

dente Alvear determina la autonomía de las Academias Nacionales finalizando la etapa de "dependencia", iniciada en 1910.

El Dr. Pereyra Iraola vivió ambos períodos, el de la Academia "dependiente" y el de la autónoma, pues estuvo vinculado a ella desde su designación en 1910, al ser creada la Academia, hasta su muerte, acaecida en 1943.

## **LA CIENCIA DEL SUELO Y LOS NUEVOS PARADIGMAS.**

### **INTRODUCCION:**

La madrugada del tercer milenio encuentra al mundo en un inédito, creciente y acelerado proceso de cambio, donde los formidables desarrollos científico- tecnológicos, las comunicaciones, el agotamiento de los recursos naturales y la calidad del ambiente para una población creciente, generan una desconocida interdependencia social, cultural, política y económica, entre pueblos, países y regiones,

En este contexto de internacionalización continua y acelerada, pensar, planificar, priorizar y decidir resulta altamente complejo, por las infinitas, difíciles y desconocidas combinaciones a considerar. Donde ha cambiado inclusive el concepto de tiempo, pues como señala Kliksberg (1991), presente y futuro se conjugan, y este último se manifiesta con una inmediatez sorprendente. El pasado parecería haber dejado de ser un elemento utilizable para la prospectiva, y hasta podría llegar a constituir un elemento distorsionante en la evaluación, pues el futuro será completamente distinto a ese pasado. Algo que va más allá de lo hasta "ahora conocido por los mecanismos de la previsión, es decir, la

lógica misma, con lo cual estaría entrando en crisis el sistema mismo de percepción de la realidad".

Esta es la compleja virtualidad a la que las ciencias y sus hombres necesariamente deberán adaptarse y conseguir lo que de ellos aguarda la sociedad.

Las preguntas a responder serán cada día más específicas y urgentes y para esto, como expresara la Primera Ministro noruega G. Brutland: "la silla del científico tendrá que estar firmemente unida a la mesa de negociaciones, junto a la del político, del gerente de corporaciones, del jurista, del economista y del dirigente cívico". Algo no tan simple, ni tal vez tan cómodo, para aquellos acostumbrados a la tranquilidad del laboratorio o a la soledad de los paisajes.

Los recursos naturales, junto con la preservación del ambiente, forman parte de los grandes temas de la agenda internacional y se presentan ya como una variable al sistema de precios y competitividad, lo mismo que las "barreras ecológicas" como otra forma de proteccionismo (Cirio, 1992).

La complementación de las economías, la integración de redes de servicio, la interconexión de las infraestructuras de capital social básico, la fusión de los mercados, permitirán abordar la explotación conjunta de enormes territorios y la gestión de grandes unidades ecológicas, en una inédita economía de escala y sistemas de organización de la producción como son, en nuestro caso, las macrozonas chaqueñas, la cuenca del Plata y la Patagonia. (Scoppa, 1992).

Tal es la dimensión del desafío y, si bien cualquier análisis prospectivo estará siempre cargado de incertidumbre, es evidente que los recursos naturales, entre los cuales el suelo juega

un rol fundamental, serán sometidos a un uso más intenso y extendido a ecosistemas más frágiles. Aquí, la capacidad tecnológica, entendida como aquella que se vale de la ciencia para generar técnicas productivas (Levin, 1988), jugará un papel insustituible.

### **LOS NUEVOS PARADIGMAS:**

En este contexto neorganizado, definido por inéditos niveles de estructuración y jerarquía, con todo lo que ello implica a nivel de pensamiento, de tiempo de internalización y de cultura replanteada a escala mundial y local, se conforman nuevos y contundentes paradigmas tales como la preservación de la biodiversidad, el cambio climático global y la explotación sustentable de la naturaleza. Ellos son verdaderos ejes centrales alrededor de los cuales se dirime y estructura el nuevo orden internacional.

La aparición y la consecuente adopción irrenunciable de estos paradigmas jerarquiza y acrecienta la responsabilidad de la Ciencia del Suelo. La pedósfera, como subsistema genético, estructural y funcional de la interfase geósfera-biósfera-sociedad, con leyes de evolución, distribución y funcionamiento propias, constituye un sistema de vital trascendencia, y cualquier desequilibrio que en ella se introduzca afectará a cada uno de los conjuntos y al conjunto (Sombroek, 1990).

Como consecuencia, el enfoque del estudio de los suelos ha comenzado a cambiar rápidamente en la última década. La ciencia edafológica, que tradicionalmente había focalizado su investigación sobre el apoyo al aumento de la productividad agropecuaria y forestal, ha pasado en la actualidad a ser un componente básico de las ciencias ambientales.

Es que el suelo juega, entre otros, un rol crítico en los ciclos del agua, del fósforo y del nitrógeno, mientras que su biota es un elemento decisivo de la biodiversidad y de los procesos de degradación asociados a la sustentabilidad. Su contaminación es una cuestión trascendente, pues su perdurabilidad puede ser mayor que en el agua y la atmósfera, como significativo es su poder "buffer" para actuar como sumidero natural (Tinker, 1993).

También es fácil comprender que, de producirse nuevos escenarios climáticos, los suelos cuya evolución depende en gran parte del clima, podrían ver afectadas muchas de sus importantes características y propiedades.

### **LOS SUELOS Y EL PARADIGMA DE LA PRESERVACION DE LA BIODIVERSIDAD.**

Las plantas, los animales y los microorganismos, en interrelación mutua y con el entorno físico en los ecosistemas, constituyen el fundamento para el desarrollo humano respaldando su nivel de vida, sus aspiraciones y la adaptación a sus necesidades y el entorno (Raven, 1992).

De la variedad de estos recursos bióticos se obtiene la totalidad de los alimentos y gran parte de los productos medicinales e industriales.

Así la biodiversidad, como la totalidad de los genes, las especies y los ecosistemas, producto de cientos de millones de años de evolución, requiere necesariamente ser preservada. Sin embargo, con una población creciente, el consumo de estos recursos aumenta de manera proporcional, con lo cual los límites de la naturaleza y el precio de esos excesos se hacen evidentes, desapareciendo de manera acelerada esa diversidad biológica.

Al depender la humanidad de esa comunidad viviente de la cual forma parte y que constituye un gran sistema independiente e interrelacionado con los componentes no vivientes del planeta, atmósfera y geósfera, el suelo como el manto epidérmico y biofísico de ésta, adquiere una importancia fundamental. Es sobre los suelos, componentes obvios de los ecosistemas, donde pueden crecer la mayoría de las casi 250.000 especies de plantas multicelulares y existir innumerables formas de vida, que van desde las bacterias y los hongos hasta los mamíferos.

De tal manera, los suelos son una de las fuentes más ricas en las que se sustenta la biodiversidad, no sólo en cuanto a las plantas cultivadas, naturales y ganadería, sino también en lo referente a microorganismos.

Una cuarta parte de las recetas farmacéuticas extendidas en los Estados Unidos contiene ingredientes activos extraídos de plantas. Más de 3.000 antibióticos provienen de microorganismos, y compuestos extraídos de plantas, animales y microbios intervienen en el desarrollo de los veinte medicamentos de mayor venta en ese país, cuyo valor agregado fue de 6.000 millones de dólares en 1988. La ciclosporina, verdadera revolución para la cirugía de trasplantes cardíacos y renales al suprimir las reacciones inmunitarias, proviene también de hongos del suelo (Raven. op, cit).

Así, la diversidad biológica constituye el fundamento de cualquier desarrollo sostenido, ya que el desconocido potencial de los genes, especies y ecosistemas representa una frontera inasequible, de valor inestimable pero ciertamente elevado y que del suelo y de la conservación de sus característi-

cas y propiedades depende en gran parte su preservación.

La presencia de productos contaminantes en suelos, como pueden ser los metales pesados, residuos de agroquímicos y/o salinización, derivados de la industria, la producción de cultivos o riego, deterioran el ecosistema y pueden reducir o eliminar la población de especies sensibles.

La ciencia edafológica se enfrenta así a un inmenso campo de investigación que abarca la totalidad de sus interdisciplinas. Deberá contribuir, desde dar las bases ecogeográficas requeridas para una buena conservación del germoplasma, hasta conocer, comprender y evaluar las consecuencias que para la biodiversidad existente en los suelos tienen las más finas reacciones y procesos de la bioquímica, biofísica y mineraloquímica que en ellos se producen.

## **LOS SUELOS Y EL PARADIGMA DEL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL**

Como es sabido, la mitad de la energía solar entrante es absorbida y reflejada por la atmósfera, mientras que la otra mitad lo es por la superficie de la Tierra. La energía entrante queda compensada por la radiación saliente en longitudes de onda de infrarrojos más larga entre la Tierra y la atmósfera.

Varios gases minoritarios de la atmósfera, especialmente el vapor de agua, el dióxido de carbono y el metano, devuelven gran parte de esa energía de longitud de onda larga a la tierra, lo cual hace que se calienten las masas de aire cercanas a la superficie terrestre. Sin esto, llamado "efecto invernadero", la temperatura media global sería 33°C más fría. Descendería a 18°C, y no se producirían sobre la superficie de la Tierra las temperaturas necesarias

(+ 15°C.) para garantizar las manifestaciones biológicas y la consecuente evolución de los suelos tal como los conocemos.

En 1979, la Conferencia Mundial sobre el clima advirtió que, como consecuencia de la evolución y desarrollo de la civilización, se estaría produciendo cambios en el clima a nivel global, debido a la emisión de gases a la atmósfera. Sin duda, desde el inicio de la Revolución Industrial, las actividades humanas han emitido gases, que intensificaron el efecto invernadero natural, incrementándose, principalmente, las concentraciones existentes de dióxido de carbono, metano, óxido nítrico y ozono de bajo nivel, además de otros gases artificiales, también de efecto invernadero, como los clorofluorocarbonos (CFC).

No obstante el todavía muy alto grado de incertidumbre respecto de los cambios climáticos que pudieran derivarse de esta nueva concentración y distribución de los gases de efecto invernadero, existen evidencias que predicen un incremento de la temperatura global entre 1.5 y 4.5°C, asumiendo una duplicación en la concentración del CO<sub>2</sub>, y un aumento del nivel del mar entre 5 y 45 cm para el 2030, con 17-20 cm como más probable. En cuanto a la cantidad de precipitaciones y su distribución, si bien la incertidumbre es aún mayor, se estima que globalmente aumentarían en un 2%, siendo este incremento superior en las altas latitudes.

Es fácil comprender que estos nuevos escenarios climáticos, afectaran importantes procesos y propiedades de los suelos, ya que estos son en gran medida productos parciales del clima.

Para la investigación de estas interrelaciones se hace necesario señalar desde ya algunas determinantes

conceptuales básicas. Con el término "global" significamos los efectos que se transmiten alrededor de todo el mundo, como es el caso del metano, mientras que en suelos se piensa normalmente en la presencia de efectos locales y frecuentes que ocurren en diferentes ecosistemas y que pueden considerarse de significación global, como la erosión. Es necesario llamar la atención sobre este punto, porque investigadores de otras áreas (mar, atmósfera) tienden a pensar exclusivamente en efectos del primer tipo y se sabe que la localización de factores específicos es, en general, lo más difícil de investigar, porque supone obtener resultados de aplicación amplia.

Las variaciones más probables en los componentes y procesos del suelo, al ser afectados por el cambio climático, serían los siguientes (IIASA-ISSS-UNEP, 1990):

- Variaciones en los procesos formadores del suelo. Ej.: los procesos eluviales e iluviales evolucionarán con cambios de los cinturones climáticos.
- Variaciones en la física del suelo. Ej.: erosión, drenaje, balance de agua.
- Variaciones en la química del suelo. Ej.: contenido de nutrientes, salinidad, acidez, nitrificación y desnitrificación.
- Variaciones en la biología del suelo. Ej.: contenido de materia orgánica, actividad biológica, formación de metano y biodiversidad.

La dimensión de tiempo en la cual ocurrirán estos cambios difiere ampliamente:

- Cambios a corto plazo (inmediatamente o dentro de pocos años): Conciernen al régimen de la temperatura, al régimen de humedad del suelo, la migración de sustancias fácilmente solubles y la actividad biológica.
- Cambios a mediano plazo (algunos decenios): Conciernen a la acidez,

salinidad, alcalinidad, límites del permafrost, fenómenos gley y estabilidad de la estructura del suelo.

-Cambios a largo plazo (cientos de años): Conciernen al contenido de humus, proporción de C/N, acumulaciones de carbonatos secundarios, capacidad de intercambio de cationes, migración de Fe, Al y arcilla.

-Cambios a muy largo plazo (fuera de la escala humana, miles de años):

Conciernen a cambios en la trayectoria ("ruta edafogenética") evolutiva del desarrollo del suelo que se desviará de un grupo genético de suelo hacia otro.

Con el objeto de evaluar la magnitud, tiempo e impacto de los cambios del suelo en escala global, se necesitará investigación adicional para obtener los datos básicos necesarios, que aseguran la compatibilidad de la información de diferentes partes del mundo, y monitorear cambios en función de una base de referencia común.

Existen una cantidad de aspectos desconocidos que será necesario especificar, como es el funcionamiento del sistema suelo-vegetación y la multiplicidad de factores que confluirán hacia los procesos interactivos del nuevo escenario. En tal sentido, la mayoría de los modelos desarrollados hasta ahora focalizan solamente un pequeño número de factores. Tampoco tiene mucho sentido aplicar modelos para la materia orgánica; por ejemplo, cuando no se conocen los cambios que ocurrirán en la vegetación, como no lo tiene tratar de predecir esta variación hasta que el comportamiento de la actividad agrícola y forestal no se clarifique. Por otra parte, todos estos elementos se complican aún más cuando se considera la componente social.

No obstante, se puede tener la cer-

teza de que el comportamiento y las propiedades de los suelos deben ser vistas ahora como de fundamental importancia, en esta por demás compleja situación, lo cual significa fijar la atención sobre el estudio de los suelos en un camino genuinamente nuevo. Al respecto, se puede concluir que el interés tendrá que estar primariamente y necesariamente, orientado a tratar de conocer la influencia que las variaciones del clima, diarias, estacionales, interanuales, eventos catastróficos (sequías, inundaciones, etc.), ya existentes tienen sobre los suelos actuales, más que a la predicción del impacto que sobre estos pueda alcanzar el probable cambio climático global. Es que, sólo conociendo la influencia de esa variabilidad en el presente estaremos en condiciones de resolver la futura problemática planteada y sobre esto se debe convenir que muy poco se sabe.

## **LOS SUELOS Y EL PARADIGMA DE LA EXPLOTACION SUSTENTABLE DE LA NATURALEZA**

Las continuas y cada vez más influentes acciones humanas, en relación con los procesos dominantes de la naturaleza, han llegado a una dimensión que hace necesario su replanteo a un nivel no sólo científico sino también social, cultural, ético, político y económico.

El desarrollo, esencial para que parte de la humanidad que vive en la pobreza y padece hambre, enfermedades, ignorancia y desesperanza pueda lograr un nivel de vida compatible con los derechos humanos más elementales, debe estar centrado en las personas y la conservación de los recursos naturales y el ambiente.

Si no se protegen las estructuras, las

funciones y la diversidad de los sistemas naturales de los que dependen nuestra especie y las demás, el desarrollo se debilitará en sí mismo y fracasará, privando a la humanidad de sus posibilidades futuras, (Speth et al. 1992).

No obstante, el legado de la naturaleza a las generaciones futuras, ética y filosóficamente irrefutable, está condicionado por el cumplimiento de ese otro legado impuesto no sólo al hombre sino a todos los seres : la supervivencia, tanto de la propia como la de sus crías, para preservar la especie. Si esto no es posible, desaparecerán.

Estas circunstancias suponen un inédito desafío para la especie más evolucionada del planeta, que para enfrentarlo acuñará el ya bien conocido concepto de desarrollo sustentable.

Debido a la complejidad, multiplicidad e interdependencia de los factores involucrados para lograrlo, se requiere un conjunto de relevantes esfuerzos y capacidades, que escapan al dominio de una ciencia en particular, como puede ser la del suelo, por más que este recurso juegue un papel trascendental. Es que, como lo señalan algunas definiciones, cualquier sistema de desarrollo sustentable requiere no sólo factibilidad técnica sino también aceptabilidad social, rentabilidad económica y decisión política, lo que en última instancia significa una actitud cultural.

Sin embargo, es fácil comprender que el adecuado y adaptado uso y manejo de los suelos son componentes fundamentales para cualquier sistema o proceso de desarrollo sustentable pues están presentes y sus cualidades deben ser mantenidas en la totalidad de las acciones que se orienten en tal sentido. Desde las que se

vinculan con la agricultura, como a la ingeniería, la hidrología, el clima, la biodiversidad, el medio o ambiente o la salud.

Como consecuencia, la Ciencia del Suelo tiene aquí también grandes oportunidades, necesitando hacer esfuerzos y replanteos inéditos y novedosos no sólo a través de sus clásicas disciplinas y metodologías de estudio. Tendrá que considerar, internalizar y responder a múltiples factores externos, derivados y requeridos por otras ciencias empíricas, aplicadas y sociales, como a cuestiones de ética y aún filosóficas para lo cual, carece aún del entrenamiento necesario. Su adaptación a este nuevo paradigma deberá ser necesariamente rápido, drástico y novedoso, modificando de manera decisiva su propio perfil y el de sus cultores.

Deberá utilizar modelos que generen información de significado socio-económico a partir de la información edafológica, desde el punto de vista agrícola macro, agricultura urbana, sistema integrados de nutrición de plantas, prevención de desastres, agricultura de altos y bajos insumos, contaminación y mitigación de impactos, entre otros. Las técnicas de modelización para evaluar procesos y fenómenos ambientales permitirán comprender con mayor precisión las relaciones cuantitativas entre paisajes y propiedades dentro del continuo espacial del ambiente edáfico.

## **LA ADAPTACION Y LAS POSIBLES RESPUESTAS CONCEPTUALES Y METODOLOGICAS DE LA CIENCIA DEL SUELO A LOS NUEVOS PARADIGMAS**

El desplazamiento y la nueva incumbencia de la Ciencia del Suelo,

desde lo eminentemente agropecuario y forestal hacia lo ambiental requiere necesariamente plantear cuestiones de naturaleza conceptual, metodológica e instrumental.

Así el abordaje de esta problemática deberá encararse, indefectiblemente, por medio de metodologías de concepción holística y jerárquica, acordes con los sistemas naturales a fin de asegurar una efectiva articulación de las actividades de investigación y desarrollo. Sólo mediante el estudio sistémico será posible generar, en tiempo y forma, prescriptivas tácticas y estratégicas válidas para producir las necesarias capacidades de predicción y anticipación que se requieren de una ciencia moderna, perfilada para apoyar el planeamiento y la toma de decisiones en los procesos de extensión horizontal y vertical.

Como señalara Dumanski (1992), las diferentes visualizaciones con que el suelo fue tratado por la Edafología y que reflejan de alguna manera el grado de evolución del conocimiento y el mayor o menor interés suscitado por el contexto histórico, se pueden resumir en: a) el suelo como cuerpo natural, b) el suelo como medio de sostén para el crecimiento de las plantas, c) el suelo como manto estructural, d) el suelo como subsistema recolector, transmisor y transferidor de agua y e) el suelo como componente del ecosistema.

Si bien los enfoques considerados pueden tener similar importancia, ninguno es independiente del otro, sino complementario. Aunque resulta claro que representan diferentes áreas de investigación y aplicación, relacionadas con un cambio en la percepción de la problemática a resolver.

Los tres primeros fueron los tradicionalmente usados y más reconocidos, mientras que los dos últimos, el

suelo como manto transmisor de agua y como componente del ecosistema, están recibiendo y recibirán aún más atención en el futuro.

El suelo como subsistema de la absorción y la dinámica del agua, constituye un componente mayor del ciclo biológico al captarla, almacenarla y transmitirla en interrelación con el clima, las condiciones hidrogeológicas y la vegetación del lugar. Las mayores aplicaciones que surgen de enfocar al suelo con esta perspectiva son el manejo y calidad del agua a nivel de cuencas hidrográficas y de los ambientes agrícolas, forestales y urbanos.

Para ello el estudio del suelo debe estar focalizado básicamente en sus propiedades físicas y su interacción con el clima, proveedor de la energía y la precipitación y en la vegetación que intercepta y evapora el agua. El manejo y la interpretación de los datos mediante modelización, distintos tipos de ecuaciones de erosión, modelos de flujo interno, en medio poroso, estocásticos y diagramas de compartimentalización, funciones de pedotransferencia para el cálculo de los valores de entrada, en las interpretaciones con relación a la erosión, la estabilidad de las pendientes y el rango y calidad del escurrimiento y la descarga son las herramientas metodológicas utilizadas.

Estos modelos se articulan en bases de datos de donde toman los "inputs", y a sistemas de información geográficos para procesar y presentar los resultados. Las escalas temporales de referencia van de días a cientos de años.

El estudio del suelo como componente e integrante del ecosistema es el más reciente de la Edafología y se relaciona estrechamente con las ciencias ambientales. Para hacerlo es necesario enfatizar la investigación sobre

las comunidades de organismos, más que sobre especies o variedades individuales, para someterlos a gradientes o regímenes ambientales de superficies geográficas, a fin de determinar las implicancias y consecuencias en una dimensión espaciotemporal. (Duranski, op. cit.).

Los procesos biológicos y bioquímicos que ocurren en el suelo deben considerarse responsables de la transformación del ambiente edáfico, de la descomposición y acumulación de materia orgánica y prestarle atención al ciclo de nutrientes, los flujos de energía, los niveles tróficos y a los procesos de transporte con un enfoque integrado. Los conceptos de resiliencia y del suelo como filtro, buffer o sumidero también están de hecho incorporados.

Las metodologías utilizadas son, fundamentalmente, el modelado de procesos, los diagramas de compartimentalización, el manejo de bases de datos y los sistemas de información geográficos. Los tiempos de referencia son de semanas a millones de años en este caso.

El éxito de esta visualización del suelo está en la posibilidad de poder comprender las relaciones e interconexiones de los componentes en el funcionamiento de los ecosistemas.

Para la operatividad de esta concepción, la información de base ordenada, organizada e integrada con todas las disciplinas relacionadas y apoyada en modernas tecnologías informáticas juega un rol fundamental.

Además, en ciertas áreas de la Ciencia del Suelo debido posiblemente a determinantes histórico-conceptuales existen deficiencias en el tipo y forma de presentación de la información, lo cual dificulta su aplicación.

Los inventarios edafológicos adolecen de una cuantificación de los resul-

tados y de una información adecuada sobre la dinámica de determinados procesos fundamentales que ocurren en el suelo. Mientras que en física, físico-química, lavado de nutrientes y de partículas, procesos erosivos y degradatorios y en la variación espacial de propiedades críticas, las contribuciones han sido en general, cuantificadas, la información contenida en los relevamientos y evaluaciones de tierras, de ellos derivadas son, en general eminentemente cualitativas. Esta situación también contrasta con los inventarios realizados en otras ciencias relacionadas, como la hidrología y la meteorología que coleccionan sus datos en forma cuantitativa. Tal circunstancia, unida a información faltante y que necesariamente requieren los usuarios de la tierra y los planificadores, hacen escasa su aplicación concreta, dinámica y rápida, (Burrough, 1993).

Como consecuencia los inventarios de suelos y las evaluaciones de tierra, descriptivas y cualitativas, necesitan modificar sus objetivos y métodos a fin de posibilitar su inserción en el conjunto de ciencias, más cuantitativas y dinámicas, con las que deberá integrarse indefectiblemente. En este sentido, las metodologías de evaluación de tierras restringidas a determinar la susceptibilidad de las tierras para determinadas alternativas de uso, han conseguido transformarse paulatinamente, generando resultados cuantificados y más útiles para los sectores de decisión. Estimaciones, probabilidad de rendimientos de cultivos, lavado de nutrientes, niveles de contaminación y daños por plagas, son algunos de sus actuales aportes. (Burrough, op.cit.).

No obstante estas respuestas concretas que la Ciencia del Suelo está brindando, todavía existen deficiencias



en la información relacionada con las variaciones espaciales y temporales de algunas propiedades críticas del suelo, imprescindibles para el inventario de la fertilidad y la prevención y/o atenuación de la contaminación. Mejorar esta situación hacer necesario, una vez más, incrementar la interacción entre edafólogos, investigadores de ciencias relacionadas, ambientalistas y usuarios en general.

En el futuro, los inventarios de suelos, tendrán que estar diseñados y orientados a la resolución de problemáticas específicas dentro de proyectos de aplicación. La necesidad de este tipo de datos y la circunstancia de que los países como la Argentina cuenten con un importante marco de información acorde a los requerimientos de escala regionales, no justifica ya los relevamientos sistemáticos.

Es necesario señalar que para hacer efectivos estos desarrollos y generar las respuestas que se le reclaman, la Ciencia del Suelo deberá incorporar, necesariamente, como rutinario en su metodología de investigación, el conocimiento, los conceptos y los instrumentos tecnológicos provenientes de las "ciencias duras" como las matemáticas, la física y la química.

El análisis fractural y el multivariado, la geoestadística y la modelización analógica y de simulación permitirán analizar, manejar y generar la información cuantitativa necesaria para lograr una más amplia utilización de los resultados. (Scoppa, 1982).

Los nuevos desarrollos de los sistemas de información geográfica, posibilitan articular datos procedentes del sensoramiento remoto con base de datos de suelos y del ambiente y/o capturar otros generados por modelos mecanicistas. Estos a su vez utilizan "inputs" provenientes de los inventarios

de suelos, de clima y de manejo organizados en bases de datos, lo cual amplía de manera significativa el uso y la aplicabilidad de la información.

Estos sistemas ya se usan en complejas actividades agrícolas, como el control de la distribución de fertilizantes en tiempo real y "on-line" en relación con la fertilidad de los suelos; sistemas de apoyo a la decisión para productores, (en función de cultivos, manejo, tipo de suelos y rendimientos físico y económico). También el análisis de las relaciones existentes entre los distintos tipos de uso de la tierra, y presencia y control de enfermedades, en función del clima y estadios fenológicos son ejemplos de la aplicación y el alcance de estas técnicas. Así, los sistemas geográficos de información deberán convertirse en herramientas de uso común y rutinario, pues facilitan la investigación, el análisis de la interrelaciones y el acceso de los usuarios a los datos sobre suelos, recursos naturales y el ambiente en general.

No obstante, como también señala Burrough, (op.cit.) si bien su uso posibilita importantes avances para el archivo, recuperación, manipuleo de datos, una mejor y más efectiva presentación de la información y una significativa automatización de tareas rutinarias ello no es suficiente. El esfuerzo debe hacerse en el sentido de poder ofrecer información actualizada y cuantitativa que posibilite conocer las variaciones temporales y espaciales de los suelos como respuesta a los procesos pedogenéticos y a los impactos humanos.

## **CONSIDERACIONES FINALES:**

I Las expresadas, son sólo algunas ideas y propuestas a imperativos a los

que una ciencia debe necesariamente cumplir frente a una importante y difícil problemática que se plantea como consecuencia de un nuevo diseño paradigmático.

II. Es evidente que la dimensión y complejidad de la tarea a emprender requiere mucho más que aportes individuales, o de grupos monoespecíficos, exigiendo interdisciplinaridad, para plantear un proceso multi y transdisciplinario.

III. La población del mundo alcanzará los 8.500 millones de habitantes en el 2025 y se proyecta una demanda de alimentos un 50% superior a la actual para el año 2000. Esto significa prácticamente duplicar una producción que costó alrededor de 5000 años alcanzar. Tal es el desafío para la aldea global del nuevo siglo. Algo sólo comparable en dimensión al que aceptara y resolviera el hombre neolítico mediante el inicio del cultivo de la tierra cumpliendo así la más significativa realización de la historia humana. Al dejar de

ser nómada, redujo miles de veces el espacio geográfico necesario para vivir y efectuó la más formidable economía de energía al dejar de comer al animal para hacerlo también con aquello que producía a ese animal. Elimina así el último eslabón de la cadena trófica y con todo lo cual garantizó la supervivencia de su especie mediante una actitud racional. (Scoppa, 1982).

IV. Es de esperar que los hombres de ciencias actuales y futuros dispongan de una creatividad y de una racionalidad parecida a la de ese ancestro para enfrentar con éxito la empresa que se avecina. No lograrlo sabemos a que única irracionalidad nos conduciría y La Ciencia Suelo tiene una gran responsabilidad y tal vez mucho por decir y por hacer en ese sentido.

V. No obstante, al decir de Prigogine (1993), del siglo XXI podremos desconocer si será mejor o peor a los anteriores, pero de lo que sí estamos seguros es que será diferente y en eso reside su fascinación.

Nada más señores. Muchas gracias.

## **LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO:**

- BARCENA, A. 1993 - Acuerdo de Río: Cumbre de la Tierra ECO-92 - En Seminario Internacional Desarrollo Agropecuario Sustentable. INTA - Buenos Aires (Versión preliminar) p.p.27.
- BURROUGH, P. 1993 - The Technologic paradox in soil survey: new methods and techniques of data capture and handling. En: Soil Survey: Perspectives and strategies for the 21st century. An international workshop for heads of national soil survey organization ITC. Journal 1993 - 1 pp 15-22.
- CIRIO, F.M 1992. Desarrollo Tecnológico y Organización Institucional. Reflexión para el futuro a partir del caso argentino. Documento interno INTA. pp. 60.
- DUMANSKI, J. 1993. Strategies and opportunities for soil survey information and research. En Soil Survey: Perspectives and strategies for the 21st century. An international workshop for heads of national soil survey organizations ITC. journal 1993-1. pp 36 - 41.
- IIASA - ISSS - AISS - IBG - UNEP. 1990. Conclusions and Recomendations. Chapte IX. En: (Arnold, R.W., Szabolcs, I, Targulian, V.O., eds.) global Soil Change. Report of an IIASA - ISSS. UNEP Task Force on the Role of Soil in Global Change. IIASA. Laxenburg. Austria. pp. 103 - 104.
- KLIKSBERG, B. 1991. Cómo será la gerencia de la década del 90 - Buenos Aires pp. 31.
- LEVIN, P. 1988. Informe Proyecto de fortalecimiento del Sistema de Planificación agropecuario y pesquero. BIRF 2712.
- PRIGOGINE, I. 1993. En revista Integración - setiembre 1993 - Buenos Aires.
- RAVEN, P. 1992. Carácter y valor de la biodiversidad En: Estrategia Global para la biodiversidad. Pautas de acción para salvar, estudiar y usar en forma sostenida y equitativa la riqueza biotica de la tierra. WRI - UICN - PNUMA. Capítulo I, pp. 7 - 18.
- SCOPPA, C.O. 1982. El inventario de los suelos en el desarrollo agropecuario argentino. Conferencia Anual Alejandro von Humboldt. Sociedad Científica Argentina. Buenos Aires. (inédito)
- SCOPPA, C.O. 1992. Algunas reflexiones acerca de la responsabilidad del CIRN y de la manera de cumplimentarlas. Documento presentado al concurso abierto para la dirección del CIRN. INTA. Buenos Aires. pp.30.

- SCHARGEL, R. 1993. Multipurpose Applications of soil information. En: Soil Survey: Perspectives and Strategies for the 21st. century. An international workshop for heads of national soil survey organizations ITC. Journal 1993 - 1. pp. 23-29.
- SPETH, J.G., HODGATE, M.W. y TOLBA, M.I. 1992. Prólogo. En: Estrategia Global para la biodiversidad. Pautas de acción para salvar, estudiar y usar en forma sostenida y equitativa la riqueza biótica de la Tierra WRI - UICN - PNUMA. pp.V y VI.
- TINKER, P.B. and INGRAM, J.S.J. 1993. Soils and Global Change - An overview. En: (ROUSEVELL, M.D.A. and Loveland P.J., eds.) Soil Responses to Climate Changes - Verlag, Heidelberg. (en prensa).