

# suelos, desarrollo agrícola y alimentación\*

DR. WALDO ESPINOZA G.

Jefe y Profesor

Departamento de Suelos

Escuela de Agronomía

Universidad de Concepción

Chile

## *El desarrollo de la ciencia del suelo.*

Isaac Newton, el primer director del Departamento Agrícola de USA fue quien en su primer informe anual, en 1872, visualizó la agricultura en los siguientes términos:

“El incremento del conocimiento práctico y científico en cualquier ocupación incrementa el poder del hombre en una razón 1:10; el conocimiento agrícola, por ello, promueve la productividad y en la misma proporción desarrolla la riqueza, la prosperidad y el progreso de las naciones”.

En 1802 Sir Humprey Davy había demostrado que las plantas derivan sus componentes elementales C, H, O y N ya sea desde la atmósfera o a partir del suelo en que crecen. El mérito de Davy consistió en que él reconoció a la planta como un ser vivo, cuyas leyes de existencia deberían ser estudiadas para asegurar su perfecto crecimiento.

(\*) Trabajo inaugural del 1er. Simposio Nacional de la Ciencia del Suelo organizado por el Departamento de Suelos de la Escuela de Agronomía de la Universidad de Concepción, “Situación Actual y Proyección de la Ciencia del Suelo en Chile”, celebrado en Chillán, los días 7 - 8 y 9 de mayo de 1975.

Desde la época de Davy se han producido innumerables avances en las ciencias agrícolas: el uso de radioisótopos para determinar la absorción de nitrógeno o bien para observar el flujo de las aguas; el empleo de rayos X junto al DTA (Análisis Térmico Diferencial), en la identificación de arcillas o minerales del suelo; el microscopio electrónico de barrido, que asegura una visión tridimensional de los coloides del suelo; y, la microsonda electrónica, que determina la composición elemental de pequeñísimas partículas de suelo, todos ellos han permitido avances espectaculares en el conocimiento de los suelos.

Nuevas disciplinas han aparecido en el campo de la ciencia del suelo: la bioquímica, físico-química, aerofotogrametría, computación electrónica, etc.

Otro campo de progreso, que es hoy día de particular importancia, se refiere al mundo de las reacciones orgánicas y de los microorganismos.

El suelo ha sido la fuente de antibióticos, tales como la penicilina y la aureomicina, que han salvado la vida de millones de seres. En su interior, existen billones de microorganismos que interaccionando entre sí, viven sus cortas, pero colectivamente importantes vidas, influenciando la vida de las plantas y las propiedades del suelo. Asimismo la población microbiana procesa los fertilizantes, descompone los materiales orgánicos, mejora la estructura y nos protege contra las sustancias químicas que el hombre ha aplicado al suelo. La física de suelos también ha hecho una irrupción reciente en el campo de la ciencia del suelo: los principios del movimiento del agua, aireación y las reacciones de los coloides están siendo intensamente estudiados.

Dos hechos preocupan hoy día al hombre por un lado la conservación del ambiente y por otro la urgencia de satisfacer cada vez más las crecientes necesidades alimenticias.

Antiguamente se suponía que los suelos eran entes estáticos y casi inertes. Sin embargo, hoy día aceptamos que un buen manejo dará al suelo propiedades de mejoramiento de los rendimientos en 10 ó 20 años. Si su productividad puede ser substancialmente alterada por el hombre en pocos años, éste no puede ser inerte o estático.

Para satisfacer las necesidades alimenticias de la población mundial el hombre se encontró con que después de años de experiencias él conocía algo de los procesos, pero casi nada de los recursos de que disponía. En este sentido, la clasificación de los suelos se ha transformado en una herramienta fundamental para establecer los recursos de suelo de que disponemos. En otro plano



de acción, más amplio, pero más sofisticado, se emplean hoy día los satélites (ERTS) para evaluar los recursos naturales de regiones o de continentes.

Otro pensamiento es el que refleja la influencia que el suelo ejerce sobre la sociedad y la cultura. Tendemos a olvidar que nuestra filosofía de vida y nuestras instituciones políticas y sociales tuvieron su origen en los climas moderados de Europa y del este de USA, donde el bosque y el agua eran abundantes y en donde las granjas podían, si fuera necesario, ser individualmente operadas en una base de subsistencia. Quizás nosotros podríamos comprender mejor las sociedades primitivas y resolver los inmensos problemas de los países del mundo subdesarrollado si conociéramos mejor acerca de la forma cómo dichas sociedades se adaptan a sus suelos.

### *La agricultura de América Latina y sus recursos de suelos.*

Según George Harrar América Latina que presenta una infinita variedad de climas, topografía y cultivos, tiene la capacidad de satisfacer esencialmente todas sus necesidades de alimentos, de fibra y nutrientes e, incluso, producir cantidades adicionales de productos agrícolas para los mercados mundiales.

Señala Harrar que "han desaparecido los días en que una elección entre industrialización y agricultura fue considerada mandatoria. Hoy día se reconoce que el progreso agrícola es un requisito para una industrialización vigorosa y que ésta debería estar basada en el crecimiento de la demanda interna. Así, entre el total de producción agrícola y los requerimientos totales alimenticios, hay ya una distancia absoluta que puede ser disminuida sólo a través del mejoramiento universal de los actuales métodos agrícolas, acompañado de progresos significativos hacia la estabilización de la población".

Añade, además, que "sería irreal creer que la situación actual puede ser resuelta a través de algún avance tecnológico espectacular que pudiera anular los modelos convencionales de producción agrícola o hacerlos innecesarios. Mucho se ha dicho y escrito acerca de la utilización de los microorganismos, i. e., bacterias, hongos, algas, como fuentes potenciales de proteína; un descubrimiento en relación a la fotosíntesis también ha sido profetizado; la conversión de sustancias petroquímicas para producir proteínas, también es una posibilidad. Todas estas ideas merecen investigación y experimentación y aplicación cuando sean económicamente factibles. En conjunto, sin embargo, no pueden resolver en forma significativa el problema del hambre".

Según el CONICYT, América, desde su descubrimiento, ha entregado al mundo relevantes aportes agrícolas. En el trienio 1969-1971 la región generó un 83,7% del banano comercializado internacionalmente; 60,7% del café; 52,1% del azúcar; 24% del algodón; 23% del maíz y 19,9% del cacao. El consumo de la región también recibe un valioso aporte foráneo, principalmente trigo, cuyas importaciones contribuyen con un 40,1% del consumo regional aparente. La producción de trigo de los cinco principales países productores (97%) Argentina, Brasil, México, Chile y Uruguay, llegó a 12,2 millones de toneladas en el bienio 1972-1973.

Sin embargo, según Araujo, actual Director General del IICA, "en términos generales puede decirse que la agricultura en América Latina no está desempeñando cabalmente el papel que le corresponde en el desarrollo de la región. No está proveyendo al continente de los alimentos que le son indispensables y, en muchos casos, está induciendo a la sobre utilización de las tierras, o una substitución en función de la agricultura misma, con respecto a la cual hay que llegar a la conclusión que no se tiene en mente otra idea que la de la maximación del crédito y que tampoco absorbe la mano de obra que se genera en el propio sector y en ella misma".

Samper ha sugerido que para acelerar el desarrollo agrícola se hace necesario sacar a las instituciones del subdesarrollo para utilizar plena y eficientemente los recursos naturales. "Puede decirse, sin exageración, que la agricultura no sólo está contribuyendo muy poco al crecimiento económico de América Latina, sino que tiende a contribuir proporcionalmente menos y, en algunos casos, incluso lo está frenando".

La agricultura latinoamericana se encuentra en un estado de asfixia, porque proporcionalmente es el sector económico en el que más rápidamente aparece y crece la población de América Latina.

A esto hay que añadir la existencia relativa de prácticas administrativas de carácter empresarial, lo que conduce a un desperdicio simultáneo de los recursos humanos y de los recursos de la tierra, hechos éstos que privan, a la larga, a millones de agricultores de la oportunidad de mejorar su productividad y sus ingresos. Entre 1961 y 1968 la producción agrícola creció en un 2,5%. La producción de alimentos creció a una tasa media del 3,6% anual en el período 1954-1968 y, contrariamente de lo ocurrido con la producción agrícola total, aumentó con mayor rapidez a partir de 1961, al punto que alcanzó un incremento



anual del 3,7%, lo que es levemente inferior al de otras zonas desarrolladas. Sin embargo, lo que hace la diferencia, es la tasa de natalidad de los países desarrollados (1.0 - 1.5%) y de aquellos en desarrollo (2.0 - 3.5%). Ahora bien, el 70% del incremento de la producción ha provenido de la explotación de nuevas tierras y sólo el 30% restante se ha originado a través del incremento de la productividad de las tierras ya en uso. El BID indica que deberán incorporarse 30 millones de hás. al cultivo para alimentar a los 364 millones de habitantes del área, en 1980.

Mejía indica que los problemas agrícolas existentes en América Latina, desde el punto de vista de los recursos humanos, se pueden sintetizar en la siguiente forma:

“Existen 22.000 Ingenieros Agrónomos; 9.000 Médicos Veterinarios y 590 Ingenieros Forestales, lo cual da un promedio de 1 profesional cada 1.800 propiedades rurales, ó 1 agente técnico por cada 100.000 hás.”

Rodríguez, citando un informe de FAO, indicaba que durante 1964/65 el consumo mundial de todos los fertilizantes ascendió en total a casi 40 millones de toneladas, sin embargo, de este total el consumo en América del Sur, representó solamente el 1.8% del nitrógeno total (N), el 2,3% del fósforo total ( $P_2O_5$ ), y el 1,6% de la potasa total ( $K_2O$ ).

América del Sur consumió 12 kg. de fertilizantes por há. cultivada, en comparación a Japón con 298 kg/há., y Europa Occidental con 120 kg/há. cultivada. El consumo de fertilizantes se ha incrementado substancialmente, pero éstos se han usado principalmente en cultivos exportables fuera del área.

No obstante este bajo consumo de fertilizantes por há., él representaba en 1965 un total de 779.000 toneladas para Sudamérica. Esta cifra se ha duplicado, probablemente, hoy día.

Según ha informado recientemente nuestro Gobierno, Chile gastará este año 100 millones de dólares, aproximadamente, en la importación de 289.103 toneladas de abonos.

Ahora, si analizamos los datos de uso del suelo de América del Sur, se observa, según un informe de FAO-UNESCO en 1974, que este subcontinente, con sus 190 millones de habitantes, cultiva 87 millones de hás. de un total posible cultivable de 540 millones de hás., lo que constituye un 16,1% de tierra cultivada. América Central cultiva un 73%, Europa un 80%, Asia y Oriente más del 95%, América del Norte 86,1%, y Chile alrededor de un 25 a 50% (Ver Cuadro 1).

El uso del suelo en América del Sur está concentrado en una pequeña porción del continente, dejando áreas cubiertas por vegetación natural y no usadas en la producción agrícola. La población del continente se estimó en 180 millones en 1968, comparada a 165 millones en 1965, mostrando un rápido incremento. Alrededor del 38% de la población económicamente activa está empleada en la agricultura, cultivando no más del 50% de la superficie total y utilizando cerca del 20% como tierra de pastoreo.

Según FAO-UNESCO, una característica señalada de los suelos sudamericanos es su baja fertilidad natural. Un 50% aproximadamente del continente está formado principalmente por diversas clases de ferralsoles, acrisoles órticos y arenosoles ferralíticos, que tienen todos baja capacidad de intercambio catiónico y bajo porcentaje de saturación de bases.

Otra limitación que afecta gravemente la utilización agrícola de los suelos es la escasez del agua. En general, el 20% de América del Sur tiene climas áridos o semiáridos en los que la agricultura sin riego es aleatoria o totalmente imposible. Estos suelos son, en su mayoría: yermosoles, regosoles, litosoles, solonchack, solonetz, luvisoles férricos y luvisoles crómicos. Existen zonas extensas, 10%, con escaso drenaje. Otro 10% del territorio está constituido por extensas zonas de tierras escarpadas. Son raros en América del Sur los suelos que no presentan limitaciones como los anteriores, menos del 10%.

Los rendimientos de los principales cultivos son inferiores al promedio mundial, mayores que en África, pero menores que en Asia para ciertos cultivos como centeno, avena y papas. Sin embargo, el número de tractores en la región entre 1950 y 1965, se ha cuadruplicado.



CUADRO Nº 1. TIERRA LABORABLE EN EL MUNDO.

Región	Población (Millones de habitantes)	Tierra cul- vada (1970) (millones hás.)	Tierra cul- tivable (millones hás.)	Tierra culti- vada por ha- (millones hás.)	Tierra culti- vada por ha- (millones hás.)	% de tierra en cultivo
Asia Meridional	716	197	195	0,27	0,27	101,0
América del Norte	227	236	274	1,03	1,20	86,1
Europa	462	144	180	0,31	0,39	80,0
URSS	243	233	352	0,95	1,45	66,1
Oceanía	15	45	70	3,0	4,66	64,3
América Central y Caribe	93	38	52	0,40	0,55	73,0
América del Sur	190	87	540	0,45	2,84	16,1

Fuente: FAO - UNESCO.

Olson ha indicado que una gran cantidad de información de suelos en América Latina está disponible en un formato informal. Parte de la información está sujeta a cuestionamiento y gran parte de ella necesita ser revisada a medida que los datos van siendo obtenidos. Esto no se debe tan sólo a la modificación de las técnicas de evaluación empleadas, sino que también al hecho de que periódicamente se producen transformaciones en la tenencia de la tierra derivado ya sea de políticas de gobierno como también, a veces, de la construcción de estructuras de riego, por ejemplo.

La corta trayectoria de los investigadores en el área de la ciencia del suelo, no sólo ha estado jalonada de éxitos y de fracasos, sino que también de las frustraciones derivadas de la incapacidad de los gobiernos por utilizar la información obtenida. Como uno de los éxitos se cita al del investigador Fevr, quien en 1956 dirigió el estudio de suelos para determinar la localización de Brasilia. Intérpretes de fotografías aéreas, planificadores, geógrafos y otros profesionales trabajaron, en forma conjunta, en dicho proyecto.

La falta de información adecuada de los suelos ha producido muchos problemas en América Latina que han tenido implicaciones a largo plazo. La erosión, por ejemplo, es severa en muchos lugares y la falta de prácticas de conservación ha originado una real declinación de la producción en muchas áreas.

Con reconocimientos de suelos adecuados y suficientes incentivos económicos y programas educacionales para los agricultores, las áreas erosionadas podrían recobrar su máximo potencial.

Una dificultad es que los científicos del suelo, raramente están empeñados en actividades de planeamiento y por ello la mayor parte de sus informes deben ser interpretados por geógrafos, conservacionistas, ingenieros, etc. aunque ya existe algo de trabajo interdisciplinario. En Guatemala, diversos proyectos en operación han comprendido los esfuerzos cooperativos de científicos del suelo, antropólogos, ecólogos, palynólogos, meteorólogos, arqueólogos, botánicos y geógrafos.

A medida que los estudios de suelos han progresado, los suelos han sido caracterizados cada vez en forma más cuantitativa, de acuerdo con la 7ª Aproximación al Sistema de Clasificación de Suelos.

Hoy día, sin embargo, se emplean, en forma creciente, clasificaciones técnicas más adaptadas a las necesidades locales o regionales de cada país. Como ejemplo, uso potencial del suelo



para ser utilizado en diferentes cultivos; uso del suelo para frutales, arbustos y ornamentales; adaptabilidad forestal del suelo; uso del suelo en ingeniería; uso del suelo en recreación. En esencia, se trata de determinar la adaptabilidad de un cultivo a un tipo de suelo, si se adapta mediante un manejo especial o si no se adapta del todo.

Según el Ministerio de Agricultura, la superficie potencialmente arable de nuestro país alcanza a 5,5 millones de hás., las que debidamente aprovechadas permitirían destinar cerca de 1,9 millones de hás. a cultivos anuales y plantaciones frutales y viñedos. Por otra parte, si a los 3,6 millones de hás. potenciales para praderas artificiales se suman los 2,6 millones de hás. que podrían mejorarse, habría una disponibilidad potencial de algo más de 6,2 millones de hás. de praderas artificiales y mejoradas. Restarían así 5,6 millones de hás. que deberían continuar en su actual estado de pradera natural, aún cuando es posible incorporar en ellas mejores prácticas de pastoreo (Ver Cuadro N° 2).

Estas capacidades potenciales de uso, están muy lejos de ser utilizadas. Es así como la superficie arada en 1965 puede estimarse en sólo 2,8 millones de hás., en cambio la potencialidad arable duplica dicha cifra (5,5 millones de hás.).

En 1965 se destinaban a cultivos anuales y plantaciones frutales y viñedos algo más de 1,5 millones de hás., en relación a cerca de 1,9 millones de hás. potencialmente disponibles. Es, en consecuencia, posible no sólo aumentar el área destinada a cereales, sino que lo que resulta más importante, de la posible expansión de 330 mil hás. 90 mil serían para cereales y 235 mil para chacras, hortalizas, frutales, viñedos, etc., o sea, se dispone de suelos para expandir aquellos cultivos que significan un uso más intensivo del mismo.

Agreguemos que en 1965, el país disponía de tan sólo algo menos de 1,3 millones de hás. de praderas artificiales y mejoradas, en circunstancias que hay suelos disponibles para algo más de 6,2 millones de estas praderas. Simultáneamente, los actuales 11,8 millones de hás. de praderas naturales deberán limitarse a sólo 5,6 millones.

CUADRO Nº 2. USO ACTUAL Y POTENCIAL DE LOS SUELOS EN CHILE (EN MILES DE HECTAREAS)

USO DE LOS SUELOS	Uso Actual	Uso Potencial
1) <i>Agrícola:</i>	1.543	1.870
Cereales .....	870	975
Chacras, frutales y hortalizas	673	895
2) <i>Ganadero:</i>	13.101	11.810
Artificial .....	1.279	3.610
Mejorada .....		2.630
Natural .....	11.822	5.570
3) <i>Forestal:</i>	8.077	11.780
Total productivo .....	22.721	25.460

FUENTE: Ministerio de Agricultura.

Si se considera que entre una pradera natural y otra artificial o mejorada, la capacidad productiva del suelo, según las zonas del país, es entre 2 y 3 veces superior, es evidente que el país posee un potencial ganadero sub-utilizado o abandonado. Si se cuenta con empastadas naturales, es necesario usar entre 2 y 8 hás. para alimentar a un vacuno. Si se emplearan empastadas artificiales, 1 há. podría alimentar a 3 vacunos. Esto significa que el número de vacunos podría aumentar de 2,8 millones a 7,0 millones y el número de ovejas de 6 millones a 60 millones. Chile sólo es capaz de alimentar a 2 personas por há. cultivable en vez de 10 ó 12 si empleáramos la tecnología norteamericana de 1950, o bien 18 ó 20 si empleáramos la tecnología de 1975. Lo anterior demuestra que cultivamos nuestra tierra con una eficiencia semejante a la de los egipcios hace más de 4.000 años. Ello también significa que podríamos alimentar hasta 100 millones de habitantes si utilizáramos adecuadamente nuestros recursos de suelo.

Esta sub-utilización, los bajos rendimientos actuales en relación a los potenciales y el hecho de que cerca de 19 millones de hás. están afectadas o amenazadas por diversos grados de erosión, son indicadores de lo mucho que queda por hacer en el sentido antes señalado.



Los trabajos o proyectos de riego de "La Paloma" (14.300 hás.), Maule Norte (40.000 hás.), Diguá (30.400 hás.), Bío-Bío Sur II (28.000 hás.) y Coihueco (4.800 hás.), favorecen con riego nuevo o mejoramiento de 350.000 hás. con un equivalente de algo más de 160.000 hás. de nuevo riego. Si se considera tanto la calidad de las tierras como la existencia del agua, se puede concluir que en el futuro son susceptibles de riego adicional 1,3 millones de hás., de las cuales unas 720 mil disponen ya de riego eventual y las restantes 550 mil corresponden a suelos de secano.

Por otro lado, CONAF ha indicado que el 27% de la superficie continental de nuestro país está cubierta por bosques naturales, en circunstancias de que los terrenos de aptitud forestal alcanzarían al 47% de dicha extensión, aunque no todos ellos podrían ser reforestados para su aprovechamiento estrictamente comercial, debido a que las limitaciones de suelo y clima se traducen en distintos tipos de asociaciones vegetales que están adaptadas a las condiciones del medio.

Según los antecedentes, los recursos forestales de Chile se dividen en bosques naturales y plantaciones artificiales. Se calcula que la superficie cubierta por bosques naturales alcanza a 20.443.000 hás., de las cuales sólo 5.241.000 hás. corresponden a bosques explotados comercialmente.

La superficie continental de Chile, excluido el territorio antártico, es de unos 74.000.000 de hás. De acuerdo a la aptitud del uso del suelo, en cifras aproximadas, 34.740.000 de hás. son forestales; 11.850.000 agrícola-ganaderas; 15.000.000 desiertos; 11.100.000 cordilleras y montañas y 1.000.000 corresponderían a lagos y ríos urbanos.

La superficie estimada como de aptitud forestal sólo en parte está efectivamente cubierta por bosques nativos y artificiales que pueden tener aprovechamiento económico. El resto debería ser mantenido como está, reforestando para mantener nuevos bosques donde la acción del hombre los ha destruido indiscriminadamente, sin considerar las posibilidades de renovación de este recurso.

Desde otro punto de vista, el Ministerio de Agricultura ha indicado que hay regiones del país en los que existe una evidente sub-utilización de los suelos. Considerada cada provincia por separado, habrían 460 mil hás. que podrían estar destinadas a cultivos en rotación con praderas artificiales permanentes.

Simultáneamente, en la 8ª Región y parte de la 7ª (Maule), se estaría haciendo un uso excesivo de las tierras para cultivos, con lo que se está destruyendo el suelo como recurso natural.

En total, habría en el país algo más de 130 mil háts. sobre-utilizadas que habría que retirar del cultivo.

### *La investigación en suelos.*

Nuestra tragedia consiste en que no sólo no podemos alimentar a los que actualmente viven en este planeta, sino que también miramos con pavor el futuro mediano e inmediato. Diversos círculos piensan que no podremos salir de este ciclo fatal alimento-población-alimento. Este pavor es aparentemente injustificado. En efecto, si los recursos con que actualmente se cuenta fuesen usados con la debida eficiencia, la población mundial de 4.000 millones de habitantes bien podría doblarse y triplicarse y llegar a los 28.000 millones de seres humanos. En este sentido Sachs nos dice que para solucionar el problema alimentario mundial existen dos alternativas: por un lado la revolución verde, filosofía universalista y difusionista del desarrollo, basada en la disponibilidad de recursos humanos, materiales, energéticos y, por otro, el concepto de *codesarrollo*. El concepto de *ecodesarrollo* pretende definir un estilo de desarrollo particularmente idóneo para las regiones rurales del Tercer Mundo. Sachs, parte del postulado que debido a múltiples razones, dichos países no pueden aprovechar la tecnología avanzada y, por tanto, tienen que realizar un verdadero regreso hacia las prácticas ancestrales y autóctonas, a condición, se entiende, de que su producción de alimentos mejore, pues éstas son las que mejor se adaptan a los imperativos ecológicos.

En pocas palabras, el *ecodesarrollo* es un tipo de desarrollo que requiere de soluciones específicas a los problemas peculiares de la región a la luz de los datos culturales y ecológicos. Bastaría decir que la asombrosa diversidad de tipos de agricultura y hábitos de cultivo en el mundo pueden analizarse desde el punto de vista de su adaptación a los ecosistemas naturales o de la transformación de estos sistemas. Como resultado espectacular de ello, una serie de países de Asia se encuentra difundiendo la revolución azul o acuicultura, basada en el cultivo de plantas acuáticas y la cría de peces y animales en agua dulce.

Dentro del *ecodesarrollo* es parte fundamental de su estrategia la conservación de los recursos naturales en beneficio de las generaciones venideras.



Sin embargo, en estos últimos años ha habido en los países en desarrollo una tendencia a considerar al hombre prescindiendo de su ambiente; a creer que el hombre debía explotar incesantemente a la naturaleza en aras de la prosperidad de su población aceleradamente creciente; en el supuesto de que los recursos de la naturaleza eran ilimitados y que ésta podría absorber todos los desechos que el hombre arrojase. Se pensaba, por lo tanto, que la producción de alimentos podría correr pareja con las exigencias nutricionales del hombre, porque se consideraba que las tierras y la tecnología eran ilimitadas. Poco a poco, hoy día se cobra conciencia de que tierra, alimentos y población se condicionan mutuamente y se mantienen en delicado equilibrio.

Nikiforoff nos ha dicho que el suelo es el puente entre el mundo orgánico y el mundo mineral, o entre el mundo animado e inanimado. Es pues un puente vital al hombre y a la vida misma: las plantas obtienen de éste los elementos minerales y el residuo orgánico devuelve los elementos obtenidos del suelo y conllevando otros elementos fundamentales como carbono y oxígeno que alimentan a la masa de material vivo que existe en la tierra.

Según Nikiforoff, la ciencia del suelo está pasando por una difícil etapa de su desarrollo. Luego de una partida promisoriosa al final del último siglo y el principio del presente, ha estado plagada de formalismo y ha perdido mucho de su ímpetu original. El desenlace de dos guerras mundiales y los problemas sociales han puesto en difícil situación a la agricultura mundial y a la ciencia del suelo, la cual todavía se orienta hacia la agronomía, que a su vez se ha concentrado en el estudio de problemas predominantemente prácticos relacionados con el mejoramiento de los cultivos. La investigación en las ciencias básicas ha sido desplazada por la investigación tecnológica que se encuentra supeditada a la supervisión burocrática y cuyos métodos de búsqueda científica han sido remplazados por un tristemente célebre empiricismo sin imaginación.

La misma tensión de las últimas décadas generó un aumento explosivo de otras ciencias, notablemente la física y la química que se han sobrepasado a sí mismas y se preocupan ya del cosmos.

Mientras tanto, la agronomía ha sido dejada atrás, pero en verdad no podrá quedar allí por mucho tiempo. Ya es evidente que nuestra clásica agricultura es incapaz de responder a la demanda de alimentos.

Nikiforoff, se queja de que los siempre presentes deseos de aumentar los rendimientos agrícolas, permiten que la rama apli-

cada domine todo el espectro de la ciencia del suelo y que los métodos de dicha rama son normalmente crudos y enteramente inadecuados para la investigación básica. Por ello, uno de los primeros problemas por resolver es la liberación de las ciencias básicas del peso de las tareas prácticas y ello se debe a que muchos problemas prácticos podrían ser resueltos más rápidamente si la investigación estuviera liberada de una orientación utilitaria. El segundo problema consiste en desarrollar una técnica adecuada. La mera observación de peñazcos o bien de cortes de camino para el estudio de la anatomía del suelo o para la obtención de muestras para el análisis químico sirvió un propósito de una etapa pionera de la ciencia del suelo. Todavía satisface el interés de los reconocimientos de rutina, pero ya no es adecuado en la investigación científica. También, los análisis químicos y físicos son adecuados desde el punto de vista de los procedimientos, pero los métodos para la interpretación, y especialmente la coordinación de diversos análisis y selección del material para los estudios de laboratorio, necesitan de una modificación y actualización urgente.

Forzoso es reconocer que, al igual que otras disciplinas científicas, la ciencia del suelo se enfrenta cada día que pasa a problemas más profundos y complejos. Los problemas parecen sobrepasarnos y subsiste el hecho de que no podemos dar una respuesta adecuada a diversas incógnitas que afectan a la producción agrícola y que se nos plantean diariamente. Entre éstos podríamos mencionar tan sólo el asunto de las dosis y tipos de fertilizantes, el manejo de los suelos, las tasas de riego, las pérdidas por erosión, la calidad de las aguas de riego, el control de la erosión, el reconocimiento de nuestros recursos, etc.

Reconociendo que la investigación en suelos ha estado plagada de falta de medios y del constante vaivén originado por la creación, modificación o suspensión de departamentos e instituciones de trabajo, parece ser necesario declarar que no ha existido una coordinación mínima entre investigadores o instituciones o disciplinas.

La Universidad de Minnesota, realizó recientemente un seminario acerca de los factores que deben considerarse para distribuir los recursos de investigación del sector agrícola. He aquí algunas de sus conclusiones fundamentales:

a) "La investigación científica ha emergido como una principal fuente de crecimiento económico en la sociedad moderna. La tasa de crecimiento de la investigación excede substancial-



mente la tasa de crecimiento del producto nacional bruto de USA;

b) "Parece que nuestra habilidad nacional para hacer investigaciones puede sobrepasar nuestra capacidad para distribuir juiciosamente nuestros escasos recursos económicos y sociales en proyectos de investigación".

Mientras que se aceptan en forma implícita los beneficios que la investigación reporta a la sociedad, muchos observadores argumentan que la naturaleza de dichos beneficios no ha sido suficientemente explícita. No todos los beneficios son medibles en valores numéricos. Sin embargo, hay considerable evidencia de que la ciencia agrícola ha acelerado el cambio en el comportamiento del agricultor y en la economía de la empresa agrícola. La investigación de maíz híbrido ilustra el retorno de la inversión en la ciencia. La tasa corriente de retorno en toda la investigación parásita de híbridos se estima que excede el 700%. Mientras que el valor de la investigación en maíz híbrido puede aparecer obvia en retrospectiva, distribuir recursos para otros proyectos de investigación es ahora un problema social e intelectual.

Según Valdés, el profesor Harberger en una conferencia en Santiago, en 1968, mencionaba que la tasa de retorno a la inversión de la educación en Chile era algo superior al 20% real y cerca del 27% para la educación técnica. Esto no significa, por supuesto, desconocer los beneficios no económicos de la educación. Esta rentabilidad es superior a muchas inversiones en capital físico, como Plantas IANSA, algunos caminos, ferrocarriles y así varios otros y el país, quiéralo o no, debe escoger entre proyectos alternativos. De acuerdo a este criterio, parecería que la educación debería obtener una fracción bastante mayor del gasto total anual del país.

En México, para el trigo, hasta 1962, por cada dólar invertido durante todo el programa se obtenían 8 dólares por año, o sea, 800%.

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

Según Pérez y del Canto existe actualmente una tendencia a planificar por especialidad científica y no por rubro ni menos por problemas de regiones y áreas de influencia.

En este sentido, diversos autores propician la necesidad de que equipos de biólogos, sociólogos y economistas establezcan las prioridades de la investigación. Sin embargo, en nuestro país, en la elección de materias por investigar parece existir una marcada influencia del gusto personal del investigador, de su tendencia a trabajar solo, lo cual implica en parte una pérdida de los esfuerzos de los investigadores, pues al desarrollar su gusto personal, este trabajo puede no estar acorde con el problema que se necesita investigar.

Se han dado una serie de factores negativos que pueden entorpecer la acción de la investigación, entre éstos: aspectos financieros, dirección, personal, instalaciones, interferencia administrativa.

Por otro lado, los que exigen ciertos requisitos a las instituciones e investigadores, deben tener en cuenta algunas características de la labor de investigación:

- a) Los resultados de las investigaciones suelen obtenerse con mucha lentitud.
- b) Las actividades de investigación no se comienzan y terminan automáticamente, sino que constituyen un proceso continuo.
- c) Existen todavía muchos problemas a los cuales es necesario encontrarles solución.
- d) Las condiciones varían grandemente de una región a otra.
- e) Los fondos y los recursos para la investigación agrícola no son de utilidad alguna cuando no hay personal capacitado para dirigir los programas, y,
- f) Las soluciones encontradas a los problemas agrícolas por la investigación no contribuyen al desarrollo de la agricultura cuando no llegan en alguna forma al agricultor.

Específicamente en cuanto a la coordinación de la investigación, Pérez y Del Canto han indicado que "no queda clara la justificación de proyectos de ecología, que se desarrollan simultáneamente en el INIA, IREN y DICOREN. Otro tanto sucede con proyectos de estudios de suelos trumaos que deberían coordinarse entre el INIA, SAG, CORFO y las Universidades. Parece ser que se estudiá la tecnología de los fertilizantes, exploración de deficiencias nutritivas, características químicas, acidez y alcalinidad, etc. separadas en diversas líneas de trabajo, cuando se podría englobar en una sola. En general, se hecha de



menos lo relativo a manejo de suelos y rotaciones. Parece ser que únicamente IANSA está explorando dichos problemas”.

“También parece ser obvio que no hay investigaciones relacionadas con el uso intensivo del suelo, substitución de cultivos, etc., como asimismo parece que no ha existido un estudio de la relación entre investigación y planes de desarrollo agropecuario. Queda la impresión de que el especialista considera dichos planes como algo transitorio”.

Cortázar observa que existe una desproporción entre la importancia económica y el número de profesionales por rubros. En maíz, por ejemplo, hay el doble de profesionales que en papas, siendo su cosecha de solamente una cuarta parte del valor de estas últimas. La explicación de este hecho se debe a que en Chile trabajan en mejoramiento del maíz el INIA, la Universidad de Chile, la Universidad Católica y dos firmas privadas.

En cuanto a los recursos humanos, se sabe que el área comprendida entre Aconcagua y Talca, engloba el 56,2% de los mismos, de los cuales un 55,8% corresponde a investigación agrícola, un 21,6% a investigación básica, 16% a pecuaria y 6,6% a otros de tipo general. El número de investigadores universitarios estatales y particulares alcanza a 391.

En el orden cualitativo la distribución por ítems permite conocer que en el país los recursos profesionales se concentran en entomología y fisiología, suelos y pecuarios en conjunto abarcan el 80,2% de los recursos profesionales.

En cuanto a las instituciones: las del sector estatal son responsables del 50,6% de la investigación, las universidades ocupan un papel preponderante con un 46,6%. *El sector privado participa sólo con el 2,8% restante.*

Según Monckeberg en Europa Occidental un promedio del 50% del personal científico-tecnológico se encuentran en las empresas productivas y no más de un 20% en las Universidades.

Dentro del grupo agrícola las principales materias de estudio son: mejoramiento (35%), labores culturales (20%), fertilizantes (19%) y enfermedades (6,8%).

Obviamente, los investigadores necesitamos de ayuda al planificar nuestras actividades. Nuestro individualismo ancestral aparece nítido. Tal como se ha señalado recientemente en la prensa, los problemas del agua dependen de ocho distintos Ministerios, entre tanto las instituciones que se preocupan de su manejo son 28. No existe entonces una planificación de los recursos. Tampoco se cuenta con la insustituible coordinación de

los datos. Cada institución genera su propia información. Según CONARA, el control sobre la contaminación del agua está a cargo de seis Ministerios. Todo ello ha inducido a cometer errores lamentables como construcción de embalses muy cercanos al océano, poblaciones sin agua, contaminaciones de ríos en su curso superior, erosión por falta de inversión en obras de defensa fluvial, etc. La investigación de los suelos no parece estar ausente del problema señalado.

Cortázar ha sugerido que para determinar la prioridad de cualquier proyecto de investigación es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1. Importancia económica.
2. Importancia social.
3. Política de Gobierno.
4. Disponibilidad de personal idóneo.
5. Importancia científica.

El Departamento de Agricultura de EE.UU. ha establecido recientemente un sistema de proyectos de investigación (PPBS) denominado sistema de planeamiento y programación de presupuestos. Según este sistema, los planificadores presentan a los científicos problemas relativamente amplios para su resolución y los científicos responden desarrollando proyectos específicos para satisfacer dichas necesidades. En la práctica, los científicos también ayudan a determinar las áreas problemas que deben recibir apoyo mediante la investigación.

Existe consenso, sin embargo, que la planificación de las investigaciones y la asignación de recursos deberán ser racionalizados al máximo para satisfacer a una opinión pública cada vez más crítica.

Según Pérez y del Canto la investigación agrícola de nuestros países requiere una estrecha coordinación en los niveles: el nacional por rubro, para evitar la duplicación de esfuerzos y por unificar los criterios por utilizar en las experiencias sobre el mismo rubro; y el regional por problemas, donde se crean prioridades de investigación en relación a la importancia económica y social de los problemas del productor agropecuario de la zona.

Observamos que nuestros recursos de suelos podrían ser empleados en forma más eficiente y que los técnicos de suelos han desempeñado y pueden desempeñar un papel mucho más importante en la planificación del uso del suelo como un recurso básico de nuestra supervivencia.



Hemos visto cómo la insuficiencia de capitales ha influido sobre la falta de aplicación tecnológica de los conocimientos adquiridos.

Los científicos del suelo han demostrado en Chile empuje e imaginación para cumplir con sus objetivos, reconociendo, eso sí, que si superamos los problemas de coordinación institucional, nuestros resultados serán mucho más fructíferos y llegarán en forma más evidente a la opinión pública y a nuestras autoridades.

Por muchos años diversos pioneros del estudio del suelo plantearon lo que hoy sucede con respecto al hambre y a la destrucción del ambiente del hombre. El tiempo les ha dado la razón a aquellos visionarios y el estudio del uso racional del suelo aparece no ya como una necesidad, sino como un imperativo del presente.

El país es rico en recursos y agobiante en desafíos, pero sabemos que contamos con hombres valiosos e inteligentes que poseen la técnica y que saben dónde están y cuántos son los recursos de que disponen y qué es lo que hay que hacer en un futuro próximo.

Resulta oportuno meditar en las palabras que el economista Keynes dijera en 1933 "Si nuestra pobreza fuere debida a las malas cosechas o al terremoto o a la guerra, si careciéramos de las cosas materiales y de los recursos para producirlas, no podríamos confiar en hallar el camino hacia la prosperidad excepto a través del trabajo duro, la abstinencia y el ingenio. En realidad, nuestras dificultades son claramente de otra especie. Proviene de alguna falla de los mecanismos inmateriales de la mente, en el funcionamiento de los móviles que deberían dirigir las decisiones y los actos de voluntad, necesarios para poner en movimiento los recursos y los medios técnicos que ya poseemos. Nada se requiere y nada será útil excepto alguna claridad, una mínima claridad de pensamiento".

## BIBLIOGRAFIA

1. ARAUJO, J. EMILIO. 1974. Una opción humanista en el desarrollo rural de América. Dirección General IICA. 233 pp.
2. CORTAZAR, R. 1968. Qué espera el investigador del economista agrícola. *En Investigación Económica y Experimentación Agrícola*. Ed. por Emilio Montero y Santos Pérez V., IICA-Universidad Católica, Santiago, Chile. pp. 29-38.
3. CHILE. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. ESTACION EXPERIMENTAL QUILAMAPU. 1974. Planificación de Investigaciones Agropecuarias a cinco años (1974-1979). (Uso interno). s/p.
4. CHILE. MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1968. Uso potencial de los suelos de Chile. pp. 1-12.
5. CHILE. MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1968. Plan de Desarrollo Agropecuario 1965-1980. Síntesis. ODEPA, Santiago, Chile. 117 p.
6. CHILE. CONICYT. 1974. América, la despensa alimentaria del mundo. *La Semana Científica y Tecnológica*, Santiago, Chile. Año II Nº 10-12. 1p.
7. EL MERCURIO. 1975. Déficit de bosques en Chile continental. *Diario El Mercurio*. Abril 20, 1975.
8. EL MERCURIO 1975. Tierra y Alimentos. *Diario El Mercurio*. Abril, 1975.
9. EL MERCURIO 1975. Nuestra economía del agua. Abril 6, 1975.
10. FAO-UNESCO. 1971. Soil map of the world 1:5.000.000. Volume IV. South America. UNESCO-Paris.
11. HARRAR, G. 1966. Hearings: war on hunger. House Committee on Agriculture, U.S. Congress. The Rockefeller Foundation. 13 pp.
12. MEJIA S., JORGE. 1968. Latin America: The need for increased agricultural production. *In Strategy for the Congress of Hunger Proceedings of a Symposium Couvered by the Rockefeller Foundation*. April 1 and 2, 1968. New York. pp. 51-72.
13. MONCKEBERG, F. 1974. Jaque al subdesarrollo. Edit. Nacional Gabriela Mistral, Santiago, Chile. 209 pp.



14. NIKIFOROFF, C. C. 1958. Reappraisal of the soil. Science. Vol. 129. pp. 186-196.
15. OLSON, G. W. 1973. Improving uses of soils in Latin America. Geoderma 9. pp. 257-267.
16. PEREZ V. SANTOS & DEL CANTO V., CARLOS. 1971. Diagnóstico de la investigación agropecuaria. ODEPA-ICIRA. 119 pp.
17. RODRIGUEZ, M. 1968. Palabras del Director Regional del IICA, zona sur. En Simposio Internacional sobre la Investigación de Fertilidad de Suelos para la producción agrícola en la Zona Templada, Colonia, Uruguay. Ed. por Ernest Reynaert, Montevideo, Uruguay. 261 pp.
18. SACHS, IGNACY. 1974. Ecodesarrollo. Ceres. Vol. 7(6). pp. 8-12.
19. SAMPER, A. 1969. Desarrollo institucional y desarrollo agrícola. Tomo I. Situación de la América Latina. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. San José, Costa Rica. 534 pp.
20. TICHENOR, PHILIIP & VERNON RUTTAN. 1969. Resource allocation in Agricultural Research: The Minnesota Symposium. Agricultural Experiment Station and Dept. of Agricultural Economics, University of Minnesota. Feb. 23-25. s/p.
21. VALDES, A. 1968. Determinación de prioridades de investigaciones agrícolas. En Investigación Económica y Experimentación Agrícola. Seminario Internacional, Santiago, Chile. Eds. Emilio Montero B. y Santos Pérez. IICA-Universidad Católica. pp. 19-29.

\* \* \*