las respuestas.

Couto. Lo mío es con referencia al diseño rotatorio central compuesto especialmente y sobre todo me interesaba discutir algunas observaciones hechas en el comportamiento de este diseño en los trabajos de campo. Tejeda señaló que para él una limitación importante del diseño era la no inclusión de un testigo y yo comparto únicamente en parte su criterio por la razón de que depende de los objetivos de la experimentación. Si pretendemos solamente determinar los niveles de fertilización óptima para determinadas zonas, esto no aparece como una limitante, porque para eso no es necesario el testigo. En cuanto a su exclusión al solo efecto de los estudios de calibración de métodos, también creo que puede utilizarse el diseño si se siguen ciertos procedimientos, por ejemplo, trabajar en determinadas clases de suelos separadas por contenido nutriente, e incluso sé que existen otros procedimientos para tratar de incluir dentro de la función alguna otra variable que tiene que ver con los nutrientes contenidos en el suelo y para lo cual no se requiere el uso del testigo. No tengo aquí la cita bibliográfica, pero conozco el trabajo del profesor de la Escuela para Graduados, el Prof. Raktoe, que empleaba un sistema diferente que le permitía llegar a ese objetivo sin inclusión de testigo.

Tejeda. En el caso que se quiera determinar solamente la dosis óptima para una zona y esto justificase la no inclusión del testigo, significaría que se está haciendo la hipótesis de trabajo que los resultados obtenidos en una red de ensayos dispersos en una zona son extrapolables a todos los puntos intermedios del área entre los ensayos. Además, no habría necesidad de medir los parámetros del suelo del agricultor que va a sembrar, para poder ajustar la recomendación que se obtuvo en dos sitios alejados o sea en los dos extremos de un gradiente que puede existir allí. En otras palabras se estaría actuando con un criterio de promedios, se estaría recomendando fertilización con un criterio de promedio que en una primera aproximación estaría bien;

pero estando dentro de la segunda etapa de este estudio, en el esquema del Ing. Letelier, hay que entrar a dejar de lado el trabajo con promedios y comenzar a hacer las recomendaciones de acuerdo a los análisis de suelo y otros parámetros del potrero mismo donde se va a aplicar la recomendación. En esa situación, es fundamental que en los ensayos intervenga el testigo porque él es una estimación de la contribución natural del suelo al rendimiento, y la diferencia entre el testigo y la curva de respuesta obtenida, es la contribución extra de los fertilizantes que se están agregando. Sin perjuicio de que esta contribución extra esté modificada también por los parámetros del sitio que afectan al testigo. En otras palabras, la pendiente de la curva va a variar de un sitio a otro debido al efecto de los factores de suelo que a su vez determinan el rendimiento del testigo. Esa sería más o menos la idea básica. Si se quiere trabajar con un criterio de promedio, estaría bien eliminar el testigo; si se quiere ajustar las recomendaciones de acuerdo a los análisis de suelo y otros parámetros del sitio, la situación es diferente.

Couto. Justamente es, en ese sentido, que yo opino que, en determinadas circunstancias, como primera etapa y tal vez por mucho tiempo, se deban hacer las recomendaciones con criterios de promedios y no sobre los análisis de suelo, porque pongamos por caso el muestreo, las condiciones en que hemos estado trabajando, y ya se conoce por experimentación anterior que los nutrientes fundamentalmente requeridos son N y P, y como lo citó el Ing. Tobler, prácticamente en todo el país el contenido de P es muy bajo y tiene un valor muy relativo en cuanto a un promedio. Así que incluir un dato de ese tipo en una función de respuesta en el momento, considero que sería impracticable, porque el contenido es bajo siempre y el rango para datos analíticos para P es muy pequeño, con el uso intensivo de fertilizantes en muchos años de uso es posible que se necesite un ajuste, mientras tanto considero más útil trabajar en recomendaciones en base a promedios, es decir para condiciones promedio de la zona. En cuanto a N, es bastante diferente porque varía ampliamente de un lugar a otro, pero esa variación a veces se puede ver reflejada en otros antecedentes y no exclusivamente en análisis de suelo, tal vez como historia de uso anterior de la chacra, lo que permitiría clasificar los lugares en que se está experimentando en 3 ó 4 grupos y hacer una recomendación para cada grupo únicamente, y al resultado esperado lógicamente va a estar afectado por las condiciones particulares de ese lugar. Creo que en general compartimos ese criterio según se utilice con una finalidad definida. El otro aspecto de la falta de repe-

ticiones en algunos tratamientos, que también Tejeda señalaba como un defecto o deficiencia del diseño, creo que es muy importante y muy de tener en cuenta si se buscan resultados aplicables a un lugar en particular, para lo cual entonces si necesitamos repeticiones de los tratamientos; pero si buscamos también resultados aplicables a una zona donde se ha instalado una serie de ensayos, ahí empieza también a regir el criterio de promedio, y si bien no tenemos repeticiones en cada lugar, las tenemos en la zona, y también aquí obtendríamos un valor esperado de respuesta que sería el promedio entre los datos observados y estaría afectado por el error experimental y además, por el efecto de cada ubicación. Por lo tanto, tampoco comparto la idea de que es una deficiencia del diseño.

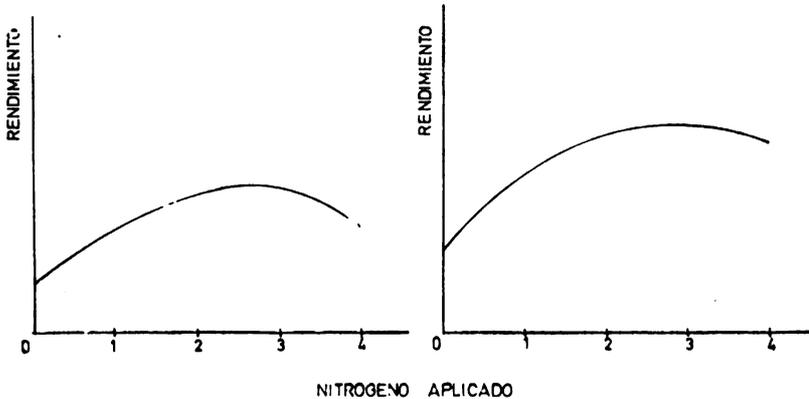
Tejeda. Creo que si tomamos un marco más amplio para discutir no vamos a tener ningún punto de diferencia. Si nos restringimos a ciertos aspectos particulares, seguramente va a haber divergencia. Vuelvo a traer el esquema del Ing. Letelier, es decir, en nuestra forma de ver las cosas, hay una primera etapa en que el investigador tiene una responsabilidad inmediata frente a la sociedad que es entregarle lo más pronto posible la información que permita levantar un nivel tecnológico muy bajo a un cierto nivel de mejoramiento. Pero una vez que se ha llegado a ese nivel, su obligación es continuar perfeccionándolo para lo cual tiene que emplear las mejores herramientas que tenga a su alcance. Creo que en esta reunión cada uno de los presentes está viviendo una situación particular, es decir, cada uno está colocado más adelante o más atrás en esta escala de realidades. Los representantes de las tres Estaciones Experimentales de Chile, también vivimos etapas distintas en cada una de las Estaciones Experimentales. Por lo tanto, el enfoque que se le dio a la exposición es un enfoque de tipo general; no hay duda que si se está en una primera etapa de investigación, con una repetición basta, utilizando diferencias entre sitios como error experimental y recomendando en base a promedios. Pero si ya se tiene que construir un modelo de respuesta de un cultivo a la fertilización y los demás factores para una zona agroecológica A, tengo en mente por ejemplo, los trabajos que se están haciendo en Iowa (Pesek y Col.) y en Méjico (Laird y Col.), en ese caso ya hay que entrar a tomar otras medidas que hacen el ensayo un poco más delicado, y donde por ejemplo, se necesita tener dos repeticiones por sitio, ¿para qué? Porque es la mínima seguridad que se puede tener de que la estimación de los puntos de la curva en ese sitio son los más cercanos al valor del universo en ese punto. Porque si no, vamos a construir un modelo en base a una serie de datos obtenidos en diferentes sitios experi-

mentales, y los datos de cada sitio pueden tener errores. Los resultados de cada sitio deben ser lo más exactos posibles, por lo tanto, por lo menos se recomendaría hacer dos repeticiones; si se puede hacer más sería mejor, pero desde luego hay limitaciones de medios.

Couto. En ese sentido encuentro que al diseño permite hacer algo diferente a eso: trabajar sin repeticiones en la mayor parte de los tratamientos en cada lugar, pero estimando el error experimental en este lugar, y lo que sí va a ser afectado es la estimación de los puntos de la curva en este lugar, pero yo preguntaría entonces, ¿para qué se está haciendo experimentación de campo? ¿Para dar una recomendación de uso de fertilizantes en cada lugar? ¿O se están haciendo recomendaciones para la zona?

Tejeda. Supongamos que tenemos una zona agroecológica con ciertas características afines determinadas, que vamos a elegir sólo dos sitios experimentales, y que éstos nos va a dar la totalidad de información. Supongamos además, que estamos estudiando sólo la respuesta al N, que el N inicial es constante en los dos casos, y que vamos a tener 5 niveles de N aplicado en cada lugar, siendo ésta (gráfico 1) la curva de respuesta obtenida en el sitio N° 1 y que la curva en el sitio N° 2 sea ésta otra (gráfica 2). Lo único que varía aquí es el suministro de agua durante el cultivo; supongamos que los índices de disponibilidad de humedad tienen valores I_1 e I_2 . Estos índices de disponibilidad van a tener, por ejemplo, una probabilidad de ocurrencia de 80 % en el caso 1 y 40 % en el caso 2. Este índice pondera la cantidad de agua caída y su distribución, y el efecto de la distribución dentro de los períodos críticos del cultivo. La diferencia en estos casos de la respuesta al N se debe exclusivamente a la disponibilidad de agua. La utilidad de construir un modelo como función del N aplicado y el índice de disponibilidad de agua es la siguiente: si tenemos un 3er. y un 4to. lugar donde los índices tienen una probabilidad, respectivamente, de 100 % y 20 %, vamos a poder inferir, en base a este modelo que se estimó hipotéticamente con 2 puntos para simplificar el ejemplo, que seguramente aquí la respuesta va a ser mucho mayor y acá mucho menor; esta es la utilidad de no recomendar con promedios sino construir un modelo que incluya las variables que sean relevantes al cultivo. Según el Dr. Laird, que es una persona que ha trabajado en esto, en los países como el nuestro se cree que pudieran ser más o menos 7 u 8 variables las más importantes para el caso del maíz, por ejemplo.

LA RESPUESTA AL NITROGENO EN DOS CONDICIONES DE HUMEDAD
(ILUSTRACION DE LA EXPOSICION)



Couto. Esos dos ejemplos, ¿se consideran dentro de una misma zona de condiciones similares y simplemente afectados por accidentes climáticos del año o son diferentes regiones de condiciones distintas?

Tejeda. Pueden ser zonas en que en una llueva más y en otra menos, pero que tengan el mismo tipo de suelo.

Couto. En el caso del ejemplo que se refiere a lluvia, yo creo que se puede también pretender hacer una investigación de carácter nacional y afectada por todas esas variables; lo que proponía era la realización de la investigación dentro de zonas de características homogéneas y afectado cada lugar por condiciones particulares del año, no de la zona. Es decir, se puede observar en cualquier lugar en el mismo año, aún cuando los registros de lluvia sean los mismos en muchos años, en ese año cae lluvia diferente, y eso está afectando los resultados. Partiendo de la base de que los experimentos se realizan en esas condiciones, ¿para qué sirve la estimación de la función de respuesta en cada lugar, con repeticiones en cada lugar?

Tejeda. El período de lluvia lo podemos dividir en forma bien simple en tres, obtenidos de cultivos anteriores de sensibilidad de cultivos al agua. Se pueden hacer tres períodos tomando por ejemplo desde la siembra hasta comienzo de la espigadura; espigadura a formación del grano y de allí a la maduración. Frente a esta realidad, ¿usted supone que la distribución de la lluvia es la misma para todos los años, en el mismo momento?

Couto. No.

Tejeda. Usted supone que hay variaciones. Entonces le va a variar el porcentaje de frecuencia del índice. Aquí me refiero al índice construido por Parks y Knetsch (1). El tipo de índice construido por estos autores considera no sólo la cantidad total de agua sino también, la probabilidad de distribución del agua a través de los años. Por ejemplo, usted puede tener un 100 % de probabilidad de que caiga siempre 600 mm. al año, pero en el 1er., 2do. y 3er. período puede tener la probabilidad de que caiga 200, 300 y 100. Puede tener otra probabilidad para que le caigan 400, 100 y 100. Esta variación de probabilidad de la frecuencia de la lluvia caída en cada lugar y en cada período se muy amplia. En ese caso es válido este tipo de análisis que estamos haciendo y este tipo de modelo, pero si usted tiene la misma pluviometría total y una probabilidad muy alta que tenga la misma distribución en todos los años no hay ningún problema en lo que usted dice.

Couto. De todas maneras yo entiendo entonces que se está estimando para cada lugar la probable respuesta que va a estar afectada con probabilidad de que ocurran determinadas circunstancias. Estamos discutiendo otro aspecto, el que si se necesitan o no repeticiones en cada lugar y de cómo eso incide sobre la estimación de la respuesta esperada sobre el lugar y sobre el conjunto de lugares.

Tejeda. Para poder construir el modelo general se ha dicho que es necesario tener estimaciones de la respuesta en diferentes situaciones, es decir, frente a diferentes valores del conjunto de factores ambientales. Por ejemplo, en la respuesta a N modificada por N del suelo, disponibilidad de agua y temperatura del ambiente. Tenemos que elegir los sitios experimentales de tal manera que tengamos un N alto con un agua baja y temperatura media, etc., es decir, diferentes combinaciones de los factores relevantes.

Entonces, como vamos a tener diferentes casos que van a estar caracterizados por diferentes combinaciones de estos factores que modifican la respuesta al N, esa va a ser la información básica para construir nuestro modelo general. Ahora bien, esa información básica del efecto de esos factores se va a reflejar en cada sitio en una curva de respuesta. En un primer sitio, frente a ciertos valores vamos a tener una curva de respuesta; en otro lugar con diferentes valores de las variables vamos a

(1) Parks, W. L. and Knetsch, J. L. 1959. Corn yield as influenced by nitrogen level and drought intensity. *Agronomy Journal*, 51: 363-364.

tener diferentes curvas de respuesta. En un tercer lugar, vamos a tener otro conjunto de valores de esos tres factores. Es la diferencia dependiente y de ubicación del testigo y de máximo de estas curvas que nos van a permitir construir nuestro modelo general. En realidad no vamos a tener curvas sino puntos experimentales observados; en realidad ciertos puntos experimentales observados van a tener error debido a otros factores. Esos valores van a ir dispersos de esta manera, entonces ya no va a ser tan clara esta curva, ya estos puntos no van a reflejar tan claramente el efecto de este grupo de factores frente a este otro, porque acá los puntos van a estar dispersos, entonces la nitidez de la curva desaparece y tenemos estos puntos que tienen variaciones propias y no controlables. De modo que la única manera que tenemos de disminuir esta variación y hacer más nítida cada respuesta para cada grupo de factores es tener repeticiones en cada lugar, porque así tenemos bien caracterizada la respuesta para este conjunto de valores.

Couto. En mi concepto se llega al mismo lugar por ambos procedimientos, porque si bien repitiendo en cada lugar, usted tiene dos puntos para cada lugar, para estimación de la curva general y repitiendo en muchos lugares los ensayos y no los tratamientos, usted tiene también una serie de puntos para estimar la curva con carácter general.

Tejeda. Pero van variando también los factores asociados.

Couto. De no hacer repeticiones en cada lugar usted tendría una observación en ese lugar y nada más, y otra observación acá, y el resultado de eso, a la larga, trabajando con una serie muy alta, es lo mismo.

Tejeda. Pero usted se olvida de que varían los niveles de sitio al cambiar de un lugar a otro.

Couto. Como yo partí de la base de que la experimentación se hacía para una zona de condiciones similares y que estaba solamente afectada por accidentes del año, aún estimando la curva para cada lugar, es decir, con repeticiones, los resultados van a estar afectados por algo imprevisible que es lo que va a suceder ese año.

Letelier. Creo que la ventaja de usar repeticiones es que precisamente se comprueba si se está trabajando dentro de un universo uniforme o no.

Couto. Eso lo está haciendo por el punto central que lo está repitiendo seis veces en cada lugar, porque usted repite el punto central y tiene una estimación de los puntos de la curva y no del error.

Tejeda. Lo único que puedo agregar es lo siguiente, que la opinión de personas que están trabajando en determinación de modelos del rendimiento versus factores es favorable al uso de repeticiones y parcela testigo.

Conagin. Creo que ahora se está tratando de introducir dos factores nuevos: agua más temperatura, fuera de los factores naturales comunes que veníamos analizando, por ejemplo, la influencia de nitrógeno, fósforo y potasio en la producción.

Hay otra escuela que dice que una vez obtenida la respuesta a los fertilizantes, se debería mantener un mismo experimento por lo menos por tres años en cada localidad a fin de poder avaluar la influencia climática sobre el experimento. En realidad esto es un aspecto muy importante; si la curva de más arriba representase por ejemplo la producción en un año muy bueno, la curva del Centro un año medio y la inferior un año malo, el punto de máximo retorno sería en términos de una variable, muy alterada en base a lo que quisiéramos hacer. Esto es muy importante para el agricultor, ya que un agricultor, temeroso de los resultados económicos que pudiera obtener con la aplicación elevada de recursos (y disponiendo de pocos recursos económicos) tendería a usar insumos y dosis por debajo de la media. Entonces un agricultor con poca capacidad económica tendería a orientarse por los resultados obtenidos en los años malos: si fuese optimista se basaría en los resultados de los años medianos y si además de ser optimista, tuviera facilidades de capital, tendería a basarse en los resultados de los años muy buenos, que lógicamente constituirían un porcentaje menor del total de años.

En nuestro programa estamos tratando de definir lo que deberíamos hacer para atacar este problema, ¿qué sería lo más importante? En parte comparto la opinión de Tejeda: se debe buscar ciertas muestras que tuvieran nivel de fertilidad química (un cierto tenor de acuerdo al valor químico-analítico) adecuado, tales como tenor alto, mediano y bajo, para los valores químico-analíticos de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, etc. Se seleccionarían un cierto número de puntos con valores similares en la escala analítica y estos puntos estarían representados por establecimientos agrícolas.

Adicionalmente yo describiría los perfiles de suelo, tomaría datos de agua, de temperaturas y otros datos más que se pueden recoger. Los experimentos conducidos en esos lugares nos permiten obtener los datos de producción y obtener ade-

más, otros datos que podrían explicar la variación encontrada, relacionadas con la fertilidad y con las otras variables adicionales, porque vamos a querer dar recomendaciones, que son las más adecuadas posibles.

Lo que queremos es finalmente, tener una respuesta media para un agricultor o ganadero. Porque si estuviéramos trabajando para ingenios azucareros por ejemplo, en que la respuesta estaría limitada a un área geográfica definida, estoy de acuerdo con que deberíamos procurar obtener mucho más precisión para cada ingenio, en este caso deberíamos tener un número mucho mayor de experimentos relacionados con los diferentes niveles de fertilidad existentes en las áreas del ingenio de modo que extendiendo el argumento iría hasta este punto.

Pero debemos de hacer un compromiso. Vamos a suponer que, en el gran muestreo efectuado para la ubicación de los experimentos, tuviéramos datos bien extendidos entre dos extremos (gran rango analítico). Esto es normal. En otros casos, entre los resultados de los análisis (para el potasio por ejemplo), se consiguió unos puntos excepcionales (muy bajos; puntos realmente difíciles de obtener). Entonces sería realmente importante tener 2 y 3 repeticiones en esos lugares de modo de no correr peligro de perder dicha información, ya que en las áreas intermedias de los valores analíticos nuestra función de producción sería más fácil de obtener por la mayor frecuencia de estos puntos.

De modo que creo que si no existe un criterio ya perfectamente definido del asunto, existe la posibilidad de ser realizado con la colocación de varios experimentos, unos al lado de otros, en tres años sucesivos, para obtener la variación climática y así poder caracterizar los distintos estratos de suelo y clima, con relación al número de repeticiones si estamos en condiciones para hacer dos repeticiones en un número mayor de ensayos locales sería mucho mayor aún; cuanto más se tenga, mejor. Pero como regla general yo pienso que si tuviéramos que elegir entre realizar 20 experimentos con 2 repeticiones locales lo que da un número total de 40 ensayos, o 40 ensayos en diferentes localidades (con una repetición por localidad) tomando un número mayor de suelos y situaciones yo preferiría el número mayor de suelos con una única repetición por localidad.

Zaffanella. Tejeda en su exposición ha dicho algo que para los que no estamos familiarizados con este nivel matemático es sin embargo, importante y es que él advierte contra el peligro de un divorcio de hechos biológicos con respecto a hechos

matemáticos y nos mostró un ejemplo de una incongruencia biológica a través de un hecho que matemáticamente parecía bien elaborado. Frente a este dilema que se insinúa, los diseños de cubos, en realidad han sido introducidos de campos exteriores al campo agronómico y se ha tratado de adaptarlos. Yo pregunto si no sería interesante insistir sobre esquemas que tienen en cuenta el hecho biológico, en ese sentido creo que es bastante interesante considerar la línea de trabajo de Homes con las variantes sistemáticas y el trabajo de seis elementos que elabora y llega a establecer fórmulas económicas de fertilizantes sobre la base de N, P, S, por una parte, de Ca, K y Mg por la otra. No se si los presentes estarán familiarizados con este sistema, pero es posible que en esta etapa en que estamos, la línea de Home's o cualquier otra que tome en cuenta el problema biológico que se basa en el equilibrio aniónico y catiónico y estos equilibrios son fundamentales para determinar las dosis más convenientes de fertilizantes, pregunte a todos los presentes si no consideran de interés ensayar un poco con otros criterios que no sean precisamente estos para el problema de la calibración.

Couto. Quería referirme a esa parte que planteó Zaffanella, no al método de las variantes sistemáticas con el cual no estoy muy familiarizado, pero sí al divorcio que él sostiene existe entre estadísticos y agrónomos o experimentadores y quiero repetir o aclarar lo que manifesté hoy durante el desarrollo que hizo Tejeda que en mi concepto no se trata de una deficiencia del diseño ni de una deficiencia de la estadística o de la matemática, se trata de una deficiencia de las personas que hacen uso de esas herramientas, porque el modelo matemático tiene que ser fijado de acuerdo al hecho biológico y elegido en base a eso y después si los resultados experimentales introducen una modificación tal que es incompatible con el hecho biológico no pueden utilizarse.

Reynaert. Quería contestar la pregunta de Zaffanella sobre el uso del sistema de Home's sobre el uso de variantes sistemáticas. El método se basa sobre estudios de fisiología vegetal, es decir, los equilibrios que tienen que existir entre nutrientes (aniones y cationes), en soluciones nutritivas en medios de cuarzo, de arena en macetas. De ahí fue que se derivó el método. Posteriormente lo aplicó al campo y yo encuentro que si bien en cuanto a combinaciones de fertilizantes en algunas condiciones de suelo, este método podría tener algunas ventajas y méritos, por otra parte, en cuanto a dosis y estudios económicos no creo que prometa muchas soluciones.

Letelier. Respecto a esto que como decía Reynaert se basa en los equilibrios entre cationes por un lado y entre aniones por otro, y a su vez, entre cationes y aniones. Me parece que estos equilibrios no son demasiado importantes, desde luego en soluciones nutritivas se pueden obtener rendimientos máximos con relaciones muy distintas entre elementos nutritivos, por otra parte, esta importancia decrece aún más en el suelo, debido a que el suelo tiene un gran poder regulador, de modo que me parece que los factoriales pueden ser una mejor visión aún desde el punto de vista de Home's el cual se acerca un poco al antiguo criterio del factor limitante, que se llama también la ley del mínimo, una especie de mejoramiento de la ley del mínimo.

Tejeda. Yo quería hacer dos observaciones respecto al caso de Soofi y Fuehring⁽²⁾. En mi concepto esta falla se debe a un divorcio que existe en estadística y experimentaciones agronómicas, en otras palabras, que no es uno solo el criterio que decide y discrimina en los dos sentidos, sino que han sido dos y generalmente están entregándose el uno en la mano del otro. Es lo mismo que en un problema físico. Siempre en un problema físico hay las consideraciones matemáticas del problema y las consideraciones físicas que acotan el problema. Generalmente dan los valores iniciales y los valores finales, el valor de la constante de una fórmula física, pero eso no lo hace el matemático por una parte y el físico por otra, el físico por naturaleza es y tiene que ser un matemático. En agronomía tradicionalmente ha pasado lo opuesto, es decir, una persona hace las consideraciones estadísticas y encuentra que están bien, pero el agrónomo puede opinar que la situación es distinta. En el caso de Soofi y Fuehring⁽²⁾ específicamente, si uno lee el capítulo completo del libro de Cochran y Cox⁽³⁾ de donde se sacó el diseño experimental (*), encuentra que no hay ninguna reserva para aplicar el diseño que aparece en el apéndice de dicho capítulo en el problema que tenían que estudiar Soofi y Fuehring⁽²⁾. Y me imagino que eso fue lo que hicieron estos autores; no encontraron ninguna discriminación, ninguna luz roja, ni siquiera amarilla que le dijera ¡cuidado! Puede tener tal problema. Se puede fijar en una serie de diseños que están en el apéndice. Soofi y Fuehring⁽²⁾ lo usaron, siguieron la metodología descrita, obtuvieron la estimación del error, probaron

(2) Soofi, G. S. y Fuehring, H. D. 1964. Nutrition of corn on a calcareous soil. I. Interrelationships of N,P,K,Mg and S on the growth and composition. Soil Sci. Soc. of Am. Proc., 28: 76-79.

(3) Cochran, W. G. y Cox, G. M. 1957. Experimental design. 2nd. ed. John Wiley and Sons, Inc. N. Y.

los coeficientes, los encontraron significativos, y publicaron, pero entonces la falla del diseño apareció a posteriori. Si el estadístico hubiera tenido un criterio agronómico, hubiera sabido que este diseño, dada la debilidad experimental del material agronómico, no era suficiente porque con alrededor de 30 ó 35 tratamientos, se estaba estimando un fenómeno factorial que correspondería a más de 2.000 combinaciones. Entonces había una reducción extremadamente fuerte y que todavía, insisto, en condiciones industriales puede operar, pero no en las condiciones de campo y bajo el nivel de control que es posible lograr en un ensayo.

De Barros. Quiero pedir una aclaración de Tejeda. Se refiere a que: "Si se efectuaba algún análisis económico se trataba de individualizar el tratamiento más rentable para cada ensayo, el que no necesariamente coincide con la dosis económicamente óptima". Yo pregunto si él entiende por tratamiento más rentable aquel que obtiene más dólares en retorno por cada dólar invertido, y por dosis económicamente óptima aquello que compara el incremento bruto de producción con fertilizante o sin fertilizante.

Tejeda. El concepto de retorno por unidad monetaria no está aplicado; se trata solamente de retorno por superficie fertilizada. Una cosa es retorno por superficie fertilizada y otra retorno por recurso invertido en unidad monetaria. En ese tipo de ensayo se determinaba cuál de todos los tratamientos daba una diferencia mayor entre entrada bruta y gastos.

Conagin. Es importante que ustedes vean la evolución que tenemos. En un comienzo entre 1860 a 1870, ya se trabajaba con diseños experimentales, tales como los cuadrados latinos, diagonalizados, los cuadrados "Knut-Vick" (que es un tipo de cuadrados latinos) en que los tratamientos tienen buena distribución en el campo (localizados de una manera similar al movimiento del caballo, en L, del juego de ajedrez), todos con buen control de la fertilidad en líneas y filas, con la finalidad de conseguir una eliminación de la variabilidad del terreno: la decisión acerca de las diferencias de tratamientos se hacía, basado principalmente en los promedios. Después de eso, a comienzos de este siglo se demostró que aún teniendo un terreno uniforme y cosechándolo en 500 ó 1.000 pequeñas parcelas (plots) se podría obtener una distribución del tipo normal, o normal ligeramente asimétrico; en ésta las producciones iban de producciones muy altas a muy bajas, con una gran masa ubicada en el medio y con formato casi normal de la distribución. Eso

nos llevó a la idea de que el fenómeno biológico tenía variabilidad del tipo normal. También se llegó a la idea de tener una medida de las decisiones experimentales tomadas en función del error experimental, calculado para cada tratamiento existente. Surgió como se ve en los tratados antiguos de estadística, la utilización del error probable en lo cual los cuadrados de las desviaciones eran divididas por n en lugar de $(n-1)$ grados de libertad. A cada una de las medias se agregaba o se sustraía el error probable de la media, etc. Más tarde vino R. A. Fisher quien preconizó en vez del cálculo de cada uno de los errores por tratamiento, el proceso del Análisis de Variancia y los diseños en bloques al azar y los cuadrados latinos casualizados. Más tarde él presentó la idea de que podría haber una interrelación biológica entre los nutrientes o entre otros factores y recomendó que se hiciesen estudios factoriales con 2, 3 o más elementos. Naturalmente como no se tenía suficiente información, en el comienzo se daba un valor alto a cualquier tipo de efecto principal o interacción. Con el correr de los años se fue acumulando evidencia de que muchas interacciones como las cuadráticas de 2 factores, las interacciones triples y otras no eran importantes. A partir de ese momento y teniendo en cuenta que muchas interacciones no eran importantes fue posible de reducir el tamaño de los bloques con el confundimiento de ciertas interacciones triples, fue posible colocar el diseño $3 \times 3 \times 3$ en bloques de nueve parcelas, manteniendo la misma información acerca de los efectos principales e interacciones del tipo $N_L P_L$, $N_L K_L$ y casi fue posible calcular una función polinomial conteniendo diez parámetros.

Tengan en cuenta que hasta entonces el número de repeticiones era muy importante, ya que era la base para la toma de decisiones. Las decisiones para efectuar las separaciones entre los tratamientos eran efectuados por el análisis de variancia o por el test de t . De ahí lo expresado por Tejeda de que tomar una decisión a través de la interpretación de las diferencias significativas entre tratamientos para ver si estas diferencias cubrían los costos, para después formular recomendaciones, no es suficiente, sino que lo que se requiere hoy es un estudio cuantitativo y económico más completo, por medio de las funciones polinomiales u otras. Ahora, recientemente, los economistas en países como Estados Unidos y Europa, donde la agricultura es mucho más desarrollada y donde las decisiones económicas se toman con márgenes de pequeñas ganancias, han empezado a emplear métodos más refinados como la utilización de funciones de producción, por ejemplo: funciones del tipo polinomial, del tipo Mitscherlich o Cobb-Douglas, para efectuar

con ellas las interpretaciones económicas, etc. Eso es una tentativa de llegar a una solución razonable del problema para maximizar la ganancia, de modo que lo que yo quería decir, de acuerdo con la teoría estadística, que si tuviera 20 combinaciones de tratamientos (propriadamente escogidos) y quisiera estimar una función polinomial sólo con 10 parámetros, esto es posible por la teoría de los cuadrados mínimos y se obtiene un residuo; para este residuo corresponde solamente 10 grados de libertad. Si tuviera 30 combinaciones de tratamientos y se pretendiera estimar una superficie de respuesta con 10 parámetros, sobrarían 20 grados de libertad para estimar el residuo, es decir, que se tendría mayor precisión, y es por esto también que Tejeda insiste en usar dos repeticiones en el diseño. Ahora cuando existen limitaciones de recursos y una cantidad definida de trabajo a realizarse, se tiene que decidir, si se va a realizar: un trabajo más amplio con menos profundidad, pero con mayor poder diferencial global, o si es mejor: trabajar con universos menores y con más precisión. Claro, donde no existen limitaciones de recursos y personal, lo mejor sería trabajar siempre con más precisión. Pero en la mayor parte de nuestros países esta posibilidad es muy limitada y a veces la mayor exactitud obtenida en la información por diseños muy complicados no justifican los mayores costos de la operación.

Yo tengo la impresión que aquí estamos llegando a un extremo y no debemos procurar la mayor precisión en cierto sentido. Si se pretende efectuar una calibración en experimentos del tipo NPK y si se planea instalar 10 ensayos $3 \times 3 \times 3$ con dos repeticiones por lugar, yo pienso que sería probablemente más útil instalar 20 ensayos $3 \times 3 \times 3$ con una repetición por lugar. Este aspecto existe en la actualidad. Yo no sé cuál es la capacidad de trabajo de un grupo dado, pero para no caer en el extremo de, por ejemplo, tener que esperar 20 años (al ritmo actual de trabajo) para tener un mapa de suelos completo de Argentina bien detallado en escala de 1:20.000 y como alternativa uno en escala de 1:200.000, pero completado en 2 ó 3 años, lo que posibilitaría su uso inmediato, yo pienso que me decidiría por esta última alternativa. Cuando cada agricultor necesitase mapas con más detalles y la agricultura fuese tecnificándose cada vez más, entonces se iría refinando los mapas, de acuerdo a eso. Sólo quiero dar una idea de la tomada de decisiones en perspectivas como ésta. La verdad es que estamos en camino y yo creo que correctamente, pero creo que debemos tener conciencia de que, con 20 unidades experimentales si quisiéramos tener una función de respuesta más detallada que tenga 12, 14 ó 15 parámetros (esto es si se planea la obtención

de un número grande de informaciones a través de la función polinomial), hay que tener en cuenta lo que Tejeda expuso. Por esta razón hay que escoger entre los diseños experimentales más apropiados para cada caso.

Existe también un cierto riesgo si nos quedamos en el estudio de 2 a 3 factores por vez, tales como el estudio de N, P y K y este riesgo es de que no se toma la precaución de verificar si otros factores tales como deficiencias de calcio, azufre, los micronutrientes, etc., limitan la respuesta a N, P y K de manera que enmascaran la calibración que se pretende hacer.

Así que en mi opinión, algunos tratamientos extras son muy importantes.

Reynaert. Hasta el momento hemos visto únicamente diseños simétricos y quería preguntarle a Tejeda en qué medida la simetría o asimetría del diseño contribuye al sesgo (bias) que puede existir con relación al modelo que asumimos para la respuesta.

Tejeda. Usted dice si el diseño simétrico va a contribuir al bias. Sobre eso hay un trabajo muy reciente hecho por Cady (4) y que todavía no está publicado.

Reynaert. Según un artículo reciente el Dr. Laird que usted mencionó está experimentando con unos diseños, uno de los cuales es asimétrico.

Tejeda. Yo leí sólo un resumen de una evaluación hecha por Cady (4) sobre este tipo de diseño y dice más o menos lo siguiente: que encontró que cuando hay mayor concentración de puntos en una zona del espacio de los factores en el diseño, aumenta la precisión de estimación en esta zona, pero disminuye la precisión de la estimación en todo el espacio factorial. Es decir, hay un aumento de precisión en una parte de la zona, pero el promedio de la precisión en todo el espacio factorial disminuye. En cambio, cuando hay un igual espaciado de los puntos a través de todo el espacio de los factores, aumenta la precisión promedio con que se está estimando el rendimiento en todo el espacio factorial, pero disminuye la precisión en un punto cualquiera.

(4) Cady, F. B. 1967. Bias error in yield functions as influenced by treatment desig. *Agronomy Abstracts*, Nov. 1967, p. 100. (Summary from a paper presented to the 1967 Annual Meeting of the American Society of Agronomy, Washington, D. C., Nov. 5-10, 1967).

Reynaert. ¿En qué condiciones piensa usted que se podría aplicar con preferencia el diseño asimétrico?

Tejeda. Esto depende de las preferencias del investigador y esa preferencia van a estar dadas por sugerencias previas; en otras palabras, si el investigador está convencido por ejemplo, de que la zona donde va a caer los óptimos económicos tanto para N como para P están en este lugar y le interesa tener una alta precisión de la estimación del rendimiento y a la vez le interesa tener una alta estimación de la pendiente, porque recordemos que es la estimación de la pendiente del rendimiento la que nos da la dosis económicamente óptima, no es el rendimiento físico total, si él está convencido de que en esta zona va a estar el óptimo, entonces se puede trabajar con diseño asimétrico. Pero se debe tener bastante seguridad, porque tendría problemas si la mitad de los ensayos o más resultan con el óptimo fuera de la zona de concentración. Porque seguramente lo va a poder estimar con una precisión mucho más baja que en el caso de ocupar diseño simétrico. Esto requiere mayor nivel previo de información acerca de la naturaleza de respuesta.

Reynaert. Otra pregunta que tenía era con respecto al espaciamiento de las dosis de fertilizantes a aplicar. Las dosis no tienen por qué ser siempre equidistantes.

Tejeda. Precisamente esa pregunta incide en la respuesta anterior. Al no tener dosis equidistantes se vuelve a hablar de diseño asimétrico. En este caso, que no es el único, porque esta mayor concentración de puntos puede estar al medio, podemos tener una dosis aislada primera, otra con bastante diferencia y después concentrar una serie de dosis al medio con menor espaciamiento y después poner otras dosis aisladas en otro extremo e igual en la otra dirección. Pero eso está significando que usted tiene mucha información previa que le dice que en el medio, o bien al final va a estar el óptimo.

Reynaert. Es decir, que ese diseño se aplicaría recién en una etapa posterior. En realidad me quería referir más específicamente al caso de una respuesta tipo Mitscherlich o asimétrica, por ejemplo, al fósforo, donde aparentemente es interesante estimar la primera parte con más precisión, y quisiera informarme sobre la aplicabilidad de un diseño asimétrico en este caso.

Tejeda. En una primera aproximación de la calibración cualquiera de estos otros procedimientos que mostré va a salir mejor. Además otra ventaja de espaciamiento es que si no se dispone de computadora para calcular los coeficientes de regresión y se tiene dosis que no están igualmente espaciadas, el cálculo se alarga notablemente. Así que es una gran conveniencia tener dosis espaciadas simétricamente y también balanceadas, es decir, que si hay un punto central, todas las dosis que se pongan sean simétricas en el plano respecto a ese punto.

Duarte. Tengo entendido que lo presentado por los colegas, los diseños experimentales en discusión presentados aquí, nos van a servir para una planificación de las necesidades a largo plazo. Pero nosotros tenemos, como la mayoría de ustedes, que dar respuestas inmediatas. Cuando yo vuelva a Pelotas, mi lugar de trabajo, encontraré muchos resultados de análisis y tendré que efectuar las recomendaciones sobre la cantidad de fertilizante a muchos agricultores. Lo que voy a presentar a los colegas es lo que he podido interpretar de las ideas del profesor Robert Cate (Sugestões para Adubação - 3ª Aproximação), Robert Cate (Director Regional do Projeto International de Análise do solo, AID-Áliança para o Progreso, Recife, Brasil).

Cate propone una solución para el caso de que tenemos que formular recomendaciones de fertilización disponiendo de un mínimo de información. Creo que su procedimiento sirve para una aplicación inmediata, sin dejar de lado la importancia de experimentos con buenos diseños experimentales, que sirven para un planeamiento a largo plazo.

El procedimiento de Cate supone la disponibilidad de tres elementos sobre los cuales se basa:

- Renta bruta de la producción.
- Respuestas, obtenidas en ensayos de invernáculo o de campo, a una fertilización completa expresado como producción relativa (por ejemplo $\frac{NK}{NPK} \times 100 \%$).
- Análisis de suelos.

Cate construye una gráfica con las producciones relativas (respuestas) en las ordenadas y los valores de los análisis de suelo en las abscisas.

Luego coloca plástico transparente con los dos ejes, que dividen el campo en 4 cuadrantes (positivos los de superior derecha e inferior izquierda y negativos los de superior izquierda e

inferior derecha) y trata, moviendo la máscara, de que quede ubicado un mayor número de puntos en los cuadrantes positivos. El eje vertical determina en el punto donde corta la abscisa el nivel crítico de los valores analíticos.

El paso siguiente es determinar una media de las producciones relativas del cuadrante positivo inferior y una media de aquellas en el cuadrante positivo superior. Cate encontró que para trigo en el Brasil la media del cuadrante inferior era 60 % y la media del cuadrante superior 90 %. Esto quiere decir que en el cuadrante inferior que comprende los valores bajos de análisis faltan 40 % para alcanzar la producción máxima (fertilización completa), mientras que en el cuadrante superior que comprende los valores altos de análisis faltan 10 %. En este caso Cate establece la relación de respuesta relativa, que es 4:1 para Bajo:Alto. Sobre esta relación basa Cate la proporción en que se debe de aplicar los fertilizantes.

Se mantiene la relación 4:1 tanto para P como para K, mientras que para N caso en el cual todavía no se dispone de un método de análisis satisfactorio, se le asigna una cifra proporcional de 2. Así en el caso mencionado de Brasil se manejan las siguientes proporciones:

<i>Análisis de suelo</i>		<i>Relación N:</i>
P	K	$P_2O_5 : K_2O$
bajo	bajo	2 : 4 : 4
bajo	alto	2 : 4 : 1
alto	bajo	2 : 1 : 4
alto	alto	2 : 1 : 1

Para formular las recomendaciones sobre la cantidad de fertilizantes a aplicar se tiene que conocer la renta bruta (estimada) por Há. Como para la mayoría de los casos el gasto en fertilizantes puede situarse entre el 10 y el 20 % del retorno bruto estimado, lo que debemos hacer es dividir este porcentaje en las proporciones indicadas por el análisis de suelo para saber cuánto debemos gastar con cada fertilizante. Sabiéndose los precios de los fertilizantes calculamos las cantidades a aplicar. Si pretendemos gastar apenas 10 % del retorno bruto y si ésta fuera \$ 1.000, entonces dividiremos \$ 100 en las proporciones dadas por el análisis de suelo. (Por ej. 2:4:1.) Considerando que el N cueste NCr \$ 1,00 el kilo, el P_2O_5 Ncr 0,50 y NCr 0,33 el kilo de K_2O , tenemos que emplear por Há., para el caso presente, 50 kilos de N, 100 de P_2O_5 y 25 de K_2O , aproximadamente. Estas son las ideas generales. No conozco la parte matemática de este asunto, me gustaría saber cuál es la opinión de los colegas o si es que tienen datos al respecto.

Letelier. En el Simposio que realizó el IICA en Santiago hace 2 ó 3 años sobre economía del uso de fertilizantes, yo presenté un trabajo basado precisamente en el porcentaje de respuestas, es un valor verdaderamente real y mucho más real que el simple valor promedio que indica la curva de respuesta. Es decir, uno puede, por ejemplo, hacer una serie de ensayos, un ensayo factorial o en un ensayo de dosis de abono, se obtiene en una determinada zona un cierto porcentaje de casos que dan respuestas de 5 quintales, de 10 y de 15 quintales, y no se puede hacer un cuadro en el cual se indique en esa zona explorada y para cada nivel de fertilización, o bien para cada tenor de P en el suelo, el porcentaje de casos que van a tener una respuesta baja, media, alta, en fin, de acuerdo con la precisión del experimento. En ese caso, el agrónomo que trabaja en esa zona fácilmente puede llegar a un criterio económico. Si hay una dosis que en el 60 % de los casos le da un incremento de 10 quintales y si ese incremento le cuesta a él produciendo 2 quintales, indudablemente que la probabilidad de tener una respuesta económica es muy grande si no necesita mayor cálculo, curvas y otros estudios matemáticos. Así que creo que no entiendo la parte matemática que explicó el colega, pero me parece que el principio de usar el porcentaje de casos con diversas respuestas se muy sano y muy claro, muy aplicable y toma en cuenta toda la realidad, no solamente el valor promedio que nos da una curva.

Tobler. La señora de Valli trajo un trabajo de EE. UU. Según lo que entendí al leerlo todo lo que hace es evitar el cálculo matemático. Por ejemplo, lo tiene aplicado a distintos métodos de determinar en el suelo; compara el Bray y el Olsen y quiere llegar a la conclusión de cuál es el mejor. Y como tiene los puntos de respuesta y acá tiene el rendimiento expresado en por ciento y acá las tenores crecientes de P. Entonces matemáticamente él debía recurrir a estas fórmulas complejas que nos han dejado los estadísticos; para evitar las fórmulas matemáticas usa este sistema simple: esta cuadrícula la divide en 4 cuadrantes, 2 positivos y 2 negativos y mueve el plástico en forma tal que quede el mayor número de puntos comprendidos entre los dos cuadrantes positivos. Entonces donde el eje vertical (*) puede dar el nivel crítico de P en el suelo.

Schenkel. ¿Y si tomo, por ejemplo, el área explorada que son los otros elementos que están investigando?

De Barros. Observación sobre lo que expuso Duarte: Hay que aclarar que el investigador no trata de colocar el mayor nú-

(*) Corte la abcisa.

mero de puntos posible en los cuadrantes positivos sino trata de encontrar aquella solución extractora que le permite obtener el mayor número de puntos en los cuadrantes positivos o en otras palabras, aquella solución extractora que presente la mayor correlación con los rendimientos obtenidos, siga mejor el comportamiento de la planta y de esta forma nos permita evaluar las necesidades en una forma más precisa. El eje vertical paralelo al eje de ordenadas y que divide los cuadrantes es el que corresponde al nivel crítico.

Schenkel. ¿Y si tomo, por ejemplo, el área explorada que son los otros elementos que están investigando?

Duarte. Justamente yo he verificado eso, Ing. Schenkel. Tuve ese problema y dudas al respecto. Creo que en ese caso ya lo tenemos en RGS. ¿Qué es lo que puede pasar? Si conociéramos más profundamente los mecanismos, vemos que van a ocurrir una serie de cosas que todavía no podemos explicar y que sólo estos ensayos más refinados van a podernos aclarar. Lo que quiero dejar bien en claro es que, no es que yo esté en contra del modelo estadístico, sólo creo que el uso de estos modelos sean para explicar una etapa de casos más refinados. Hay problemas donde forzosamente debemos recurrir a ellos para resolverlos sin duda alguna. Cuando nosotros, como el caso de ahora en que tenemos que dar información más rápida, más grosera, en este momento, debemos usar algún medio que nos permita determinar la cantidad de fertilizante que debemos recomendar al agricultor, y tener algún criterio para hacer esta recomendación. Creo que esta es una forma buena aunque no conozca los problemas que puede traer y las limitaciones del mismo.

Murdock. Creo que el sistema aquí puede trabajar muy bien en suelos en los que tengamos que aplicar abonos, mejorar el nivel de N, P, K, especialmente en suelos que ya están tratados. Pero si hiciéramos un cálculo teniendo en cuenta, por ejemplo, aquellos suelos de Vacaría que mostrábamos ayer, aquel pobrecito va a quedar sin aplicación de fertilizante por el resto de su vida. Realmente no hay caso, él no puede hacer nada con eso. No hay duda de que estamos entrando en el sector de la economía donde debemos tener en cuenta y considerar la política agraria. Nos estamos olvidando del valor residual del que estábamos hablando esta mañana, de la inversión de capital que es equivalente a la compra de nuevas tierras, de la necesidad de aumentar el nivel de producción de la región, en fin, estamos tratando de usar un método para hacer los cálculos para el agricultor que ya está bien razonablemente, pero para el programa de mejoramiento de suelos que precisa una inversión fuerte, este método no va a funcionar, porque nunca va a poder llegar a

determinar el valor, como se llama en inglés "threshold value", si encontramos este método trabajaría para aquellos agricultores que ya están bien adelantados, ya que este método nunca va a determinar los valores de aquellos que llamamos "threshold value" ya que el agricultor tiene que colocar tanta cal para comenzar a obtener una respuesta a otros elementos y también este encalado puede incrementar la cantidad o la dosis que pudiera necesitar. Creo que es realmente aquí, donde vamos a encontrarnos con problemas.

Tejeda. Sobre este sistema, creo que cuando no se tiene información previa y sí existe la responsabilidad de hacer recomendación a corto plazo, es posible utilizarlo. De hecho se está ocupando en Chile y se va a seguir ocupando con los valores nuevos. Entonces depende de las consideraciones locales si se utiliza un método simple o bien un método más elaborado, pero de mayor precisión. Todo depende de la etapa de avance en que se encuentre la investigación en fertilidad, los problemas que se presenten y los medios que se disponga para desarrollar los trabajos. En Chile, por ejemplo, existe bastante información sobre deficiencias y respuestas a fertilizantes. Además, existe un mapa de suelos bastante completo. Sin embargo, la respuesta a los fertilizantes varía bastante, ya sea por variación de la fertilidad inicial del terreno, por factores físicos o bien factores climáticos y por latitud misma, porque nuestro país es largo y angosto y entonces el largo del día va variando cada 150 ó 200 kms. con un ancho de no más de 90 kms. en la zona a que me estoy refiriendo. Frente a esta realidad parecería que tenemos que entrar a tener ya una segunda aproximación, y aquí creo es totalmente justificable, todavía, si tenemos algo de preparación en esto en nuestra gente y equipo, tenemos los equipos de computación fácilmente accesibles y tenemos todos estos recursos, yo creo que sería una mala utilización de ellos si no tratásemos de perfeccionar las calibraciones. Respecto al método simplificado que ha presentado el colega Duarte, lo que no estoy de acuerdo en ese sistema es usarlo para correlacionar métodos de análisis de suelos; es decir, para separar extractantes. Si trabaja en invernáculo ya la discrepancia es menor y respecto a eso he visto dos trabajos muy claros. Black⁽⁵⁾ ha avanzado bastante en el análisis de la correlación ente materia seca y absorción de nutrientes por la planta. Por otra parte Munson y Stanford⁽⁶⁾ u otro grupo

(5) Black, C. A. 1966. Advanced soil fertility. Ames, Iowa, Agronomy Dept., Iowa State University of Science and Technology. (Class notes.)

(6) Munson, R. D. y Stanford, G. 1955. Predicting nitrogen fertilizer needs in Iowa soils: IV. Evaluation of nitrate production as a criterion of nitrogen availability. Soil Sci. Soc. of Am. Proc., 19: 464-468.

de autores que trabajaron en EE. UU. han encontrado lo mismo respecto al N que Black (7) al P. Yo creo que en la situación nuestra no debíamos ser tan exigentes que la selección de métodos deba ser por absorción, que es lo más adecuado, absorción neta de nutrientes por maceta, pero si con índices biológicos elaborados con ensayos en macetas conducidos con bastante control experimental, por lo menos. Aquí me pareció que la selección de métodos era en base al trabajo de campo.

Duarte. Se trabajó también en macetas. De todas formas tenemos que utilizar un extractante que nos da la distribución de puntos adecuada. North Carolina no salió como adecuado.

Tejeda. Yo creo que este es un argumento circular porque está probando una cosa con lo mismo que quiere usarla para probar lo opuesto. Porque está tratando de separar un extractante que ayude a que la respuesta esté de acuerdo a cierto criterio, selecciona un extractante y por la lectura que haga, tiene que quedarle forzosamente allí. Para separar el extractante uno tendría que utilizar un índice biológico independiente del lugar.

Duarte. Si hay respuesta es porque hay absorción, lo que nosotros tenemos que determinar es la relación que existe entre tenor del suelo y la respuesta directamente, ya que normalmente si hay absorción hay respuesta. Esto no está en contra de lo que dijo el Dr. Murdock que debemos hacer; no mejoraría mucho el suelo, pero nos permitiría trabajar para recomendaciones, provocando de que todos los agricultores lleguen lo más pronto posible a una renta máxima. Eso es un criterio que se utiliza y se trataría de que los agricultores se esfuercen para llegar a obtener esa renta bruta máxima, los cálculos están precisamente basados sobre la renta bruta máxima. Si se quisiera gastar muy poco de abono las respuestas van a ser mucho mayores a los primeros incrementos de abono, ya que, con mayor cantidad, menos respuesta, los rendimientos son decrecientes, o sea que se obtiene una mayor efectividad en el uso del abono cuando estamos en la parte baja de la curva. Estamos aconsejando en esta parte inferior de la curva, para que el agricultor eventualmente pase a la parte superior. Para ello se debería educar al agricultor para que use todas las convicciones. Me parece que en ese sentido hay un punto de acuerdo con lo que acaba de decir el Dr. Murdock.

(7) Dos Santos, A. F., Black, C. A. y otros. 1960. Evaluation of biological indexes of soil phosphorus availability. Soil Science, 89: 137-144.

Murdock. Me gustaría hacer algunas consideraciones sobre este problema. La primera de ellas es en relación a la renta bruta; para determinar esta estimación me parece que debe hacerse por lo menos en 20 áreas diferentes dentro de Río Grande del Sur, y pobre de aquel que tiene que hacer las recomendaciones. En segundo lugar, ya conocemos la curva de crecimiento y correlaciones entre los análisis de suelo y los valores de rendimiento. Hay por lo menos una media docena de formas de calcular la cantidad de abono necesario, es decir, que yo no tengo nada en contra de esto, excepto del concepto de recuperación que es una inversión y me parece que es más para el costo. Lo que encuentro que debemos dejar de hacer es cortar el cuello del agricultor antes de darle la posibilidad de que él se pueda cortar el pescuezo a sí mismo. Así que nosotros estamos tomando la decisión para el que va a mantenerlo en un nivel bajo de producción. El ya de por sí es conservador; si hacemos una recomendación alta, él no va a aceptarla de ninguna manera, pero si él es una persona que quiere aumentar la producción y mejorar su situación, y si tenemos una evaluación de la forma en que él puede aumentar su producción, debemos de darla. Por el contrario, si ya estamos haciendo una recomendación baja, estamos ya limitando sus resultados. Esas son dos cosas que debemos tener en cuenta para hacer las recomendaciones.

Letelier. Yo quisiera insistir en el fondo del hecho que me parece muy importante, de que haya algún método que nos indique no sólo el punto medio de la curva, sino también que nos indique la variabilidad. Porque si bien las curvas se calculan a base de variabilidad calculando la correlación, es factible sólo para esto y después ya no se toma en cuenta, y es muy importante saber qué probabilidad hay de obtener una respuesta. De modo que sólo así tenemos la idea completa del fenómeno. La curva significa una parte del fenómeno, pero la variabilidad es una cosa tan importante como el valor promedio.

V. Tecnología de la aplicación y evaluación de fertilizantes

**Eficiencia relativa
de tres fertilizantes fosfatados
en la fertilización inicial de pasturas**

ERNST E. REYNAERT (1), José L. CASTRO (2)

INTRODUCCION

La evaluación de distintos fertilizantes ha recibido mucha atención desde que aparecieron en el mercado varios tipos suministrando un mismo elemento. Esta evaluación, que tiene como objetivo final la comparación económica de las distintas fuentes de los nutrientes, ha sido encarada con diferentes métodos.

El criterio más empleado es la disponibilidad del nutriente, que se estima por métodos químicos o biológicos. En el método biológico se utiliza el rendimiento económico o el rendimiento del nutriente (cantidad absorbida por la planta) para comparar las distintas fuentes.

Estos rendimientos pueden provenir de experimentos realizados en invernáculos o en el campo.

Las comparaciones en invernáculo tienen más sensibilidad para medir diferencias entre los fertilizantes, lo que es particularmente importante cuando las diferencias a estimar son relativamente pequeñas.

Sin embargo, es peligroso utilizar directamente los resultados de ensayos en macetas en interpretaciones económicas para condiciones de campo. Para aplicaciones prácticas resultan más adecuados los ensayos de campo a pesar de que los errores experimentales pueden encubrir diferencias en eficiencia entre los fertilizantes, cuando éstas son pequeñas.

En el caso que se utilice el rendimiento de nutriente como base para la estimación, se supone que el rendimiento económico (materia seca, grano, fibra, etc.), es una función de la cantidad de nutriente absorbido por la planta y que esta función es igual para las dos fuentes. Esto en realidad no es siempre verdad según lo indica Black (1). El rendimiento económico puede depender muchas veces del período de absorción del nutriente.

(1) Especialista en Suelos del Centro (IICA).

(2) Técnico del Programa de Suelos del Centro.

El criterio de rendimiento económico, aunque también sujeto a limitaciones, parece más realista desde el punto de vista de la aplicabilidad de sus resultados en el campo.

En ambos casos se debe trabajar con curvas de respuesta y no con comparaciones a un determinado nivel de aplicación, porque la posibilidad de determinar la eficiencia relativa puede depender del nivel de la aplicación y además de la forma de las curvas de respuesta.

Por ejemplo, cuando estamos en la parte casi plana horizontal de una curva de respuesta del tipo Mitscherlich, la comparación perdería sensibilidad ya que grandes aumentos en la dosis de aplicación se verían reflejados en pequeños aumentos en los rendimientos.

Sin embargo, muchas veces se ha trabajado comparando los fertilizantes a un solo nivel o estableciendo la curva de respuesta para el fertilizante standard y comparando ésta con un solo nivel de los fertilizantes prueba.

Fundamentación teórica.

Una exposición muy clara del concepto de disponibilidad y de los principios de la evaluación por el método biológico fue presentado por Black y Scott (1). Este trabajo ha sido tomado como base en trabajos posteriores.

Se considera que el rendimiento de la planta (Y) es una función de la disponibilidad (a) del nutriente en el fertilizante aplicado, o sea $Y = f(a)$. Esta disponibilidad o cantidad efectiva es el producto de las cantidades absolutas del nutriente y un coeficiente de disponibilidad (γ) ó $a = \gamma x$. [1]

Si se admite que una cantidad efectiva de un fertilizante produce una respuesta igual que la misma cantidad efectiva de otro fertilizante, y cuando $a_1 = a_2$, tenemos en consecuencia que:

$$\gamma_1 x_1 = \gamma_2 x_2 \quad \text{ó} \quad \frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{x_2}{x_1} = \lambda \quad [2]$$

La relación $\frac{\gamma_1}{\gamma_2}$ se define como λ , que es una estimación de la eficiencia relativa de los dos fertilizantes, y que se puede obtener conociendo x_1 y x_2 para $Y_1 = Y_2$.

Este es el método normalmente utilizado, puesto que los valores absolutos de los γ no se pueden determinar.

En la evaluación de fertilizantes se pueden presentar dos casos:

Caso I: λ es constante a los distintos niveles de disponibilidad (fertilización).

En este caso los fertilizantes se comportan como diluciones o concentraciones unos de otros, o sea que el caso de λ constante se da cuando las curvas de respuesta de distintos fertilizantes por una simple transformación de la abcisa se pueden hacer coincidir.

Caso II: λ no es constante y cambia con el nivel de la disponibilidad (fertilización).

Este caso se presenta normalmente cuando las curvas de respuesta tienen un máximo diferente, que de acuerdo a Black (¹), indica que las formas de nutriente en los distintos fertilizantes son distintas y normalmente asociadas con otro factor que establece un límite máximo de absorción distinto para distintos fertilizantes.

White et al. (9) han elaborado métodos de estimación de λ que son aplicables igualmente sólo al caso I.

De acuerdo a Terman (8) no se puede emplear para el caso II el criterio de λ , sino que se debería de aplicar otro, y sugiere, en el caso de que se pueda dar un valor al producto, usar la comparación de los óptimos económicos y el criterio de mayor beneficio. Hay que destacar que este procedimiento es difícilmente utilizable en el caso de pasturas para pastoreo.

Antecedentes en el país.

La evaluación de fertilizantes fosfatados para pasturas en el país, utilizando el método de ensayo biológico, fue principalmente realizado en ensayos de invernáculo teniendo un carácter de orientación preliminar: Reynaert y Carámbula (6), Carámbula y Durán (2); mientras Moir y Reynaert (5) realizaron una serie de ensayos de observación en el campo utilizando recuento de plantas como criterio de eficiencia.

En todos estos ensayos se han comparado los fertilizantes fosfatados de uso común en el país: superfosfato común, hiperfosfato y escorias básicas.

Las conclusiones han sido en general que si bien el superfosfato puede ser ventajoso para un establecimiento rápido de

leguminosas, el hiperfosfato y las escorias básicas pueden ser igual o más eficaces, según el tipo de suelo, en los resultados finales.

Puesto que la unidad de P_2O_5 total tiene distintos precios en distintos fertilizantes, es importante conocer la eficiencia relativa de los mismos, porque no siempre el fertilizante más eficiente por unidad es el más económico.

MATERIALES Y METODOS

Se aplicaron dosis crecientes de fosfato para la siembra de una pastura en distintos suelos.

El superfosfato (SF) se tomó como fertilizante standard y se aplicó a cuatro niveles.

Los fertilizantes prueba, hiperfosfato (HF) y escorias básicas Thomas (EB) fueron comparados con el fertilizante standard a dos niveles. Se incluyó además un testigo común para las tres fuentes de fósforo.

Los fertilizantes fueron aplicados inmediatamente antes de la siembra, al voleo sobre la tierra preparada y se rastreó para mezclarlos con la parte superficial del suelo.

Los tratamientos están indicados en el cuadro N° 1 y estaban dispuestos en un diseño experimental de bloques completos al azar con seis repeticiones. Las parcelas eran de 3 m. x 7 m.

Se sembró en abril de 1965 una mezcla de pasturas de las siguientes especies:

Trifolium subterraneum var. Mount Barker.

Trifolium repens tipo Ladino.

Festuca arundinacea.

Phalaris tuberosa.

Lotus corniculatus.

Se presentan solamente los resultados y el análisis de los ensayos en los cuales se logró una buena implantación. En estos ensayos se realizaron cortes de limpieza y cortes de evaluación. Los cortes se hicieron con una segadora Gravelly; cada corte era de 1 m. x 5 m. El número total de cortes varía entre los ensayos, dependiendo del crecimiento de la pastura en cada lugar, del número necesario de cortes de limpieza y la posibilidad de efectuar cortes de rendimiento por el estado del tiempo o de los caminos.

Se utilizaron para la evaluación los totales de los cortes de rendimiento. La distancia de los ensayos al Centro no permitió un registro completo de la producción anual de las pasturas. El último corte se hizo al completar los ensayos un año.

CUADRO N° 1
TRATAMIENTOS

N°	Tipo de fertilizante	P ₂ O ₅ total Kgs/há.
1	Testigo	0
2	Superfosfato	30
3	Superfosfato	60
4	Superfosfato	90
5	Superfosfato	120
6	Hiperfosfato	60
7	Hiperfosfato	120
8	Escorias básicas	60
9	Escorias básicas	120

Fertilizantes	% P ₂ O ₅ soluble	% P ₂ O ₅ total
Superfosfato común	20	21
Hiperfosfato	12,5	30,5
Escorias básicas Thomas	16,5	20

Para la comparación se utilizó el P₂O₅ total.

Las respuestas fueron estimadas por el rendimiento en materia verde ya que no había posibilidad de realizar siempre determinaciones de materia seca.

Las características de los suelos se presentan en el cuadro N° 2.

Todos los suelos eran muy pobres en fósforo disponible.

Los ensayos se realizaron en campos de productores.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados en rendimiento de materia verde son presentados en el cuadro N° 3.

CUADRO Nº 2
CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS

Ensayo Nº	Departamento	Tipo de suelo	Manejo anterior	pH H ₂ O	Datos de análisis			
					Materia orgánica %	Nitrógeno orgánico %	Fósforo	
							Bray I	Olsen
1	Paysandú	Pradera negra profunda sobre Basalto	Campo natural más 3 años de agricultura	5,8	45,0	2,25	2,34	2,0
2	Tacuarembó	Grumosol doble perfil sin calcáreo sobre Frayle Muerto	Campo natural más 1 años de agricultura	5,2	40,2	2,20	4,71	3,2
3	Cerro Largo	Pradera parda máxima sobre Yaguarí	Campo natural	5,4	24,1	1,59	2,84	3,9
4	Cerro Largo	Pradera parda mínima sobre Yaguarí	Campo natural más 1 años de agricultura	6,0	27,4	1,49	2,34	3,1
5	Treinta y Tres	Planosol sobre Post. Pampeano (Post - Libertad)	Campo natural	6,2	29,6	1,51	1,00	3,4

CUADRO N° 3

RENDIMIENTO DE MATERIA VERDE 100 grs/5 m²
PROMEDIO DE LAS REPETICIONES

N°	Tratamiento	P ₂ O ₅ total Kgs/Há.	Ensayos				
			1	2	3	4	5
1	Testigo	0	15,0	19,8	63,7	1,7	9,4
2	Superfosfato	30	26,2	32,0	107,7	37,8	13,5
3	Superfosfato	60	44,0	52,2	179,8	74,7	21,5
4	Superfosfato	90	64,3	61,7	206,2	93,7	23,3
5	Superfosfato	120	78,3	54,5	216,2	101,2	30,7
6	Hiperfosfato	60	36,8	57,0	158,7	81,5	19,2
7	Hiperfosfato	120	69,8	56,3	186,0	100,0	27,2
8	Escorias básicas	60	36,3	56,2	137,8	77,5	18,7
9	Escorias básicas	120	57,8	62,8	182,0	95,7	29,0
Número de cortes			2	2	5	2	1

Tipos de respuesta encontrados.

Con una inspección gráfica de los resultados se observa que se pueden distinguir tres modelos de respuesta:

- a) Respuesta rectilínea (ensayos 1 y 5)

$$Y = \alpha + \beta x \quad [3]$$

Y = rendimiento obtenido con la aplicación de x unidades de nutriente.

$\alpha = Y_0$, rendimiento obtenido sin aplicación de nutriente.

β = coeficiente de x que determina la pendiente de la línea de respuesta.

- b) Respuesta de acuerdo con la función de Mitscherlich:

$$Y = A (1 - 10^{-\gamma^c (x + b)}) \quad [4]$$

o en otra forma:

$$Y = \alpha - \beta (q)^x \quad [5]$$

en el cual:

$\alpha = A =$ rendimiento máximo teórico obtenible con la aplicación de nutriente.

$$\beta = A \cdot 10^{-\gamma c b}$$

$$q = 10^{-\gamma c}$$

γ = coeficiente de disponibilidad

c = coeficiente de eficacia de Mitscherlich

b = cantidad de nutriente en el suelo tan disponible como el contenido en el fertilizante.

Este tipo de respuesta se encontró en los ensayos 3 y 4.

c) Respuesta con un máximo observado, ensayo 2.

Los tipos de respuesta a y b pertenecen al caso I discutido en la fundamentación teórica mientras el tipo de respuesta c presenta características particulares que no permiten su inclusión en el caso I.

Funciones de rendimientos ajustados y estimación de λ .

Funciones rectilíneas:

Los ensayos con el tipo de respuesta a fueron analizados por el método propuesto por White et al. (9)

Este método permite estimar simultáneamente las funciones de producción de los distintos fertilizantes, con un origen (α) común.

El ajuste a las funciones rectilíneas fue altamente significativo y los coeficientes de determinación (R^2) fueron 0,97 para el ensayo 1 y 0,99 para el ensayo 5.

Las ecuaciones encontradas se presentan en las figuras N° 1 y 2.

La estimación de λ está basada (ver fundamentación teórica) en la determinación de la relación $\frac{x_s}{x_p}$ en la cual x_s y x_p son las cantidades de fertilizante standard y fertilizante prueba que producen el mismo rendimiento.

En el caso de respuestas rectilíneas con el mismo origen (α) y distintas pendientes (β); siendo:

$Y_s = \alpha_s + \beta_s x_s$ la función de respuesta para el fertilizante standard y $Y_p = \alpha_p + \beta_p x_p$ la función de respuesta para el fertilizante prueba, cuando $Y_s = Y_p$ entonces:

$$\alpha_s + \beta_s x_s = \alpha_p + \beta_p x_p$$

$$\text{y como } \alpha_s = \alpha_p \quad \frac{x_s}{x_p} = \frac{\beta_p}{\beta_s} \quad \text{ó} \quad \lambda = \frac{\beta_p}{\beta_s}$$

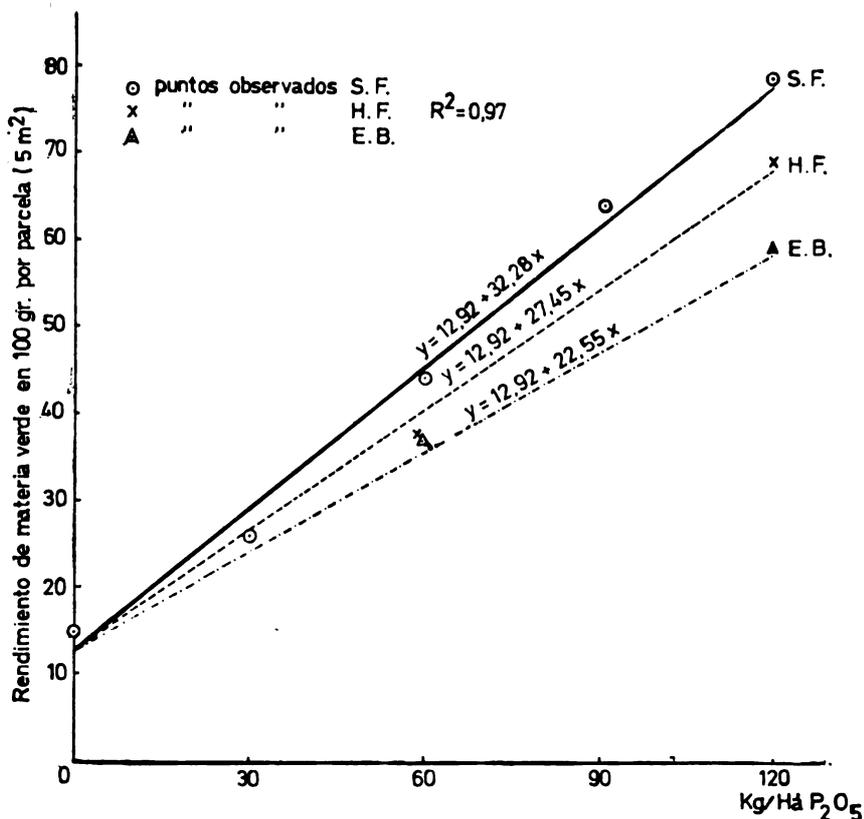


FIGURA Nº 1 — Líneas de respuesta a los tres fertilizantes fosfatados en el ensayo 1. $x = 60$ Kgs/há P₂O₅

Los λ estimados por este procedimiento se encuentran en el cuadro Nº 4.

Funciones tipo Mitscherlich:

White et al (9) también proponen un método para estimar los λ para este tipo de respuesta.

Aunque este método es teóricamente el más correcto, tiene la desventaja de ser muy laborioso y de requerir en la práctica la disponibilidad de un computador electrónico.

A los fines de este trabajo, los autores consideran que el método utilizado proporciona una estimación de los λ suficientemente precisa para las condiciones de la experimentación de campo.

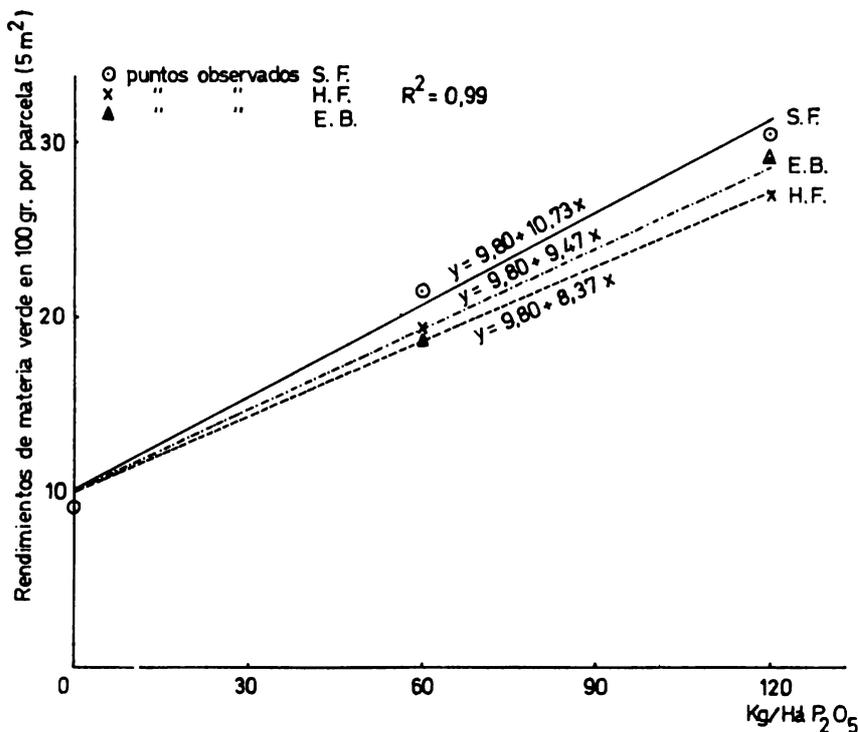


FIGURA Nº 2 — Línea de respuesta a los tres fertilizantes fosfatados en el ensayo 5. $x = 60$ Kgs/há P_2O_5

Este método se basa en el ajuste de una función tipo Mitscherlich para el fertilizante standard, utilizando el testigo (Y_0) y los cuatro niveles de aplicación de SF.

Para este ajuste se utilizó el método Patterson (7). El ajuste fue altamente significativo con un R_2 de 0,99 para el ensayo 3 y 0,97 para el ensayo 4.

Para la estimación de los λ se utilizó un método que se puede llamar el Método de los Equivalentes Standard Promedios.

Consiste en sustituir en la función encontrada para el fertilizante standard los rendimientos promedios de cada uno de los niveles de aplicación del fertilizante prueba (Y_{p_1} ; Y_{p_2}) y despejar entonces de la ecuación las cantidades de superfosfato necesarias para obtener los mismos rendimientos (x_{s_1} ; x_{s_2}).

A continuación se calcula λ para cada nivel

$$(\lambda_1 = \frac{x_s}{x_{p_1}} ; \lambda_2 = \frac{x_s}{x_{p_2}}) \text{ y } \lambda \text{ promedio } = \frac{(\lambda_1 + \lambda_2)}{2}$$

Los λ calculados se presentan en el cuadro N° 4.

CUADRO N° 4

EFICIENCIA RELATIVA DE HIPERFOSFATO Y ESCORIAS BASICAS THOMAS PARA PASTURAS EN DISTINTOS SUELOS (FERTILIZANTE STANDARD: SUPERFOSFATO)

N° Ensayo	Suelo	Fertilizante	λ
1	Pradera Negra profunda sobre basalto	HF	0,85
		EB	0,70
5	Planosol sobre post - Pampeano	HF	0,83
		EB	0,88
3	Pradera Parda máxima sobre Yaguarí	HF	0,77
		EB	0,63
4	Pradera Parda mínima sobre Yaguarí	HF	1,07
		EB	0,98

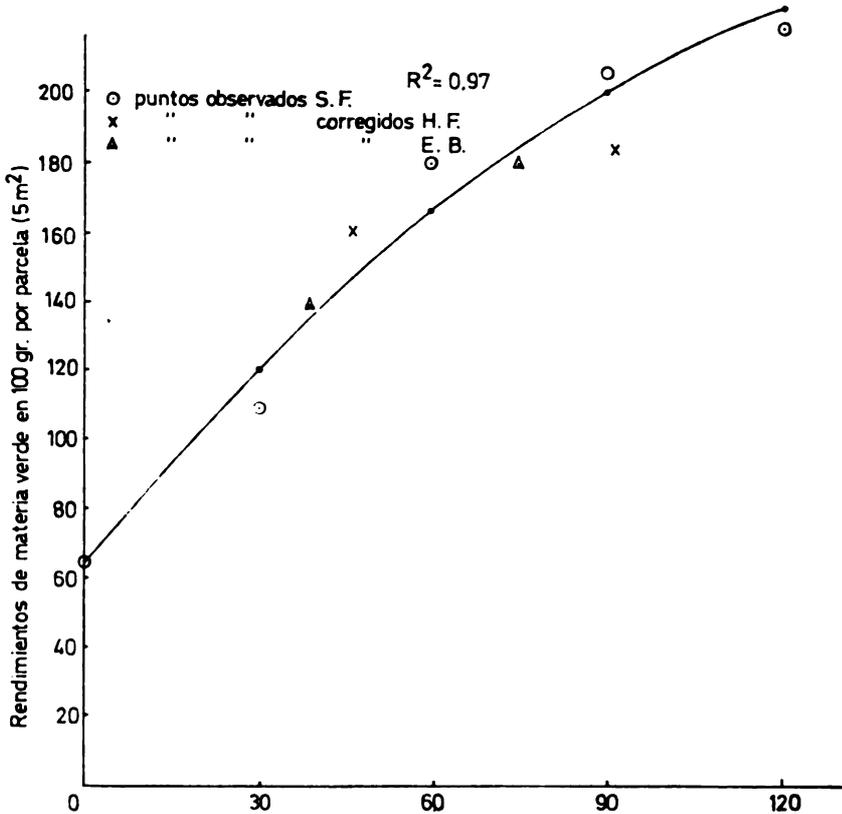


FIGURA N° 3 — Curva de respuesta al S.F. y rendimiento de H.F. y E.B. ajustados según las λ estimadas en el ensayo 4. $x = 30$ Kgs/há P₂O₅.

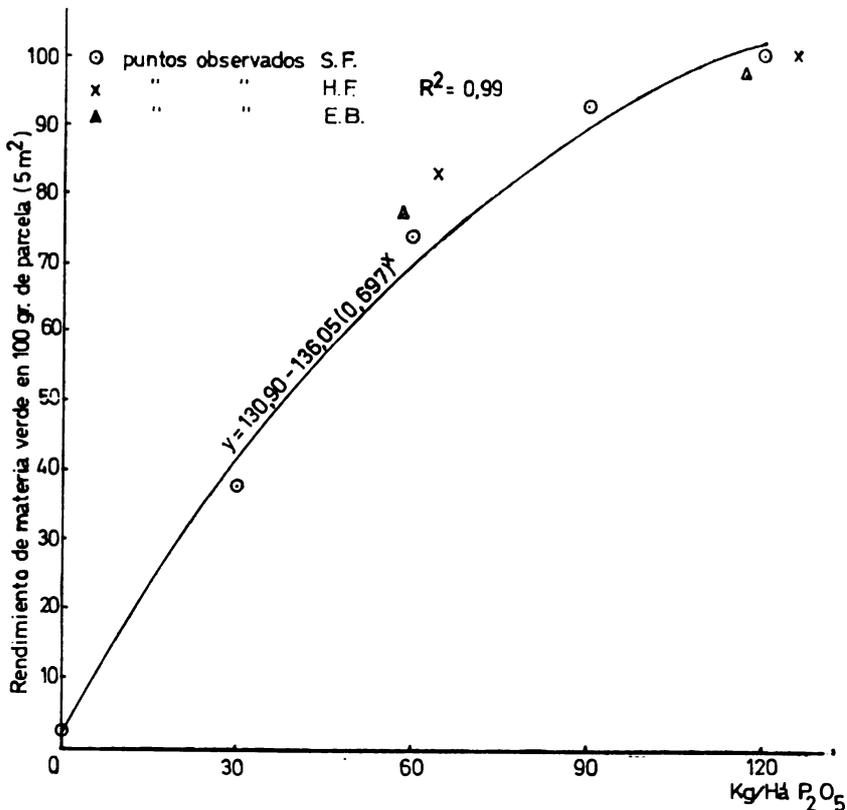


FIGURA Nº 4 — Curva de respuesta al S.F. y rendimiento de H.F. y E.B. ajustados según los λ estimados en el ensayo 4. $x = 30$ Kgs/há P_2O_5 .

En las figuras Nº 3 y 4 se ven las curvas ajustadas y los Y_p corregidos:

$$Y_p = \alpha - \beta (\varrho)^{\lambda x}$$

La suposición que se hace en este caso, es que las curvas de respuesta de los fertilizantes prueba son del tipo Mitscherlich con el mismo origen (Y_0) y máximo (α) que los del fertilizante standard, pero con distintos ϱ .

En este caso los λ son constantes porque:

$$Y_s = \alpha_s - \beta_s (\varrho_s)^{x_s} \quad Y_p = \alpha_p - \beta_p (\varrho_p)^{x_p}$$

En el origen $Y_{s_0} = Y_{p_0}$

$$y \quad \alpha_s - \beta_s = \alpha_p - \beta_p$$

como $\alpha_s = \alpha_p$

entonces $\beta_s = \beta_p$

de lo anterior se deduce que cuando $Y_s = Y_p$:

$$(\varrho_s)^{x_s} = (\varrho_p)^{x_p}$$

$$y \quad \lambda = \frac{x_s}{x_p} = \frac{\log \varrho_p}{\log \varrho_s} = k$$

En el método utilizado se supone que las diferencias entre λ_1 y λ_2 se deben al error experimental y se considera que λ promedio es una estimación aceptable de λ .

Cooke y Widdowson (3) utilizaron en una serie de ensayos en Inglaterra un método similar, con las siguientes diferencias:

- a. El fertilizante standard se aplicó a sólo dos niveles.
- b. La curva de respuesta para el fertilizante standard se ajustó a mano.
- c. Los fertilizantes prueba se compararon a un solo nivel de aplicación y los equivalentes de superfosfato encontrados se expresan como Equivalentes Porcentuales de Superfosfato.

Discusión de los distintos tipos de respuesta encontrados.

El tipo de respuesta más probable a la aplicación de fósforo es el del tipo Mitscherlich, cuando no hay otros factores limitantes (8).

Sin embargo en esta experimentación se encontraron además otros dos tipos de respuesta:

Respuesta rectilínea:

La explicación de esta respuesta es que se trata de una deficiencia extrema del nutriente en el suelo y una disponibilidad baja del nutriente aplicado con el fertilizante (8).

Es probable que con dosis mayores de aplicación se hubiera ajustado una función tipo Mitscherlich.

En el ensayo 1, el suelo es derivado de Basalto y es probable que la fijación de fosfato por hierro haya jugado un papel importante en la disponibilidad del fósforo.

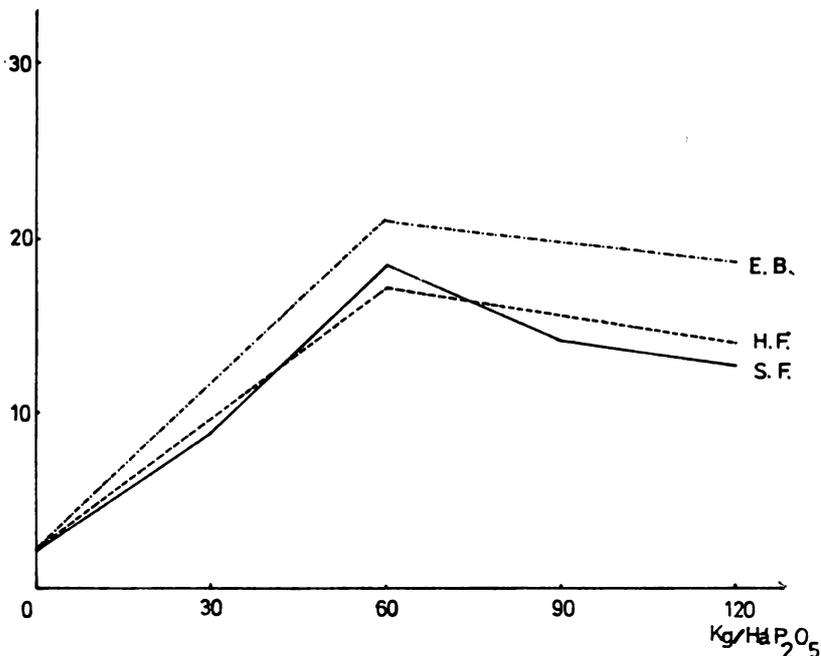


FIGURA N° 5 — Respuesta a los tres fertilizantes fosfatados en el ensayo 2. 1er. corte.

En cuanto al ensayo 5, donde el suelo es un Planosol derivado de material Post-Pampeano se considera que la extrema deficiencia de fósforo en el suelo es la causa principal de este tipo de respuesta, sin descartar la posibilidad de fijación.

Respuesta curvilínea con un máximo en el trayecto de rendimientos observados.

Esta respuesta se encontró en el ensayo 2, en un suelo derivado de material de Fraile Muerto.

El máximo es marcado para los tres fertilizantes en el primer corte y ubicado entre 30 y 90 kgs. de P_2O_5 /há. (figura N° 5) y se manifiesta también en el total de los dos cortes, pero solamente para superfosfato y ubicado entre 60 y 120 kgs. de P_2O_5 (figura N° 6).

Es muy probable, sin embargo, que el máximo existe también para HF y EB y queda encubierto por el espaciamiento mayor entre los niveles de aplicación de estos fertilizantes.

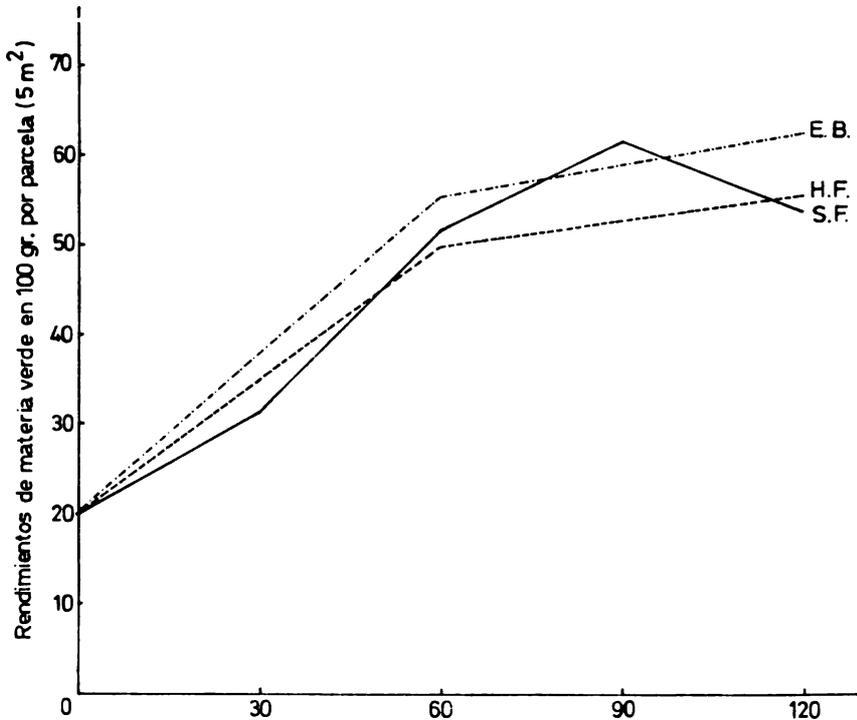


FIGURA N° 6 — Respuesta a los tres fertilizantes fosfatados en el ensayo 2. Suma de los cortes.

El máximo observado en el trayecto de las dosis de fósforo empleado, no es indicación de que se trata de un suelo con un tenor muy alto de fósforo disponible (cuadro N° 1), sino de que existe otro factor (o factores) que limitan o interaccionan negativamente con la respuesta al fósforo.

Ya se ha encontrado que en suelos desarrollados sobre el mismo material pueden existir respuestas significativas a algunos elementos trazas: Zinc y Boro (6).

El empleo de λ en las recomendaciones económicas.

En cuanto a la aplicación de los resultados en la práctica del uso de fertilizantes, se limitaría a consideraciones sobre el uso alternativo de los fertilizantes probados y en este caso λ determina el límite económico de la relación:

$$\frac{\text{Precio tonelada Fertilizante prueba}}{\text{Precio tonelada Fertilizante standard}}$$

Si por ejemplo λ HF = 0,77 y el precio de la tonelada de SF (P_s) con un tenor de 21,0 % P_2O_5 total fuera \$ 4.800,00 el precio de la tonelada de HF (P_h) con un tenor de 30,5 % P_2O_5 total, tendría que cumplir con la condición:

$$\frac{P_h/30,5}{P_s/21,0} \leq 0,77$$

para que el empleo de HF fuera igual o más económico que el uso de SF, o sea:

$$P_h \leq 0,77 \times \frac{30,5}{21,0} \times 4.800,00$$

$$P_h \leq 5.368,00 \text{ pesos}$$

es decir que, en el caso del ejemplo, cuando el costo del HF es igual o menor que \$ 5.368,00, su empleo resulta igual o más económico que el del SF.

CONCLUSIONES

En los suelos estudiados el superfosfato es en general el fertilizante más eficiente para la fertilización inicial de pasturas con leguminosas.

Sin embargo, con hiperfosfato y escorias básicas se pueden alcanzar los mismos rendimientos de materia verde por hectárea.

El empleo alternativo dependerá entonces de consideraciones de orden económico.

Los cálculos económicos pueden basarse en los λ encontrados en los distintos suelos y en la relación de los precios de los fertilizantes.

Este tipo de análisis económico resulta particularmente útil en el caso de pasturas pastoreadas donde resulta difícil fijar un precio al producto para calcular la dosis óptima de los distintos fertilizantes.

BIBLIOGRAFIA

1. BLACK, C. A. y SCOTT, C. O. Fertilizer evaluation. I. Fundamental principles. Soil Science Society American. Proceedings 20: 176-179. 1956.
2. CARAMBULA, M. y DURAN A. Respuesta del *Trifolium subterraneum* a diferentes fertilizantes fosfatados en una pradera arenosa sobre areniscas de Tacuarembó. Paysandú. Estación Experimental. Boletín N° 4, pp. 8-11. 1964. (Mimeografiado).

3. COOKE, G. W. y WIDDOWSON, F. V. Field experiments on phosphate fertilizers, a joint investigation. *The Journal of Agricultural Science* 53 (1): 46-63. 1959.
4. FYNN, C. A. Clasificación de los suelos del Uruguay. Uruguay, Montevideo, Facultad de Agronomía, Instituto de Recursos Naturales/s. f./ 14 p. (Mimeografiado).
5. MOIR, R. T. G. y REYNAERT, E. E. Resultados de los ensayos de introducción de leguminosas. *Anuario de la Sociedad Mejoramiento de Praderas (Uruguay)* 1960 (4): 7-24.
6. REYNAERT, E. E. y CARAMBULA, M. Estudios sobre deficiencias en elementos nutritivos en algunos suelos por medio de ensayo en macetas. *Anuario de la Sociedad Mejoramiento de Praderas (Uruguay)* 1961 (5): 59-75.
7. PATTERSON, H. D. A simple method for fitting an asymptotic regression curve. *Biometrics* 12 (3): 323-329. 1956.
8. TERMAN, G. L.; BOULDIN, D. R. y WEBB, J. R. Evaluation of fertilizers by biological methods. *Advances in Agronomy* 14: 265-319. 1962.
9. WHITE, R. F. et al. Fertilizer evaluation. II. Estimation of availability coefficients. *Soil Science Society of America. Proceedings.* (20): 179-186. 1958.

Discusión

Exposición de ERNST E. REYNAERT
Preside la Sesión: H. TOBLER (Uruguay)

Schenkel. ¿En qué rango de los que estamos estudiando se usarían los niveles de P para hacer la comparación de la eficiencia de los fosfatos?

Reynaert. Opino que el rango que más interesa es el de alrededor de la aplicación corriente de un fertilizante del cual uno ya tiene cierta experiencia en el país. Porque usted compara con otro fertilizante, que aporta el mismo elemento, para ver cuál fertilizante le conviene más, es más económico. De todas maneras es conveniente también, tener varios puntos sobre la curva de respuesta del fertilizante prueba, porque si por ejemplo, comparamos en un punto donde la curva de respuesta tiende a aplanarse, entonces el cálculo de eficiencia relativa pierde sensibilidad; porque en esta zona con grandes diferencias de aplicaciones obtendríamos solamente pequeñas diferencias en rendimiento, con la consecuencia que el cálculo de λ pierde sensibilidad. Resumiendo, es importante conocer la forma de la curva de respuesta para el fertilizante prueba también para saber en qué zona de esta curva estamos determinando la eficiencia relativa.

Schenkel. ¿Es partidario de llevar a un óptimo los demás elementos nutritivos, es decir, hacer la comparación de dos fertilizantes, en este caso, fosfatados?

Reynaert. En el caso de las pasturas artificiales de Uruguay, el único nutriente deficiente hasta ahora bien comprobado es el P, no hemos detectado en la mayoría de los casos, otros nutrientes limitantes del rendimiento. Pero creo que es conveniente para la comparación que los otros nutrientes estén en un óptimo; por ejemplo, cuando hay otros nutrientes limitantes aparte de fósforo, llevar estos otros nutrientes a un nivel óptimo.

Schenkel. Esos no se llevaron a un óptimo en este trabajo?

Reynaert. No, porque acabo de decir que el único nutriente limitante de importancia detectada hasta ahora en las pasturas en el Uruguay era el fósforo.

Schenkel. Pero eso se dice con la interpretación que usted dio anteriormente en cuanto a que apareció un limitante.

Reynaert. Bueno, ese caso se puede considerar una excepción. La mayoría de los casos estarían representados por una curva de respuesta del tipo Mitscherlich; pero sí creo que habría que determinar en el caso que aparezca otro limitante, cuál es este factor limitante y tratar de llevarlo a un óptimo.

Duarte. Es con respecto a la solubilidad de un fertilizante, por ejemplo en el caso de un fertilizante fosfatado con P soluble en ácido cítrico, si es más soluble en este reactivo, sería también más disponible que otro que no lo fuera en ácido cítrico ni en agua. Por lo tanto sería más eficiente en el uso, ese es un criterio. Me gustaría saber si ese criterio es el usado en este ensayo o se encuentra mejor este criterio que otro mejor, o lo que sea.

Reynaert. Para esto me puedo referir al trabajo Terman en *Advances in Agronomy* 14 (1962), que hizo una revisión bastante amplia sobre el aspecto de comparaciones o evaluaciones de fertilizantes, de cierto tipo de fertilizantes, y se llega a la conclusión de que la determinación de la disponibilidad de nutrientes por medios químicos como se hace actualmente, en agua o ácido cítrico, no son tan buenas como las evaluaciones biológicas en las cuales se utiliza la planta como indicador, porque el sistema planta-suelo-fertilizante es extremadamente complejo. Para darle un ejemplo de hiperfosfato, o por lo mismo las escorias Thomas, si usted analiza el P disponible en el laboratorio, encontraría bastante menos en comparación con superfosfato. Si ese fuera el único criterio, tal vez usted optaría por superfosfato. Después de calcular las lambdas y las eficiencias generativas teniendo en cuenta los precios y los tenores de P total, usted posiblemente optaría por el hiperfosfato.

Letelier. En primer lugar lo que pregunta Schenkel, de si se debe llevar a un óptimo los nutrientes. Creo que no, porque el objetivo de este ensayo es comparar abonos comerciales en los cuales los otros nutrientes que puedan aportar también son importantes económicamente para el agricultor. Por ejemplo, tenemos allá una especie de superfosfato simple que es un poco más caro por unidad de P, que el superfosfato triple, sin embargo, da que en remolacha, por ejemplo, un efecto mejor, debido al S que contiene. Es según el objetivo del ensayo. Si se está comparando un aporte de P, es decir, que sería un estudio de carácter más fácil, y perfectamente concebible que se efectúe también, pero con un ensayo en que se quiere contestar si uno es más económico, creo que se debe dejar que cada abono se las arregle solo.

Reynaert. Yo creo que si hay otro factor limitante además de P, hay que agregarlo, porque si no, no es posible o al menos no es justo comparar la eficiencia de P en los dos fertilizantes, puesto que la eficiencia de P puede estar condicionado por el otro nutriente.

Letelier. Pero es que creo que en este caso estamos haciendo un ensayo de aprovechamiento de P, y no estamos comparando la eficacia total de este abono como fertilizante. Lo cual es la pregunta práctica que el agricultor realmente se hace.

Reynaert. Usted está ampliando un poco el criterio de comparación de fertilizantes, a la evaluación del valor total para varios nutrientes.

Letelier. Punto 2. Quería hacer un breve resumen de la experiencia chilena en comparación de abonos fosfatados. En general, hemos comparado tomando en cuenta la curva total, porque desde hace algún tiempo nos dimos cuenta de que se podría producir ese error, comparar a niveles demasiado altos. Y nos hemos encontrado con que la mayoría de estos ensayos, las diferencias entre muchos fertilizantes se acercan a la magnitud del error del ensayo, de modo que es claro que viéndolo en su conjunto, uno ve en las diversas zonas que para trigo, por ejemplo o para remolacha, el superfosfato está generalmente mejor, el superfosfato triple o los superfosfatos simples. Pero las diferencias no son tan grandes y resulta que como el precio de la unidad de superfosfato triple es el más barato de todos y al mismo tiempo el que está más económico, en realidad hemos llegado a la conclusión de que por lo menos en cuanto al efecto inmediato es un problema casi con poca importancia, aunque la podría tener para el efecto residual. Ahora, respecto a la pregunta del colega Duarte sobre solubilidad. Me parece que lógicamente, si se trabaja en una zona nueva, el criterio de solubilidad en los diversos extractantes que en general está probado en diversos países, lógicamente como dice Reynaert, hay muchas excepciones y muchas contradicciones en los datos bibliográficos, pero en general uno ve que hay una relación entre la suma de la solubilidad al agua y de la solubilidad al citrato es lo que se llama el fósforo asimilable da una correlación en general más o menos aceptable con el aprovechamiento. Pero me parece que es lógico que el objetivo de estos ensayos es corroborar si en realidad esa relación se mantiene en una zona nueva, de modo que estos ensayos siempre son interesantes. Hemos visto que hay una relación general también, en general el superfosfato, el fosfato dicálcico, algunos fosfatos térmicos dicálcicos como el renania, esos están en primer lugar en general, y los menos so-

lubles, los naturales, por ejemplo, el hueso, el guano rojo, el hiperfosfato, están decididamente en la mayor parte de los casos, en segundo lugar, o sea que en sus líneas generales, esta relación con solubilidad se mantiene en nuestro país a pesar de que son condiciones bastante distintas de suelo. Pero me parece que eso hay que probarlo en cada país.

Murdock. El comentario que quería hacer es simplemente para complementar la idea entre fosfato disponible total y fosfato disponible, por métodos químicos y métodos biológicos. Claro que esto depende mucho de las condiciones de suelo y del tipo de material, por ejemplo, el metafosfato de calcio que tiene una reacción bastante diferente en el suelo que los hiperfosfatos, por ejemplo, también tiene poca solubilidad en ácido cítrico, o sea que depende mucho del tipo de material sobre el cual estamos hablando. El mismo método de aplicación puede influir sobre el sistema biológico, por lo tanto, yo encuentro que por lo menos, el sistema químico da una idea general de la disponibilidad, claro que lo que habla realmente es el cultivo, pero otra cosa que no sé y que me gustaría ver es la comparación entre superfosfato e hiperfosfato. Creo que si todos esos estudios se pudieran colocar juntos, llenarían esta sala en que estamos y que normalmente las conclusiones son las mismas: de que el superfosfato dentro de las condiciones normales de cultivo es un poco mejor y colocado en bandas, normalmente es mucho mejor. Con cultivos que precisan nutrientes rápidos, la respuesta es aún mejor, con cultivos perennes tal vez es un poco menos, pero se tiene una cantidad de información tremenda sobre superfosfato e hiperfosfato. El hecho es de que en casi todas las áreas, cuando no hay una diferencia muy grande en el precio, entre super e hiperfosfato, ellos usan el superfosfato. O sea que hay muy pocos lugares de una agricultura intensiva donde no se use superfosfato. Es un trabajo muy interesante, encuentro que hay una cosa sorprendente, que el superfosfato tiene una diferencia mayor en los suelos más ácidos, lo que normalmente es lo contrario, y la otra pregunta es relacionada con la producción. No entendí bien la diferencia entre número o corte. Aquí, por ejemplo, en la gráfica N^o 2 tenemos un ensayo donde el máximo de producción es 30 Kg. por 5 m², y en la gráfica N^o 3, es 200 Kg. por 5 m² la producción, ¿hay diferencia en los cortes o qué?

Reynaert. En cuanto a la observación de Murdock sobre mayor eficacia de superfosfato en suelos ácidos, no debe de olvidarse que se trata de pasturas con leguminosas. El número de cortes no ha sido igual en los distintos ensayos por la simple razón de que la posibilidad de efectuar cortes varía entre lugares.

Pero estoy de acuerdo con usted que aún así la producción máxima en el ensayo de la gráfica N^o 3. Son también distintos suelos y en el primer caso tal vez no se debe de hablar de producción máxima. No se puede comparar los rendimientos absolutos entre ensayos, pero la comparación de tratamientos dentro de un ensayo se puede hacer.

Murdock. ¿Han sido diferentes números de años?

Reynaert. No. No es cuestión de años. Aquí se trató de establecer el valor de los distintos fertilizantes fosfatados para la fase de establecimiento, que es el primer año. Es decir, los cortes son realizados dentro del primer año.

Carbonell. Yo había pedido la palabra para contestar en parte al Ing. Duarte, y mucho de lo que iba a decir, ya lo dijo el Dr. Murdock. Me quería referir a que si se van a evaluar los fertilizantes en base a la solubilidad simplemente, se puede cometer un grave error porque se pierde de vista la relación suelo-planta y sobre todo la gran importancia que tiene el suelo y la especie de que se trata en la absorción que la planta va a hacer del fertilizante, y me baso para esto en un trabajo que hicimos el año pasado en la Facultad de Agronomía sobre la evaluación de dos fertilizantes fosfatados, un superfosfato y una fosforita molida. Comprobamos que para un suelo de pradera parda a negra, un suelo tipo del Uruguay, y un cultivo de avena, se observó en la primera etapa de crecimiento más o menos al mes y medio, que el superfosfato tenía una absorción preferente frente a la fosforita, y absorbía menos P presente en el suelo. Esto se hizo con super y fosforita marcados. A medida que transcurre el tiempo y llega a la etapa de floración se va haciendo más favorable a la fosforita la absorción. Hay que tener en cuenta que esto fue en un ensayo muy corto, que duró en total cuatro meses y por lo tanto no tuvo suficiente tiempo de actuar el suelo. Si hubiéramos tenido en cuenta sólo la solubilidad o sólo los rendimientos para evaluar los fertilizantes hubiéramos cometido un error, porque los rendimientos en M.S. eran similares para ambos. Pero hay que tener en cuenta otro aspecto, en este caso, ¿qué es lo que conviene más? Hay que tener en cuenta el precio y el valor del superfosfato. Y cuando el cultivo es de ciclo corto puede ser mucho más conveniente el más soluble; pero si es un cultivo de un ciclo más largo, puede incluso llegar a sacar ventajas el hiperfosfato. De manera que creo que para evaluar fertilizantes en última instancia, a lo que podríamos llegar es a estudiar el fertilizante más conveniente para cada suelo y para cada cultivo.

Reynaert. Yo estoy completamente de acuerdo con la Sra. de Carbonell, y creo que la evaluación por los métodos químicos son más bien para fines de fiscalización y tener una idea general, pero el método biológico tiene más valor en cuanto a la aplicación a la producción agrícola y las evaluaciones económicas finales.

Conagin. Lo que quisiera presentar en la reunión relacionado con lo que la Sra. de Carbonell dijo, se refiere a la eficiencia relativa de los nutrientes, dependería del cultivo y del precio de los otros fertilizantes que debieran normalmente ser adicionados en relación al fosfato que debe agregarse. En el caso de Uruguay para pasturas no habría problemas porque aparentemente los niveles serían de O de N y O de K, siendo P el que obtiene respuesta. En el caso de Brasil donde hay respuestas de 30 y 30 en N y K, en Chile, donde tal vez sea necesario la adición de 100 Kgs. de N y K_2O por Há.

(Aclaración.) Yo pienso que deben hacerse los cálculos en relación no sólo al cultivo con que se va a usar el fertilizante, sino en relación a los otros fertilizantes que van a usarse junto con el fosfato en dicho cultivo. En el caso presentado de Uruguay, donde el nivel de N y K sería O, el nivel de P sería el único que habría que agregar. En el caso de S. Pablo, donde se usa normalmente 30 de N y 30 de K para maíz, haríamos entonces la comparación siempre con la presencia de este nivel de N y K. En el caso de Chile tendríamos que el nivel de N y K sería de 100 y creo que entonces debieran usarse siempre en estas condiciones o si no que se tiene un alto nivel en las funciones de producción que estamos contando como si no fueran una variable cuando en la realidad reaccionan diferentemente y es posible que también los hiperfosfatos, superfosfatos, etc., en función de un nivel 100 y 100 de N y K tengan una reacción diferencial de una relación 50 y 50 de N y K.

Schenkel. Dentro del esquema presentado por Reynaert, me gustaría conocer la opinión de él o de otros de si debe incluirse en un ensayo de comparación de fertilizantes para determinar su eficiencia, el efecto residual, y en el caso de incluirse, ¿hasta cuándo?

Reynaert. Yo creo que sí, en el caso particularmente de pasturas y yo creo que sería el método más perfecto distinguir entre eficacia en el establecimiento solamente y comparaciones a través de varios años y que es factible hacerlo en el caso de pasturas. Y entonces, como lo hemos visto en el caso

de un ensayo de Gardner que pueden salir cosas muy interesantes. El efecto residual del hiperfosfato, lo que es de esperar en ese suelo (un suelo ácido derivado de gneiss), era mucho mayor que con los otros fertilizantes. En este caso quiere decir que a la ventaja de una eficacia relativa del Hiperfosfato que es más económico por el precio de la unidad de P en este caso, se agrega ésta que tiene mayor efecto residual.

Puricelli. Saliendo un poco del tema me gustaría preguntar al señor Reynaert si tiene usted información sobre comparación de fuentes de N en suelos Brunicem, o similares, suelos que creo que se llaman suelos negros de praderas en el Uruguay.

Reynaert. No, no tenemos tales comparaciones, pero yo quiero hacer notar que se podría producir un problema en una comparación de fertilizantes nitrogenados. Para N, normalmente esperamos una respuesta curvilínea del tipo cuadrática, entonces para distintos fertilizantes nitrogenados el máximo puede ser distinto en cuanto a los dos coordenados, y Black ⁽¹⁾ en su artículo sobre la evaluación de fertilizantes, dice que cuando tenemos factores que interfieren en la utilización de nutrientes por la planta, es decir, que la utilización de una forma de N en un fertilizante no es la misma que la utilización de la forma de N en otro fertilizante y entonces el cálculo de la eficiencia relativa es imposible o por lo menos es arbitrario. Si las formas de N en dos fertilizantes a compararse fuesen idénticas, por ejemplo nitratos y las curvas de respuesta a los fertilizantes tuviesen el mismo máximo, simplemente definiendo en cuanto a la abscisa, se podría considerar el fertilizante con el máximo a mayor abscisa como una dilución del primer fertilizante, y expresando la respuesta en unidades de N coincidirían las curvas.

Si al expresar la respuesta como función de N no coinciden las curvas, quiere decir que los coeficientes de disponibilidad

$$(\gamma) \text{ son diferentes: } \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \neq 1.$$

En este caso Terman et al.^(*) y Pesek (*) sugieren trabajar con los óptimos económicos como criterio.

(*) PESEK, J. T. (Jr.), Comparing efficiency of Nitrogen fertilizers. En "Fertilizer Nitrogen" editado por V. Sauchelli. 1964. Reinhold Publishing Corporation, New York.

Hay que distinguir bien entre eficacia biológica y eficacia económica. No siempre los fertilizantes biológicamente más eficaces son los más eficientes en el sentido económico. Naturalmente en último instante lo que interesa es la eficiencia económica y habrá que aplicar la eficacia biológica de los fertilizantes siempre en una evaluación agro-económica.

Letelier. Contestando lo que pregunta Schenkel sobre si se debe o no tener en cuenta efecto residual, yo opino tal como Reynaert, que en principio sí, sobre todo cuando estamos en la etapa de ver el efecto de la fertilización en el sistema agrícola porque por último hay que llegar a eso. Sin embargo, creo que ver si hay un efecto residual es bastante difícil aunque no sería un inconveniente, de modo que en una primera etapa puede ser útil comparar sin ver el efecto residual, teniendo en cuenta que al agricultor le interesa económicamente más que ninguna otra cosa el efecto inmediato, el efecto en el primer año. Si el suelo además tiene un poder de fijación grande, sabemos que el efecto residual va a ser pequeño. Por lo tanto hay dos situaciones bien diversas. Uno si se quiere dar una respuesta rápida al agricultor y decirle lo que va a pasar con su dinero en un plazo relativamente corto, y en el otro caso tomar en cuenta el sistema agrícola total; pero las dos cosas son útiles, en principio, mientras más efecto residual vea uno, más útiles.

Schenkel. La experiencia se realizó en el establecimiento de praderas y quisiera saber si hubo alguna razón especial para probar la eficiencia precisamente en el establecimiento y no sobre praderas ya establecidas.

Reynaert. Una de las razones era especial, y es que no había discriminación en la recomendación del fertilizante fosfado para el establecimiento de pasturas, siendo esta fase determinante para el éxito de la pastura. Los precios de super, hiperfosfato y escorias Thomas por tonelada son prácticamente iguales. El uso indiscriminado del fertilizante se hace de acuerdo al gusto del agricultor o del asesor. La segunda razón es que en el Uruguay, el mejoramiento de la producción de pasturas es una actividad bastante importante, pero muy reciente y el establecimiento de pasturas artificiales nuevas es en consecuencia un aspecto de mucha importancia.

Rodríguez. Subrayo otra vez la importancia de hacer referencia a los tipos de suelos cuando se hacen ensayos de fertilidad especialmente cuando se comparan fertilizantes, porque la gama de los suelos es tan variable que justamente está relacio-

nada a la efectividad del fertilizante con las características de suelo, por ejemplo, la reacción del suelo. Como decía Murdock, que en cierto tipo de suelos, los resultados experimentales tendrán un valor que queda muy claro e identificado con este tipo de suelo. En otro tipo de suelo, la eficiencia relativa de la respuesta va a quedar muy claramente explicada. Es muy importante establecer la correlación de los resultados con el tipo de suelos.

Reynaert. Creo que nadie estará en desacuerdo con lo que dice Rodríguez y normalmente cuando se realizan este tipo de experimentos se hace referencia al tipo de suelos, a veces con más y unas veces con menos detalle de lo que sería deseable.

Murdock. Estoy de acuerdo con lo expresado de que mudando tipos de suelos también va a mudar el tipo de reacción y no hay duda de que la forma como nosotros manejamos esto, también va a tener influencia en la reacción a los abonos. Pero yo no entiendo todavía la diferencia entre la producción del ensayo 2 y el ensayo 3. Porque me parece que el ensayo 2 tiene un factor limitante, sea agua, sea drenaje, sea lo que fuera.

Reynaert. Bueno, pero esa parte ya está explicada. Por una parte la distancia entre los ensayos, es bastante grande. Los ensayos fueron hechos en distintas partes del país, en zonas distintas. A veces la precipitación que en realidad condiciona el crecimiento de la pastura determina el número de cortes que se puede efectuar en el año del establecimiento. De ahí, que usted encuentre las diferencias en rendimiento entre ensayos, los suelos los que traen para ensayos de invernáculo, entonces tendríamos la misma cantidad de agua, podríamos uniformizar las condiciones, pero en condiciones de campo es explicable que encontremos diferencias de niveles rendimientos, por esta razón no se comparan los rendimientos entre los ensayos. En el caso particular del ensayo N° 2, suponemos que puede haber otro factor limitante, que no hemos detectado. Por eso en el ensayo N° 2 tampoco se calculó λ , solamente lo presentamos como ejemplo de que a veces ocurren excepciones en las curvas de respuesta.

Berardo. Quería preguntar si han realizado alguna experiencia sobre suelos alcalinos y si han notado diferencia de respuesta de fertilizantes entre estos suelos alcalinos y los suelos normales, es decir, no alcalinos.

Reynaert. No, no hemos trabajado con pasturas sobre suelos alcalinos.

Duarte. Como en el caso de la pregunta que hizo el Dr. Murdock, si se hubieran tenido los resultados analíticos de un análisis de plantas, ¿no quedarían aclarados esos problemas? En el sentido de que se sabría si hubo absorción o no por la planta, por lo tanto, si no había absorción habría sido deficiencia.

Reynaert. No, no creo que se aclararía un poco más, pero hubo absorción seguramente, porque hubo respuesta, lo que pasa es que se observó después un máximo en el rango de aplicación de P. Es decir, no explicamos la existencia de un máximo si esperamos una respuesta del tipo Mitscherlich, que es lo normal, especialmente en el caso de pasturas, en la mezcla leguminosa-gramínea. Lo que no nos explicamos es el máximo. No tuvimos los medios para analizar en más detalle los resultados de los ensayos que fueron efectuados en distintos puntos del país. Tal vez un análisis más detallado de suelo y de la planta nos hubiera revelado cual era el factor limitante en este caso, pero este tipo de ensayos se van a continuar, es decir que tal vez dentro de unos cuantos años se va a tener una respuesta.

Letelier. ¿Estos ensayos fueron efectuados con la intervención del animal?

Reynaert. No. Se manejaron bajo corte.

VI. Conclusiones

TEMA I.

La evaluación de factores edaficos y ambientales que limitan los rendimientos en la producción agrícola, como punto de partida para las investigaciones en fertilidad de suelos.

Como regla general los investigadores de fertilidad de suelos en el terreno donde esta investigación esté dirigida hacia la solución de problemas de baja producción agrícola encaran la investigación como una búsqueda de deficiencias nutritivas en los suelos que limitan el crecimiento de las plantas tanto en el aspecto cualitativo como en lo cuantitativo.

Esta investigación se realiza: 1) en el campo a través de una red de ensayos en los campos de estaciones experimentales y/o en campos de agricultores; 2) en el invernáculo para poder trabajar en condiciones más controladas; y 3) en el laboratorio en cuanto a las propiedades químicas que pueden servir para la orientación de los dos primeros tipos de investigación, para explicación de ciertos fenómenos o simplemente para calibración de valores químico-analíticos con resultados en la experimentación de campo.

Poca atención se ha dedicado al análisis previo del conjunto de los factores edaficos y ambientales con el fin de determinar si el esfuerzo y el costo de una investigación en fertilidad de suelos según el concepto descrito arriba está realmente justificado.

De las discusiones que se desarrollaron sobre este tema se desprende que la mayoría de los participantes está de acuerdo con una evaluación previa de los factores edaficos que limitan los rendimientos, si bien no se está de acuerdo con la forma en que se debería llevar a cabo tal evaluación: análisis químicos, análisis químicos y físicos, estudios morfológicos y clasificación de suelos. Zaffanella, el autor del primer trabajo presentado bajo este tema, sostiene que, al menos en condiciones tales como existen en Argentina, se ahorraría mucho trabajo, tiempo y dinero si antes de emprender una investigación de fertilidad de suelo, siempre en el concepto descrito anteriormente, se realizara una cuidadosa evaluación de todos los factores ecológicos en un sentido muy amplio, que influyen sobre la producción agrícola. Muchos de los presentes no estaban de acuerdo con este concepto muy amplio de la ecología que presentó Zaffanella. La exposición de Zaffanella, si bien se acepta que la metodología que sugiere no está perfecta, lo que el mismo reconoce, tiene el mérito de que muestra un panorama de la complejidad que tienen los problemas de la producción agrícola y advierte contra

la ingenuidad del pensamiento, que la investigación en fertilidad de suelos se puede realizar o desarrollar independientemente de la investigación de los demás factores ambientales que determinan la producción agrícola.

La metodología que presentó Gandarillas parece provenir de la misma escuela aunque introduce un procedimiento matemático más imparcial y se limita a un grupo de factores edaficos y ambientales más restringido.

TEMA II.

Desarrollo y coordinación de las investigaciones en fertilidad de suelos en los tres medios de trabajo.

El esquema presentado por Letelier, sugiere una investigación en etapas que puede suministrar en un plazo relativamente corto información utilizable para recomendaciones de fertilización a los agricultores y en un plazo más extendido el ajuste de estas recomendaciones mediante estudios más profundos de problemas de fertilidad y ensayo con diseños experimentales más complicados.

Este enfoque era aceptable para la mayoría de los asistentes. La discusión en torno a la relación que debe existir entre la investigación en fertilidad de suelos y la clasificación de suelos llevó a la conclusión de que en las primeras etapas de la investigación serían suficientes los mapas generales de gran escala y un nivel relativamente alto de la clasificación. Con el progreso de los conocimientos de la fertilidad de suelos se necesitaría una clasificación a niveles inferiores y mapas más detallados.

De todos modos se debe buscar una vinculación más estrecha entre los dos tipos de estudios de suelos. Stammel y Murdock encontraron en Río Grande do Sul que la acidez de suelo y la toxicidad de aluminio eran factores a corregirse antes de poder esperarse respuesta a fertilizantes. Lo que subraya una vez más la necesidad del análisis sistemático de todos los factores edaficos antes de realizar estudios cuantitativos sobre el uso de fertilizantes.

TEMA III.

El diseño experimental en la investigación de campo.

En cuanto al tipo de diseño experimental utilizado en la experimentación de campo en los distintos países, parece que excepto los diseños más simples tal como el diseño de bloques al azar, hay bastantes diferencias en cuanto al diseño utilizado.

No existe un criterio uniforme y la elección de un diseño depende de la preferencia del propio investigador. Es evidente que la elección de un diseño se tiene que hacer con criterio agronómico y Tejeda advierte contra el uso indiscriminado de diseños experimentales que han sido desarrollados en otros sectores de producción (p.e. la industria).

También es partidario del uso de repeticiones por lugar. Conagin opina que las repeticiones son esenciales en sitios experimentales que representan valores extremos en la fertilidad, puesto que son los datos más difíciles de obtener, pero que en general prefiere datos de más lugares sacrificando repeticiones y la exactitud de la información con tal de abarcar una extensión más grande, es decir una información menos exacta pero más representativa.

Conagin también pone énfasis en la inclusión de tratamientos extra (encalado o micronutrientes) en los ensayos NPK, porque encuentra que hay cierto riesgo en el estudio limitado a 2 ó 3 factores; porque la respuesta a esos factores puede estar limitado por acidez o deficiencia de micronutrientes. La inclusión de un tratamiento control sin fertilizantes se considera necesario para la calibración de análisis químicos de suelo.

TEMA IV.

Tecnología de la aplicación y evaluación de fertilizantes.

Aparentemente este aspecto de la investigación no ha recibido demasiada atención. Sin embargo la forma del fertilizante y el método de aplicación puede determinar en gran parte la respuesta a la fertilización y debería ser una etapa anterior a los estudios cuantitativos-económicos de fertilidad. A pesar de que ciertas propiedades químicas de fertilizantes y suelos permiten hacer estimaciones sobre la eficacia, ésta depende también de la planta que tiene que utilizar el fertilizante.

La evaluación biológica de los fertilizantes es entonces el método más adecuado, utilizando el rendimiento económico como criterio de evaluación. Reynaert ilustra con un ejemplo de la investigación sobre fertilización de praderas la aplicación de dicho método.

**SE TERMINO DE IMPRIMIR
EL 4 DE JUNIO DE 1969,
EN LA IMP. ROSGAL S. A.
Ejido 1624 - Montevideo-Uruguay**

Comisión del Papel. Edición impresa al amparo del Art. 79 de la Ley Nº 13.349



IICA