



DIALOGO XLVI

MONITOREO AMBIENTAL y USO SUSTENTABLE
de las TIERRAS del CONO SUR

PROGRAMA COOPERATIVO PARA EL DESARROLLO
TECNOLOGICO AGROPECUARIO DEL CONO SUR

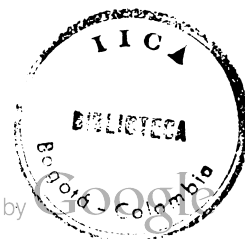
PROGRAMA COOPERATIVO PARA EL DESARROLLO TECNOLÓGICO AGROPECUARIO DEL CONO SUR
PROCISUR

DIALOGO XLVI

MONITOREO AMBIENTAL y USO SUSTENTABLE de las TIERRAS del CONO SUR

Editores: *Ing. Agr. Ernesto Viglizzo*
Dr. Juan P. Puignau

IICA
Montevideo, Uruguay
1997



Viglizzo, E ed.

Monitoreo ambiental y uso sustentable de las tierras del Cono Sur / ed. por E. Viglizzo y Juan P. Puignau. -- Montevideo: IICA-PROCISUR, 1997

78 p. (Diálogo - IICA/PROCISUR; 46)

ISBN 92-9039-309 2

/MEDIO AMBIENTE/ /DESARROLLO SOSTENIBLE/ /USO DE LA TIERRA/ /IMPACTO AMBIENTAL/ /RECURSOS NATURALES/ /AMERICA DEL SUR

AGRIS P01

CDD 333.7

Las ideas y planteamientos contenidos en los artículos firmados son propios del autor y no representan necesariamente el criterio del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

IICA
PROCISUR
#57
1997

Este DIALOGO reproduce los trabajos del Seminario Internacional sobre **Monitoreo Ambiental y Uso Sustentable de las Tierras del Cono Sur**, realizado en Jaguariúna, San Pablo, Brasil, el 19 y 20 de setiembre de 1995.

Este Seminario contó con la coordinación del Dr. Claudio Buschinelli, Investigador del Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental (CNPMA) de EMBRAPA, en el marco de las actividades del Subprograma Recursos Naturales y Sostenibilidad Agrícola del PROCISUR, cuyo Coordinador Internacional es el Ing. Ernesto Viglizzo.

This one



4XRE-J3E-63U9

Digitized by Google

Presentación

En el marco de las actividades del Subprograma Recursos Naturales y Sostenibilidad Agrícola del PROCISUR se ubica el Seminario Internacional sobre Monitoreo Ambiental y Uso Sustentable de las Tierras del Cono Sur, realizado en Jaguariúna, San Pablo, Brasil, el 19 y 20 de setiembre de 1995.

Precisamente este nuevo número de la Serie DIALOGO recoge los trabajos presentados en dicho evento, cuyo objetivo era dar a conocer las experiencias y potencialidades de los países del Cono Sur, de cara a la armonización de una estrategia de ordenamiento territorial para la región. Con este propósito y a partir de los resultados del Seminario, el Subprograma Recursos Naturales y Sostenibilidad Agrícola ha elaborado un proyecto para financiamiento externo que permitirá establecer en el Cono Sur una red regional de investigación en el uso sustentable de las tierras dedicadas a la agricultura.

Simultáneamente los trabajos presentados en esta publicación, constituyen un aporte del PROCISUR para todos los especialistas que vuelcan sus esfuerzos de investigación en las cuestiones ambientales del sector agropecuario y agroindustrial de la región y que enfrentan, actualmente, el desafío de encontrar equilibrios adecuados entre la economía y la ecología, en el marco del proceso de globalización, apertura e integración subregional.

Roberto M. Bocchetto
Secretario Ejecutivo

Indice

-	Presentación, por R. M. Bocchetto	i
-	Regional frameworks for developing sustainable land use policies, por W. Jones	1
-	Information technology as a support for sustainable land use strategies, por J. Bouma ...	7
-	Monitoramento e avaliação de impacto ambiental na agricultura, por A. Luchiari Junior, M. Aparecida de Lima, C.J. Alves Ferreira, M. Corrêa Neves, C. Campanhola y A.J. Barreto Luz	13
-	El uso sustentable de las tierras en el Cono Sur: la cooperación científica como base para orientar políticas regionales de ordenamiento territorial, por E. F. Viglizzo	23
-	Sistemas de Información Geográfica su situación actual y disponibilidad de datos en la República Argentina, por J. A. Ayesa	27
-	Monitoreo ambiental y uso sustentable de las tierras en Bolivia, por H. Quispe P.	31
-	Brasil - Diagnóstico da situação nacional, por J. Madeira Neto y A.J. Barreto Luiz	35
-	Antecedentes generales de los recursos naturales de Chile, por J. P. Ramírez	41
-	Análisis de sistemas y modelación: la experiencia del INIA Chile, por A. Catrileo S.	53
-	Disponibilidad de datos y levantamientos básicos de los recursos naturales del Paraguay, por G. Moreno, C. Rodas y L. Alfonzo	59
-	Mejoramiento ambiental. Uso sustentable de la tierra, por J. H. Molfino y R. Romero ...	77

Regional frameworks for developing sustainable land use policies

by J. W. Jones *

INTRODUCTION

Agricultural research is in a crisis situation. Increasing global demand for food and other agricultural products is placing increasing pressure on the land. It is clear that solutions to modern agricultural problems can not be found by traditional approaches in which individual scientists conduct field plot research and report differences in treatments. This approach to agricultural research leads to site- and season-specific results which are difficult or impossible to extrapolate to other seasons and local situations. Repeating traditional research over a wide range of conditions is not practical in today's world of shrinking research budgets. In addition, contemporary agriculture and agricultural research have been widely criticized for their lack of focus on sustainability issues. This has led some cynics to suggest a "back-to-the-past" philosophy that rejects the possibility that modern agricultural research can help identify sustainable agricultural practices. What critics fail to realize is that the application of science in agriculture is still in its infancy. Applications of science in agriculture have focused on the use of traditional reductionist techniques. The challenge now is to take agricultural research to the next level.

Agricultural land use systems belong to ecological, economic, and social/political hierarchies. Policies to promote sustainability of land use are meaningless if: 1) the technology does not fit into the biophysical environment, 2) the technology degrades the surrounding systems or depletes natural resources, 3) the technology does not adequately provide for the needs and goals of those who manage the land, and 4) the policies fail to consider limitations in the hierarchical

systems that might support sustainable land use activities. Many policy makers can influence sustainability of land use systems. Land use systems are dynamic and highly complex. This suggests that a framework for developing sustainable land use policies can not focus only on agricultural productivity. It is concluded that a systems approach is needed. In this paper, an approach for research and development of regional agricultural land use systems is presented and discussed.

Henry Nix (personal communication) summarized a systems approach philosophy for agricultural research using three words: "Understand, Predict, and Control". In contrast to traditional agricultural field plot research designed to detect statistical differences among treatments, the systems approach requires research that leads to understanding of the cause and effects of system behavior and a system's response to its environment. This is accomplished by breaking the system into smaller components, designing research to characterize component responses, and developing mathematical models to quantify this behavior. Furthermore, the systems approach entails the integration of component models to describe the behavior of the entire system as originally defined. This integration leads to a system model that can predict system behavior to its environment. Since the behavior of systems are more complex than merely the sum of individual component behavior, systems research requires multi-disciplinary teams of scientists using a combination of computer simulation and experimental methods. If one can predict the behavior of a system by simulating its response to a given set of conditions, then one can then conduct computer simulation experiments to determine how to best control or manage the system to attain a desired performance level or goal. This systems approach is increasingly being adopted by scientists from all agricultural disciplines and is being promoted by the International Consortium for Agricultural Systems Applications (ICASA).

* Professor of Agricultural and Biological Engineering, University of Florida, Gainesville, Florida. USA.

APPLYING A SYSTEMS FRAMEWORK TO AGROECOSYSTEM SUSTAINABILITY QUESTIONS

Agroecosystems are complex, incorporating agricultural, ecological, economic, and social/political subsystems. Sustainability of a system at a given scale must be viewed in context of its environment; if the context changes, sustainability is likely to be affected. Larger world influences must be considered in studying sustainability at any scale. Thus, the application of systems simulation to study agroecosystem sustainability requires specification of appropriate temporal and spatial dimensions.

The analysis of sustainability requires measures for evaluating the performance over time of systems under alternative practices. There is no single, widely accepted measure. Instead, indicators are normally used as metrics for evaluating the sustainability of systems over time. Four major categories of indicators are commonly used: productivity (e.g. crop yield), socioeconomic (e.g. profit, firm survival), resource (e.g. soil productivity, input supply), and environmental (e.g. water pollution).

Simulation models play a key role in abstracting from reality in order to provide an understandable representation of real world systems. They also provide a mechanism for experimentation to explore how agroecosystems might respond to specific shocks or management regimes. Systems simulation has a number of advantages over traditional experimental approaches in analyzing sustainability questions. These advantages include: computer experiments may be much cheaper and less disruptive than traditional experiments, long-term experiments can be performed in a matter of minutes, and models can be used to explore non-existing systems or to evaluate the impact of low probability, high impact events.

Even though systems simulation provides in many cases the only feasible approach for evaluating agroecosystems, field research is needed to provide information to structure the model components and to estimate model parameters. Most successful efforts have iterated between modeling and field research; field research provides a basis for initial model development, systems analysis then provides an assessment of key parameters and data needs.

It is important to appreciate the need for a different type of field research to support systems simulation

efforts than has traditionally been followed. Systems models incorporate key processes or functions performed by each of the various subsystems. Field research is needed to help establish the appropriate relationships or functional forms for these processes. As a result, experimental designs with more treatments and fewer repetitions are needed in order to characterize functional relationships.

EXAMPLE APPLICATIONS

Jones *et al.* (1993) developed a general design for decision support systems for sustainable agriculture (Figure 1). Decision support systems integrate data bases, models, expert systems, and analysis and graphics capabilities to assist decision makers in understanding systems, planning and decision making. A regional decision support system for sustainable agriculture should have a number of general functional capabilities. First, it should provide information to users on characteristics of a region under study, such as land use, soil types, weather characteristics, farm types, and socioeconomic conditions. Second, it should assist users in identifying areas in which existing production systems are likely to be non sustainable. Third, it should suggest changes in practices to be considered in fragile agroecosystems to improve the sustainability of agricultural production systems, natural resources, and the environment. Fourth, it should be able to analyze alternative practices to determine optimal practices to meet short- and long-term production, economic, and environmental goals for a site or farm within the region. Fifth, it should provide policy makers with a consequence analysis tool for evaluating the probable impacts of various policies and practices on productivity, stability, and sustainability of agriculture in a region. Finally, it should provide a method for deriving regional agricultural plans that meet desired economic, production and environmental goals.

A regional decision support system was developed by Calixte *et al.* (1992) and Engel and Jones (1995) following the design shown in Figure 1. AEGIS, Agricultural and Environmental Geographic Information System, allows decision makers to evaluate different production strategies in a regional context and interactively develop a regional plan to suit their objectives. The system links soil, weather and land use data bases with the DSSAT (Jones, 1993) crop models and universal soil loss equation in a GIS. AEGIS

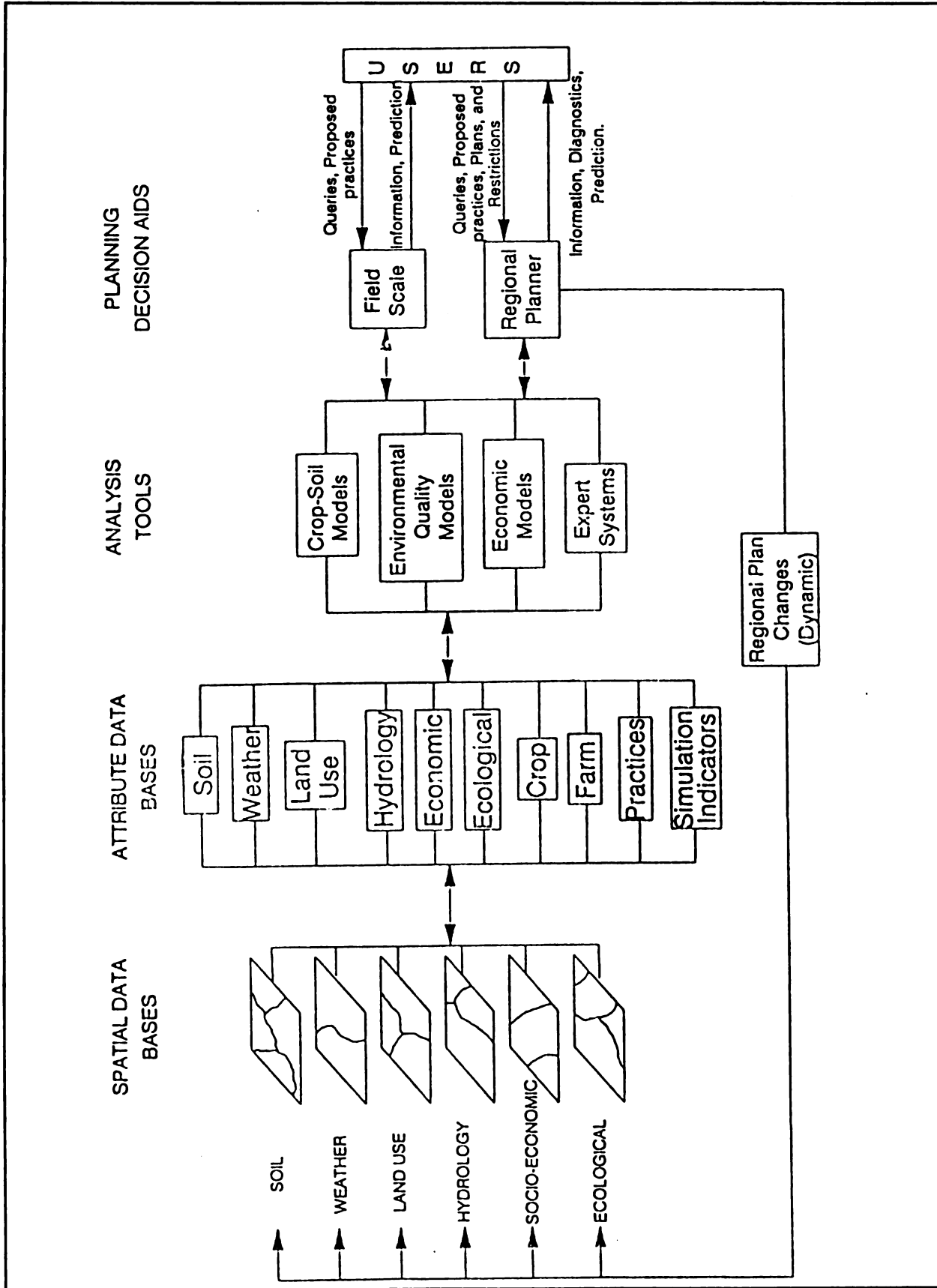


Figure 1. Schematic design for a general decision support system for assessing the sustainability of agroecosystems and for evaluating alternative land use practices for increasing sustainability (from Jones et al., 1993).

performs a number of tasks including: (1) estimate production and resource requirements for different agricultural production strategies; (2) assess potential environmental impacts of alternative strategies; (3) generate tables and thematic maps of key indicator variables; and (4) create, modify and save optional production plans for a selected region. Beinroth et al. (1996) reported on the use of AEGIS for studying land use alternatives in Puerto Rico watersheds and in other regions.

A second example is a regional decision support system called LOADSS (Lake Okeechobee Agricultural Decision Support System) developed by Negahban

et al. (1995, 1996) for use in natural resource management. Its design is also similar to that described by Figure 1, but the models in LOADSS simulate hydrology, soil nutrient balances, and water quality--not agricultural production. This system was created for use by the South Florida Water Management District in West Palm beach, Florida, to evaluate options for reducing the loading of phosphorus into Lake Okeechobee from agricultural lands north of the lake. This system integrates economic, land use, soil, weather, dairy management options, basin scale phosphorus reduction options, and water quality models with a geographic information system (GIS) for easy use by policy makers and planners. Figure 2 shows the

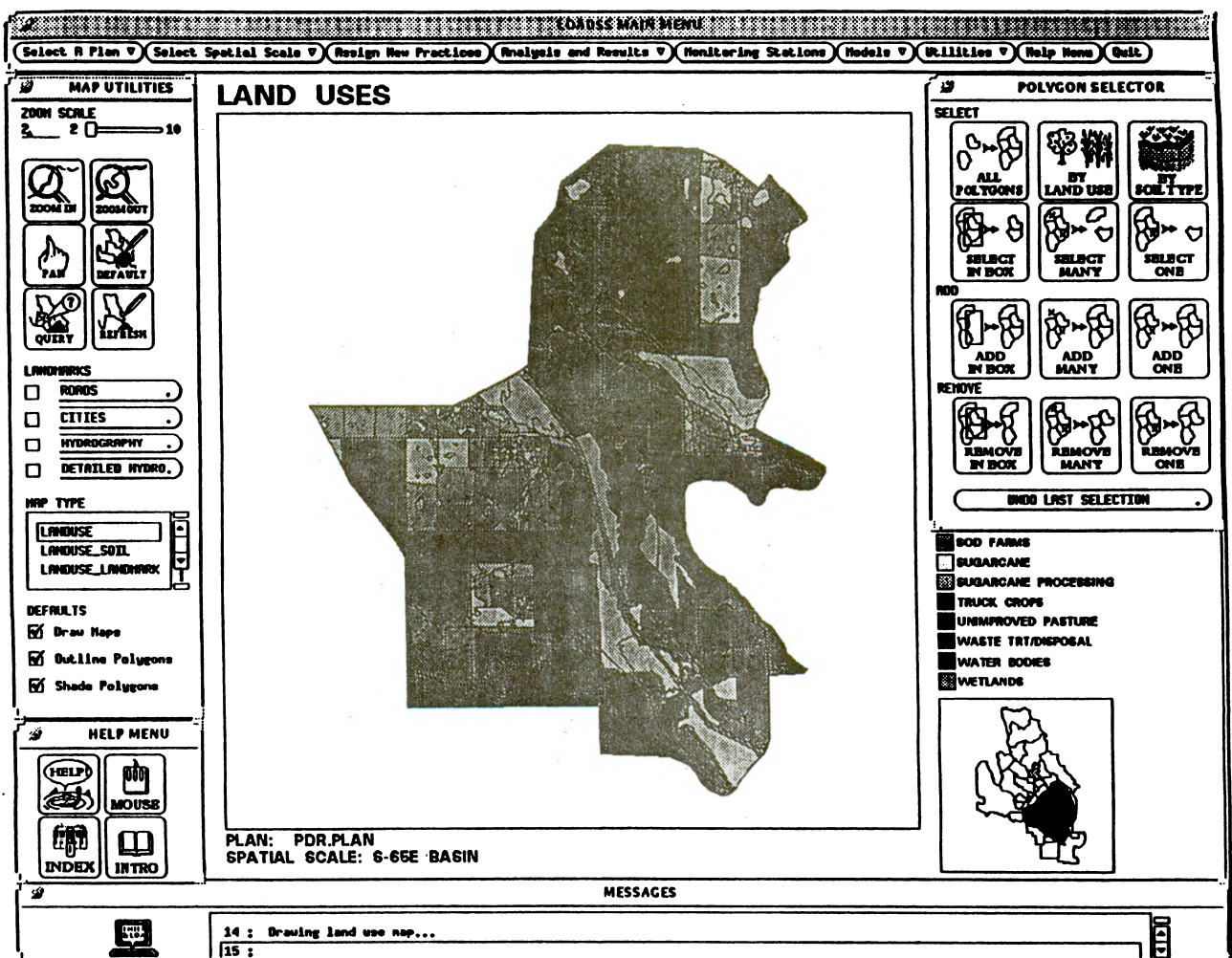


Figure 2. LOADSS user interface. Primary functions are listed across the top of the screen (e.g., Select a Plan, Select Spatial Scale, Assign New Practices, Analyses and Results, and Monitoring Stations data display). The Polygon Selection menu at the top right of the screen is one of 40 menus that appear as required to allow users to interact with regional maps at different scales and analyze options for changes in land use and practices. (From Negahban et al., 1995).

main computer screen user interface which allows users to easily evaluate the consequences of simulated changes in land use or changes in land management on lake water quality as well as economics. LOADSS also incorporates optimization options so that planners can set their goals and constraints to land use change and allow the optimization procedure to automatically determine options that meet the objectives. This system can also allow for multiple goal programming as a framework for selecting land use options with conflicting objectives. The combination of GIS, simulation models, optimization procedures, and data bases provide an excellent collection of tools for use in natural resource management and regional studies of sustainable land

use management. Figure 3 shows a map of results for the existing land use in the region, demonstrating the visual impression that this methodology provides to policy makers and planners. Tabular results of alternative land use plans can also be printed or displayed by LOADSS.

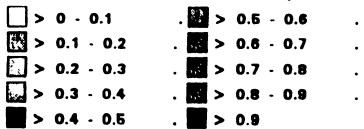
A systems approach has also been used to study factors that may influence the sustainability of farming systems. Thornton *et al.* (1995) used a farm simulation model (Hansen, 1996; Hansen and Jones, 1995) to contrast the effects of weather and crop price uncertainties on the sustainability of a farm in central Colombia. In their study, sustainability was defined as

P RUNOFF (AVG.)

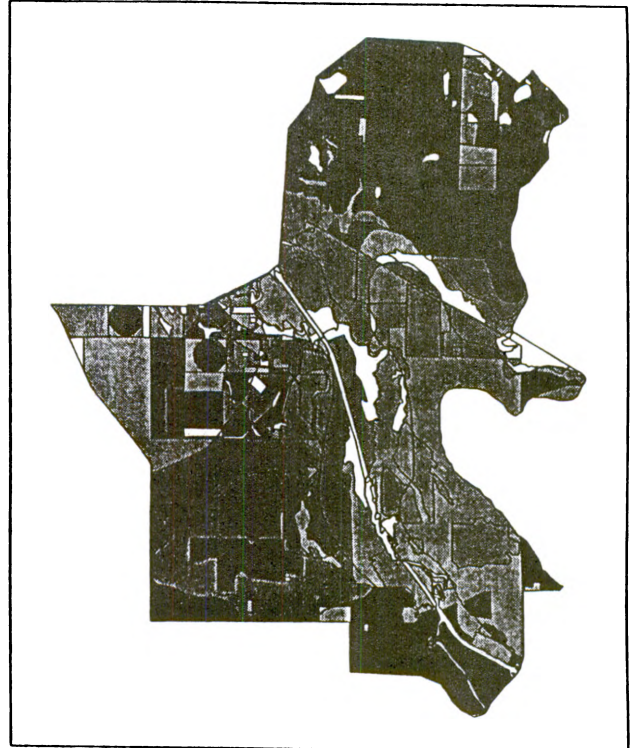


PLAN: EXAMPLE.PLAN (REFERENCE PLAN)
 SPATIAL SCALE: S-65E BASIN

AVERAGE P RUNOFF (lbs/prod. unit-year)



P LOAD TO LAKE (AVG.)



PLAN: EXAMPLE.PLAN (REFERENCE PLAN)
 SPATIAL SCALE: S-65E BASIN

P LOAD TO LAKE (lbs/prod. unit-year)

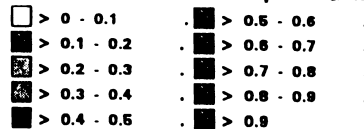


Figure 3. Example results produced by the LOADSS model showing simulated phosphorus (P) runoff from different land units in a watershed north of Lake Okeechobee and estimated P loading to the lake for a particular land use plan and set of land management practices. (From Negahban *et al.*, 1995).

the ability to continue, and the simulation study estimated probabilities of farm failure caused by a decline in farm wealth below a defined threshold. For that farm, it was shown that typical crop price variability resulted in higher failure probabilities than typical weather variability. Other factors, such as soil erosion, pest outbreaks, and changes in agricultural policies, could be considered in future studies as the models are improved and sufficient data are available.

These examples clearly show the need for and value of a systems approach in analyzing complex agroecosystem sustainability.

DISCUSSION

A systems approach is a unifying framework for studying sustainability of agroecosystems, however it is not without its problems. First, it can be expensive and time consuming to construct the necessary, complex models of agroecosystems. Multi-disciplinary cooperation is generally essential and the models often require extensive and complex programming. Second, researchers have to guard against the "perfect model syndrome" and realize that models are simplifications of reality and must be interpreted in this way in order to be useful. Validation, the process of gaining confidence in the model, is an imprecise process that takes time and experience. Finally, obtaining the wide array of data needed to characterize a region and provide inputs to the models is usually expensive and time consuming. Nevertheless, a systems approach provides an ideal framework for interdisciplinary cooperation leading to tools needed for developing regional land use policies. There is considerable potential for organizations such as PROCISUR and ICASA to cooperate in the effective application of the systems approach and tools to help guide land use policies at regional levels.

LITERATURE CITED

- BEINROTH, F. H.; JONES, J. W.; KNAPP, E. B.; PAPAJORGJI, P. and Luyten, J. 1996. Application of DSSAT to the Evaluation of Land Resources. Chapter 14. In: G. Tsuji, G. Hoogenboom, and P. Thornton (eds.), *Systems Approaches and Applications from IBSNAT*. Kluwer Academic Press. Boston. (Book in preparation).
- ENGEL, T. and JONES, J. W. 1995. AEGIS/WIN version 3.0: User's Manual. Agricultural and Biological Engineering Department, University of Florida, Gainesville, Florida. 63 p.
- CALIXTE, J. P.; BEINROTH, F. H.; JONES, J. W. and LAL, H. 1992. "Linking DSSAT to a Geographic Information System". *Agrotechnology Transfer*, No. 15. Department of Agronomy and Soils, University of Hawaii, Honolulu.
- HANSEN, J. W., and JONES, J. W. 1995. *A Systems Framework for Characterizing Farm Sustainability*. Agricultural Systems (In Press).
- 1996. *A Systems Approach to Characterizing Farm Sustainability*. Ph.D. Dissertation. Agricultural and Biological Engineering Department, University of Florida, Gainesville, Florida.
- JONES, J. W. 1993. Decision support systems for agricultural development. In: F. W. T. Penning de Vries et al. (eds.) *Systems Approaches for Agricultural Development*. Kluwer Academic Publishers, Boston. pp. 459-471.
- ; BOWEN, W. T.; BOGGESE, W. G. and RITCHIE, J.T. 1993. "Decision Support Systems for Sustainable Agriculture". *Technologies for Sustainable Agriculture in the Tropics*, Special Publication 56, pp. 123-138.
- NEGAHBAN, B.; FONYO, C.; BOGGESE, W.G.; JONES, J.W.; CAMPBELL, K. L.; KIKER, G.; FLAIG, E. and LAL, H. 1995. *LOADSS: A GIS-based decision support system for regional environmental planning*. *Ecol. Engr.* 5:391-404.
- ; MOSS, C. B.; JONES, J. W.; ZHANG, J.; BOGGESE, W. G. and CAMPBELL, K.L. 1996. *Optimal field management for regional water quality planning*. *TRANS ASAE* (Submitted).

Information technology as a support for sustainable land use strategies

by J. Bouma*

INTRODUCTION

Sustainable land management, according to FAO (1993), combines: "technologies, policies and activities aimed at integrating socio-economic principles with environmental concerns so as to simultaneously: maintain or enhance production and services, reduce the level of production risk, protect the potential of natural resources and prevent degradation of soil and water quality, be economically viable and socially acceptable".

To quantify agro-ecological elements of sustainable land management, attention must be paid to agricultural production, its stability, the quality of soil and water and effects on surrounding areas in the ecosystem. Consideration of these four elements is useful but the impression must be avoided that there would be a single possible land-use scenario that is sustainable! Reality is much more complicated, as has been well pointed out by Neth. Sci. Coun. for Govt Pol. 1993. Different acceptable options are usually feasible, all from a different often political point of view. In fact, use of information technology and modeling makes it possible to more clearly present these different options.

In defining land use we thus work at different organizational hierarchies, starting with the individual soil and moving to fields, watersheds, regions, countries and beyond. At any hierarchy our studies can be of different types which can be well illustrated with a diagram, introduced by Hoosbeek and Bryant (1992)

and further developed by Bouma and Hoosbeek (1995). The approaches in research can be distinguished in terms of being quantitative or qualitative and of being mechanistic or empirical (Figure 1). The numbers in Figure 1 have the following meaning: N° 1 refers to user knowledge; N° 2 to expert knowledge which also covers experience obtained elsewhere; N° 3 refers to use of simple, capacity-type models which allow a quantitative characterization of the system being studied, be it that the model is simple; N° 4 also uses models, but they are more complex and need more data. They do cover the entire system being characterized; N° 5, finally, refers to highly detailed models of certain aspects of the problem being studied. The diagram in Figure 1 has a central role when discussing and reviewing some case studies at different hierarchies, which involve up and downscaling.

A central point is the analysis of the problem being studied and the kind of answer that is being sought. It is our experience that not enough time is being spent in most projects to exactly define the problem to be studied. Bouma (1993) reviewed five different case studies, all dealing with land use, where some could easily be solved with level two knowledge, while others needed level four, etc. Often combinations of different levels are needed requiring up and downscaling to and from different hierarchies as will be illustrated in the case studies to be discussed later. It is also important for interdisciplinary studies that the type of study is comparable in different disciplines; for instance, a level five study in soil science combines poorly with a level two study in agronomy, etc. Time spent by an interdisciplinary team in deciding which levels of study are to be combined in view of the problem to be studied, is time well spent.

We will briefly discuss for case studies, at the field, regional and continental hierarchies. Only main aspects will be emphasized, as reference is made to more detailed publications, to which the reader is referred.

* Professor, PhD, Scientific Director of the C.T. de Wit Graduate School of Production Ecology, Member Board of Directors Icasa, Dept. Soil Science, Agricultural University. Box 37. 6700 AB Wageningen, The Netherlands.

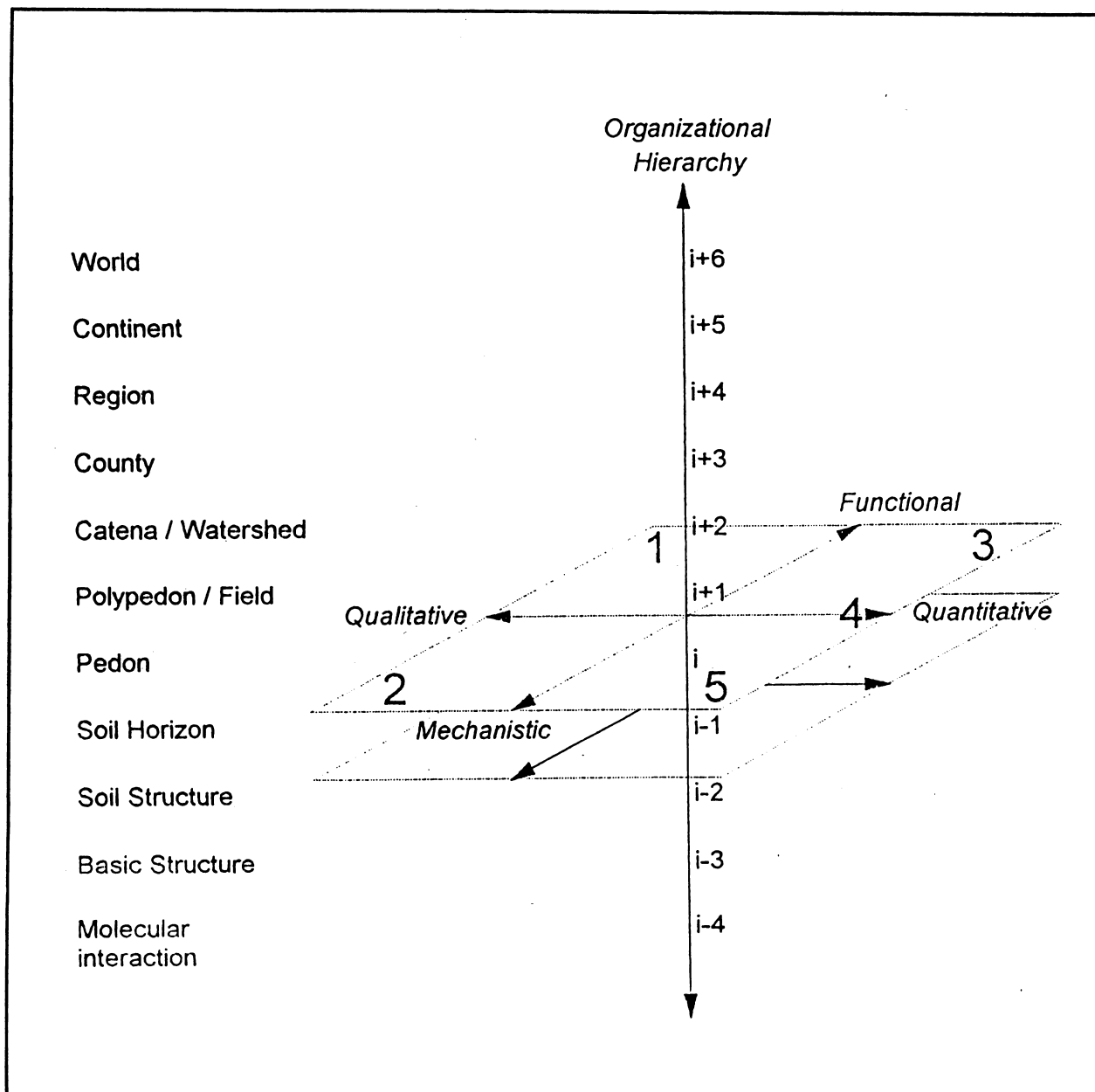


Figure 1. The five knowledge levels with respect to the land quality "moisture availability" applied to the $i+1$ plane of the model classification framework.

All studies require massive data manipulation and are therefore inconceivable without availability of information technology. As such, the case studies are meant to illustrate the crucial importance of information technology, the topic of this paper. Of course, information technology only provides the means to work. "What" is to be done and "when" is a question

to be decided by the research team and information technology cannot, of course, be a substitute for intellectual creativity and vigor. What we intend to emphasize is a discussion of the type of information and data needed, always with a clear eye on the type of question being asked and on the questioner!

CASE STUDIES AT DIFFERENT SCALES (ORGANIZATIONAL HIERARCHIES)

CASE 1 Farmer's field

Question: how can land management at field level be improved to increase the efficiency of the use of natural resources, while pollution of soil and water is avoided?

Questioner: farmer and farmer's advisers.

Explanation: traditional management practices, including fertilization, tillage and crop protection are not varied within fields. However, many data become available illustrating considerable spatial variability within fields. GPS and continuous yield monitoring sensors on harvest machinery show that yields within fields often vary with a factor 2 or 4. Fertility and hydraulic conditions differ and so does occurrence of pests and diseases.

Analysis: differences in yield can result from many reasons which must be analysed. Simulation modeling of crop growth and associated solute fluxes for a large number of years provides crucial information of variability in space and time on which site-specific management practices can be based.

Required research level: taking into account user experience and expert knowledge (levels 1 and 2), we do need quantitative expressions for plant growth and solute fluxes to adequately express elements of sustainable management, defined by FAO (1993). Also, the agroecological system should be characterized entirely, so we need a level 3 or 4 approach in addition.

Realization: an operational approach is still being developed. However, as demonstrated by Finke (1993) and Bouma *et al* (1995), the following approach is emerging:

1. Establishment of a soil database, consisting of a minimal number of point observations in the area for which simulation calculations are being made.
2. Use of interpolation techniques (kriging) to obtain patterns of comparable behavior in different years. Comparison with measured patterns in feasible (GPS/on-the-go-measurements).
3. Using models to explore different land use scenario's for different real-time weather conditions. Different

approach for different subareas in field. Emphasis on yield, nutrient fluxes and occurrence of pests/diseases.

4. Presentation in terms of realistic options for the land user. No single recommendation possible because there clearly is a trade-off between different requirements (e.g. zero leaching of nutrients could imply significant loss of yield, etc.). This introduces effects of political choices to be made: there is no single recipe for "sustainable management" but a series of options from particular viewpoints. (see WRR, 1993).

CASE 2 The region

Question: how can land use within a region be adjusted to maximize farmer's income while minimizing environmental degradation?

Questioner: government planning agencies in Costa Rica dealing with areas where settlers have to be accommodated.

Explanation: extensive cutting of tropical forest leaves the problem as to how to optimize land use afterwards. Governmental agencies have to devise settlement plans which should be based on a series of realistic options from which a rational choice can be made.

Analysis: soil maps were made. Actual land use patterns were analysed in a 5000 ha large settlement. Land Use Systems were defined, each with a given level of technology (LUST). Interactive Multiple Goal programming techniques were used to define land use which maximizes farmer's income while minimizing adverse environmental side effects. No single answer but definition of a series of options associated with different socio-economic boundary conditions. Specific results reported in a special issue of the Netherlands Journal of Agricultural Science. 1995. Vol 2 (July).

Required research level: based on contact with local land users (level 1), use of expert knowledge (level 2) and output from level 3 simulation models, definition of a large series of LUST's for soils present. Application of multiple goal programming and GIS techniques to visualize land use patterns are techniques, not associated with research levels.

Realization: a large series of explorative land use scenario's was defined which is being used by the

planners. More importantly, once in place, the procedure allows interactive exploration of possible future options for different economic and social scenario's which follow from political decisions. Note that no predictions are made but only explorations of possible results following certain policy decisions.

CASE 3 Ground for choices

Question: in view of the increasing agricultural production efficiency, how much agricultural land is needed in future in Europe?

Questioner: planners of the European Union dealing with future agricultural and land-use policy, who are confronted with very high cost of the common agricultural policy.

Explanation: agricultural production becomes ever more efficient and surpluses and price support policies in Europe are a high financial burden. By exploring how much land is needed to satisfy production and environmental interests, policy guidelines should be developed.

Analysis: based on soil and climate data, possible agricultural productions are calculated for the EU countries using simulation models. Then, again, multiple goal programming techniques are applied to compare the effects of different scenario's, such as: (i) free market and free trade; (ii) regional development; (iii) nature and landscape, and (iv) environmental protection.

Required research level: the organizational hierarchy is at continental level. Soil units are defined by experts (level 2). Simulations are made with a capacity type model for calculating crop growth (level 3), while basic data are defined by experts (level 2). Multiple Goal programming is seen as a standard technique which is not associated with a particular level.

Realization: a large series of maps is produced which show the effects on land use patterns of the four broad scenario's mentioned above. (Neth. Scient. Council for Govt Policy, 1992). All scenario results differ greatly from the current conditions. They vary with a factor of 2 to 7 in terms of the amount of land required, costs, employment and use of fertilizers and biocides.

Scenario's are seen as exploratory in character: they provide options for politicians and planners.

CASE 4 Critical loads on forest soils in Europe

Question: the vitality of forests has become a subject of political discussion due to extensive forest damage in rural areas of central Europe?

Questioner: environmental agencies and political action groups.

Explanation: soil acidification and N-accumulation are thought to be major reasons for forest decline. However, soils differ greatly in their buffering capacity and this study was made to indicate the relative vulnerability of forests to degradation by defining critical loads. These, in turn, can be compared with estimated loads to see whether critical levels have been exceeded. If not, preventive measures are necessary. If so, corrective measures have to be taken which are bound to be most effective in soils with a relatively low vulnerability.

Analysis: Europe was divided into large grids and the dominant soil types were determined. Texture and mineralogical composition was related to weathering rate which was modeled for selected soil systems. The weathering rate was a measure for buffering capacity and was compared with the loading rate in each grid cell to assess whether or not critical loads were exceeded.

Required research level: soils were selected by analysing soil maps (levels 1 and 2 in Figure 2) at European level. Next the different soils were analysed at expert level (2) and samples were selected to determine weathering rates with a detailed model (level 5). Results were upscaled to the soil level, allowing estimates of the buffering capacity corresponding with a level 4 approach also at the European level assuming proper upscaling. A critical role is played here by expert knowledge in downscaling by selecting representative soil types to be analysed in detail and in upscaling results via the soil level to the continental level.

Realization: many maps were produced showing that present load exceed critical loads in central Europe. In the mediterranean and Nordic area exceedance appears to be low. Slides will be shown to illustrate patterns obtained. (Source: De Vries et al, 1992 as reviewed by Bouma et al, 1994).

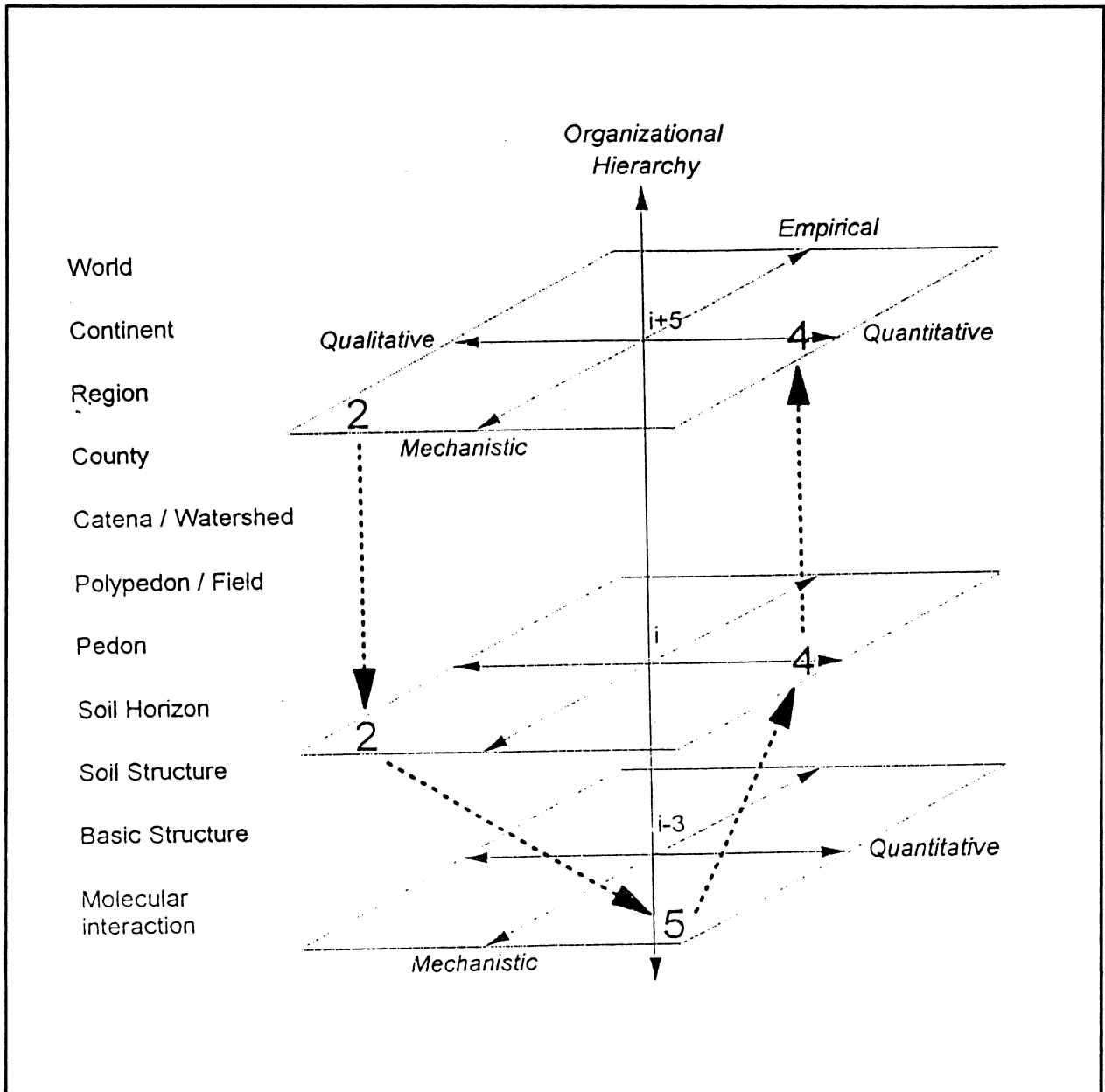


Figure 2. The sequence of knowledge levels at different organizational *i*-planes that were used for a level-4 study to estimate critical loads on forest soils in Europe.

LITERATURE CITED

BOUMA, J. 1993. Soil behavior under field conditions: differences in perception and their effects on research. *Geoderma*: 60 1-15.

-----; VRIES, de W. and FINKE, P.A. 1994. Models for predicting environmental impacts. In: Wood, R.C. and Umanski, J.D. (Eds). *Sustainable Land Management for the 21st Century*, vol. II: planary papers. Agriculture Institute of Canada: Ottawa: 239-251.

----- and HOOSBEEK, M.R. 1995. The contribution and importance of soil scientists in interdisciplinary studies dealing with land. In: WAGENET, R.J. and BOUMA, J. (Eds). *The Role of Soil Science in Interdisciplinary Research*. Soil Sci. Soc. Amer. J. Special Publ. (in press).

BOUMA, J.; BOOLTINK, H.W.G. and FINKE, P.A. 1995. Use of soil survey data for modeling solute

- transport in the vadose zone. *J of Environmental Quality* (in press).
- DE VRIES, W.; POSCH, M.; REINDS, G.J. and KAMARI, J. 1992. Critical loads and their exceedance on forest soils in Europe. Report 58. Winand Staring Center, Wageningen and Environmental Research Institute, Helsinki, Finland.
- FAO. 1993. FESLM: An international framework for evaluating sustainable land management. World Resources Report 73. FAO Rome.
- FINKE, P.A. 1993. Field scale variability of soil structure and its impact on crop growth and nitrate leaching in the analysis of fertilizing scenarios. *Geoderma* 60: 89-107.
- HOOSBEEK, M.R. and BRYANT, R.B. 1993. Towards the quantitative modeling of pedogenesis -a review. *Geoderma* 55: 183-210.
- NETH. SCIENT. COUNCIL FOR GOVT POLITY. 1992. Ground for choices. Four perspectives for the rural areas in the European Community. Report 42. SDu Publ. The Hague.
- . 1994. Sustainable risks: a lasting phenomenon. Report 44. SDu Publ. The Hague.

Monitoramento e avaliação de impacto ambiental na agricultura

por Ariovaldo Luchiari Junior *, Magda Aparecida de Lima **, Celso João Alves Ferreira **, Marcos Corrêa Neves **, Clayton Campanhola ***, Alfredo José Barreto Luiz **

INTRODUÇÃO

A atividade agrícola, entendida no seu aspecto mais amplo como a silvicultura, lavouras, pecuária e agroindústria, estabelecida e desenvolvida de forma desordenada ao longo do tempo, tem contribuído em muito para o comprometimento dos recursos naturais e da qualidade ambiental no país, tanto nas áreas de fronteira agrícola com problemas relacionados ao desmatamento e grandes queimadas, como nas áreas tradicionalmente ocupadas, onde se apresenta uma problemática mais complexa, envolvendo principalmente questões de contaminação ambiental associada ao uso intensivo e inadequado de agroquímicos e de mecanização, com impactos invisíveis para a maior parte da população.

Preocupada com tal problemática, a EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária através do Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental - CNPMA, localizado no Município de Jaguariúna, Estado de São Paulo, vem desenvolvendo pesquisas com o objetivo de estudar e acompanhar as complexas interrelações da Agricultura e o Meio Ambiente quanto aos fatores sociais, ecológicos e econômicos.

Na qualidade de um Centro de Tema Básico com abrangência nacional, cuja atividade de pesquisa visa ampliar a fronteira do conhecimento científico, o CNPMA tem como missão institucional **“gerar e divulgar conhecimento sobre impacto ambiental de atividades relacionadas à agricultura,**

subsidiando o desenvolvimento de alternativas que conduzam a sua sustentabilidade”, e como objetivos técnicos:

1. estabelecer indicadores de qualidade ambiental adequados às necessidades da agricultura brasileira, com vistas a sua sustentabilidade;
2. identificar, qualificar e quantificar as causas dos impactos ambientais sobre a estrutura e funcionamento dos agroecossistemas e os seus respectivos efeitos visando subsidiar ações que conduzam à sustentabilidade;
3. analisar as causas dos impactos ambientais e os seus respectivos efeitos para subsidiar medidas de políticas públicas.

O propósito desse artigo é o de dar uma visão geral dos problemas ambientais decorrentes de atividades agrícolas nas regiões ecológicas brasileiras com influência na Bacia do Rio da Prata, e apresentar o modelo de atuação do CNPMA no processo de geração tecnológica e de avaliação e monitoramento de impacto ambiental relacionado a atividades agrícolas.

GRANDES REGIÕES ECOLÓGICAS BRASILEIRAS COM INFLUÊNCIA NA BACIA DO RIO DA PRATA

Com uma superfície de aproximadamente 8,5 milhões de km² de terras contínuas, o Brasil dispõe de recursos hídricos abundantes, de clima tropical e subtropical e de uma abundante e diversificada flora e fauna, atributos esses caracterizados, de maneira geral, por seis grandes regiões ecológicas: Amazônia, Caatinga, Pantanal, Cerrado, Mata Atlântica e as Florestas e Campos do Sul, e por zonas de transição entre estes (Figura 1). Serão abordadas aqui as regiões do Pantanal, Cerrados e as Florestas e Campos do Sul que têm influência direta na Bacia do Rio da Prata.

* *Palestrante, Chefe Técnico, EMBRAPA-CNPMA, Caixa Postal 69, 13820-000, Jaguariúna, SP.*

** *Pesquisadores, EMBRAPA-CNPMA.*

*** *Chefe Geral, EMBRAPA-CNPMA.*



Figura 1 . Ecoregiões brasileiras

Pantanal

O Pantanal, do ponto de vista geológico, é uma planície sedimentar tectônica resultante do soerguimento da cordilheira dos Andes, com espessura de sedimentos de até 500 m e características intracratônicas. Integra a bacia do Alto Paraguai, cuja parte brasileira abrange aproximadamente 340.000 Km², cerca de 1,6 por cento do seu território. A planície pantaneira, com cerca de 140.000 km², tem como principal canal de drenagem o rio Paraguai. Com altitudes entre 80 a 200 m, a planície é semi-circundada por um planalto com altitude de 300 a 700 m, que contribui com água e sedimentos, por intermédio dos afluentes do rio Paraguai, influenciando desse modo a evolução e dinâmica da planície.

Na região predominam rios de baixa declividade e descarga pouco uniforme, provocando inundações prolongadas. O gradiente topográfico varia de 0,3 a 0,5 m/Km no sentido Leste-Oeste e de 0,03 a 0,15 m/Km no sentido Norte-Sul. O comportamento hidrológico da bacia é de pulso, influenciado por eventos climáticos locais e regionais, que definem variabilidades sazonais (estação chuvosa e seca) e plurianuais (alternância de ciclos mais chuvosos com ciclos mais secos).

O clima é quente e chuvoso no verão, e ameno e seco no inverno, com temperaturas médias de 32°C e 21°C, respectivamente. A precipitação média anual está entre 1000 e 1400 mm, concentrada entre dezembro e março.

Podem ser observadas as feições geomorfológicas: Planícies Fluviais, Planícies Fluvio-lacustres, Planícies e Terraços Aluviais, e Áreas de Acumulação Inundáveis. Predominam na região solos com características hidromórficas. As principais classes de solo presentes são: Plintossolos, ocupando 20,13%, Podzol Hidromórfico 18,81%, Planossolo 11,81%, Glei Pouco Húmico 11,66%, Planossolo Solódico 11,55%, e Solonetz Solodizado, ocupando 11,51% da área do Pantanal.

O Pantanal pode ser dividido em sub-regiões, diferenciadas com base nas características de solo, vegetação e regime hidrológico. A interação entre os condicionantes climáticos, hidrológicos, edáficos e geomorfológicos resultou na complexidade e diversidade do ambiente, favorecendo a ocorrência de vegetação e fauna variadas e abundantes. A divisão

mais aceita reconhece 10 sub-regiões: Cáceres, Poconé e Barão de Melgaço, ao Norte; Paiaguás, Nhecolândia e Paraguai, na porção central; e Abobral, Miranda, Aquidauna e Nabileque, ao Sul.

A pecuária, iniciada há mais de 200 anos, é a principal atividade econômica. O rebanho atual é de cerca de 3,8 milhões de bovinos anelados, que produz receita bruta de aproximadamente 60 milhões de dólares anuais. O rebanho alimenta-se, basicamente, de forrageiras nativas. Na seca há queda na quantidade e qualidade das pastagens e nos períodos de inundação ocorre redução de área disponível para pastejo. Esta variação estacional limita seriamente o desempenho animal. Nos últimos 20 anos, um número crescente de produtores vem implantando pastagens cultivadas em áreas não inundáveis para aumentar a oferta de alimento.

A beleza cênica do ecossistema pantaneiro, caracterizado pela riqueza e abundância da fauna, formações florísticas diversificadas, relevo e variações dos sistemas aquáticos, torna o Pantanal um dos principais polos turísticos do Centro-Oeste. O turismo na região, embora ainda modesto, apresenta elevado potencial de crescimento e poderá se transformar em atividade de importância econômico-social, e também ecológica, pelos reflexos negativos sobre o ambiente.

- Cerrados

A região dos cerrados abrange aproximadamente 25 por cento do território brasileiro, ou seja, mais de 2.000.000 km², compreendendo os Estados da Bahia, Ceará, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo e Tocantins.

Trata-se de uma região tropical, dominada por amplos planaltos, com a maior parte da área entre 300 e 600 metros de altitude. A precipitação varia de 600 a 2.200 mm anuais. Entretanto, a distribuição temporal é fortemente estacional, com 2/3 da região apresentando 5 a 6 meses de seca durante o inverno.

Cerca de 90 por cento dos solos da região são de baixa fertilidade, e apresentam alta toxidez e acidez pelo acúmulo de óxidos de ferro e alumínio. Contudo, a maior parte desses solos são profundos e bem drenados, assentados sobre sedimentos do período Terciário, que formam as superfícies características

dos planaltos, estes abrangendo 70 por cento da região.

O domínio dos cerrados constitui um grande mosaico de paisagens naturais dominado por diferentes fisionomias de cerrados, recortados por matas ciliares (florestas mesofíticas perenifólias) e veredas, e ladeados por campos úmidos. Este padrão é interrompido por encraves de outras tipologias vegetais, tais como os campos de altitude, os campos limpos, cerradões, matas caducifólias, matas de interflúvio e campos de murunduns.

Os avanços no conhecimento científico e tecnológico relativos ao manejo dos solos, das águas e melhoramento das cultivares, favoreceu a expansão da atividade agropecuária na região, tanto no que concerne à área plantada, quanto à produtividade e à diversificação de produtos agrícolas. Nos cerrados do Centro-Oeste, a área ocupada por estabelecimentos agropecuários atingiu 113 milhões de hectares em 1980, sendo a área cultivada por lavouras, pastos e reflorestamento de aproximadamente 24 por cento deste total.

- Florestas e campos do sul

Essas formações encontram-se nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e parte dos Estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul.

O domínio da mata de araucárias estende-se por cerca de 400.000 Km², ocupando os planaltos e áreas dissecadas na porção oriental da bacia do Rio Paraná, nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, em altitudes variando entre 300 e 1.800 metros. O clima é subtropical úmido, com chuvas intensas, sem estação seca, sendo a precipitação média de 1.400 mm/ano. As temperaturas são predominantemente baixas, com nevoeiros frequentes e eventual ocorrência de neve no inverno.

O planalto das Araucárias é composto de quatro unidades geomorfológicas. O planalto dos Campos Gerais apresentam solos derivados de rochas efusivas ácidas e relevo suavemente ondulado. A formação Serra Geral apresenta escarpas muito fortes com solos diversificados, quase todos apresentando fase pedregosa. A formação dos Patamares da Serra Geral apresenta terras roxas estruturadas e outros solos

eutróficos nas cotas de 300 a 500 metros de altitude. O planalto de Iguaçu, apresenta solos derivados de basalto.

O bioma das araucárias, também denominado complexo dos pinhais, não constitui uma formação vegetal homogênea, contendo formações de mata de araucária e campo, araucária e espécies pioneiras, araucária com árvores de grande porte e araucárias com elementos da Mata Atlântica. Nas florestas densas de Araucária, predomina o pinheiro brasileiro (*Araucaria angustifolia*), como árvore dominante no estrato superior. As florestas de araucária com elementos de Mata Atlântica ocorrem junto aos vales de alguns rios ou em pequenas elevações. Intercaladas às matas de araucária encontram-se campos úmidos de baixadas (com presença de turfeiras).

A exploração de madeira, sobretudo do pinheiro brasileiro e a embuia, representou a atividade principal no planalto das Araucárias até a década de 60, quando entrou em declínio. Parte dessa região deu lugar à plantação de milho, trigo, videira e frutíferas de clima temperado.

As formações denominadas de campos abrangem as regiões fisiográficas da Campanha (campo), planalto das Missões, depressão central, serra do Sudeste e litoral, totalizando no Rio Grande do Sul uma superfície de cerca de 210.000 Km². Encontram-se nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e parte dos Estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul.

O clima na região de Campanha, condicionado pela latitude e continentalidade, é caracterizado por temperaturas elevadas no verão e baixas no inverno, ocorrendo frequentemente ventos fortes. A precipitação anual situa-se em torno de 1.200 mm, com chuvas concentradas nos meses de inverno. Isso determina a ocorrência eventual de períodos secos, quando a estação chuvosa se prolonga anormalmente.

A grande parte da área situa-se em um planalto (da Campanha) caracterizado por relevo suave a fortemente ondulado, esculpido em rochas efusivas básicas ou em arenitos. Extensos depósitos aluvionares holocênicos, terraços e depósitos de calha da rede fluvial atual e subatual integram essa paisagem. Predominantemente, ocorrem na região solos brunizéns vérticos, vertissolos e plintossolos distróficos. Em áreas de arenito predominam solos podzólicos

vermelho-escuros, de baixa fertilidade. No planalto das Missões ocorrem terras roxas estruturadas eutróficas de textura muito argilosa.

A vegetação campestre apresenta nos topos mais planos um tapete herbáceo baixo, ralo e pobre em espécies, tornando-se mais denso e rico em espécies nas encostas. Predominam gramíneas compostas e leguminosas. As regiões campestres subdividem-se em campos subarbustivos ou sujos, campos paleáceos, e campos gramados ou poteiros.

Os campos naturais no Rio Grande do Sul são geralmente explorados sob pastoreio contínuo e extensivo. O uso do fogo é uma prática comumente utilizada para eliminar sobras ou evitar o engrossamento dos campos. Outras atividades econômicas compreendem as culturas de arroz, trigo, milho e soja, muitas vezes praticadas em associação com a criação de gado bovino e ovino.

PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

A degradação ambiental deve ser entendida como o resultado de um conjunto de ações e processos impactantes sobre o ambiente, que, não respeitando a sua capacidade de suporte e/ou a sua aptidão, acarreta o comprometimento dos recursos naturais, e, conseqüentemente, a qualidade de vida.

O Quadro 1 relaciona as principais atividades impactantes identificadas para o conjunto das ecoregiões brasileiras. À cada uma dessas atividades podem estar associadas diferentes formas de ação geradoras de impacto ambiental. A agricultura pode exercer impactos distintos, seja através de desmatamento, do uso de agroquímicos, de mecanização, de irrigação, e/ou outras. Por outro lado, uma determinada ação (desmatamento, por exemplo) pode estar associado à diferentes atividades.

Outras atividades impactantes, e que implicam em riscos ambientais, mas com distribuição localizada no país, incluem usinas nucleares, treinamento bélico, atividade portuária. A atividade extrativista, base de sustentação econômica em algumas regiões, pode exercer uma pressão sobre recursos naturais, especialmente os de interesse comercial (desmatamento seletivo), bem como sob a forma de práticas ilegais (caça e pesca predatória).

Quadro 1 - Relação Atividade - Ações Impactantes

Atividade	Ação														
	Desmata-mento	Queimada	Mecani-zação	Uso de produtos químicos	Irrigação	Drenagem	Ajudagem	Obras civis	Uso de dejetos como insumo	Pisoteio/ Sobre-pastoreio	Aterro	Ocupação desorde-nada	Migração	Inundação	Emissão de efluentes/ rejeitos
Agricultura	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Reflorestamento	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Agrofloresta	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Pecuária	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Mineração	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Urbanização	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Indústria	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Turismo	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Rodovias	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Hidroviias	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Hidroelétrica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Oleodutos/gasod.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

O Quadro 2 apresenta um quadro ecoregional dos impactos ambientais decorrentes de cada uma das formas de ação. Um mesmo tipo de efeito pode ser causado por diferentes formas de ação. Por exemplo, os danos à biodiversidade podem ser gerados por desmatamento, queimadas, drenagem, etc. No entanto, uma mesma forma de ação pode causar diferentes efeitos e ou danos ambientais, como exemplificado pelo uso de agroquímicos na agricultura, gerando contaminação do solo e da água, danos à biota, risco à saúde humana, etc.

Os tipos de impactos relacionados no Quadro 2 agrupam, desta forma, uma série de efeitos e/ou danos ambientais, segundo a afinidade de processos considerados, como segue:

- danos à biodiversidade:
 - desequilíbrios biológicos (geração de pragas, quebra de cadeias alimentares, destruição de fauna);
 - destruição de habitats naturais ;
 - perda de recursos genéticos;
 - estresse da fauna.
 - danos ao recurso-água:
 - assoreamento;
 - contaminação;
 - disponibilidade.
 - danos ao recurso-solo:
 - erosão;
 - salinização;
 - degradação da estrutura;
 - contaminação;
 - perda de fertilidade.
 - danos ao recurso-ar:
 - contaminação.
 - danos econômicos:
 - prejuízos econômico-ambientais.
 - danos sociais:
 - êxodo rural;
 - conflitos étnicos;
 - marginalização;
 - extinção de culturas indígenas.

- danos à saúde:
 - intoxicação;
 - problemas epidemiológicos.
 - degradação da paisagem:
 - geração de áreas improdutivas;
 - abandono de áreas.
 - mudanças climáticas:
 - efeito estufa.
 - acidentes ambientais

PROCESSO DE GERAÇÃO TECNOLÓGICA E DE AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO DE IMPACTO AMBIENTAL

O Processo de geração tecnológica, Figura 2, engloba as fases de 1) caracterização e avaliação da base de recursos - naturais e sócio-econômicos - com o propósito de se caracterizar a oferta ambiental e determinar fatores positivos ou limitantes ao estabelecimento de um dado sistema de produção; 2) a geração e/ou adaptação de tecnologias tendo como base a eficiência econômica expressa pela relação custo/benefício, e 3) a combinação tecnológica com o propósito de se estabelecer sistemas de produção mais eficientes e adaptados principalmente às condições edafo-climáticas predominantes.

Esse processo produz alterações nos ciclos biogeoquímicos, nos fluxos de energia e no comportamento social dos usuários decorrentes do novo nível tecnológico adotado. Essas alterações podem modificar a base original de recursos, quer positiva ou negativamente. Exemplificando, um determinado sistema de produção pode elevar os níveis de nitratos e de princípios ativos ou metabólitos resultantes da biodegradação de agrotóxicos, que por sua vez podem comprometer a qualidade das águas superficiais e subterrâneas; podem modificar a composição da microflora do solo e assim alterar a dinâmica do ciclo da matéria orgânica, com efeitos na relação C/N e na CTC do solo; podem, por deriva, afetar a flora nativa e produzir modificações em compostos fitoquímicos e alterar suas propriedades farmacológicas, condimentares ou aromáticas; podem causar danos diretos à fauna, atingindo organismos não visados (ex. abelhas, pássaros, peixes, etc.) e o homem (contaminação). Embora esses fatos sejam conhecidos, em poucas situações eles foram avaliados,

Quadro 2. Impactos ambientais gerados por diferentes formas de ação nas ecoregiões brasileiras com influência potencial na Bacia do Rio da Prata.

ECOREGIAO	AÇÃO	IMPACTO AMBIENTAL													
		Biodiver- sidade	Ar	Água	Solo	Economia	Social	Saúde	Degrada- ção da paisagem	Acidente ambiental	Mudanças climáticas globais				
P	Desmatamento														
A	Queimada														
N	Uso de produtos quim.														
T	Drenagem														
A	Inundação não natural														
N	Obras civis														
A	Pisoteio/sobrepastoreio														
L	Ocupação desordenada														
	Efluentes/rejeitos														
	Pesca e caça predatória														
	Desmatamento														
	Queimada														
C	Uso de produtos quim														
E	Drenagem														
R	Obras civis														
R	Efluentes/rejeitos														
A	Ocupação desordenada														
D	Caça predatória														
O	Mecanização														
	Irrigação														
	Uso de dejetos - insumo														
C F	Desmatamento														
A L D	Uso de produtos químicos														
M O O	Drenagem														
P R	Obras civis														
O E S	Efluentes/rejeitos														
S S U	Pesca e caça predatória														
T L	Mecanização														
A	Irrigação														
E S	Uso de dejetos - insumo														
	Pisoteio/sobrepastoreio														



GERAÇÃO TECNOLÓGICA E AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO DE IMPACTO AMBIENTAL

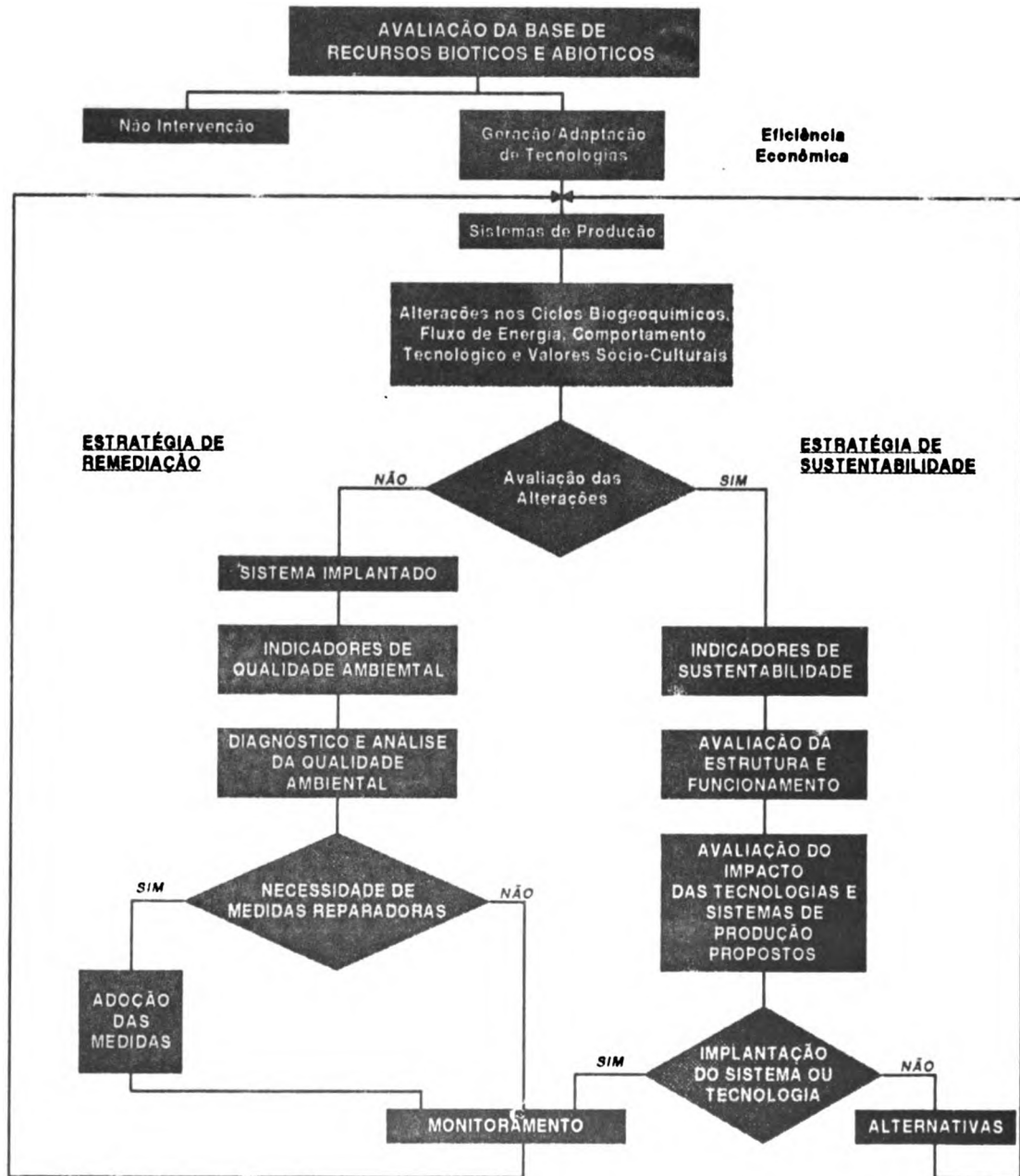


Figura 2. Esquema de geração tecnológica e de avaliação e monitoramento de impacto ambiental

quer seja por serem considerados consumados, isto é, são conseqüência da tecnologia ou sistema de produção adotados, quer seja pela falta de métodos científicos que permitam uma avaliação eficaz.

Por essas razões, o processo de geração tecnológica tem basicamente duas estratégias a seguir. A primeira é uma estratégia corretiva ou reparadora, na qual os indicadores de qualidade ambiental são de fundamental importância para se proceder uma análise do estado e funcionamento dos agroecossistemas (dinâmica de ciclos biogeoquímicos, populações e fluxos de energia). Essa análise possibilita que se tenha conhecimento das alterações promovidas nos diferentes componentes com vistas a se estabelecer, caso necessário, medidas reparadoras para se manter ou recuperar a qualidade dos recursos naturais e manter a produtividade dos agroecossistemas, ao longo do tempo, em níveis adequados de eficiência econômica.

A outra estratégia, de longo prazo, é dirigida à sustentabilidade. A diferença principal é a de que as tecnologias ou sistemas de produção passam por uma análise 'ex-ante' durante o processo de sua geração e desenvolvimento. Nesse sentido, os indicadores de sustentabilidade em suas dimensões ecológica, econômica e social são a base dessa análise. Salienta-se que indicadores de qualidade ambiental e de desempenho econômico fazem parte desse grupo de indicadores. Nessa perspectiva, a variável tempo passa a ter papel preponderante. Para que um agroecossistema seja sustentável, o tempo requerido para que se atinja o equilíbrio dinâmico no rumo desejado, provavelmente não seja o mesmo para os diferentes componentes do próprio agroecossistema e de suas relações externas. Deve haver harmonia temporal entre o sistema bioecológico e o sistema social e econômico. Para que seja feita uma análise com a maior precisão possível, é fundamental que se tenha um modelo conceitual, com indicadores de qualidade ou sustentabilidade, com propósitos definidos. Nessa etapa o uso de técnicas estatísticas, de modelagem e simulação numérica e de sistemas de informação geográfica, isoladas ou em conjunto,

são de importância fundamental para a análise de cenários futuros. Após as análises das alterações produzidas pelas tecnologias ou sistemas de produção na estrutura e funcionamento dos agroecossistemas é que se pode recomendá-los ou não. Qualquer das estratégias adotadas servirá para um planejamento agroambiental mais efetivo.

Entretanto, há a necessidade de se monitorar os indicadores de qualidade ou sustentabilidade, selecionados, para que se possa avaliar a eficácia dos mesmos, no sentido de se obter o cenário pretendido.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos referentes a impactos ambientais decorrentes de atividades agrícolas e seus efeitos na qualidade dos recursos naturais bióticos e abióticos e na sustentabilidade dos agroecossistemas exige uma abordagem integrada do conhecimento obtido em várias disciplinas e também da maximização das capacidades institucionais. Nesse particular o CNPMA oferece suas competências técnicas e recursos de infra-estrutura para apoiar o desenvolvimento de projetos conjuntos no âmbito de PROCISUR.

LITERATURA CONSULTADA

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental. *Plano Diretor do Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental (CNPMA)*. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1993. 38p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *EMBRAPA, Meio Ambiente e Desenvolvimento*. Brasília: 1992. 79p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Atlas do Meio Ambiente do Brasil*. Brasília: EMBRAPA-SPI, Ed. Terra Viva, 1994. 130p.
- PUIGNAU, J. P. ed. 1994. *Recursos Naturales y Sostenibilidad Agrícola*. Montevideo: IICA - PROCISUR. 150p. DIALOGO 42.

El uso sustentable de las tierras en el Cono Sur: la cooperación científica como base para orientar políticas regionales de ordenamiento territorial

por Ernesto F. Viglizzo *

INTRODUCCION

La apertura del Mercado Común Sudamericano (MERCOSUR), y los escenarios que se perfilan en un mundo que se globaliza aceleradamente, plantean a los países de la región desafíos nuevos que no eran previsibles apenas algunos años atrás. La necesidad imperiosa de competir con éxito en los mercados de la región y del mundo, va forzando una revisión de las políticas productiva y comerciales tradicionales en los países del Cono Sur de América.

La agricultura -por ser todavía un componente clave en la economía de estos países- aparece inevitablemente en el ojo de la tormenta. Por un hecho tal vez azaroso, los seis países que integran el PROCISUR (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay) están también integrados, o en camino de integrarse, al bloque económico regional del MERCOSUR. Esta circunstancia define decisivamente el rol que deberá cumplir el PROCISUR en los próximos años, ya que aparece como un soporte natural para orientar políticas tecnológicas en el campo de la agricultura regional.

Dentro de este contexto, el Subprograma de Recursos Naturales y Sostenibilidad Agrícola (SURENSA) del PROCISUR enfrenta un desafío singular: armonizar la búsqueda de una agricultura más competitiva en la región con la preservación del ambiente productivo y los recursos naturales. El avance de los cultivos sobre áreas naturales y marginales, y la propia intensificación de la agricultura por un uso creciente de insumos externos potencialmente degradantes, marca uno de los dilemas más críticos por resolver en el siglo XXI: el conflicto entre productividad económica y salud ambiental. Tanto

economistas como ecologistas, enfrentados históricamente por una concepción opuesta de la realidad, coinciden hoy en señalar que el ambiente será el gran problema económico del próximo siglo.

Los institutos nacionales de investigación agropecuaria (INIAs) se ven hoy impulsados a tomar bajo su cargo parte del conflicto agricultura-ambiente; fundamentalmente aquella que ocurre en el campo de la tecnología agropecuaria. Históricamente los INIAs resolvieron este conflicto en una escala tecnológica acotada al predio rural, siendo el productor rural su principal demandante. Pero hoy la situación está cambiando. Como la problemática ambiental excede largamente la escala predial, proyectándose a escalas ecosistémicas, regionales y aún globales, aparecen en escena nuevos demandantes a los que hay que atender. Son ellos los gobiernos provinciales o estatales, los gobiernos nacionales, los organismos regionales e internacionales, y todas aquellas organizaciones públicas y privadas que operan a escalas no convencionales.

Ayudar a resolver el conflicto agricultura-ambiente a escala regional (el Cono Sur) frente a una dinámica económica cuyos ritmos serán marcados por el MERCOSUR, es uno de los desafíos clave que debe enfrentar el SURENSA en el marco del PROCISUR. Los INIAs agrupados bajo el paraguas del SURENSA no podrán resolver integralmente el problema planteado, porque éste tiene dimensiones y áreas de incumbencia que no le competen. Pero sí podrán hacer un aporte técnico fundamental para que los órganos regionales y nacionales de decisión política diseñen estrategias apoyadas sobre una sólida base científica.

USO DE LA TIERRA Y SUSTENTABILIDAD AGRICOLA

Dentro de este marco signado tanto por amenazas como oportunidades, emerge en el horizonte científico

* *Ing. Agr. Coordinador Internacional del Subprograma Recursos Naturales y Sostenibilidad Agrícola del PROCISUR.*

un campo novedoso, interdisciplinario, de complejidad sistémica, que procura dar respuesta a interrogantes vitales que se plantean en la relación agricultura-ambiente. Me refiero a lo que hoy se denomina **Ciencia del Uso de las Tierras**.

La razón de ser de este campo científico emergente es sólida y de una racionalidad indiscutible: de poco servirá pretender una agricultura sustentable, si las tierras son utilizadas de manera no sustentable. En otras palabras, poco sentido tiene aplicar tecnologías probadamente conservacionistas -como la siembra directa y otras labranzas reducidas, o el manejo integrado de plagas y cultivos- si la base misma de cultivos o actividades que se están desarrollando es inapropiada para el tipo de tierra disponible en el predio, la zona o la ecorregión. Las tecnologías sustentables se conocen, están desarrolladas y disponibles. Pero la piedra basal de la sustentabilidad en agricultura está más abajo, en la racionalidad con que las tierras son utilizadas. Cabe aquí acotar que lo que denominamos uso de la tierra es un concepto mucho más amplio y englobador que el concepto convencional de uso de los suelos. El concepto de tierra no sólo involucra al suelo, sino también al clima, el agua, la vegetación, la fauna, la flora, los cultivos, el ganado y los insumos externos, dentro de un marco de condicionantes políticas, socio-económicas y culturales. Por tanto, el uso de la tierra tiene una complejidad que va mucho más allá del uso y manejo de los suelos, aún cuando ambos conceptos a menudo se confunden.

El mal uso de la tierra puede tener consecuencias dramáticas sobre el propio ecosistema y sobre ecosistemas vecinos o cercanos. Un ejemplo abrumador de ello es la remoción de bosques naturales y vegetación en ecosistemas tropicales de la Cuenca del Plata. La deforestación y el posterior avance de los cultivos y el ganado sobre ecosistemas tan frágiles, no sólo han tornado improductivas esas tierras en pocos años. Al modificar el flujo de energía, el ciclo mineral y el patrón hidrológico natural, también han provocado una intensa erosión de los suelos con arrastre de un volumen gigantesco de sedimentos que se desplazan aguas abajo hacia la desembocadura del río de la Plata. El dragado permanente de los puertos sobre el río para mantenerlos operables, es un costo muy alto que deben pagar otras regiones o países vecinos por un daño que no han provocado. Es ésta una típica externalidad producto de un uso insustentable de las

tierras con fines agrícolas en ecosistemas adyacentes o comunicados por vías naturales.

LA COOPERACION NECESARIA

La búsqueda de soluciones regionales al problema ambiental asociado a la explotación agropecuaria de las tierras, impone inevitablemente una cooperación entre países. Los esfuerzos unilaterales o aislados a cargo de uno o más países carecen de eficacia. Las acciones deben ser coordinadas y armónicas. Varias de las más importantes ecorregiones del Cono Sur son ecosistemas transfronterizos. Es decir que, pese a estar divididos por límites políticos artificiales, poseen características estructurales y funcionales similares. Si esa característica común de estructura y función es quebrada dentro de la frontera de un país, el ecosistema puede resultar perturbado en una superficie mayor a la estrictamente intervenida, con consecuencias dentro aún de los países que no hicieron una irrupción traumática de esos ecosistemas.

La cooperación alrededor de problemas ambientales comunes para la región puede verse restringida por intereses internos y características peculiares de cada país. Es muy difícil intentar políticas comunes cuando existen intereses económicos fuertes que pueden resultar afectados. O cuando ciertas condiciones de pobreza conllevan una presión creciente sobre los recursos naturales, agravando el círculo vicioso de pobreza-degradación-más pobreza. Sin embargo, las posibilidades de cooperar en políticas comunes pueden mejorar si colocamos los problemas dentro de una perspectiva tecnológica. La investigación científica y el desarrollo tecnológico son instrumentos viables para armonizar intereses encontrados.

Para cooperar con vistas a un ordenamiento balanceado de las tierras es necesario tomar conciencia de las heterogeneidades nacionales. Existen diferencias marcadas entre países y dentro de los propios países. Hay una gran diversidad económica, social, cultural y racial. Esta característica viene acompañada por una enorme heterogeneidad en superficie territorial, ecosistemas, disponibilidad de recursos naturales, y condiciones climáticas. Se genera así una problemática multicolor y desuniforme, que no puede ser resuelta mediante una solución única y uniforme.

¿Cómo administrar la heterogeneidad en una política cooperativa de ordenamiento territorial? Esta

pregunta no parece tener una respuesta sencilla. Un primer paso posible es el de consensuar ideas-fuerza, o principios rectores, que generen un marco de criterios que sean comunes para todos los países, pero que también sean adecuables a las peculiaridades internas de cada país. Uno de ellos puede ser, por ejemplo, que ningún país haga pagar a otros las externalidades de un manejo poco criterioso de sus propios ambientes. O que se acuerde y defina un manejo uniforme de los ecosistemas transfronterizos. Sin embargo, un segundo paso en la cooperación se puede dar, con mayor facilidad aún, en el terreno tecnológico. Es aquí donde los INIAs de la región pueden acordar una nivelación y armonización de sus capacidades científicas, de sus enfoques de los problemas, de sus métodos y técnicas, del software y herramientas de decisión, y de la capacitación de sus recursos humanos. Si estas capacidades son niveladas y armonizadas, resulta mucho más sencillo identificar, plantear y resolver los problemas bajo un cristal del mismo color.

EL ROL DEL PROCISUR EN UNA ESTRATEGIA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

El PROCISUR, a través del SURENSA, puede hacer un aporte técnico esencial a la armonización de una estrategia de ordenamiento territorial para la región. Parece ser actualmente el instrumento institucional más idóneo para favorecer una articulación horizontal entre los INIAs. El "modus operandi" elegido es la figura del proyecto regional de investigación. Para ello invita a dos representantes de cada INIA para que participen de reuniones y talleres preparatorios, y para que conformen el núcleo inicial de un grupo regional de investigación sobre el tema. Se invita asimismo a uno o más expertos de centros avanzados de investigación con experiencia aquilatada para resolver la problemática planteada. El taller realizado en Jaguariúna, São Paulo, Brasil, fue una experiencia piloto preliminar de gran valor para encarar iniciativas similares.

El SURENSA ha estandarizado un procedimiento para sus reuniones, talleres y seminarios. Estos fueron los pasos seguidos en el taller de Jaguariúna. Se planteó inicialmente con claridad la naturaleza del problema que había que resolver, y que determinó la convocatoria realizada. Seguidamente se formularon los objetivos y metas de la reunión, definiendo que el

proyecto regional de investigación era el producto final al que se deseaba llegar. Se convocó a dos expertos extranjeros (de las Universidades de Wageningen, Holanda y de Florida, EEUU) para que hicieran una puesta al día de los conocimientos, metodologías y herramientas utilizadas en sus centros, y para que orientaran la preparación de un proyecto común que debía ser financiado por una fuente externa que viabilizara su ejecución. Con la finalidad de valorar "a priori" las capacidades técnicas y avances alcanzados en cada uno de los países participantes, y para evaluar la propia heterogeneidad regional, se invitó a los participantes de cada país a que expusieran su situación. A partir de estas disertaciones se identificaron los principales ecosistemas críticos de la región, y la "capacidad científica instalada" en cada país (a saber, cantidad de recursos humanos en condiciones de participar del proyecto, niveles de capacitación alcanzados, metodologías y técnicas utilizadas, grado relativo de avance en el uso de las mismas, equipamiento disponible, software aplicado). Esta evaluación resultó esencial para 1) detectar las fortalezas y debilidades en los INIAs de la región, individualmente y en conjunto, 2) ver qué países de la región pueden contribuir a nivelar las debilidades de otros a través de la capacitación y 3) identificar qué debilidades regionales debían ser atacadas mediante una capacitación conjunta y simultánea a cargo de centros especializados de países desarrollados. Se definió que luego de una etapa inicial de nivelación de capacidades, es posible en una segunda etapa encarar un proyecto común de investigación a partir de los grupos consolidados.

El principal producto final de esta iniciativa es articular una red de investigadores regionales altamente especializados en el estudio de las problemáticas referidas al uso de las tierras con fines agrícolas. Si ello se logra, la misión del SURENSA estará culminada y la inversión justificada. Los distintos grupos podrán investigar las problemáticas internas de uso de las tierras en sus propios países bajo ideas-fuerza comunes, y con capacidades científicas homogeneizadas. Idealmente, éste debería ser el reaseguro tecnológico para que cada país armonice sus políticas de ordenamiento territorial dentro del marco de una estrategia regional común de uso de las tierras, que esos mismos grupos ayudarían a diseñar y consolidar.

Sistemas de Información Geográfica

Su situación actual y disponibilidad de datos en la República Argentina

por Javier A. Ayesa¹

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) comienzan a ser utilizados en la República Argentina a partir de 1987, cuando en las Universidades Nacionales de Buenos Aires (UBA), Cuyo (UNC) y Tucumán (UNT), especialistas en Medio ambiente y Planificación Urbana, desarrollan los primeros proyectos en los que se utiliza esta importante herramienta en el país.

A partir de 1990, el crecimiento fue explosivo, incrementándose notablemente la actividad en los Institutos de Investigación, en la Industria y en diversos sectores de la Administración Pública Nacional, Provincial y Municipal, contabilizándose a principios de 1995 unos 300 SIG en diferentes estados de desarrollo.

Las principales áreas temáticas, en las que se utiliza esta tecnología en el país son: la producción de cartografía, el catastro, estadísticas y censos, urbanismo, servicios, aplicaciones en agricultura, manejo de los recursos naturales y el monitoreo ambiental, dadas las características de esta presentación, me referiré en forma breve, a su situación actual en las áreas de agricultura, recursos naturales y medio ambiente, y principalmente a las actividades desarrolladas por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

DISPONIBILIDAD DE DATOS

Para que un SIG resulte exitoso, es de fundamental importancia el estado de los datos a ser ingresados, su

calidad temática, cobertura de los mismos, nivel de percepción y estado físico. A continuación se detallan las características de los datos necesarios para un proyecto Regional de Monitoreo Ambiental para el Uso Sustentable de las Tierras.

- Cartografía básica

El Instituto Geográfico Militar (IGM), es la institución responsable por ley, del levantamiento, publicación y difusión de toda la cartografía básica del país; la misma se encuentra para la venta en formato analógico (mapa papel), la proyección plana utilizada es la Gauss-Kruger y cubre todo el país al 1:500.000, el 75% al 1:250.000, el 50% al 1:100.000 y el 30% al 1:50.000.

A principios de 1995, y mediante un Convenio entre el IGM y el Instituto Cartográfico de Cataluña (ICC), comenzó un proyecto de levantamiento y actualización de la información cartográfica, mediante la integración con datos satelitales Landsat TM y SPOT, que en una primera etapa, cubrirá un tercio del país. La información estará disponible al público en formato digital y analógico.

También se encuentran disponibles en mapa papel, las Cartas Aeronáuticas, que publica la Fuerza Aérea Argentina (FAA), con proyección plana Lambert y cobertura de todo el país al 1:1.000.000 y parcialmente al 1:500.000.

- Suelos

Se cuenta con una cobertura de todo el país a escalas 1:500.000 y 1:1.000.000, y parcialmente a escalas 1:50.000 y 1:100.000, principalmente en las Provincias de Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos, Corrientes, La Pampa, Misiones, Chaco y San Luis. El relevamiento fue efectuado por el INTA, a

¹ Ing. Agr., INTA Bariloche, Argentina.

través de su Instituto de Suelos, y se encuentra disponible en formato digital .

- Vegetación

Existe una cobertura de todo el país a escalas 1:500.000 y 1:1.000.000, efectuadas con diferentes metodologías, los relevamientos fueron realizados principalmente por el INTA, Consejo Federal de Inversiones (CFI), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Experimentación Tecnológica (CONICET) y diversas Universidades Nacionales.

- Clima y agua

En todo el país se encuentran 300 estaciones meteorológicas, de las cuales, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) cuenta con 133, el INTA con 49, y el resto pertenecen a diversos Organismos Provinciales, Nacionales y al CONICET.

El Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología Hídrica (INCYTH) cuenta con cartografía relativa a recursos hídricos de todo el país, encontrándose también información en los Departamentos Provinciales de Aguas (DPA), Hidronor y en el Instituto de Clima y Agua perteneciente al INTA.

- Geología

La Secretaría de Minería es la institución responsable del relevamiento geológico del país, actualmente se encuentra relevado el 40 por ciento y publicado el 25 por ciento a escala 1:200.000, a fines de 1994 se le dio un nuevo impulso al relevamiento, estimándose que para fines de 1997 se completará todo el país.

- Datos socioeconómicos

El Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC), cuenta con información proveniente de los Censos Poblacionales, del Censo Agropecuario Nacional y de Encuestas Agropecuarias; asimismo y

conjuntamente con las Direcciones de Estadísticas y Censos Provinciales se está desarrollando un Sistema de Información Estadística Nacional.

PROGRAMAS Y EQUIPAMIENTO

A continuación se detalla la situación actual en cuanto a programas, plataformas utilizadas y número de usuarios.

Programas	Origen	Tipo	Plataforma	Usuarios
ARC/INFO	ESRI (USA)	SIG. Vector.	PC, WS ³ , VAX	200-67%
ERDAS	ERDAS (USA)	SR ² /SIG. Raster	PC, WS ³ , VAX	30-10%
GEOVISION	System House (Canadá).	SIG. Vector.	PC, WS ³	20-7%
IDRISI	Universidad Clark (USA).	SIG. Raster.	PC.	20-7%
ILWISITC (Holanda).	SIG/SR ² . Vector - Raster.	PC.	12-4%	
SPANSTYDEC (Canadá)	SIG. Raster.	PC.	9-3%	
MICROSTATION ¹	INTERGRAPH (USA)	Dibujo Asistido por Computadora. (CAD)	PC, WS ³ .	200

¹ Utilizado únicamente como CAD. Las opciones de Intergraph SIG - SR comenzaron a ser utilizadas a mediados de 1995.
² Sensores Remotos.
³ Estación de trabajo. (Work Station).

SIG ESTABLECIDOS EN EL INTA

- Centro de Investigaciones en Recursos Naturales (CIRN).

- Instituto de Clima y Agua (Castelar, Provincia de Buenos Aires).
- Instituto de Suelos (Castelar, Provincia de Buenos Aires).

Temática:

- Evaluación de Tierras, en Convenio con FAO e ITC.
- Estimación de la producción e inventario de cultivos.
- Monitoreo de inundaciones y estimación de riesgos.
- Planificación del Uso de la Tierra.
- Cartografía de suelos.
- Inventario forestal.

Programas: *ARC/INFO, ERDAS, ILWIS.*

Equipamiento: *WS, PC, Periféricos.*

- Centro Regional Patagonia Norte (CRPN).

- EEA Bariloche (Provincias. de Río Negro y Neuquén).

Temática:

- Monitoreo de la Desertificación, en Convenio con GTZ de Alemania.
- Planificación del Uso de la Tierra.
- Zonificación del potencial forestal de los suelos.
- Inventario forestal.
- Evaluación de los Recursos Naturales.

Programas: *ARC/INFO, ERDAS.*

Equipamiento: *PC, Periféricos.*

- Centro Regional Patagonia Sur (CRPS).

- EEA Trelew (Pcia. del Chubut).
- EEA Río Gallegos (Pcia. de Santa Cruz).

Temática:

- Monitoreo de la Desertificación, en Convenio con GTZ de Alemania.
- Planificación del Uso de la Tierra.
- Evaluación de los Recursos Naturales.

Programas: *ARC/INFO, ERDAS.*

Equipamiento: *PC, Periféricos.*

- Centro Regional La Pampa - San Luis (CRLPSL).

- Sede Centro Regional (Santa Rosa, Pcia. de La Pampa).
- EEA Villa Mercedes (Pcia. de San Luis).

Temática:

- Planificación del Uso de la Tierra.
- Evaluación de los Recursos Naturales.
- Degradación de suelos.

Programas: *ARC/INFO, ERDAS.*

Equipamiento: *PC, Periféricos.*

- Centro Regional de Santiago del Estero y Tucumán (CRSET).

- EEA La Banda (Pcia. de Santiago del Estero).

Temática:

- Inventario forestal.
- Manejo de riego.

Programa: *ERDAS.*

Equipamiento: *PC, Periféricos.*

Por todo lo expuesto, se considera que el INTA cuenta con los grupos de trabajo, programas, equipamiento y la capacidad operativa necesaria, para participar de un Proyecto Regional de Monitoreo Ambiental para el Uso Sustentable de las Tierras, conformando una red de trabajo de investigación, junto a los Institutos Nacionales de Investigación Agropecuaria integrantes del PROCISUR.

Monitoreo ambiental y uso sustentable de las tierras en Bolivia

por Hipólito Quispe P. *

INTRODUCCIÓN

Bolivia se encuentra entre los paralelos 9° 30' y 23° 00' de latitud sur y los meridianos 57° 30' y 69° 40' de longitud oeste. Tiene una superficie de 1.098.581 km². Políticamente se divide en nueve departamentos, éstos además se dividen en provincias y cantones. Su territorio abarca regiones como las llanuras a nivel del mar en la parte oriental y las grandes alturas en la parte occidental.

Fisiográficamente se distinguen dos grandes regiones: la gran llanura del oriente de la región amazónica y la montañosa perteneciente a la cordillera de Los Andes. Ambas macrorregiones tienen sus subdivisiones, destacándose en la región amazónica la Llanura Chaco Beniense y las serranías del Acre, Chiquitana y Cristalino. En la región andina, el Altiplano Boliviano, y la Cadena Montañosa Real y Volcánica.

Considerando la mayor diversidad de la producción agrícola, la Cadena Montañosa Oriental adquiere importancia, y en ella se encuentra, también, la mayor concentración poblacional. Los datos referenciales por regiones se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Distribución porcentual del territorio y la población por regiones.

Región	Territorio %	Alturas m.s.n.m.	Población %
Llanura Oriental	50	100 - 1.000	20
Cadena Montañosa Oriental	27	1.000 - 6.000	42
Altiplano	23	3.400 - 4.000	38

* Técnico del Programa de Sistemas de Producción, IBTA - CIID Canadá.

DISPONIBILIDAD DE DATOS REFERENTES A LOS RECURSOS NATURALES.

- Suelos y uso de tierras

En Bolivia, las instituciones que generan datos edafológicos y el uso de tierras son las siguientes:

- La Subsecretaría de Ordenamiento Territorial, mediante el proyecto "Zonificación Agroecológica y Desarrollo de una Base de Datos y Red de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en Bolivia" (ZONISIG), dependiente del Ministerio de Desarrollo Sostenible. Este proyecto genera datos desde la caracterización físico-químico del suelos a nivel de campo, hasta la elaboración de mapas georreferenciados, a escalas de 1:250.000.
- Las universidades mediante sus Facultades de Agronomía, Química y Ecología (Instituto), disponen de información, particularmente del análisis físico-químico de suelos. Se pueden encontrar bancos de datos importantes, en los laboratorios de suelos de las Facultades de Agronomía de Cochabamba, Santa Cruz, y Tarija. En el departamento de La Paz funcionan los laboratorios de suelos del Instituto de Ecología, la Facultad de Ingeniería Química, dependientes de la Universidad Mayor de San Andrés y el Instituto Boliviano de Tecnología Nuclear (IBTEN).

En cuanto a la cartografía nacional, la institución responsable es el Instituto Geográfico Militar (IGM). También se ocupa del catastro urbano y rústico de propiedades del Estado y particulares. Dispone de mapas cartográficos a escalas de 1:250 000 y 1:50 000, también de imágenes satelitales LANDSAT de todo el país.

El primer mapa de sistemas de tierras a nivel nacional fue realizado en 1973, mediante un convenio entre la Misión Británica de Agricultura Tropical y el

entonces Ministerio de Agricultura (Cochrane T. 1973). En ella se identifican 10 provincias de tierras y alrededor de 200 sistemas de tierras. El estudio, además, contiene las siguientes referencias:

- Listado de cuadros climáticos y perfiles típicos de suelos.
- Listado de estudios de suelos realizados en Bolivia entre 1940 y 1971.
- Lista de estaciones meteorológicas.
- Mapa de unidades fisiográficas de Bolivia.
- Regímenes de humedad.
- Unidades geológicas de Bolivia.

Otro documento existente es el Mapa Ecológico de Bolivia (Unzueta O., Tosi J. 1975), realizado mediante la División de Suelos, Riego e Ingeniería "del que fue el Ministerio de Asuntos Campesinos Y Agropecuarios (MACA).

Para la elaboración de los documentos mencionados, se tomaron como base los estudios realizados por el Departamento de Suelos, de la actual Secretaría de Agricultura y Ganadería (SNAG). En este Departamento, desde 1941, se realizaron 204 estudios relacionados con el uso de suelos (agrológicos, agroeconómicos, etc.) a nivel de zonas y microcuencas. La documentación existente, requiere ser sistematizada. Actualmente, el Departamento de Suelos se encuentra en proceso de reorganización.

El Servicio Geológico de Bolivia (GEOBOL), mediante los programas ERTS-A-Bolivia (1972-1983) y el Centro de Información y Aplicación de Sensores Remotos (CIASER, 1983-1987), procesaron 976 mapas, elaborando 22 mapas de cobertura nacional. Se encuentra disponibles, entre otros, los siguientes documentos:

- Mosaico de imágenes LANDSAT de Bolivia, a escala 1:2.000.000.
- Mapa de cobertura y uso actual de la tierra de Bolivia, a escala de 1:1.000.000 y su respectiva memoria explicativa.
- Mapa de complejos de tierra del oriente boliviano, a escala 1:1.000.000.
- Mapa estructural de los Andes septentrionales de Bolivia, escala 1:1.000.000.

¹ Basado en datos de la Asociación Boliviana de Teledetección para el Medio Ambiente (ABTEMA).

Clima

Las estaciones meteorológicas de Bolivia se encuentran bajo la responsabilidad del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Actualmente cuenta con alrededor de 450 estaciones meteorológicas, distribuidas en todo el territorio nacional. Disponen de información acumulada de hasta cuarenta años, en parámetros como precipitaciones, temperaturas y vientos.

Sin embargo, mediante convenios, el SENAMHI, permite el manejo de las estaciones y el uso de datos a otras instituciones. Entre las que se tiene a la Administración de Aeropuertos y Servicio de la Navegación Aérea (AASANA), el Servicio de Hidrografía Naval (SHN), y el Servicio del Mejoramiento de la Navegación Amazónica (SENAMA). La información agroclimática (fenológica y edáfica) de la parte occidental del país, es generada por las 11 estaciones del Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA).

Como resultado de la información disponible, se han elaborado mapas de precipitaciones anuales (Rche MA. 1982) y mapas de regiones de humedad (Gruny y Galoppo, 1981).

Otra institución, la Secretaría Permanente del Consejo Nacional de Seguridad Alimentaria (CONALSA) dependiente de la SNAG, cuenta con una Unidad de Agrometeorología y Alerta Temprana, que publica mensualmente datos agrometeorológicos. Para este fin dispone de una red de estaciones de monitoreo, en coordinación con otras instituciones como AASANA, SENAMA e IBTA.

La información hidrológica se genera por medio del Servicio de Mejoramiento de la Navegación Amazónica (SEMENA) y el Servicio de Hidrografía Naval (SHN).

EXPERIENCIAS EXISTENTES¹

En Bolivia, la institución pionera en el uso de imágenes satelitales y sistemas de información geográfica, es el **Servicio Geológico de Bolivia (GEOBOL)**. Actualmente el proyecto BID-USGS-GEOBOL, realiza investigaciones en el campo de la teledetección dirigida, en aplicaciones geológicas. También realiza estudios de uso de suelos y control de medio ambiente, como servicios a otras instituciones.

Se encuentra equipada con dos estaciones SUN SPARC station IPC, instaladas con el programa de tratamiento digital ERDAS.

La Subsecretaría de Ordenamiento Territorial, mediante el proyecto **“Zonificación Agroecológica y Desarrollo de una Base de Datos y Red de SIG en Bolivia” (ZONISIG)**, que funciona desde 1993, estableció una base de datos de recursos naturales para el departamento de Pando, generando mapas de 1:250.000. Actualmente viene trabajando con el mismo propósito en los departamentos de Chuquisaca, Tarija y La Paz. Sus objetivos son establecer bases de datos de recursos naturales a nivel nacional y regional, para la planificación agroecológica del uso y manejo sostenible de la tierra. Cuenta con los programas ARC/INFO, ERDAS e ILWIS.

El **Instituto Geográfico Militar (IGM)**, desarrolla un proyecto referido a recursos naturales mediante Sistemas de Información Geográfica. Disponen de equipos y programas para ortofotografía digital y tratamiento digital de imágenes. Cuenta con los siguientes programas: ARC/INFO, ILWIS, IDRISI, INTERGRAF, ERDAS, MG-GIS. El **IGM** recibe el apoyo del **Servicio Nacional de Aerofotogrametría**. Esta institución, genera fotografías aéreas desde escalas de 1:4.000 a 1:80.000.

El **Programa Sistemas de Producción del Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA)**, bajo la coordinación del Consorcio Para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN), dispone de modelos de simulación para la evaluación de escenarios, referentes a la estimación de la erosión de suelos en ecosistemas frágiles (trópico, valles y altiplano). Se cuenta con los modelos de simulación EPIC (Environment/Productivity Impact Calculator, Sharpley y Williams) y WOFOST 6.0 (World Food studies, Hijimans, Guiking-Lens y van Diepen) para crecimiento y producción de cosechas, además del SIG IDRISI. También se cuenta con modelos de simulación para predecir la producción y sostenibilidad en crías de Alpacas, Bovinos (CARATA, carne/leche) y Ovinos.

Las Corporaciones de Desarrollo de los departamentos de Cochabamba (CORDECO), Santa Cruz (CORDECRUZ) y Tarija (CODETAR), cuentan con los siguientes programas específicos:

- El **Programa de Manejo Integral de Cuencas (PROMIC)**, que efectúa mapeos de la geología,

suelos, hidrología y uso de la tierra en la cuenca piloto de Taquiña-Cochabamba. Maneja los programas de tratamiento digital y SIG: ILWIS (Holanda) e HYDROCOM, cuenta con tres PC-386 y dos PC-486.

- El **Departamento de Recursos Naturales de la Corporación Regional de Desarrollo de Santa Cruz**, cuenta con un centro de teledetección y SIG, equipado con tres PC-386, un PC-486, dos mesas digitalizadoras, un plotter y los programas alemanes: PIA de cartografía y SAT/SIS, DBG de tratamiento digital. Desarrolló un banco de datos sobre los recursos naturales del departamento de Santa Cruz. Tiene disponibles mapas de suelos de todo el departamento a escalas 1:1.000.000 y 1:500.000, mapas temáticos de vegetación, agua y control de la frontera agrícola.
- El **Proyecto Cuenca Alta del Rio Guadalquivir**, desarrolla programas de restauración forestal, rehabilitación y uso sostenible de tierras, en la cuenca del rio Guadalquivir, en base a modelización. Cuenta con un PC-386 y el SIG ARC/INFO.

Entre las instituciones universitarias, se cuenta con los siguientes proyectos específicos:

- El **Centro de Investigación y Manejo de Recursos Naturales Renovables (CIMAR)**, es una entidad descentralizada de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM-Santa Cruz). Realiza estudios de diagnóstico, prospección y monitoreo en sistemas de conservación, manejo y producción sostenible, incrementando o manteniendo la productividad de la tierra y estabilidad de los ecosistemas. Cuenta con dos PC-486 y con los SIG: ARC/INFO, IDRISI, CI-SIG y ROCHWARE.
- El **Centro de Investigaciones y de Servicio en Teledetección (SISTEL)**, dependiente de la Universidad Mayor de San Simón (UMSS), funciona en la Facultad de Agronomía. Cuenta con un programa de enseñanza y un laboratorio de teledetección y SIG. Maneja los programas EASY-PACE y PAMAP. Se encuentra equipado con un PC-386. Este centro cubre las necesidades del departamento de Cochabamba.

Entre las instituciones no gubernamentales, se pueden citar las siguientes:

- **El Centro de Investigación y Estudios de la Capacidad de Uso Mayor de la Tierra (CUMAT)**, que realiza estudios con énfasis en la determinación del potencial agrícola, desarrollo forestal agrícola, y evaluación de impacto ambiental. Cuenta con los siguientes programas de tratamiento digital y SIG: TIMOR de la ORSTOM, OSU-MAP e IDRISI de la Clark University. Es representante de la EOSAT, para la comercialización de los productos del satélite LANDSAT.
- **El Centro de Datos para la Conservación (CDC)**, con orientación al área biológica, abarca los campos de la diversidad biológica, áreas protegidas, ordenamiento territorial y monitoreo ambiental. Cuenta con los programas de teledetección y SIG: ILWIS (Holanda) y CI-SIG (USA).
- Con carácter interinstitucional, funciona desde 1992, la **Asociación Boliviana de Teledetección para el Medio Ambiente (ABTEMA)**. Entre sus miembros cuenta con las siguientes instituciones: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), Programa Especial Lago Titicaca-Perú/Bolivia (PELT), Instituto Geográfico Militar, Secretaría Nacional de Medio Ambiente (SENMA), Servicio Geológico de Bolivia (GEOBOL), Instituto de Hidráulica e Hidrología (IHH-UMSA) y el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de Ecosistemas Andinos (CONDESAN). Cuenta con el programa integrado de teledetección y SIG: Advanced Geographic Information System - AGIS (De la compañía norteamericana Delta Data System - DDS).

ABTEMA realiza investigaciones en el monitoreo y evaluación de riesgos de deterioro ambiental, entre otros, como salinización/sodificación, erosión, heladas y sequías.

ABTEMA es, también, la coordinadora nacional de la Sociedad de Especialistas Latinoamericanos en

Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial (SELPER) capítulo Bolivia. Esta organización funciona desde 1993. Sus actividades están relacionadas con la coordinación interinstitucional, difusión y capacitación en el uso de tecnologías de teledetección y sistemas de información espacial.

NECESIDADES Y POTENCIALIDADES

Existe la necesidad de ampliar los programas de monitoreo del medio ambiente y uso sustentable de la tierra. Actualmente se desarrollan en áreas piloto, siendo la más destacable el desarrollado por ZONISIG para el departamento de Pando.

Se requiere sistematizar las actividades de las instituciones gubernamentales y no gubernamentales. Existen proyectos de manejo de cuencas, monitoreo ambiental, etc., desarrollados por las Corporaciones de Desarrollo, Universidades y ONGs, cuya información se encuentra dispersa y en muchos casos manejados con reserva.

El ABTEMA (ONG interinstitucional), ZONISIG (Subsecretaría de Ordenamiento Territorial), IGM (Proyecto SIG-Cartográfico), cuenta con recursos humanos y equipos necesarios para el desarrollo de proyectos piloto a nivel nacional. Se requiere, sin embargo, la capacitación de más recursos humanos para un proyecto de mayor alcance.

El Programa Sistemas de Producción del IBTA, puede ser la instancia institucional para la ejecución de un proyecto a nivel regional pues:

- Tiene acceso a la base de datos e imágenes satelitales de ABTEMA, contando para el efecto con un técnico de enlace.
- Cuenta con modelos de simulación para medir el impacto de la erosión de suelos y pastizales como efectos del manejo de cultivos y el pastoreo, para el trópico, valles y altiplano.
- Se tiene en proyecto, el monitoreo del sistema cultivos-suelos-ganadería.

Brasil - Diagnóstico da situação nacional

por José Madeira Neto * y Alfredo José Barreto Luiz **

INTRODUÇÃO

- Brasil

Área = 8.500.000 km²

População = 150.000.000

Extensão: cortado pela linha do equador e pelo Trópico de Capricórnio (de 5°N a 32°S e de 30°W a 80°W).

Divisão Geo-Política: 26 Estados, mais o Distrito Federal mais de 5.000 municípios.

Grande diversidade:

- Ecológica (solo, topografia, clima, vegetação, etc.).
- Social (raças, religiões, tradições, educação, etc.).
- Econômica (atividades, renda, desenvolvimento, etc.).

Existem diversas Instituições que, de alguma forma, estão relacionadas à Pesquisa Agropecuária e usando SGI, MMDS, PL, PMC, IA.

Algumas delas, principalmente as da região Centro-Sul, foram consultadas e convidadas a participarem deste Seminário.

Orgãos federais, estaduais e Universidades.

DISPONIBILIDADE DE DADOS E DE LEVANTAMENTOS BÁSICOS DOS RECURSOS NATURAIS

- Geral

Projeto RADAM-Brasil

- Levantamento exploratório integrado dos Recursos Naturais do país, na escala de 1:1.000.000.
- Desde 1971, já encerrado.
- Geologia, geomorfologia, solos, vegetação, uso potencial da terra, economia, clima.
- Gerou mapas, relatórios.

Dados Censitários - IBGE (Anuários Estatísticos)

- Uso da terra.
- Área, produtividade e valor de produtos agrícolas.
- Uso de insumos.
- Dados sócio-econômicos.

Exemplo de uso: banco de dados informatizado sobre produtividade, área e valor de algumas das principais culturas, nos Cerrados, em base municipal. (CPAC/EMBRAPA). \

* Engenheiro Agrônomo, PhD, CPAC/EMBRAPA.

** Engenheiro Agrônomo, MSc, CNPMA/EMBRAPA.

- Solos (Figura 1). SISSOLOS: CNPS/EMBRAPA. Banco de Dados de Perfis de Solos

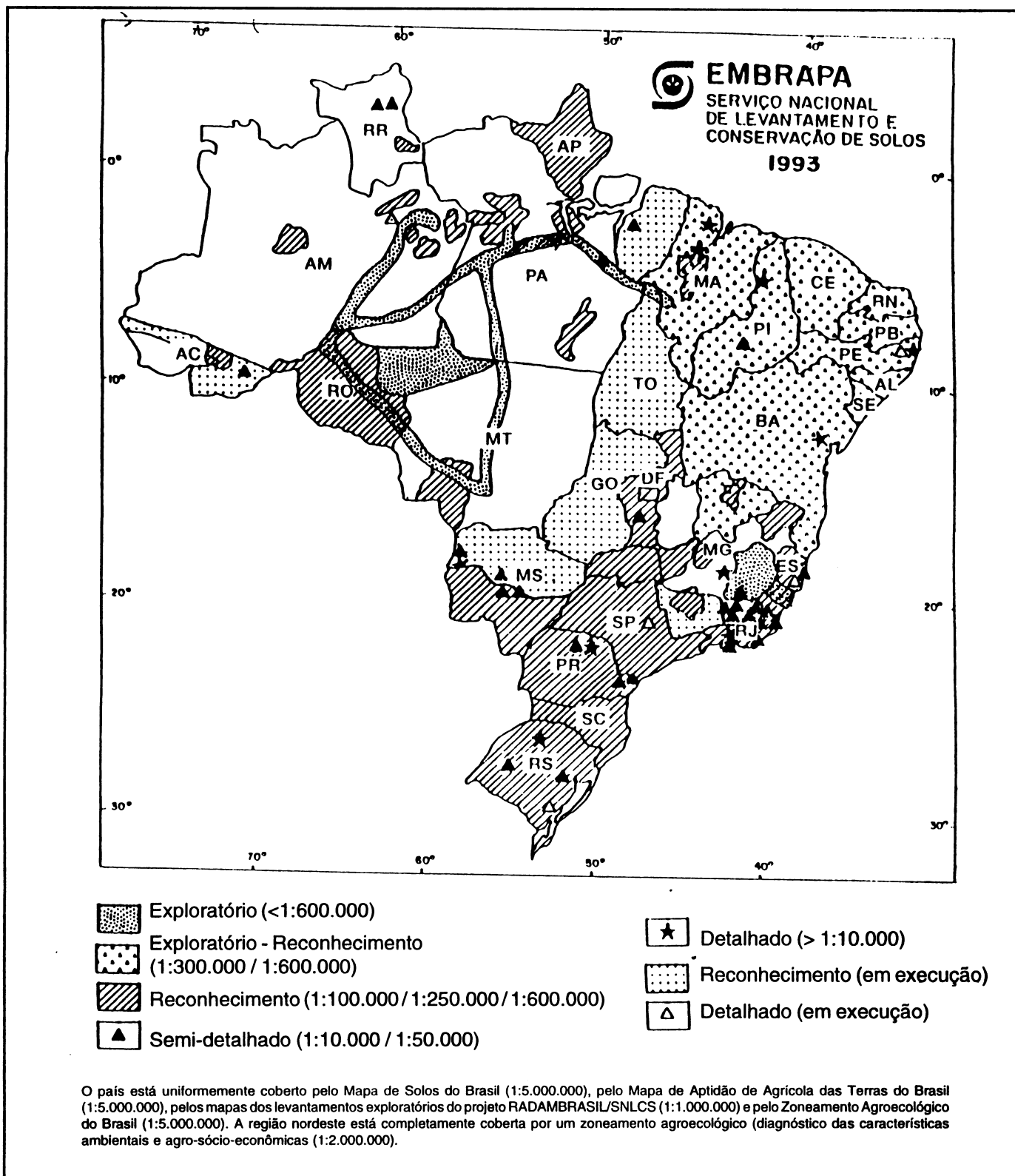


Figura 1. Cobertura territorial dos levantamentos de solos em diferentes níveis.

- **Clima**

INMET

- **BAMET (DBASE IV)**
- **Digitização (importação), crítica e armazenamento.**
- **Gráficos e análises estatísticas.**
- **Grupos de dados: horários, diários, decendiais, mensais e multianuais.**
- **258 estações:**
 - pressão atmosférica.
 - temperaturas (máxima, mínima e média).
 - precipitação.
 - evaporação total.
 - umidade relativa do ar.
 - insolação total.
 - nebulosidade.
 - ventos (velocidade e direção).
 - visibilidade.
- **Atualmente existem dados publicados para as normais mensais de 209 estações (1961-1990).**

EMBRAPA

- **SISCLIMA**
- **Estações da EMBRAPA.**

Outras Instituições - INPE,...

- **Água**

DNAEE

- **Sistema de Informações Hidrometeorológicas**
- **13 subsistemas:**
 - Inventário das estações.
 - Dados diários.
 - Dados mensais.
 - Descargas medidas.
 - Qualidade da água.

Inventário dos cursos d'água.
Modelos matemáticos e programas de aplicação.
Mapeamento das estações hidrológicas.
Recepção instantânea.

IPT/USP

- **Águas subterrâneas.**
- Ex: Projeto Riberão

- **Uso da terra**

- **Situação muito dinâmica.**
- **Uso de imagens de satélites.**
- **Diversos trabalhos localizados.**
- **IBGE, IBAMA, INPE, EMBRAPA, Secretarias e Institutos Estaduais e Municipais, Universidades e Empresas Privadas.**

EXPERIÊNCIAS EXISTENTES, EQUIPAMENTOS E SOFTWARES UTILIZADOS

- **Equipe**

Agronomia, análise de sistemas, biologia, computação, ecologia, economia, eletrônica, engenharia de alimentos, engenharia florestal, engenharia sanitária, estatística, física, geologia, geografia, matemática, mecânica, meteorologia, química, sociologia, zootecnia. (Quadro 1).

- **Equipamentos (Quadro 2)**

- **Softwares (Quadro 3)**

- **Produtos**

Alguns exemplos:

INPE - SGI, SITIM, SPRING, previsões de clima, detecção de queimadas.

CNPMA - Projeto CREA-SP

CPAC - Livros, SOLUS EXPERT

CNPAF - Zoneamento Agroclimático - arroz.

IAPAR - Artigos.

Quadro 1. Equipe.

Instituição	BS	MSc	PhD	Téc./Estag.
CNPMA		8	4	
CPAC2	8	12	3/5	
CNPAF		5	5	4
CNPGC		2	2	
IAPAR	2	4	2	
IBAMA	20			
UFRRJ/IF		1	4	
Aerospatale				1
CNPT	7	9		
UFRS	4	2		
CPACT	1	4	2	
CNPF	1		1	
CPAP2	1		2/3	
CNPS5	7	6	2	
CENARGEN		2		2
CNPH	1	3		
CPAO	1	4	2	
CPPSE		1	1	
CNPDIA	5	7	8	
IAC	3	10		
Total	38	70	72	15/8

Quadro 2. Equipamentos

Instituição	UNIX	PC/SIG	Plotter	Mesa	PC
CNPMA	2		1	1	4
CPAC2	4	2	2	40*	
CNPAF		2	2	2	
IAPAR	1	1	1		
IBAMA	6		3	4	4*
UFRRJ/IF		2		1	4
UFRS3+2*	3	1	3		
CPACT	1	2	1	2	6
CNPF	2	1	1		
CPAP1		1	2	3	
CNPS2	2	2	2		
CENARGEN	4	1	1	2	50*
CNPH1			2		
CPAO	1	1	1		
CPPSE	2				
CNPDIA	2				9
IAC	2*	1	3	15	
Total 26	22	18	27	128	

* = em rede

Quadro 3. Softwares

Instituição	Softwares
CNPMA	SAS, IDRISI, SPRING, MULTISPEC, LEACH, PRZM2, CMLS, EPIC
CPAC	SAS, SITIM, SPRING, IDRISI, SGI, EXSYS, DBASE IV, FOXPRO
CNPAF	SGI, BIPZON/CIRAD/IRAT, SAS
CNPGC	SGI, SAS
IAPAR	ARC-INFO
IBAMA	ARC-INFO, ERDAS-IMAGINE, ARCVIEW
UFRRJ/IF	SITIM, SGI, SAGA*, IDRISI
CNPT	DSSAT, EPIC, SGI, SAS
UFRS	SITIM, SGI, SPRING, ARC-INFO, ER-Mapper, PLANET, GRASS
CPACT	DSSAT, SAS, SITIM, SGI, SPRING, MAXICAD, OSL2, IBISNAT Ceres e Soygro
CNPF	SITIM, SGI, SPRING, SAS
CPAP	SITIM, SGI, SPRING, SAS
CNPS	SPRING, SAS, IL WIS (ITC), INGRESS, FOXPRO, KES
CENARGEN	ARC-INFO, DBASE, SGBD ORACLE, INGRESS, SAS
CNPH	DSSAT, INSTAT, SUBSTOR, SAS
CPAO	SGI, SITIM
CPPSE	IDRISI
CNPDIA	LEACHM/P, PESTLA, IDRISI, PRZM II AGNPS
IAC	SGI, SITIM, IDRISI, ILWIS, WEPP, EPIC, USLE, MUSLE

IBAMA - Mapeamentos.

UFRRJ/IF - Levantamentos de Recursos Florestais.

CNPT - Zoneamento Agroclimático - trigo.

UFRS - Teses de Mestrado e Doutorado.

CPACT - Manejo de RN - cartas temáticas.

CPAP - Mapas (drenagem, desmatamento, vegetação, etc.)

CNPS - SISOLOS, mapas, Coop. de dados.

CENARGEN - Mapas de distribuição de espécies.

CNPH - Modelos de simulação (água).

CNPDIA - Instrumentação Agropecuária, simulação e modelagem (pesticidas).

IAC - Metodologias (uso, recuperação, diagnóstico), base de dados, mapas e cartas.

EMBRAPA/SEDE - Programa de auxílio a tomada de decisão PROFAZENDA.

** *Na área de Sistemas Especialistas, de 1986 a 1994, foram produzidas 41 teses de MSc e quatro de PhD.*

NECESSIDADES CONCRETAS E POTENCIALIDADES

- Necessidades

- Treinamento em:
Enfoque sistêmico.
Sustentabilidade.
Cone Sul.
- Definição dos indicadores de sustentabilidade.
- Prática da aplicação de MMDS, IA, PL, PMC, SGI, etc., a problemas que considerem a sustentabilidade agrícola.
- Bases de dados/bancos de dados: catalogação, organização, disponibilidade/acesso.
- Compatibilização entre softwares e hardwares.
- Definição de técnicas, métodos, softwares e hardwares melhor adaptados ao objetivo deste projeto.

Potencialidades

Existem dados, pessoal, equipamentos, ferramentas e interesse.

Antecedentes generales de los recursos naturales de Chile

por Juan Paulo Ramírez *

DISPONIBILIDAD DE DATOS Y DE LEVANTAMIENTOS BASICOS DE RECURSOS NATURALES

En Chile existen una serie de organismos tanto públicos como privados cuyo objetivo es el de levantar información de recursos naturales. Sin duda el Instituto Geográfico Militar-IGM, representa la entidad estatal con mayor patrimonio de información en este sentido. A continuación se presenta en forma resumida cuál es el estado actual de información con que cuenta el país.

- Ortofotos

ESCALA	COBERTURA	VUELO	AÑO
1:10.000	Centro de Chile	SAF-CIREN	1987
1:20.000	Centro de Chile	SAF-CIREN	1983
1:20.000	Centro de Chile	SAF-CIREN	1983
1:20.000	Centro-Sur de Chile	SAF	1978
1:20.000	Centro-Sur de Chile	SAF	1978
1:20.000	Centro-Sur de Chile	SAF	1978
1:20.000	Sur de Chile	SAF-CIREN	1987
1:20.000	Sur de Chile	SAF-CIREN	1993

Fotografías Aéreas (Figura 1)

VUELO	AÑO	COBERTURA	ESCALA
OEA	1961	Centro y Sur de Chile	1:20.000
OEA	1961	Centro de Chile	1:15.000
OEA	1961	Centro y Sur de Chile	1:50.000
HYCON	1955	Norte y Centro de Chile	1:70.000
AEROSERVICE	1961	Norte de Chile	1:70.000
USAF	1974	Extremo Sur de Chile	1:55.000

- Imágenes de satélites

Está cubierto el territorio nacional por completo con imágenes meteorológicas del satélite NOAA y registros históricos del satélite LANDSAT-MSS. Imágenes del satélite SPOT existen fundamentalmente del centro y extremo sur de Chile. (Figuras 2 y 3).

- Cartografía regular (Figura 4)

Cartografía:	1:1.000.000 (100 %)
	1.500.000 (100 %)
	1:250.000 (100 %)
	1: 50.000 (90 %)
	1: 25.000 (50 %)

Planos reguladores urbanos:

1: 5.000	(100 %)
----------	---------

- Otro tipo de cartografía

Existe numerosa cartografía sobre aspectos específicos de recursos naturales generados por organismos públicos, especialmente en el área forestal

* *Geógrafo, INIA Quilamapu Chillán, Chile.*

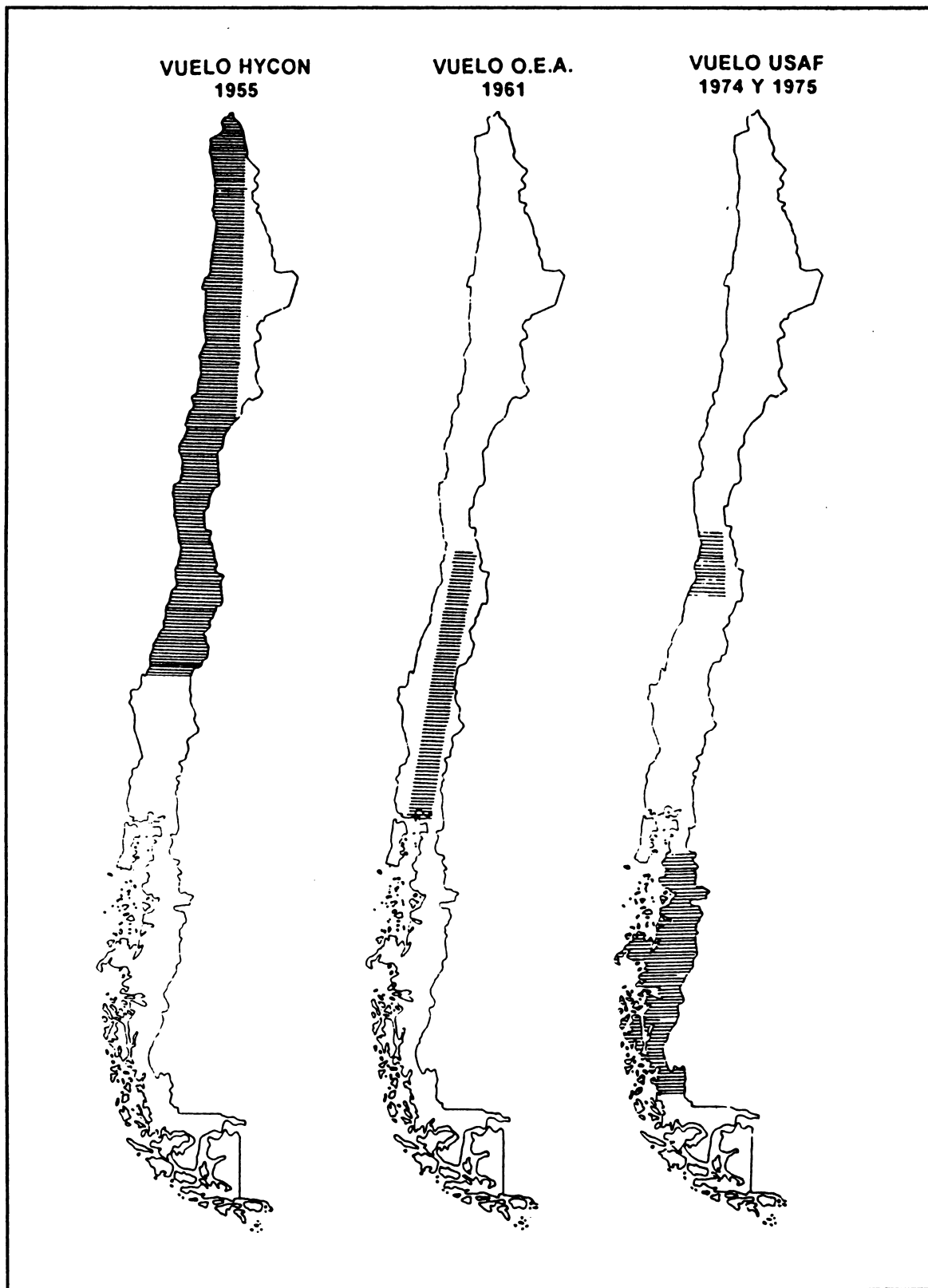


Figura 1. Fotografías aéreas.

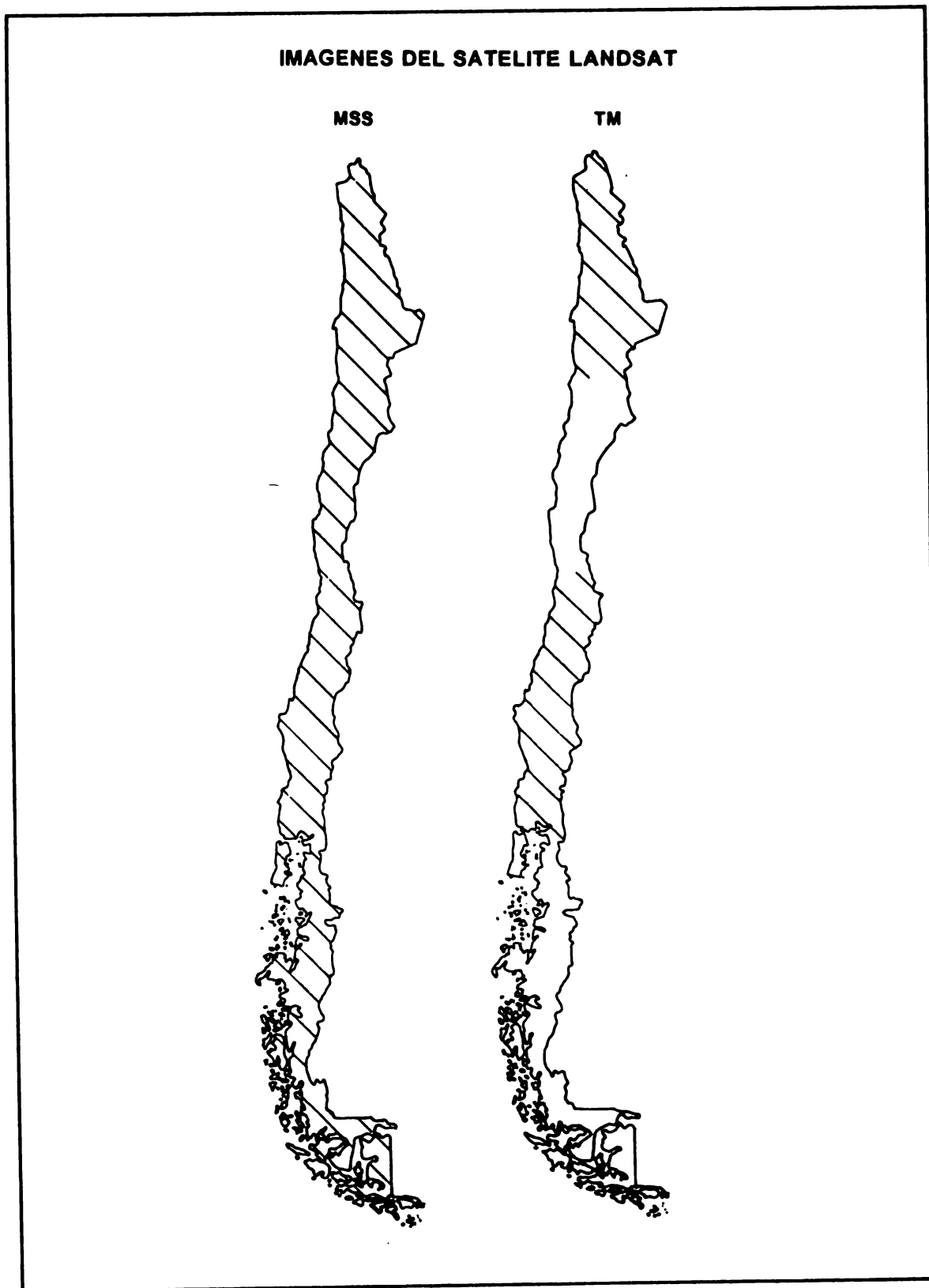


Figura 2. Imágenes del satélite LANDSAT.

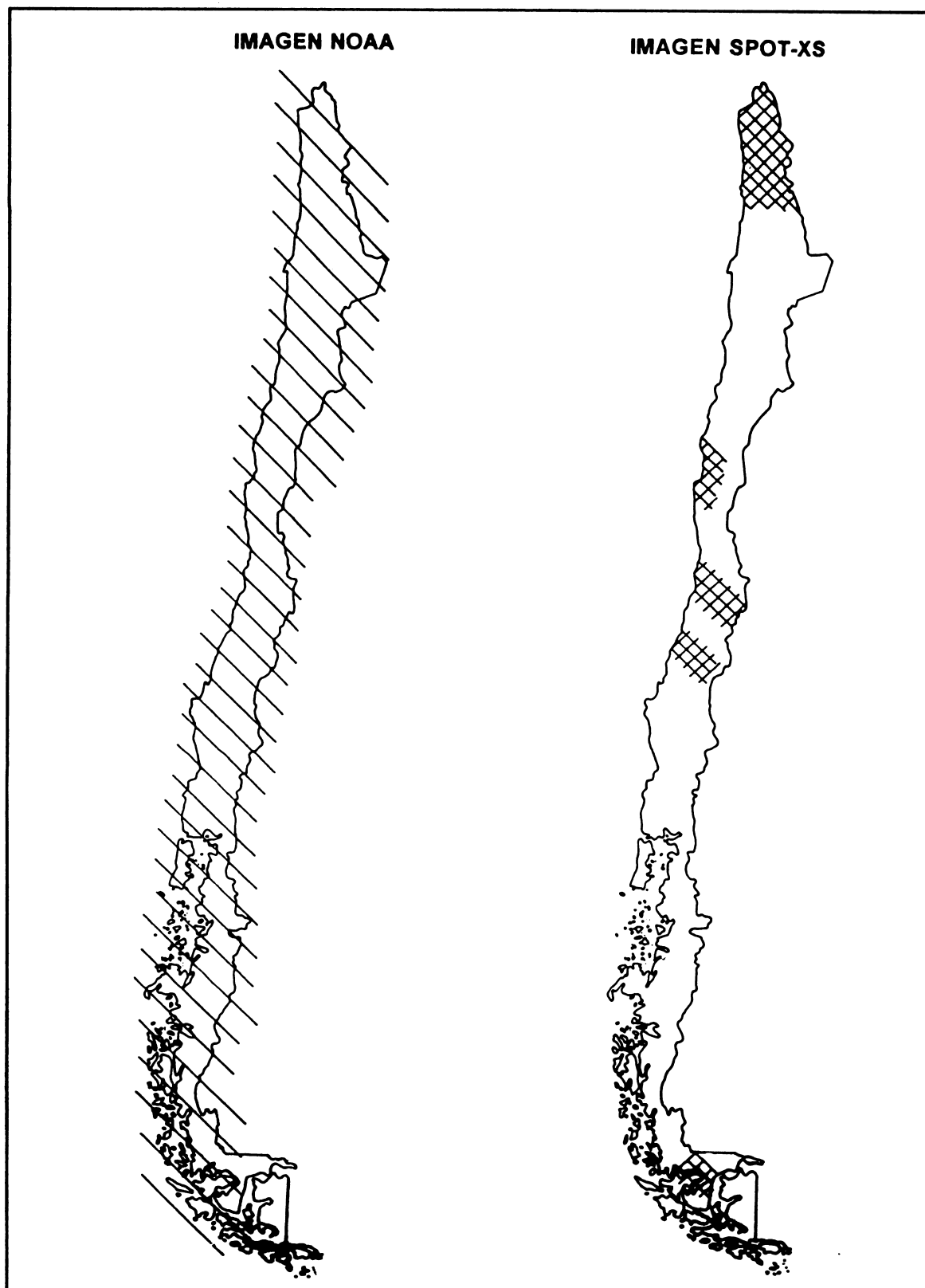


Figura 3. Imágenes de los satélites NOAA y SPOT.

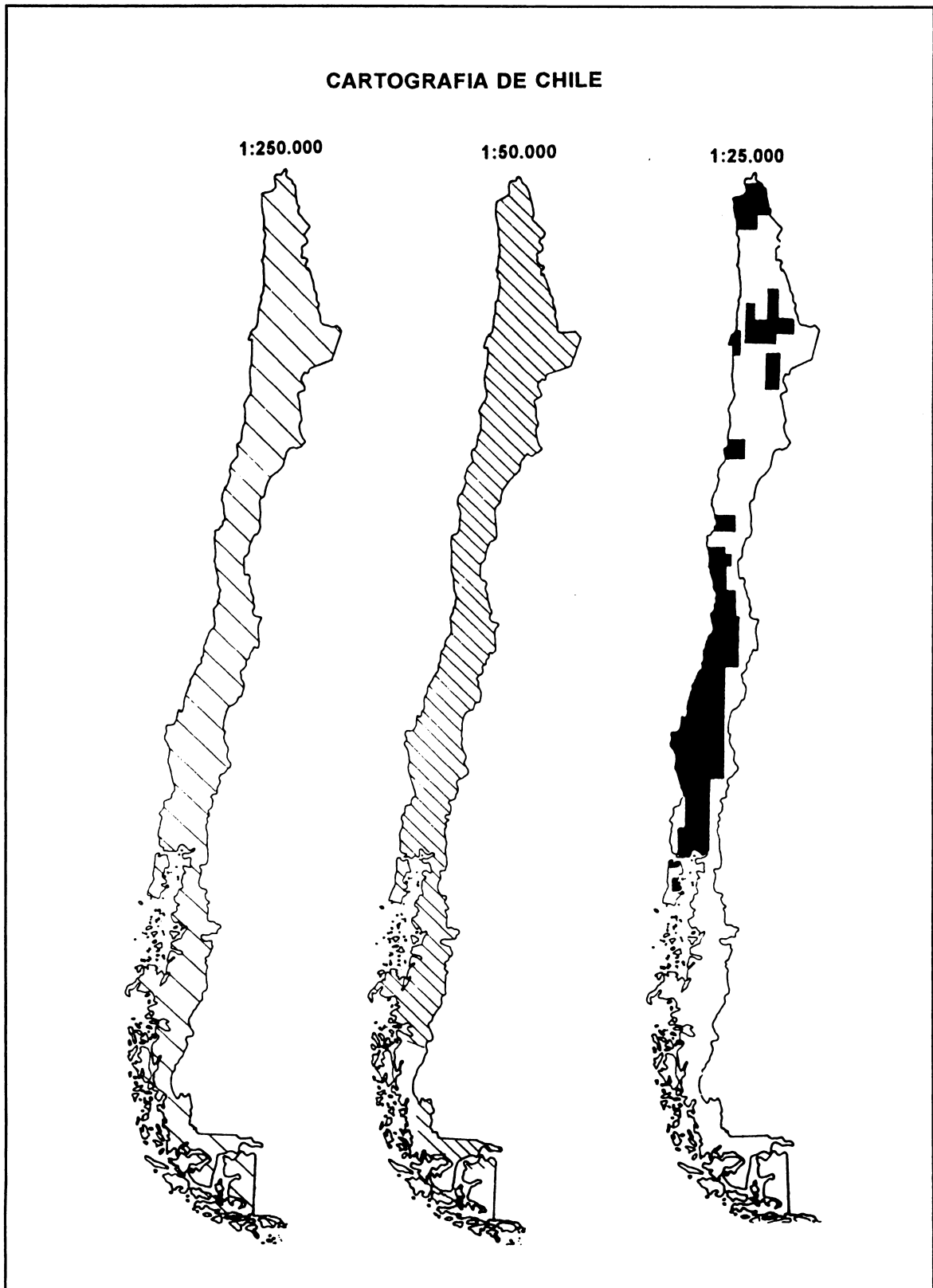


Figura 4. Cartografía de Chile.

y geológica, las cuales cubren ciertos sectores de interés del país. (Figura 5).

TEMA	INSTITUCION
AGROCLIMATOLOGIA	(INIA)
PROPIEDAD RURAL	(CIREN)
POTENCIAL DE USO DEL SUELO	(CIREN)
SUELOS	(CIREN)
GEOLOGIA	(SERNAGEOMIN)
FORESTAL	(INFOR-CONAF-PRIVADOS)

Figura 5. Cartografía temática en Chile

EXPERIENCIAS EXISTENTES, EQUIPAMIENTOS Y SOFTWARES UTILIZADOS

En nuestro país las primeras experiencias en Sistemas de Información Geográfica (SIG), las realizó la Universidad de Chile, a mediados de los años 70. Posteriormente el Servicio Aerofotogramétrico montó a principios de la década del ochenta un sistema de procesamiento digital de imágenes, realizando trabajos principalmente para empresas mineras. Sin embargo, la actividad realmente comenzó a tomar mayor fuerza a fines de la pasada década, en que numerosos organismos públicos y privados empezaron a conocer las bondades de estas herramientas (Figura 6). El Instituto de Recursos Naturales (IREN), actualmente denominado CIREN, fue pionero en el desarrollo por sistematizar la información sobre recursos naturales y almacenar dicha información en bases de datos digitales. Del mismo modo el IGM ha cubierto las necesidades de obtención de cartografía regular en formato digital. Hoy la información se encuentra almacenada en registros digitales, tanto la cartografía como la fotografía.

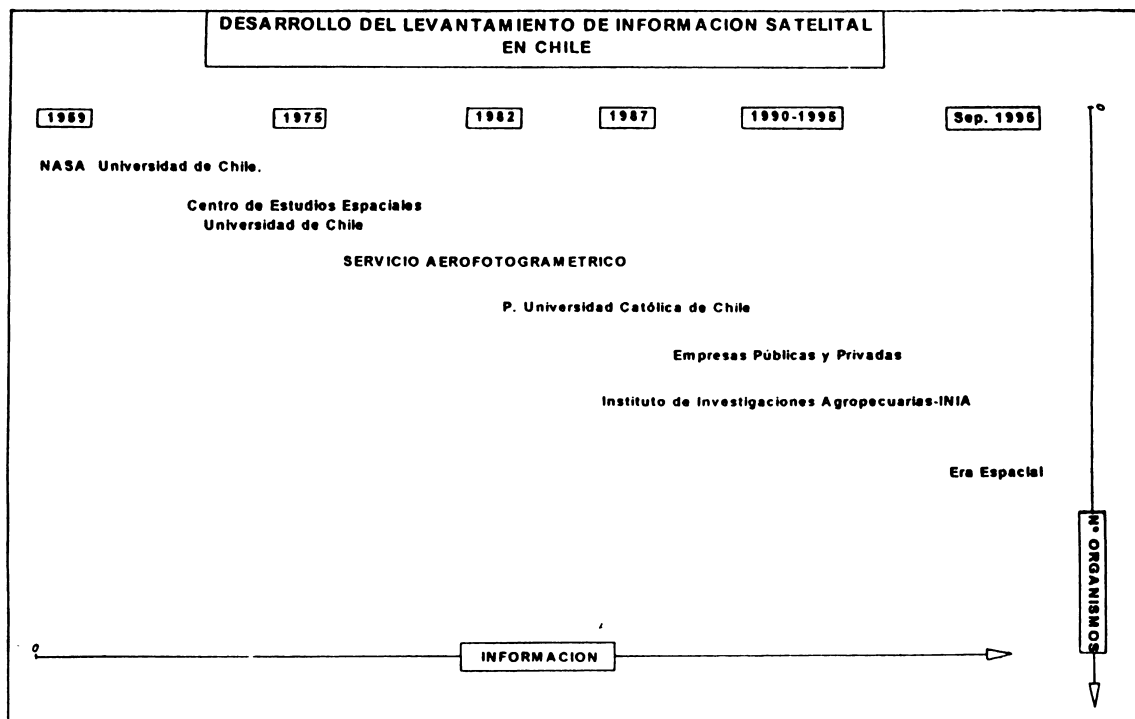


Figura 6. Desarrollo del levantamiento de información satelital en Chile.

A continuación se presentan los principales organismos públicos y privados que hacen levantamientos de información de recursos naturales.

Empresas públicas

Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)

Funciones: investigación silvoagropecuaria; registro de información sobre uso del suelo, biodiversidad, impacto ambiental sobre suelos, agua y atmósfera; base de datos vectorial y raster.

Instituto Geográfico Militar

Funciones: cartografía de Chile; base de datos vectorial.

Servicio Aerofotogramétrico

Funciones: cubierta aerofotogramétrica del país; restitución fotogramétrica; base de datos vectorial y raster.

Centro de Información de Recursos Naturales

Base de datos sobre propiedad rural, información climática, uso del suelo, localización de industrias hortofrutícolas; base de datos vectorial y raster.

Universidad de Chile - Centro de Estudios Espaciales

Funciones: captura y análisis de información satelital; base de datos vertical y raster.

Pontificia Universidad Católica de Chile - Programa de Percepción Remota y SIG

Funciones: captura y análisis de información satelital; base de datos vectorial y raster.

Ministerio de Bienes Nacionales

Proyectos de habitabilidad en la franja costera del norte de Chile mediante SIG.

Ministerio de OO PP

Proyectos en cobertura nival y modelos de derretimiento de nieve (Dirección General de Aguas - DGA). Digitalización de la red hídrica, curvas de nivel,

red de caminos. Uno de los objetivos que persigue este Ministerio es el de preservar los restos arqueológicos del país, los que tienen riesgos de ser afectados por las grandes obras civiles que éste desarrolla, así entonces se ha establecido un catastro de los sitios arqueológicos para evitar de este modo posibles daños irreparables a éstos.

Intendencia de Santiago

Se han llevado a cabo mediante SIG y Proceso Digital de Imágenes (PDI) un "Diagnóstico sobre las áreas verdes de la Intercomuna de Santiago", detectando a nivel comunal la cobertura de áreas verdes, realizando de este modo un diagnóstico objetivo sobre las áreas más deficitarias.

Municipalidades

Las principales Municipalidades del país cuentan con un Departamento de SIG, donde están registrados los planes reguladores comunales y las respectivas bases cartográficas. Esto ha favorecido el desempeño administrativo y de gestión del Municipio en beneficio de la población.

Carabineros de Chile

Base de datos digital del Gran Santiago. Esto ha favorecido una mayor eficiencia de este organismo en prevención de los delitos, y una mayor eficiencia en la aprehensión de los delincuentes.

- Empresas privadas

Empresas forestales. (SGI).

Empresas mineras. (SIG y PDI).

Consultoras. (SIG y PDI).

Empresas de Energía (agua potable, electricidad). (SIG).

Empresas de Comunicaciones. (SIG).

- Experiencias existentes

La actividad geológica en Chile es fundamental en el desarrollo económico de la Nación. De tal suerte que, un apoyo sustantivo en él ha sido el uso e interpretación sistemático de **imágenes de satélite** en forma visual o digital. En el último tiempo este trabajo se ha ido apoyando con SIG, especialmente en lo que se refiere a la propiedad minera, y en el

modelamiento tridimensional de los yacimientos mineros, junto con la interpretación de variables físico-químicas. Sin embargo, el impacto sobre la sustentabilidad del suelo aún no ha sido estudiado en profundidad, sí han habido algunas evidencias en el contexto marino por la evacuación de los relaves, y colateralmente se tiene información sobre el alto contenido de arsénico en el agua potable que afecta a algunos centros poblados.

Otro sector de creciente desarrollo en el país ha sido el forestal. Políticas económicas y un marco legal adecuado ha permitido que el país en el último tiempo se haya convertido en un exportador a nivel mundial de esta materia prima. Una actividad de tanta trascendencia ha motivado intensos debates sobre el devenir de los bosques chilenos, lo que ha originado una propuesta de **Ley del Bosque Nativo**, y que actualmente se esté desarrollando un "Catastro del Bosque Nativo" en base a **imágenes de satélite y SIG**, en el cual participa un Consorcio de entidades Universitarias (Universidad Católica de Chile, Universidad Austral), Públicas y Privadas (Corporación Nacional Forestal - CONAF, Instituto Forestal - INFOR). En este mismo contexto la Universidad de Chile, INTEC, INFOR, y una docena de empresas forestales privadas están desarrollando un proyecto denominado "Diseño y desarrollo de un sistema de prognosis y gestión para el control de incendios forestales", basado en modelos desarrollados en SIG. Así, el sector forestal chileno ha ido incrementando su participación económica y evaluando el patrimonio silvícola que lo sostiene, y prácticamente no hay empresa forestal en Chile que no cuente entre sus departamentos de gestión, un equipo basado en SIG. Con todo, aún falta bastante por evaluar sobre cuál ha sido el impacto que la explotación forestal tiene sobre el suelo y seguirá teniendo de acuerdo al ritmo de desarrollo que muestra esta actividad.

En cuanto al sector de la investigación agrícola, éste presenta algunos esfuerzos por comprender, mediante herramientas **SIG y Procesamiento Digital de Imágenes - PDI**, el comportamiento de la vegetación bajo ciertos parámetros agrosistémicos y agroclimáticos. Así, se han desarrollado proyectos como un "Modelo de productividad potencial de biomasa seca en Isla de Pascua, Chile" (Norero, Benedetti); "Actualización de superficies parronales y viñas en comuna de Rancagua" (Pattillo, Solivellas y Eguillor); "Determinación de superficies agrícolas

mediante el uso combinado de técnicas de muestreo convencional e imágenes satelitales" (Honorato *et al.*); "Caracterización fenológica y respuesta reflectiva del trigo, maíz, maravilla y fréjol en las Comunas de Graneros y Rancagua. VI Región". (Honorato *et al.*), entre otros. A nivel gubernamental, la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias - ODEPA, institucionalizó el uso de los **SIG y PDI** al crear un departamento cuyo objetivo es utilizar estas herramientas como apoyo a la investigación agrícola, especialmente en el área de la estadística agrícola. Por otro lado, el **Instituto de Investigaciones Agropecuarias-INIA**, creó un Laboratorio de Teledetección y SIG, cuyo objetivo es el de apoyar la gestión de investigación que se realiza en riego, cultivos y medio ambiente. Específicamente, se está desarrollando un proyecto junto con ODEPA respecto a la detección de cultivos mediante el uso de distintos sensores satelitales y aerotransportados para cumplir con tal objetivo. Dentro de las metas, está el de apoyar la gestión del ordenamiento silvoagropecuario en base a parámetros de sustentabilidad, las que pueden ser ingresadas a la base de datos del SIG, para posteriormente ser modeladas bajo distintos escenarios ecosistémicos.

- Principales softwares utilizados

En el país, y tal como ha ocurrido en otros países, se han ido homogeneizando a lo largo del tiempo los equipos y softwares utilizados en SIG y PDI, una vez que se han ido conociendo las ventajas y limitaciones de unos y otros. Ya es consensual entonces que dentro de los mejores softwares en PDI estén los siguientes:

- ERDAS IMAGINE
- ERMAPPER
- MIPS
- IDRISI

Y en lo que respecta a SIG, estén los siguientes:

- ARC/INFO
- ARCVIEW
- INTERGRAPH
- SPANS

En un comienzo las plataformas donde descansaban los softwares de SIG y PDI era en computadores

personales o mainframes, con velocidades de respuesta lentísimas. Hoy es impensable esperar horas para analizar los resultados. Tanto los computadores personales como las actuales estaciones de trabajo (workstations) permiten que el usuario obtenga la información en tiempos muy reducidos, y es usual que un SIG tenga herramientas de PDI y viceversa, lo que también ha favorecido el enriquecimiento en el análisis de la información. Si a esto añadimos las redes internacionales de comunicación que permiten el intercambio de información digital, observamos la gran oportunidad en desarrollo de un proyecto regional de los países miembros del PROCISUR. (Figura 7).

NECESIDADES CONCRETAS Y POTENCIALIDADES DE EJECUCION DE UN PROYECTO REGIONAL PARA MONITORIAMIENTO AMBIENTAL Y USO SUSTENTABLE DEL SUELO

Las necesidades de ejecución de un proyecto de sustentabilidad, nos lleva a plantear una serie de interrogantes que nos permitirán identificar las unidades

ecosistémicas a monitorear y priorizar según su jerarquía, la escala de trabajo, los medios tecnológicos, y elaborar una metodología que permita desarrollar un trabajo con equipos transdisciplinados, intentando abordar el problema de la sustentabilidad desde una óptica sistemática. Esto nos permitirá abordar los problemas de cada país del PROCISUR, ya no como propios y excluyentes, sino regionales y cooperativos.

En este sentido, las interrogantes planteadas son las siguientes:

- **¿Qué es necesario monitorear?**

En Chile, aproximadamente un 75 por ciento del territorio presenta ausencia de lluvias, ya sea por una carencia absoluta de ellas o por su restricción a sólo una parte del año. Esto nos hace plantear crecientes desafíos en torno a cómo disminuir esta escasez, y cómo administrary controlar su uso de manera eficiente.

De ahí nacen una serie de variables importantes de monitorear, las que están relacionadas dentro del sistema ecológico, siendo éstas las siguientes: sequías, erosión, efluentes contaminantes a los cursos de

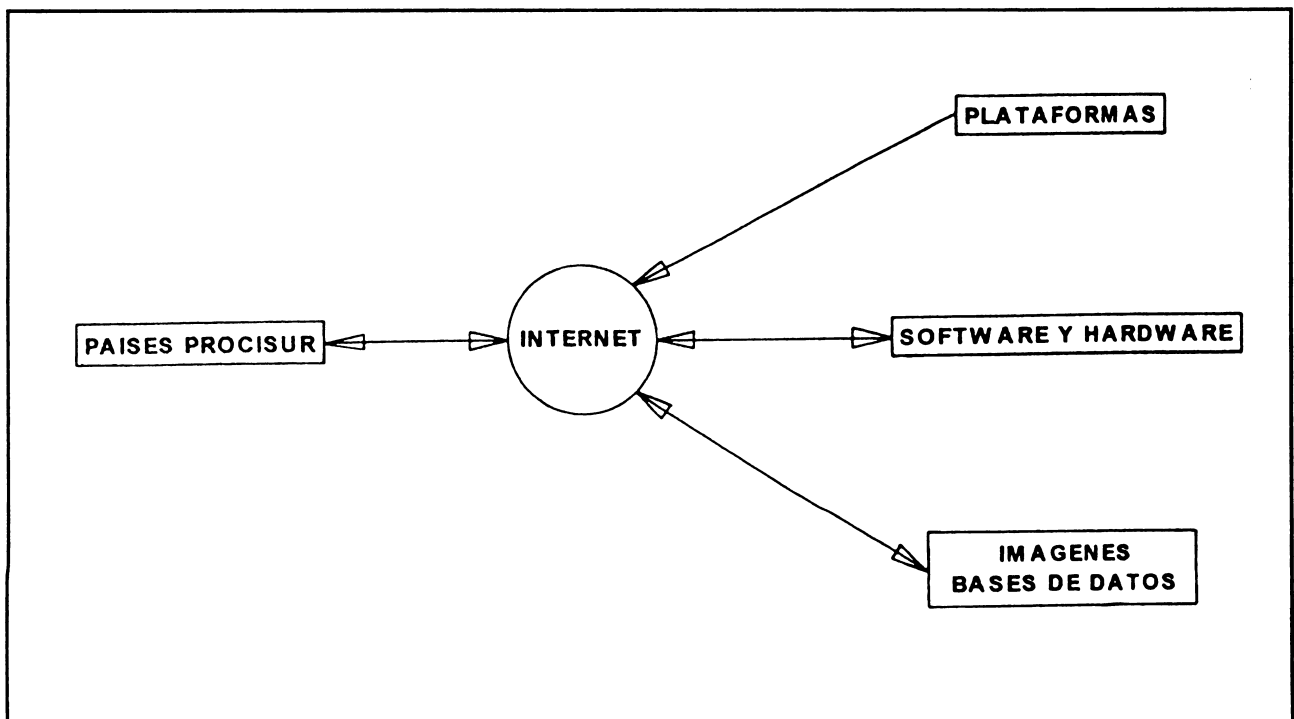


Figura 7. Red de intercambio de información en SIG y PDI - PROCISUR

agua, impacto de las obras de riego en el uso de suelo, sustentabilidad del recurso, procesos de desertificación, cuantificación de las reservas acuíferas (superficiales y subterráneas), impacto ambiental. Biodiversidad. Impacto de la industria papelera al suelo, agua y atmósfera. Cobertura vegetal, biomasa vegetal, incendios forestales, cobertura nival y expansión urbana.

- ¿A qué escala?

La escala del trabajo es vital para diseñar una estrategia de planificación de uso del suelo y para evaluar la sustentabilidad. La información que se dispone varía entre 1:5.000 a 1:1.000.000, desde el nivel de predio agrícola hasta zonificaciones agroecológicas. Esto es importante al momento de integrar las distintas fuentes de información que se disponen. Si ya es complejo poner de acuerdo a las entidades del propio país, mayor aún será conciliar la información de los distintos países. Sin embargo, es posible a partir de información común básica, la que está disponible a la misma escala, de acuerdo a convenios cartográficos internacionales.

- ¿Qué medios tecnológicos disponemos?

En Chile, como en otros países del PROCISUR, existen medios tecnológicos muy avanzados para registrar información de nuestros recursos naturales, específicamente a partir de imágenes de satélite. De hecho, recibimos diariamente información del satélite meteorológico NOAA (cinco bandas espectrales), que cubre todo el territorio nacional (más de 4.000 km en el sentido latitudinal, 11.600.000 km de cobertura areal). De este modo es posible monitorear el uso del suelo, detectar alteraciones termales, determinar biomasa vegetal, cuantificar la cobertura nival, establecer procesos de desertificación. Bastan tres antenas receptoras para cubrir por completo a los países del PROCISUR. Este tipo de imágenes permitirían diagnosticar aquellas áreas más sensibles a alteraciones medioambientales que hagan peligrar su sustentabilidad en el corto o mediano plazo. Para niveles de detalle mayor, es posible utilizar plataformas de observación de satélites de recursos naturales (LANDSAT, SPOT, ERS) las que cubren entre 3.600 km² hasta 400.000 km². Si se desea evaluar con claridad el impacto que está sufriendo alguna unidad del ecosistema, se utilizan plataformas de observación

aerotransportada como por ejemplo cámaras digitales o sensores multiespectrales (nivel de detalle inferior a los 2 m, con resoluciones espectrales superiores a las 250 bandas, y georreferenciadas).

- ¿Qué metodología implementar?

La información recopilada y analizada, dada su complejidad y lo disímil que puede ser por sus distintas fuentes de origen, es recomendable que deba ser administrada por un Sistema de Información Geográfica. En este sentido, los medios tecnológicos en SIG son comunes a la mayoría de las instituciones dedicadas al manejo de recursos naturales, lo que permitiría a nivel del PROCISUR poner las fuentes de información a disposición de los países miembros de forma eficiente. Si sumamos a esto la revolución tecnológica en las comunicaciones, entendemos que las distancias entre nosotros ya no es una limitante en el traspaso de la información y en el intercambio de conocimientos. Al respecto se diseñó un esquema metodológico que da cuenta de la estructura sinérgica que un proyecto de sustentabilidad debiera considerar en su desarrollo. (Figura 8).

La acción que el hombre desarrolla sobre el medio ambiente, transformándolo y haciendo uso de sus recursos, es el mejor indicador sobre vulnerabilidad del ecosistema. En este sentido, se deberían definir cuáles han sido las principales obras civiles que se han ejecutado en los países del PROCISUR en los últimos diez años, y visualizar su impacto con el registro histórico de imágenes de satélites meteorológicos de nivel multiespectral amplio (nivel del visible infrarrojo), más la información de evidencia histórica que tácitamente se tiene sobre impactos ambientales. Esto permitirá zonificar áreas prioritarias de atención respecto a riesgos de sustentabilidad ambiental. Una vez localizadas las áreas prioritarias, el nivel del análisis se ajusta a obtener un mayor detalle, lo que puede ser logrado con imágenes satelitales multiespectrales de recursos naturales que permitirán definir con precisión las áreas afectadas, detectar los posibles focos responsables (industrias contaminantes, procesos físico naturales concomitantes). Del mismo modo, el análisis de la vegetación permitirá identificar las zonas agroecológicas mayormente impactadas por el cambio del uso del suelo (reconversión agrícola, expansión urbana).

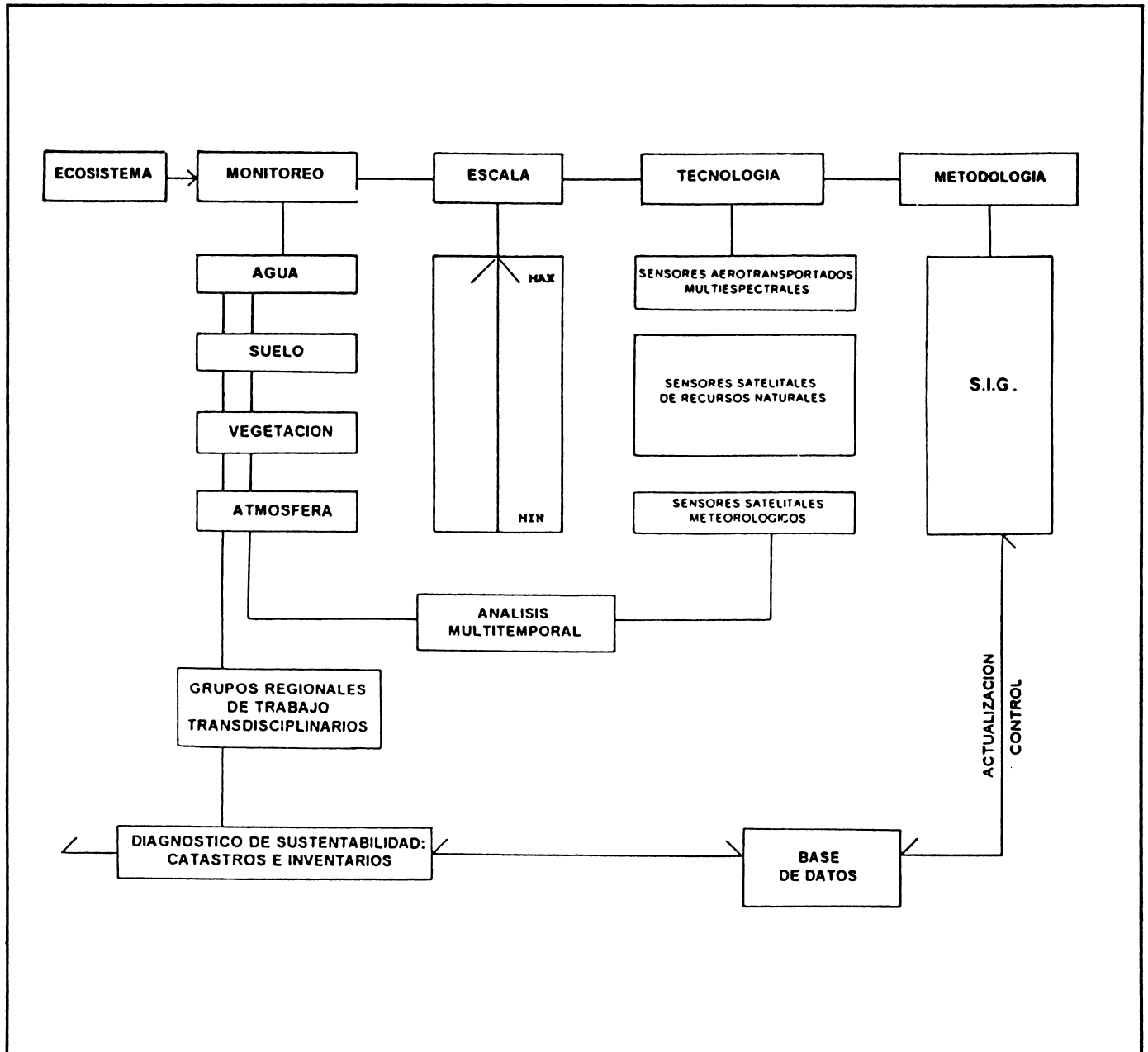


Figura 8. Esquema de desarrollo de un proyecto de sustentabilidad ambiental en el Cono Sur.

Análisis de sistemas y modelación: la experiencia del INIA Chile

por Adrián Catrileo S. *

INTRODUCCIÓN

A través del tiempo y en especial en estas últimas dos décadas, se ha ido dando mayor importancia al estudio de los sistemas. El aumento de productividad de los rubros o componentes, la mayor utilización de insumos para la obtención de un rendimiento máximo y los efectos de este proceso en el medio ambiente, han hecho más necesario que diferentes grupos de investigación hayan abordado la interacción de los componentes y sus relaciones, a través del análisis de sistemas.

El análisis de sistemas como metodología, implica identificar el sistema bajo estudio, definir sus límites y estudiar su funcionamiento. Bajo este concepto, los sistemas pueden agruparse en términos agronómicos de acuerdo a un nivel jerárquico, cuyo análisis puede incluir desde el nivel edáfico (primario) hasta el nivel productivo de cultivos y animales (secundario), con las interrelaciones que se generan en todo el proceso productivo. En el nivel primario, normalmente el estudio del sistema conlleva a procesos como el balance hídrico y su influencia en cultivos (Letelier y otros, 1993), que como resultados parciales, al igual que en estudios relacionados con la nutrición vegetal y animal, pueden ser integrados en modelos más abstractos para el análisis de sistemas a nivel secundario.

SISTEMAS FÍSICOS

Dentro del análisis, en Chile un buen número de trabajos en el ámbito de sistemas, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, se ha centrado en el estudio de sistemas físicos de producción, aún

cuando algunos autores han sostenido que con esta metodología, utilizada también en el resto del Cono Sur, se ha enfatizado exageradamente la dimensión del comportamiento como unidad de producción más que unidad de investigación (Gastal y Tonina, 1990).

En general, el enfoque de los sistemas físicos de producción en el INIA, ha estado dirigido a la evaluación de potenciales de producción animal (carne y leche), sobre la base de mezclas forrajeras de secano y riego. La mayoría de estos estudios se han realizado a escala real, en donde la unidad de superficie es la hectárea y el elemento secundario, el animal. En general, los sistemas físicos estudiados responden a la definición de módulos dentro del sistema que enmarcan diferentes procesos productivos. En uno de estos estudios, realizado por cuatro temporadas, Avendaño y Ovalle (1986), determinaron ventas de peso vivo anual de terneros en el secano mediterráneo subhúmedo bajo una condición de fertilización y sin ella. El sistema permitió comparar productividad frente a otros trabajos similares realizados en el secano. En un estudio con ovinos, en el cual se evaluó la base forrajera en una superficie de 45 ha y el componente animal por seis temporadas, se determinó el valor pastoral de las especies y parámetros productivos (Meneses y otros, 1990). En condición de secano también, Klee y otros (1985) proponen un sistema de producción ovina para la precordillera en la VIII Región de Chile evaluando la producción de la pradera y del componente animal.

Potenciales de producción en leche y carne son descritos en estudios de sistemas físicos realizados por Butendieck y otros (1991, 1992). Estos sistemas abordan en forma parcial la producción de leche, por cuanto se evalúa el potencial productivo sólo de las vacas en lactancia. Bajo condición de riego y en cuatro hectáreas y dos años, se determinó valores brutos superiores a los 17.000 l/ha; una producción inferior obtuvieron Jahn y otros (1989), para un sistema

* *Ingeniero Agrónomo, Ph. D. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Depto. Gestión de Sistemas de Producción. INIA Carillanca. Casilla 58-D Temuco, Chile.*

intensivo semejante. Por otra parte, en seco y en una superficie de 16 hectáreas, con cargas de 1,41 U.A./ha, se determinó un potencial de 6.000 l/ha (Butendieck y otros, 1990). En un trabajo similar los mismos autores, en tres temporadas y cuatro hectáreas, con toretes, obtuvieron 1.100 kg de peso vivo neto, soportando una carga de 2,8 a 3,1 U.A. por hectárea en praderas regadas (Butendieck y otros, 1992).

En sistemas o módulos vaca-ternero y recría-engorda a praderas, los estudios del INIA también son de carácter muy cercanos al comercial, ocupando superficies de estudio semejantes a las de los sistemas reales. En uno de ellos realizado en 15 hectáreas, Rojas y Romero (1990), determinaron un potencial de 500 kg de carne/ha en sistemas de crianza pastoreando la mezcla de festuca y trébol subterráneo. Para sistemas físicos de recría-engorda, los mismos autores indican potenciales de 700 kg de peso vivo por hectárea (Rojas y Romero, 1994).

En prácticamente todos los sistemas físicos de producción animal, la orientación general ha sido el estudio de un componente del sistema, lo cual no siempre refleja los sistemas reales que normalmente operan a nivel comercial. En general, las situaciones reales oponen sistemas mixtos, en donde los flujos entre la actividad agrícola y la ganadería y sus interacciones, determinan la respuesta de los cultivos y el ganado. Ello acorde con algunos autores, contribuye además, a una mayor diversificación de productos y efectos positivos en el suelo a través de las rotaciones culturales (Reeves, 1988).

En lo referente a rotaciones de cultivos, los estudios dentro del ámbito de sistemas físicos de producción a nivel del INIA, son más escasos. Algunos de estos trabajos consideran el efecto positivo de incluir una pradera de leguminosa en una rotación intensiva (Martínez y Letelier, 1978). En un estudio realizado en riego, García y otros (1987), determinaron producciones de 1.000 kg de peso vivo por ha en trébol rosado integrado a una rotación con trigo. En otro estudio, aunque realizado en parcelas pero en un horizonte de 25 años, Novoa-S.A. y otros (1991), destacan el efecto positivo de la fertilización orgánica en el nivel de P asimilable en el suelo, al ser aplicada a una rotación trigo-fréjol. El trabajo consideró, además, la evaluación de parámetros del suelo y clima.

En otro trabajo de rotaciones proyectado a largo plazo, Rodríguez y otros (1992), evalúan el efecto de

diferentes secuencias de cultivos y su efecto en el rendimiento del trigo. Los resultados de dos años, en parcelas, indican un efecto positivo de la avena como precultivo del trigo. El trabajo no entrega información sobre la evolución de la fertilidad del suelo.

La mayoría de los sistemas físicos evaluados que incluían rotaciones, sin embargo, sólo han puesto atención al componente cultivo. Algunas razones se deben a que una gran parte de los trabajos han sido realizados por especialistas en cultivos y además, la inclusión de animales obliga a considerar superficies de sistemas mayores a las parcelas. En este sentido, el estudio de Rojas y otros (1993), trabajando en una superficie de 15 ha, determinaron el potencial de carne bovina como resultado de un sistema ganado-cultivo. La evaluación se realizó durante cinco temporadas y se evaluaron parámetros productivos del ganado, los cultivos y del suelo, siguiendo la evolución de la fertilidad del mismo. Adicionalmente, el estudio fue valorado económicamente (Soto y otros, 1993) en donde se destacan los beneficios económicos del sistema en forma global a los precios en el ciclo considerado.

MODELACIÓN MATEMÁTICA

Como alternativa a la investigación tradicional, los modelos matemáticos constituyen un complemento en la síntesis, integración y análisis de sistemas de producción. A través de su desarrollo, la investigación tiene acceso a una metodología de análisis que integra relaciones de insumo-producto, disminuye costos y agiliza la obtención de resultados, a la vez de ayudar a entender bajo una visión holística, el funcionamiento de los sistemas bajo estudio.

Los modelos de simulación, que corresponden a una de las formas de modelamiento de los sistemas, han prevalecido entre los trabajos abordados por INIA. El énfasis de los trabajos en INIA ha sido, sin embargo, el nivel secundario y la mayoría de ellos en el ámbito de la producción animal.

El estudio de Zoccal y otros (1987), presenta un modelo de simulación matemático que en función del consumo animal a pastoreo, permite analizar el efecto de estrategias de manejo sobre la respuesta productiva de los animales, en un sistema de crianza. El modelo integra fundamentalmente información del flujo

energético y proteico del animal y su respuesta en el cambio de peso vivo del animal. Los valores de la pradera se obtienen a partir de datos experimentales de estudios previos. En otro modelo, Silva y otros (1987) simulan la producción de leche de un rebaño, integrando igualmente relaciones de flujo energético, estadio fisiológico y suplementación. La producción de la pradera se ingresa en forma de input al modelo. Los resultados del modelo se comparan adecuadamente con datos experimentales. En una versión modificada del modelo de Silva y otros (1987), en la cual se variaron el potencial productivo de las vacas, la cantidad, duración y digestibilidad del forraje suplementario y carga animal, Jahn y otros (1988), evaluaron 81 opciones de manejo en vacas lecheras encontrando una buena respuesta del modelo a los cambios introducidos, incluidos factores económicos.

Sobre la base de los modelos de simulación lechera mencionados (Silva y otros, 1987; Jahn y otros, 1988), una nueva versión desarrollada por Sáez y otros (1989), analizando 110 opciones de manejo evaluó con el modelo el efecto de la suplementación post-parto bajo condición del año seco, lluvioso y normal. Se agregó, además, la influencia del factor económico en los resultados.

En uno de los pocos trabajos de integración ganado-cultivo, Klee y otros (1992), simulan el efecto en la producción de carne bovina y trigo, al variar los niveles de fertilización y la superficie de ambos rubros, bajo el marco económico vigente de precios. En este estudio, los requerimientos de los animales se satisfacen a través del consumo de energía y la pradera se ingresa en forma trimestral como dato, asignando una distribución porcentual por producción, digestibilidad y pérdidas por pisoteo. La integración ganado-cultivo sólo se incluye a través de una proporción mínima de uno de los rubros que debe mantener el sistema; no considera utilización de rastrojos por el ganado. Aún así, el modelo simula el efecto residual de fertilidad de la pradera hacia el trigo, aunque los autores reconocen no tener suficiente información experimental para una inclusión más explícita de esta interacción.

En un modelo de simulación de producción ovina (Castellaro y otros, 1994), predicen los diferentes estados fisiológicos de los animales y su respuesta a través del consumo energético. La pradera se ingresa como un dato tabular y los autores sugieren la

necesidad de una mayor información de este recurso para distintas zonas agroecológicas.

A un nivel más básico, en el trabajo con sistemas es necesaria la realización de estudios parciales o de insumo-producto, que permitan establecer coeficientes para en análisis, desarrollo y diseño de sistemas a otro nivel superior. Claramente, se requieren estudios en el área de la dinámica suelo-planta-animal, la fisiología vegetal, nutrición y economía, para su integración a nivel de sistemas. Entre este tipo de estudios, es importante el aporte de Del Pozo (1988), quien a través de factores como la temperatura y la radiación solar, evalúa su efecto en la producción de trigo, generando coeficientes del cultivo que pueden servir de base para estudios de sistemas por modelación. En un trabajo que puede orientarse a objetivos similares, Rouanet (1994), determina en trigo y maíz, niveles de eficiencia fisiológica del uso de nitrógeno para producción de grano en diversas condiciones de campo.

En otro trabajo, la respuesta de praderas naturales a dosificaciones de fertilizantes y su interacción con el clima, es analizada por Ruz y Covacevich (1990), determinando el efecto de los factores y la eficiencia del uso del agua por las plantas, como fuentes de variación en la respuesta de sistemas pratenses.

Una fuente importante de información para sistemas físicos y modelación, la constituyen los trabajos de desarrollo fenológico de cultivos y praderas. Entre estos, los estudios nacionales son escasos; en uno de ellos Dumont y Lanuza (1990), evalúan producción y composición química de avena determinando relaciones tallo-hoja-granos a lo largo de todo el ciclo productivo. Un trabajo similar pero en praderas naturalizadas, es realizado por Teuber y Navarro (1990), quienes evalúan en dos temporadas la curva de acumulación de materia seca de la pradera y tasas de crecimiento diario, constituyéndose éste en uno de los pocos trabajos nacionales en esta temática. Goic y otros (1989) en un sistema físico de producción orientado a evaluar la producción de carne, también concentran la atención en determinar la curva de producción de la pradera y las tasas diarias de crecimiento.

El conocimiento de los coeficientes provenientes de la experimentación, provee insumos para el desarrollo de modelos de simulación en el complejo suelo-planta-animal. Una integración de procesos de fotosíntesis, respiración y senescencia para simular

crecimiento de una mezcla forrajera, es presentada en un modelo determinístico y dinámico (Catrileo, 1992). A los procesos biológicos mencionados que incluyen radiación solar y datos de clima (lluvia, temperatura, evaporación) el modelo simula el movimiento de agua en el perfil de suelo, prediciendo crecimiento bajo condiciones de stress hídrico, determinando tasas de crecimiento diario de la pradera, las cuales se utilizan posteriormente en un modelo de simulación de recría-engorda de novillos a pastoreo (Catrileo, 1992). En este último trabajo, el modelo predice el potencial de producción de carne en un sistema ganado-cultivo al analizar cuatro temporadas y cuatro cargas animales y el efecto de otras estrategias de manejo.

Al respecto, una de las limitantes para el desarrollo de modelos de simulación en general, es la falta de datos experimentales sobre clima (radiación, lluvia, evaporación) que rigen la producción de zonas agroecológicas, de otra forma no se explica que este parámetro sólo sea incluido en la mayoría de los casos sólo como un "input" del modelo. En la práctica, se dispone de información muy restringida por área agroecológica, existiendo una alta variabilidad de temperatura, lluvia y evaporación en cada una de ellas que determinan los sistemas de producción (Rouanet, 1982). La falta de relaciones e información experimental a nivel suelo y flujo de agua, constituye otra debilidad que es necesaria corregir si se desea alimentar mejor los procesos biológicos que sustentan la dinámica de los eslabones suelo-planta animal y con ello, la elaboración de metodologías que impulsen estudios a largo plazo.

Una mayor implementación de estudios físicos para la captura de coeficientes de los efectos de los sistemas sobre su entorno, el medio ambiente, representan en la actualidad otra necesidad de información especialmente para aquellos casos en que el objetivo es a largo plazo. De otra forma, como lo señalan Altieri y otros (1994), los estudios de sistemas sustentables se condicionan a la escasa información disponible sobre sistemas agrícolas de bajo uso de insumos, sobre recursos a nivel de la unidad productiva y sobre los costos ambientales.

LITERATURA CITADA

ALTIERI A., M.; BENITO, C.; FAETH, P.; GOMEZ-LOBOS, A.; TOMIC, T. y VALENZUELA, J. 1994. Agricultura sustentable: Un caso de simulación para Chile. Editorial U. de Talca. 92 p.

AVENDAÑO R., J. y OVALLE M., C. 1986. Dos sistemas de producción de terneros Hereford en praderas naturales del secano Mediterráneo subhúmedo. I. Sin fertilización de la pradera. *Agricultura Técnica*, Vol. 46: 75-84.

----- y OVALLE M., C. 1986. Dos sistemas de producción de terneros Hereford en praderas naturales del secano Mediterráneo subhúmedo. II. Con fertilización de la pradera. *Agricultura Técnica*, Vol. 46:85-90.

----- y OVALLE M., C. 1989. Un sistema de crianza de terneros con pariciones de otoño en el secano Mediterráneo subhúmedo. *Comportamiento animal*. *Agricultura Técnica*, Vol. 49: 9-17.

BUTENDIECK B., N.; HAZARD T., S.; STEHR H., G. y LANUZA A., F. 1991. Potencial de producción de leche de praderas permanentes bajo riego en la IX Región de Chile. *Agricultura Técnica*, Vol. 51:103-109.

-----; ROMERO, Y. O. y HAZARD T., S. 1991. Sistema cerrado de producción de leche para condiciones de secano en la IX Región. *Agricultura Técnica*, Vol. 51:220-227.

-----; HAZARD T., S. Y MIRANDA V., H. 1992. Potencial de producción de carne de praderas permanentes de riego utilizadas con toros overo negro en la IX Región. *Agricultura Técnica*, Vol.: 52: 107-111.

CASTELLARO G., G.; RODRIGUEZ S., D. y SAEZ T., L. 1994. Un modelo de simulación de sistemas de producción ovina para la zona austral de Chile. *Agricultura Técnica*, Vol. 54: 147-159.

CATRILEO S., A. 1992. Modelo de crecimiento de ballica italiana, trébol rosado en el secano de la IX Región. *Agricultura Técnica*, Vol. 52: 139-148.

----- 1992. Modelo de simulación de pastoreo y engorda de novillos en predios de agricultura mixta de la región de La Araucanía. *Agricultura Técnica*, Vol. 52: 241-250.

DEL POZO L., A. 1988. El rol de la temperatura y radiación solar en el crecimiento y la producción del trigo primaveral, con diferentes épocas de siembra. *Agricultura Técnica*, Vol. 48: 242-251.

DUMONT L., J.C. y LANUZA A., F. 1990. Producción y composición química de la avena (*Avena sativa* L.), en diferentes estados de desarrollo. *Agricultura Técnica*, Vol. 50: 1-6.

GARCÍA E., J.; CAMPOS F., E.; VHYMEISTER B., H. y OLGUIN H., H. 1987. Dosis sistemas de utilización de una pradera de trébol rosado con machos Hereford, dentro de una rotación con trigo. *Resultados técnicos*. *Agricultura Técnica*. Vol. 47: 1-9.

- GASTAL, E. y TONINA, T. 1990. Comentarios sobre el uso del enfoque de sistemas en la generación y transferencia de tecnología en el Cono Sur. In: Puignau, P. Juan (Ed.) *Diálogo XXIX. El Enfoque de Sistemas en la Investigación Agropecuaria*. IICA-PROCISUR, Londrina-Brasil. p. 5-7
- GOIC M., L.; SIEBALD S., E. y MATZNER K., M. 1989. Sistema intensivo de producción de carne en base a pradera de vacas en lactancia. *Agricultura Técnica*, Vol. 49: 228-233.
- JAHN B., E.; VIDAL V., A.; BONILLA E., W. y PULIDO F., R. 1989. Sistema intensivo de producción de leche para la zona centro sur. *Agricultura Técnica* (49): 130-134.
- KLEE G., G.; CREMPIEN L., C.; ACUÑA P., H. y FERNANDEZ, M. 1985. Elaboración de un sistema de producción ovina para la precordillera del Bío-Bío. *Agricultura Técnica*, Vol. 45: 1-7.
- LETELIER A., E.; TORTELLO M., L. y UBILLA R., C. 1993. Economía del agua del cultivo de trigo en el secano costero de la VI Región de Chile. I. Balance hídrico. *Agricultura Técnica*, Vol. 53: 160-178.
- ; TORTELLO M., L. y UBILLA R., C. 1993. Economía del agua del cultivo del trigo en el secano costero de la VI Región de Chile. II. Rendimiento del cultivo y eficiencia del agua. *Agricultura Técnica*, Vol. 53: 340-351.
- MENESES R., R.; SQUELLA N., F. y CREMPIEN L., C. 1990. Sistema de producción ovina para la franja costera de la zona de clima mediterráneo árido de Chile. I. Producción primaria. *Agricultura Técnica*. Vol. 50: 243-251.
- ; CREMPIEN L., C. y SQUELLA N., F. 1990. Sistema de producción ovina para la franja costera de la zona de clima Mediterráneo árido de Chile. II. Producción Animal. *Agricultura Técnica*. Vol. 50: 252-259.
- NOVOA S-A., R.; MARTINEZ V., M. y LETELIER A., E. 1991. Comparación de un sistema de fertilización mineral con uno de fertilización orgánica, en una rotación trigo-fréjol. *Agricultura Técnica*, Vol. 51: 1-8.
- REEVES T., G. 1988. Integration of crops and Livestock. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*. Vol. 17: 115-124.
- RODRIGUEZ S., N.; SILVA F., F. y BELMAR N., C. 1992. Factores que inciden en la producción de trigo en la región centro-sur. II. Rotaciones para los suelos de la precordillera andina. *Agricultura Técnica*, Vol. 52: 11-17.
- ROJAS G., C. y ROMERO Y., O. 1990. Sistema de crianza Hereford utilizando festuca y trébol subterráneo en el valle de la IX Región. *Agricultura Técnica*, Vol. 50: 379-385.
- ; CATRILEO S., A. y CAMPILLO R., R. 1993. sistema de recría-engorda con novillos de cruza de Holstein por Frisones negros, integrado a una sucesión de cultivos en el valle de la IX Región. 225-235.
- ; ROMERO Y., O. 1994. Sistema de recría-engorda de novillos Hereford, utilizando festuca con trébol subterráneo en el valle de la IX Región. *Agricultura Técnica*, Vol. 54: 130-135.
- ROUANET M., J.L. 1982. Áreas Agroecológicas determinantes del sistema agropecuario. *Revista Investigación y Progreso Agropecuario*. INIA - Estación Experimental Carillanca. Temuco. p. 17-21.
- , 1994. Eficiencia fisiológica de uso de nitrógeno por cultivos anuales en futura agricultura sustentable. *Agricultura Técnica*, Vol. 54: 169-179.
- RUZ J., E. y COVACEVICH C., N. 1990. Respuesta de las praderas de Magallanes a la fertilización NPKS y su modificación por factores de suelo y clima. *Agricultura Técnica*. Vol. 50: 33-42.
- SILVA G., M.; MANSILLA M., A. y JHAN B., E. 1987. Modelo de simulación de producción de leche. I. Estructura y calibración. *Agricultura Técnica*, Vol. 47: 390-399.
- TEUBER K., N. y NAVARRO D., H. 1990. Curva de crecimiento de la pradera naturalizada en la precordillera Andina de la décima Región. *Agricultura Técnica*, Vol. 50: 104-112.
- ZOCCAL, R.; AVENDAÑO R., J.; HAZARD T., S. y CAÑAS C., R. 1987. Un modelo de simulación para la producción de carne bovina a pastoreo. *Agricultura Técnica*, Vol. 47: 378-389.

Disponibilidad de datos y levantamientos básicos de los recursos naturales del Paraguay

por Gerardo Moreno*, Crisanta Rodas ** y Lorenzo Alfonzo ***

SUELOS

El suelo es un recurso natural importante para la producción de alimentos y el desarrollo socioeconómico del país. El Paraguay posee suelos de diferentes tipos y cuyas características permite desarrollar diversos rubros agropecuarios. Así en el este de la Región Oriental se localizan mejores suelos, por lo tanto esta área es la zona agrícola por excelencia.

Los diversos estudios e informes sobre la situación del recurso suelo, a través del tiempo ha sido de diversas escalas, detalles y temas específicos. A continuación citamos los más importantes para ambas regiones del país.

- A nivel nacional

En el año 1984 fue elaborada la memoria del Mapa de Suelos de la República del Paraguay (Leyenda revisada FAO-UNESCO-ISRIC-1988) por la Dirección de Ordenamiento Ambiental de la Subsecretaría de Estado de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Ministerio de Agricultura y Ganadería, en escala 1:5.000.000, en condiciones de ser incorporada a la base de datos de la FAO y al Sistema de Información Geográfico del MAG.

Este mapa contiene 40 unidades de suelos dominantes que se presentan de acuerdo a la dominancia de los mismos.

* Ingeniero Agrónomo, Dirección General de Planificación (DGP), Asunción, Paraguay.

** Ingeniero Agrónomo, Dirección Ordenamiento Ambiental (DOA), Asunción, Paraguay. Ingeniero Agrónomo, Dirección General de Planificación (DGP), Asunción, Paraguay.

*** Ingeniero Agrónomo, Dirección Ordenamiento Ambiental (DOA), Asunción, Paraguay.

- A nivel regional

Región Oriental

En el año 1993 se elaboró un estudio de suelos a nivel de reconocimiento en una escala 1:100.000 en el sistema USDA, el que a través del Proyecto Racionalización del Uso de la Tierra JICA/Banco Mundial/MAG se publicó en escala 1:250.000 en condiciones de ser incorporado en el Sistema de Información Geográfico del MAG.

Región Occidental

En el año 1984 se elaboró un estudio de suelo a nivel exploratorio en escala 1:100.000 en el sistema FAO (1968), a través del Proyecto de Desarrollo Integral del Chaco OEA/MDN.

A partir de 1993 a la fecha se están realizando estudios de suelo a escala 1:250.000 en el sistema FAO (1988), integrado a un Sistema Ambiental, e incorporado con georreferencias a los datos de análisis físico-químico de los calicatas y barrenada con sus clasificaciones respectivas en un Sistema de Información Geográfico, a través del Proyecto BGR (Instituto Federal de Geociencias) - DOA (Dirección de Ordenamiento Ambiental).

AGUA

- A nivel nacional

Superficiales

El territorio paraguayo se halla ubicado totalmente dentro de la Cuenca del Río de la Plata, donde representa un 13 por ciento de la superficie de la misma. El principal sistema de drenaje es el río Paraguay y constituye el límite natural entre las planicies aluviales más secas del Chaco y el área húmeda de la Región Oriental. Estas dos regiones presentan marcadas diferencias en el aspecto hidrológico.

La Red Hidrográfica del Chaco está integrada por cursos de agua con caudales variables durante el año debido principalmente a factores como topografía plana, subsuelo en parte impermeable y las precipitaciones. En cambio la Red Hidrográfica de la Región Oriental incluye lagos, ríos y arroyos navegables y humedales que drenan en los ríos Paraguay y Paraná. Se presentan también embalses de centrales hidroeléctricas como Itaipú, Acaray y Yaciretá.

El río Paraguay es el curso de agua más importante en cuanto a su navegabilidad y se estima que aporta 3.000 m³ de agua en su confluencia con el Paraná.

El río Paraguay presenta en su cuenca alta una región de extensos humedales llamada pantanal y es el área que influye en el flujo y las crecidas del río aguas abajo. La crecida del río Paraguay ocurre durante los meses de invierno de menos lluvia debido al aporte del pantanal, mientras que en el Paraná la crecida coincide aproximadamente con los meses lluviosos del año. Asimismo, presenta en su confluencia con el río Paraná los humedales del Ñeembucú que regulan la redistribución de las aguas superficiales a las napas freáticas.

Los problemas ambientales relacionados con los recursos hídricos son los efectos de la erosión sobre los cursos de agua por la deforestación de las cuencas, la introducción de pesticidas, la contaminación por desechos domésticos e industriales y los efectos ambientales de los embalses hidroeléctricos.

Subterráneos

El agua subterránea constituye uno de los recursos más importantes como fuente de provisión de agua para diferentes usos. Las reservas de agua subterránea son muy variables, así como la calidad de las mismas. Estas varían en función de la geología local y regional y de las características propias del substrato.

Según investigaciones se pueden distinguir tres grupos: los acuíferos regionales de gran extensión, los acuíferos regionales con extensión restringida y los acuíferos locales.

- A nivel regional

Región Occidental

Se realizan estudios específicos en cuanto al recurso agua, superficiales y subterráneos, por el

Proyecto Sistema Ambiental BGR-DOA, en temas como: niveles de salinidad, caudal, profundidad y contenido de cationes (K, Na, Li, Ca, Mg, Sr, Mn, NH₃) y aniones (Cl, SO₃, SO₄, CO₃, HCO₃, NO₃, NO₃, fluoruros).

CLIMA

- A nivel nacional

El clima de Paraguay es tropical a subtropical, con temperaturas medias anuales entre 20 y 25°C.

La precipitación fluvial va de alta a moderada. En todo el territorio nacional se observa una gran variabilidad climática: el noreste del Chaco es del tipo semiárido, tornándose subhúmedo y megatermal con vegetación de sabanas en la Cuenca Chaqueña del río Paraguay y noroeste de la Región y húmedo mesotermal en el resto de la Región Oriental, con índices máximos de humedad en los Departamentos de Alto Paraná, Itapúa y Canindeyú.

Temperatura

La temperatura media anual está entre los 21°C en el sureste de la Región Oriental a más de 25°C en el centro y norte del Chaco. En la Región Occidental se registran las temperaturas máximas medias más elevadas, superiores a 31°C, en tanto que en la Región Oriental se registran las mínimas medias más bajas del país 15°C. En los períodos cálidos, las temperaturas máximas superan ocasionalmente los 40°C, en invierno se registran heladas importantes en gran parte del país.

Vientos

El país se encuentra bajo la influencia del anticiclón subtropical del océano Atlántico. Este sistema cuyo centro se localiza entre las latitudes de 20° y 30° sur, es el responsable del transporte de masas de aire húmedo y cálido como consecuencia de la circulación de vientos dominantes del noreste y norte.

En los meses invernales predominan los frentes fríos provenientes del sur. Otros sistemas importantes son aquéllos que producen tormentas aisladas con vientos variables de gran intensidad.

Precipitaciones

Las precipitaciones son del tipo convectivo producidas por tormentas aisladas o por líneas de

turbonada, frecuentes desde la primavera hasta el otoño.

La variación anual de la precipitación es muy fuerte, las isoyetas tienen sentido meridional y varían zonalmente desde un mínimo de 400 mm en el noreste del Chaco a más de 1.700 mm en el este de la Región Oriental. Las precipitaciones mínimas ocurren en los meses de junio y agosto y las máximas de octubre a marzo.

Evapotranspiración

La evapotranspiración potencial es máxima en el Chaco a causa de las elevadas temperaturas, en la Región Oriental es menor y las precipitaciones satisfacen en gran medida la demanda de agua durante gran parte del año.

Disponibilidad de las informaciones

Se cuenta con 25 estaciones meteorológicas y 11 estaciones agrometeorológicas, con informaciones sistematizadas por la Dirección General de Meteorología del Ministerio de Defensa Nacional y por la Dirección de Investigación Agrícola del Ministerio de Agricultura y Ganadería, con posibilidad de ser incorporadas al sistema de información geográfico.

- Estaciones agrometeorológicas a cargo del MAG

IAN, CRIA (Cap. Miranda), Caazapá (C. Exp.), Nat. Talavera (CECA), Chaco Central (MAG - GTZ), Col. Yguasú (CETAPAR), Eusebio Ayala (ARROZ), T.R. Pereira (C. Exp.), San Juan Bautista.

- Estaciones meteorológicas de la Dirección de Meteorología e Hidrología: Departamento de Climatología

Aeropuerto Silvio Petrossi, Choré, Concepción, Ciudad del Este, Coronel Oviedo, Mariscal Estigarribia, Paraguairí, San Estanislao, San Juan Bautista, Villarrica, Filadelfia, Bahía Negra, Adrián Jara, Prat. Gill, La Victoria, Pedro Juan Caballero. Salto del Guairá, Antequera, San Pedro, San Estanislao, General Burgués, Pilar, Capitán Meza, Itá Cora, San Lorenzo.

USO DE LA TIERRA

En el Cuadro 1 se puede observar la distribución de la cobertura vegetal y uso actual de la tierra en la Región Oriental del país, mientras que en el Cuadro 2 se muestra la distribución existente en la Occidental (Chaco).

Cuadro 1. Región Oriental. Uso de la tierra.

Uso de Tierra	Superficie/hectárea
Bosque continuo	2.197.043
Bosque degradado	742.537
Bosque ralo en islas	402.748
Uso agropecuario	4.849.381
Pradera alta	2.577.623
Pradera baja inundable	3.235.913
Pradera baja inundada	795.878
Deforestación	2.019.858
Agua	65.795
TOTAL	16.886.416

Fuente: Atlas Ambiental CIF/FCA/UNA - 1995. Asunción - Paraguay.

Cuadro 2. Región Occidental. Uso de la tierra.

Uso de la tierra	Superficie
Quebrachal de quebracho blanco y samuhu	4.615.219,69
Quebrachal de quebracho blanco	5.946.855,00
Quebrachal de quebracho colorado	2.695.700,00
Quebrachal de quebracho colorado en isleta	836.400,00
Palosantal y labonal	3.705.500,00
Bosque en galería	232.890,00
Matorral de médanos	1.016.400,00
Matorral de salinar	272.473,31
Matorral de inundación	1.018.520,00
Esteros y embalsados	66.900,00
Espartillar	6.580,00
Palmares de caranday	3.781.271,00
Uso agropecuario	1.041.476,00
Cerros	56.315,00
TOTAL	24.692.500,00

Fuente: Vegetación de la Región Occidental. CIF/FCA/UNA 1995. Asunción - Paraguay.

RECURSOS NATURALES, SU EVOLUCIÓN Y SITUACIÓN ACTUAL

Los conceptos vertidos forman parte de la política para la conservación de los recursos naturales del MAG/SSERNMA (1992).

- Degradación de los cursos de agua

Los cursos de agua localizados en áreas agrícolas y ganaderas están sufriendo un acelerado proceso de colmatación, además de la contaminación por pesticidas y efluentes industriales.

Esta situación empieza a sentirse también en las aguas freáticas. Ello ha obedecido principalmente a:

- El incumplimiento de las disposiciones referentes a la protección de cursos de agua.
- La deficiente planificación de los asentamientos que no tuvo en cuenta la conservación de los cursos de agua.
- La falta de normas que reflejen la integración del complejo suelo-agua.
- La dispersión de los organismos gubernamentales encargados de la administración del recurso.

- Degradación de los suelos

Los suelos de las áreas habilitadas para la producción agropecuaria están sufriendo un acelerado proceso de degradación, siendo este aspecto más crítico en aquéllos dedicados al monocultivo extensivo. Asimismo se da en el caso de los campos naturales un proceso de degradación, que se verifica a partir del sobrepastoreo y la quema sistemática de los mismos.

- Pérdida de la masa boscosa

La superficie boscosa del país se redujo sustancialmente en los últimos 50 años. En la Región Oriental del país de una cobertura boscosa de 8.840.000 ha (53 %) se pasó a 2.880.000 ha (18 %) y en la Región Occidental de 16.800.000 ha (70 %) se pasó a 10.800.000 ha (45 %). La reducción global para todo el país ha sido de 46 por ciento en dicho período. Debe destacarse además que la mayor parte de esa reducción se verificó en los últimos 20 años.

Esta situación ha obedecido a la acción combinada de los siguientes factores principales:

- Expansión de la frontera agrícola.
- Falta de una política de uso de la tierra.
- Escasa valorización de los bosques, ya que se ha basado en la explotación de algunas pocas especies de madera.
- Políticas crediticias que han fomentado la expansión de la frontera agropecuaria en detrimento de los bosques.
- Políticas de reforma agraria que se han basado en el concepto de que las tierras con cobertura boscosa "son tierras incultas".
- Falta de programas de conservación de suelo que disminuyesen la presión sobre nuevas áreas boscosas a través del incremento de la productividad.
- Falta de una política de conservación y regeneración de los bosques naturales.

EXPERIENCIAS EXISTENTES Y EQUIPAMIENTOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA DE PARAGUAY

- Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias

En esta dependencia es aplicado el Sistema de Información Geográfica (SIG) y los Sensores Remotos, entre otras cosas, para determinar áreas de cultivos de soja y de trigo por departamento, para lo cual se elige la época de mayor cantidad de áreas sembradas y cosechadas. Los resultados obtenidos son comparados con los de la encuesta de rendimiento (Crop Cutting), la diferencia es aproximadamente del cinco por ciento. Además el SIG es utilizado para producir mapas temáticos a nivel departamental y distrital, con estratificación de las informaciones obtenidas a través de las encuestas agropecuarias anuales.

- Dirección General de Planificación

Para determinar la erodabilidad del suelo en una microcuena de 606 ha, con la utilización del SIG se ha aplicado el Modelo de la Ecuación Universal de la Pérdida del Suelo (USLE). Mediante este método se obtuvo el mapa de Erosión Potencial del Suelo para los

diferentes rubros agrícolas de la zona y el mapa de Erosión Actual de Suelo. La fórmula utilizada por el modelo USLE es: $A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$.

donde

A = pérdida del suelo

R = erosividad de la lluvia

K = erodabilidad del suelo

L = longitud de la pendiente

S = magnitud de la pendiente

C = porcentaje de la cobertura vegetal

P = técnica y manejo del cultivo

- Dirección de Ordenamiento Ambiental

Esta dependencia del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Paraguay y el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (BGR) de Alemania, está ejecutando el proyecto "Inventario, evaluación y recomendaciones para la protección del potencial de los espacios naturales de la Región Occidental del Paraguay", en un área aproximada de 250.000 km², que se inició en febrero de 1992 (Cuadro 1).

Area del proyecto

Está ubicada en la Región Occidental del país. Aunque el Paraguay tiene un clima tropical a subtropical, se observa gran variabilidad climática en el noroeste del Chaco que es del tipo semiárido, tornándose subhúmedo a subhúmedo seco en la cuenca del río Paraguay. La precipitación media anual en el país es muy fuerte y varía zonalmente desde un mínimo de 400 mm en el noroeste del Chaco a más de 1.700 mm en el este de la Región Oriental. La evapotranspiración potencial es alta en el Chaco debido a las elevadas temperaturas y que con la precipitación mínima ocasiona un constante déficit de humedad en el suelo.

El Chaco posee muy poca infraestructura vial, lo que determina que en períodos de lluvia se vuelve intransitable por varios días.

Objetivos del proyecto

a) Establecer estrategias adecuadas para la identificación potencial de desarrollo de los recursos naturales.

b) Identificar los requerimientos para la protección y conservación de los recursos naturales para el Ordenamiento Ambiental del Territorio de la Región Occidental.

c) Incorporar a la Región Occidental la actividad productiva con criterio de conservación de los recursos naturales en base a un ordenamiento ambiental.

Metodología

a) Recopilación, interpretación y evaluación de materiales de consultas (bibliografía, imágenes satelitarias, etc.).

b) Tratamiento de los datos satelitarios (discos ópticos) con el ERDAS VGA; donde se realiza una previa clasificación automática de tipos de vegetación, uso de la tierra, tipos de suelos.

c) Interpretación visual de las imágenes satelitarias.

d) Los datos interpretados son cargados en un SIG.

e) Los datos impresos son corroborados en el campo para luego corregir los posibles errores. En áreas inaccesibles se utiliza un sistema de aérovideo y fotografías aéreas que pueden ser utilizados en el programa SCREEN MACHINE.

f) Los datos son compilados en mapas temáticos a escala 1:250.000 de los siguientes datos: suelo, agua, vegetación, uso de la tierra, pozos de agua, ríos y arroyos con sus respectivos atributos.

g) Actualización periódica de los datos.

h) Capacitación de los técnicos nacionales.

Resultados

- Compilación de los datos paleoclimáticos de América del Sur.

- Compilación de los datos geológicos del área de trabajo.

- Mediciones periódicas de la salinidad y nivel de agua de seis ríos chaqueños.

- Desarrollo de un método de monitoreo de la deforestación con datos del satélite meteorológico NOAA-AVHRR.

- Igualmente se dispone de datos espectroradiométricos (Sistema IRIS MARK IV) que apoyan la interpretación de las imágenes.

- Determinación de la edad de las aguas subterráneas (C¹⁴) y de sedimentos (método termo-luminiscencia) de localidades seleccionadas.

Suelos

Trabajo de campo terminado en aproximadamente 110.000 km². Seis hojas terminadas e impresas a escala 1:250.000. Los mapas contienen informaciones sobre el uso potencial de los suelos y sus limitaciones. 1.400 muestras. Dentro de la descripción de suelos se incluye:

- **Informaciones generales del terreno:** coordenadas, altura, área de trabajo, hoja, pendiente, topografía general, posición, fisiografía, microtopografía, vegetación, erosión, inundación.
- **Informaciones generales del suelo:** material de partida, profundidad efectiva, drenaje, profundidad del agua subterránea, humedad, profundidad máxima de las raíces.
- **Calicatas:** profundidad de los horizontes, color, textura, estructura, consistencia, contenido de materia orgánica, concreciones, contenido de carbonatos, poros, raíces, límite de horizonte.
- **Barrenadas de verificación:** profundidad de los horizontes, color, textura, contenido de materia orgánica, concreciones, contenido de carbonatos.
- **Análisis de las muestras:** pH, conductividad eléctrica, carbono orgánico, nitrógeno total, capacidad de intercambio de cationes, cationes intercambiables, fósforo y potasio disponibles, carbonatos, yeso, textura.

Vegetación

Trabajo de campo terminado en aproximadamente 110.000 km². Seis hojas terminadas e impresas a escala 1:250.000. Los mapas contienen informaciones sobre el uso potencial de las formaciones y sus limitaciones. 450 descripciones de tipos de vegetación. 5.000 ejemplares de plantas. 1500 especies.

La descripción consiste en:

- Estructura: tipo de formación.

- Florística: especies dominantes, abundantes, escasas.
- Asociaciones con los tipos de suelos sobre los que se instalan.

Uso de la tierra

Trabajos terminados para aproximadamente 110.000 km². Seis hojas terminadas mostrando 4-5 diferentes estados desde el año 1968, a partir de fotos aéreas.

Equipos

- Cuatro camionetas.
- Datos satelitales (Landsat TM, MSS, NOAA AVHRR) en papeles y discos ópticos.
- Dos GPS.
- Tres PC para SIG.
- Un equipo para procesamiento de datos satelitarios (ERDAS).
- Una cámara fotográfica.
- Equipo de video: filmadora y monitor.
- Tres radios transmisores.
- Dos PC adicionales.
- Equipos de campo.
- Equipo de medición hidrológica. (Cuadro 4).

Problemas y soluciones en la aplicación del SIG en el país

Los problemas más importantes para la utilización del SIG:

- Estructura no integrada (individualismo institucional en el uso de los recursos humanos, materiales y equipos).
- Datos dispersos y trabajos superpuestos en una misma institución.
- Mezquindad de datos entre instituciones.

Las soluciones podrían ser:

- Creación de una Red de intercambio de informaciones y apoyo técnico.

- Creación de una asociación de usuarios del SIG. (Cuadro 3)

PERFILES DE PROYECTOS REGIONALES

- Porción Paraguay

1. Elaboración de mapas temáticos referente a pendiente de suelos a escala 1:1.000.000.
2. Elaboración de mapas de tipos de degradación de las tierras a escala 1:1.000.000.
3. Elaboración de mapas temáticos sobre componentes de la biodiversidad (especies de flora y fauna en vías de extinción).

LITERATURA CONSULTADA

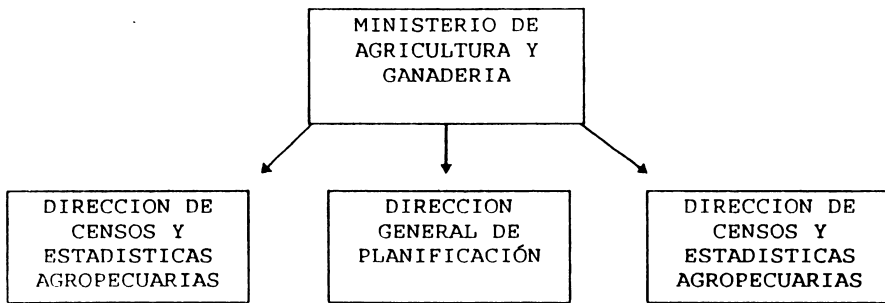
ALONSO, P. y MORENO, G. 1995. Mapa de aptitud del uso de los suelos de la Región Oriental 1983. Asunción, FIA-UNA.

Paraguay. 1991. Informe para Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo 1992. Asunción, SSERNMA/STP, 191 p.

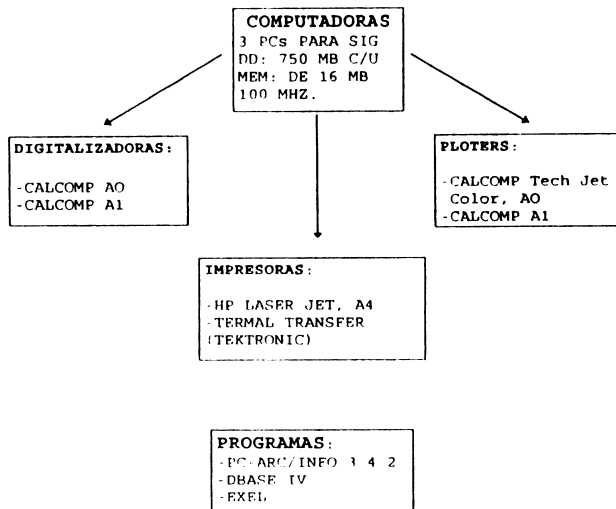
----- 1992. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Política para la conservación de los recursos naturales y el medio ambiente, s.l., FAO/SSERNMA. 43 p.

----- 1985. Proyecto de Desarrollo Integral del Chaco. Aptitud del uso de las tierras basada en la labor de Costa Lemos 1985. OEA/MDN.

Cuadro 3. Sistema de información geográfica en el Ministerio de Agricultura y Ganadería.



Cuadro 4. Equipos y programas del Sig.



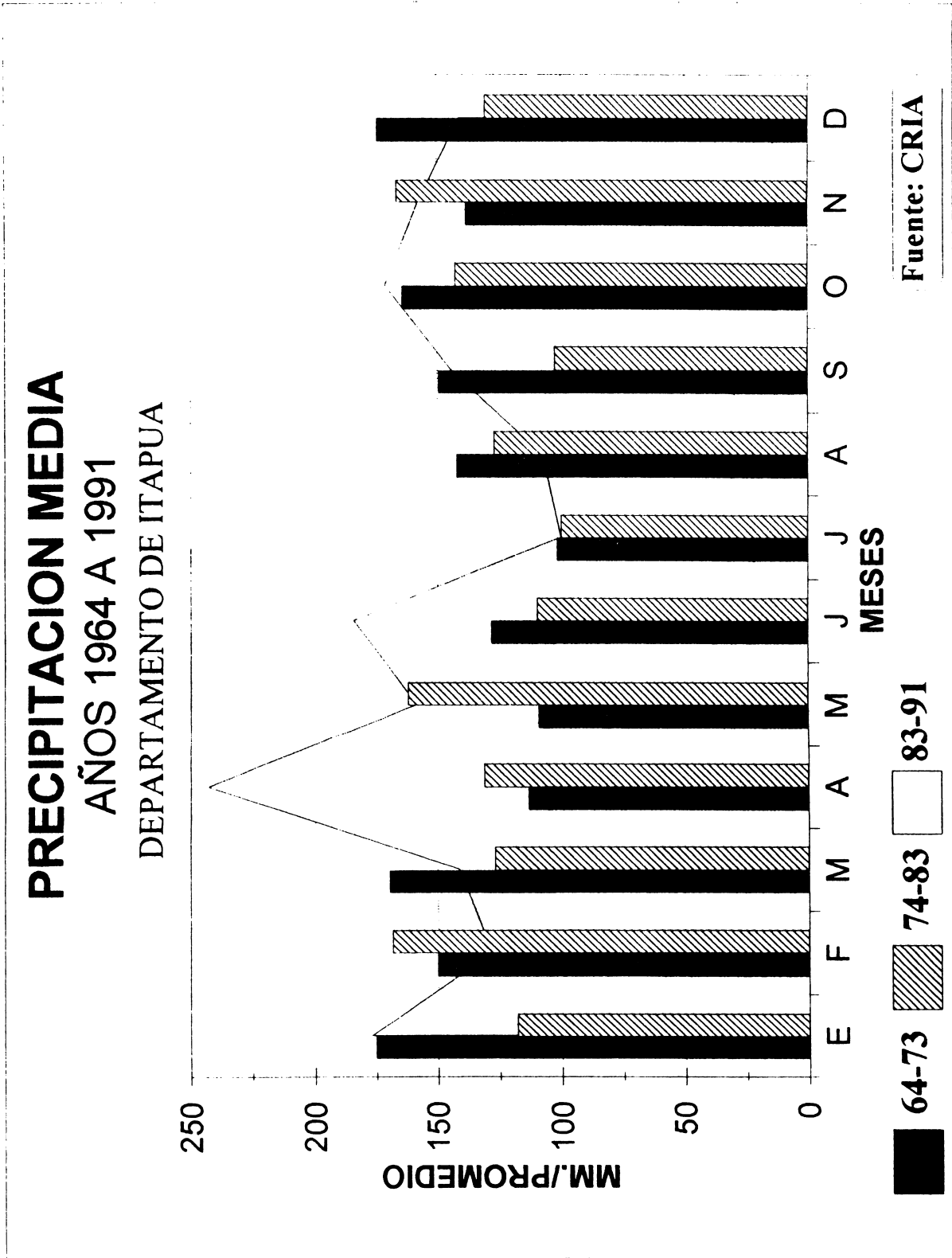


Figura 8. Precipitación media. Años 1964 a 1991. Departamento de Itapúa.

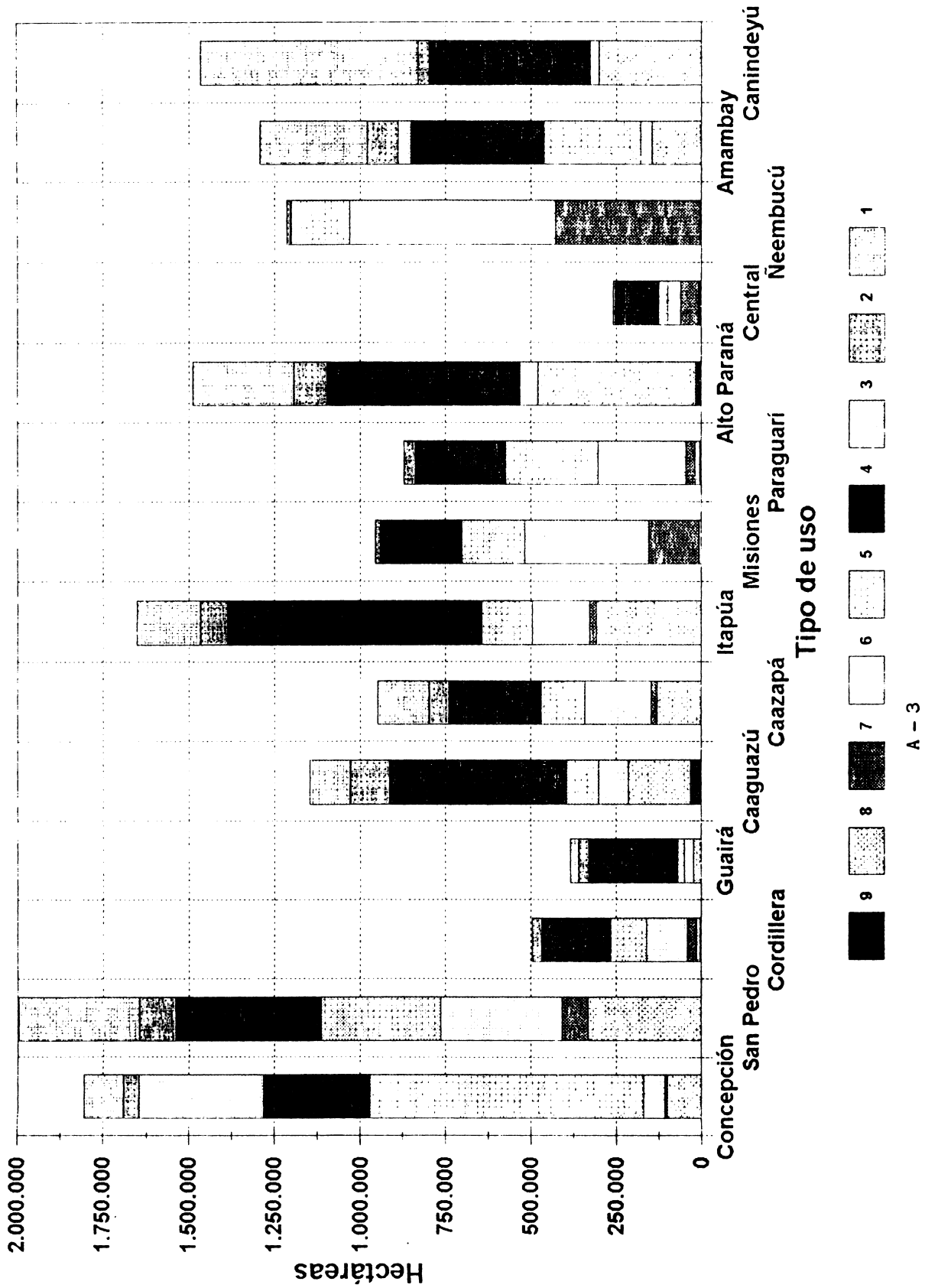


Figura 3. Uso del suelo.

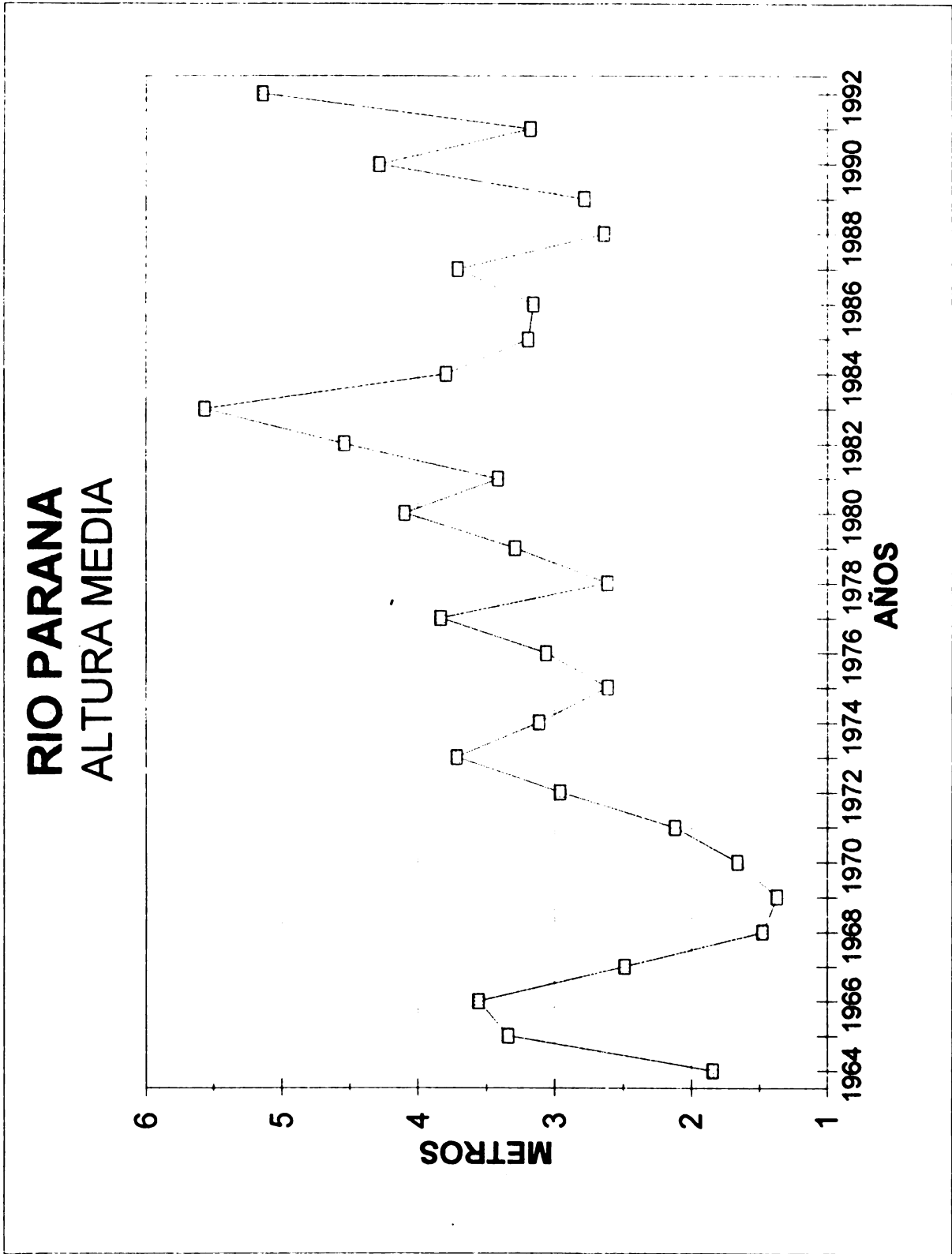


Figura 10. Río Paraná. Altura media.

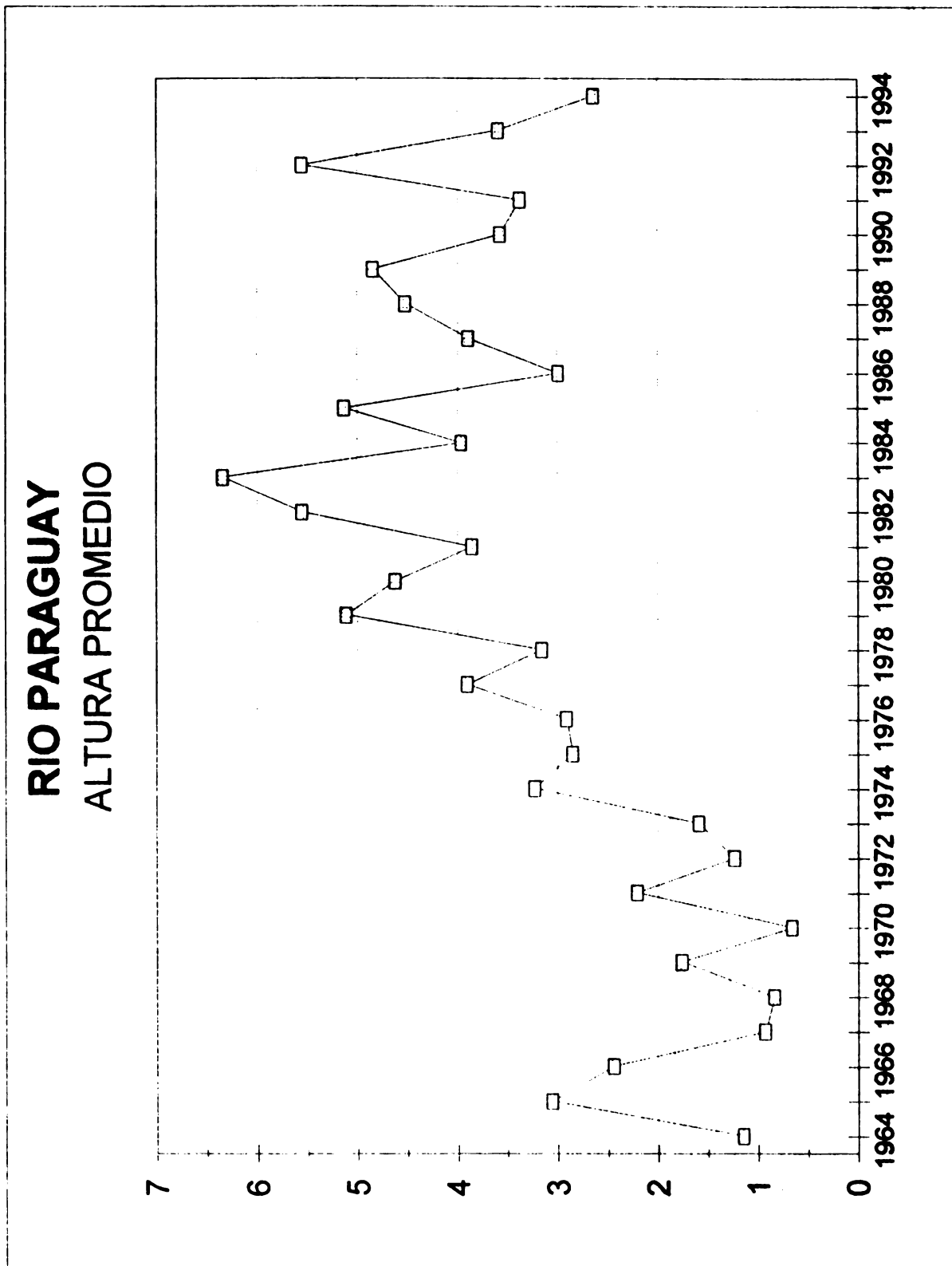


Figura 11. Río Paraguay. Altura

Mejoramiento ambiental Uso sustentable de la tierra

por Juan H. Molfino * y Ricardo Romero **

En el marco del Seminario Internacional sobre Monitoreo Ambiental y Uso Sustentable de la Tierra en el Cono Sur realizado en Jaguariúna, Brasil, el 19-09-95, la delegación de Uruguay compuesta por técnicos del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y la Dirección de Suelos y Aguas del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca presentó los trabajos en marcha en materia de Cartografía Digital y Zonas Agro-Ecológicas.

En los últimos años la cartografía y evaluación de tierras ha integrado nuevas tecnologías para brindar mejores servicios en forma más eficiente y oportuna.

En ese sentido es que se ha puesto en funcionamiento un Sistema de Información Geográfico (SIG) en la Dirección de Suelos y Aguas (DSA).

El SIG de la DSA tiene por objetivo sistematizar la información de suelos y terrenos en un formato digital así como analizarla e interpretarla.

Con este propósito, se implementó el primer SIG en el año 1988 cuando se adquirió el software IDRISI, una pequeña tabla digitalizadora y un PCA 386 con el fin de comenzar a tomar contacto con el tema y capacitar a su personal.

En el año 1991 se amplió el hardware (PC 486, tabla digitalizadora de tamaño mayor, impresora color a chorro de tinta) y se recibió el software ILWIS y capacitación en el mismo. Todo esto fue posible a través de la participación en el proyecto "Base Digital de Suelos y Terrenos a Nivel Mundial y Nacional"

(SOTER) con el apoyo de UNEP, ISRIC, FAO e ISSC. En la etapa inicial de este proyecto (previo a la instalación del SIG) se confeccionó una base de datos de un área que incluyó parte de Argentina, de Brasil y de Uruguay (Proyecto LASOTER). Con la instalación del SIG se digitalizaron sus mapas y quedó integrado al mismo.

En una segunda etapa se generó una importante base de datos de suelos y terrenos integrada al SIG, que cubre todo el territorio nacional a escala 1:1.000.000. La base de datos espacial consta de cartas geográficas, político administrativas, y de la carta de unidades SOTER (86 unidades). La base de atributos consiste en archivos que definen cada unidad progresivamente en terreno, componente de terreno, componente de suelo y horizontes. Incluye 174 perfiles de suelos representativos con datos analíticos y morfológicos de todos sus horizontes.

A partir de ese momento comenzó una etapa de producción sostenida de trabajos en el Sistema.

En el marco del proyecto SOTER se realizaron otros trabajos que fueron:

- Carta de Suelos escala 1:5.000.000 (Contribución para la Carta Mundial de Suelos FAO/UNESCO).
- Carta de Unidades SOTER escala 1:100.000 de la zona de Tres Bocas en el departamento de Río Negro (120.000 ha aprox.). El objetivo de la misma fue el de comprobar la adaptabilidad de la metodología a escalas más detalladas.

A través de Convenios con el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) se realizó:

- Carta de suelos (26 unidades) hasta la información morfológica y analítica de cada horizonte de los 70 perfiles seleccionados.

* Ingeniero Agrónomo, Director División, Dirección Suelos y Aguas - MGAP.

** Ingeniero Agrónomo, Instituto Nacional Investigación Agropecuaria (INIA).

Este trabajo finalizado en 1993 constituye la primer Carta Departamental de Suelos y Terrenos realizada en el país integrada a un SIG.

Se vinculó la información de suelos con datos de rendimientos de chacra de trigo y cebada provenientes de FUCREA.

Se utilizó esta base de datos para la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (USLE) y del Sistema Automatizado de Evaluación de Tierras (ALES) para la elaboración de una carta de aptitud para el cultivo de cebada. Dicha BdD también sirvió para alimentar el modelo "DSSAT" de predicción de rendimientos de trigo y cebada así como para el modelo "EPIC" para predecir disminución de los rendimientos de cultivos debido a las pérdidas de suelos por erosión.

- Carta de suelos del Departamento de Colonia escala 1:200.000, (6.106 km²). Tiene características similares a la anterior. Consta de 21 unidades y 31 perfiles de suelos.

En el marco del Proyecto CONICYT-BID/ Facultad de Ingeniería se digitalizó la Carta de Suelos escala 1:50.000 de la zona correspondiente al Acuífero de Raigón (sur del Departamento de San José) donde se incluye la ubicación de pozos con fines de riego. La base de datos contiene información específica sobre los perfiles que definen cada Unidad de Suelos.

Se está colaborando con la Comisión Nacional de Cambio Global brindando una base de datos que constituye el soporte edafológico para la corrida de modelos relacionados a la producción de cultivos y pasturas a nivel nacional. La información cartográfica suministrada se ingresó al SIG que posee dicha Comisión (PC Arc/Info).

Con el apoyo de la Comunidad Económica Europea se está participando desde 1995 en un proyecto que ha permitido a técnicos de esta Dirección

incursionar en el procesamiento de imágenes satelitales de baja y alta resolución. Estos trabajos han posibilitado realizar análisis de índice verde de series históricas.

La próxima adquisición por parte del Proyecto Nacional de Riego (PRENADER) en el cual participa la DSA, de un SIG de mayor potencial va a permitir facilitar el proceso de toma de decisiones a diferentes niveles (nacional, regional y aún predial) para planificar la utilización de los recursos naturales con bases más racionales, productivas y sustentables.

En cuanto a las Zonas Agroecológicas existe una red de información climatológica en las Estaciones Experimentales del INIA (cinco en todo el país) que sirve de base junto con la información de suelos para delimitar zonas de aptitud por cultivos y uso potencial de la tierra. Se están ajustando modelos de simulación de producción de cultivos y pasturas cuyos resultados es posible vincularlos especialmente a través del Sistema de Información Geográfico (SIG).

Estos trabajos que se están realizando en Uruguay en el marco de otros Proyectos ejecutados por la DSA y el INIA, constituyen un aporte importante para generar la Red de Investigación Agropecuaria en el Uso Sustentable de la Tierra.

Al disponer de bases de datos climáticos y de suelos es posible, por ejemplo, elaborar balances hídricos de los mismos y relacionarlos con resultados de productividad de pasturas a través del Sistema de Información Geográfica y de esa forma caracterizar el sistema pastoril uruguayo. A su vez la Dirección Nacional de Meteorología dispone de una red con 380 estaciones pluviométricas y 23 estaciones agrometeorológicas que posibilitan tener una evolución climática y de esa forma predecir el efecto de posibles eventos críticos sobre las pasturas naturales. Estas conforman la mayor parte de la superficie del país y constituye el principal sustento forrajero de la producción pecuaria.

Esta publicación constituye el número XLVI de la Serie DIALOGO del PROCISUR,
tiene un tiraje de 600 ejemplares y se terminó de imprimir en la ciudad de
Montevideo, Uruguay, en el mes de febrero de 1997.

Diagramación, composición y armado: Sra. Cristina Díaz

Impresión, encuadernación y portadas: Impresora S & D S.R.L.

Depósito Legal N° 300.406



12

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

Andes 1365, P. 8 - Tel. (598) 2 92 04 24 - Fax (598) 2 92 13 18 - Casilla de Correo 1217

Montevideo - Uruguay