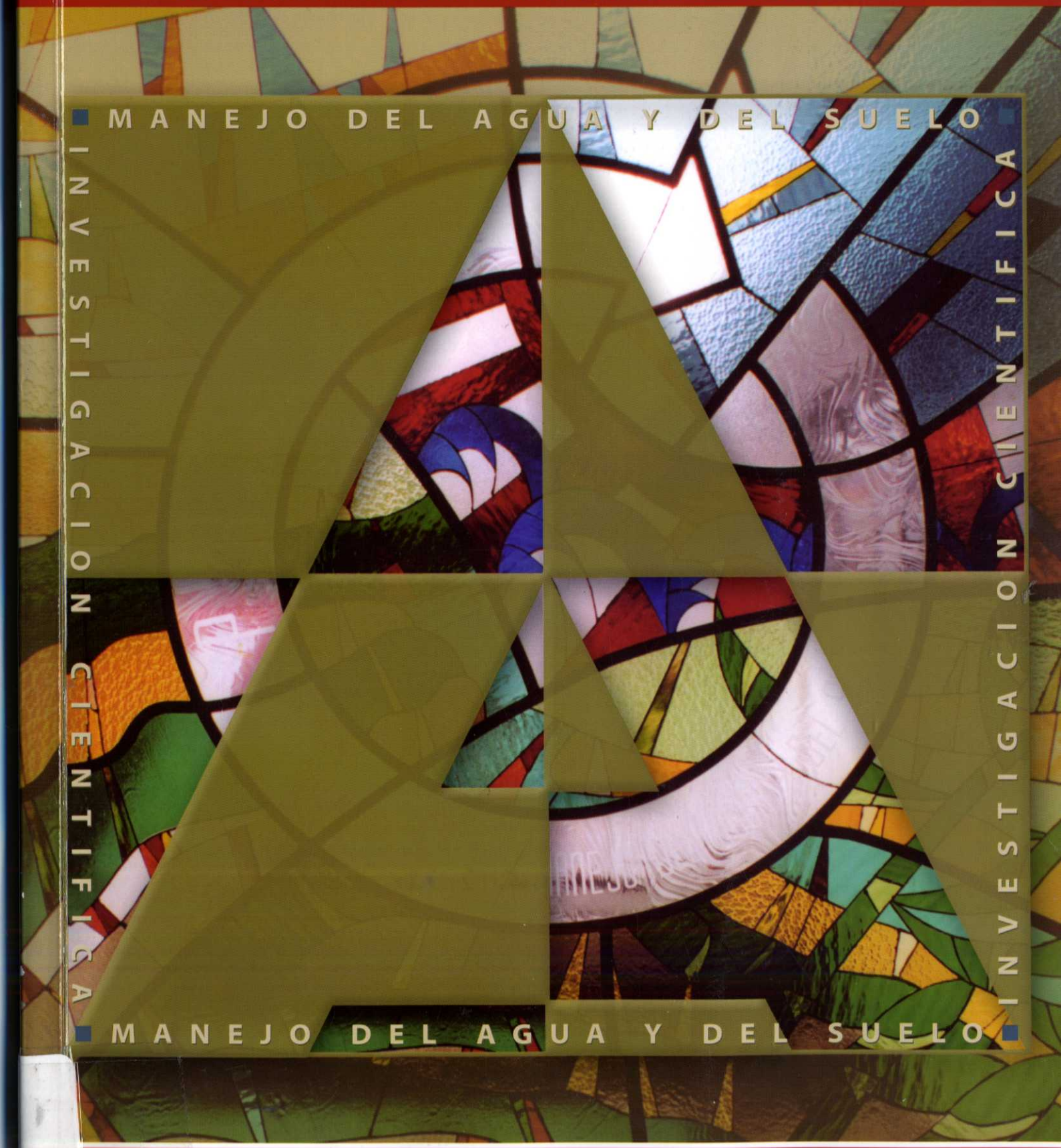


anales

ANALES • REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA

ADAPTACION PARTICIPATIVA EN INNOVACION TECNOLOGICA



MANEJO DEL AGUA Y DEL SUELO

INVESTIGACION CIENTIFICA

INVESTIGACION CIENTIFICA

MANEJO DEL AGUA Y DEL SUELO

TOMO 49 • DICIEMBRE 2005

 **REVISTA DE LA
UNIVERSIDAD
DE CUENCA**
anales

CIENCIAS NATURALES



Rector:

Jaime Astudillo Romero

Vicerrector:

Fabián Carrasco Castro

TOMO 49 • DICIEMBRE 2005



REVISTA DE LA
UNIVERSIDAD
DE CUENCA
a n a l e s

CIENCIAS NATURALES

Edición:

Galo Carrión Alvarez

Dirección:

Felipe Cisneros Espinosa

Consejo Editorial:

Felipe Cisneros Espinosa

Bert De Bièvre

Jan Feyen

Galo Carrión Alvarez

Diagramación:

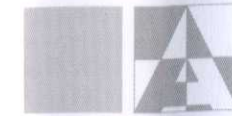
Gustavo Ochoa C.

Impresión:

Gráficas Hernández

<http://www.ucuenca.edu.ec>

TOMO 49 • DICIEMBRE 2005



contenido

Indice / Content

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----|
| Editorial Jan Feyen | | 09 |
| Development of a generic methodology in relation to the iterative and participative adaptation of technological innovation in the area of soil and water management applied to the southern Andean region of Ecuador Jan Feyen | 71071 | 15 |
| Evolución tecnológica de un sistema informático para la administración de proyectos de riego Daniela Espinoza, Bert De Bièvre, Lucia Lupercio y Guido Wyseure | 71072 | 29 |
| Diagnostic analysis of the Laka Laka irrigation scheme and CERES as management tool to improve the system operation Fernando Carrera, Lucia Lupercio, Guido Wyseure and Jan Feyen | 71073 | 45 |
| Interacción entre comunidades de práctica indígenas y universitarias crea 'conocimiento accionable' para riego comunitario sostenible Felipe Abril, Mariela Zhingri, Daniela Espinosa, Art Dewulf, Marc Craps y René Bouwen | 71074 | 63 |
| Assessment of the performance of low-rate sprinkler irrigation systems as a function of extension support Felipe Cisneros, E. Esteban Pacheco T. and Jan Feyen | 71075 | 79 |
| Pautas metodológicas para la implementación participativa de nuevas tecnologías: experiencias con tecnología de riego en el Austro Ecuatoriano Dolores Sucozhañay, Art Dewulf, Esteban Pacheco, Marco Ramírez, Marc Craps, René Bouwen | 71076 | 89 |
| Una experiencia de colaboración interdisciplinaria Ana Cecilia Salazar. Mst., Anneleen Andriessen y Sabine Smans | 71077 | 111 |
| Participatory development of technology innovation projects: collaborative learning among different communities of practice René Bouwen, Art Dewulf and Marc Craps | 71078 | 127 |



© ANALES • REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA
CIENCIAS NATURALES • TOMO 49

Primera Edición
Diciembre 2005

Impreso en Ecuador
ISSN N° 0041 - 8390

Correspondencia y canje:
Lcda. Nelly Peña
Departamento de Cultura
Universidad de Cuenca
Casilla No. 168
Telf.: 2831 688 (ext. 272)
Fax: 2835 197
Cuenca - Ecuador

E-mail: cultura@ucuenca.edu.ec



editorial

PREFACE

This issue of the ANALES, Revista del Universidad de Cuenca, summarizes the results of a research program with title: "Desarrollo de una metodología genérica con relación a la adaptación participativa en innovación tecnológica en el área del manejo de los suelos y del agua, aplicada en la región sur de los Andes en el Ecuador", elaborated in the period 2001 to 2005. The program was funded by the Development Cooperation Division of the Flemish Interuniversity Council (VLIR-USO), Belgium. The program was designed and implemented by a consortium of research units from the Universidad de Cuenca (PROMAS¹ and ACORDES²) and the Katholieke Universiteit Leuven (DSWLM³ and COPP⁴). The partners in the consortium were chosen on the basis of their expertise at one hand in low-cost technologies in the field of soil and water conservation and at the other hand in the transfer of new developments and multi-party collaboration. The consortium expected that the synergy between the more technical and social oriented staff involved in the project would lead to more efficient transfer of the studied low-cost technologies to the farming communities in the Austro Ecuatoriano, the Southern part of the Andes in Ecuador, and feed-back between the end-users and the scientific community. The project was set-up in such a way that an equal interaction between researchers and end-users was guaranteed.

The results of the 4.5 year project have been summarized in the format of articles, which are reproduced in this issue of the ANALES. A total of 8 articles cover the following aspects: (1) the objectives, mode of implementation of the project and the evolution in the project implementation; (2) the technological evolutions the CERES software, for the administrative management of irrigation schemes, underwent as a consequence of its

1. PROMAS: Programa para el Manejo del Agua y del Suelo
2. ACORDES: Acompañamiento Organizacional al Desarrollo
3. DSWM: Division Soil and Water Management
4. COPP: Centre for Psychological Organization and Personnel

application in various project schemes; (3) a diagnostic analysis of an irrigation scheme in Bolivia and the assessment of the potentiality of the CERES software as to improve the management of this scheme; (4) the interaction between the indigenous communities running irrigation schemes and the developers of the CERES software; (5) the technical assessment of the performance of low-cost, low-rate sprinkler systems as they are being used by individual farmers; (6) the development of a methodological framework for the participative implementation of low-cost technologies using the low-rate sprinkler systems as case-study; (7) reflections on the interaction and working together of scientists belonging to different disciplines; and (8) the lessons learned from the collaborative learning between different communities of practice, scientists and end-users.

Answers to questions like: "Did the research project lead to a better knowledge of the mechanisms hindering or favoring the transfer of the CERES software and the low intensity sprinkling system, the two technologies that were introduced to the practicing irrigation associations and the individual farmers? Did the introduction of those technologies lead to an improvement of the socio-economic situation of the irrigation projects and individual farmers? Did the intensive interaction with the end-users lead to an improvement of the technologies and an increment in the capacity to perform and use research? In summary, was technology transferred and will the end-users still use the technology after the project and is there a chance that the studied technologies will be further applied?", among other questions, can be found in the 8 papers incorporated in this special issue of the ANALES de la Universidad de Cuenca. Four of the papers were drafted in Spanish and four in English, partially due to the involvement in some of the manuscripts of non-Spanish speaking scientists. As such the project not only crossed disciplines but consisted of a blend of cultures and languages.

The authors like to express their gratitude to the VLIR-UOS for having provided the grant which enabled the implementation of this challenging and interesting research project. Also all the actors that contributed to the practical implementation of the project and the end-users that participated in the testing of the transfer of the CERES software and the low-cost, low-rate sprinkler systems are acknowledge for their positive and constructive support throughout the research project. Finally thanks to the Universidad de Cuenca for their generosity to provide the platform of the ANALES for publishing the most important results and findings of the project. The research teams of PROMAS and ACORDES hope that the experiences they gained throughout this project, and which are presented in this issue of the ANALES, might inspire other researchers and assist them in the cross-disciplinary and participative transfer of technologies.

Dr. Jan Feyen

EDITORIAL

Esta edición de ANALES, Revista de la Universidad de Cuenca, resume los resultados del proyecto de investigación titulado: "Desarrollo de una metodología genérica con relación a la adaptación participativa en innovación tecnológica en el área del manejo de los suelos y del agua, aplicada en la región sur de los Andes en el Ecuador", elaborado desde el 2001 al 2005. El proyecto fue financiado por la División de Cooperación del Consejo Interuniversitario Flamenco (VLIR-USO), en Bélgica. El proyecto fue diseñado e implementado por un consorcio de unidades de investigación de la Universidad de Cuenca (PROMAS Universidad de Cuenca y ACORDES) y la Universidad Católica de Lovaina (DSWLM y COOP). Las contrapartes en el consorcio fueron escogidos por su experiencia en: las tecnologías de bajo costo en el campo de la conservación del agua y del suelo, por un lado y por otro lado en la transferencia del desarrollo y la colaboración multipartes. El consorcio esperaba que la sinergia entre el personal más técnico y el orientado a lo social que está involucrado en el proyecto llevaría hacia una transferencia eficiente de las tecnologías de bajo costo estudiadas para el desarrollo agrícola de comunidades campesinas en el Austro Ecuatoriano, en la parte Sur de los Andes en el Ecuador como un primer elemento y habría una retroalimentación entre los usuarios finales y la comunidad científica como un elemento de continuidad. El proyecto se estableció de tal forma que se garantice una igual interacción entre los investigadores y los usuarios finales.

Los resultados de los 4 años y medio del proyecto se han resumido en un formato de artículos, los cuales han sido publicados en esta edición de la revista ANALES. Un total de 8 artículos cubren los siguientes aspectos: (1) los objetivos, modo de implementación del proyecto y la evolución en la implementación del programa (2) la evolución tecnológica del software para el manejo administrativo de esquemas de riego CERES, se experimentó como consecuencia de su aplicación en varios esquemas de proyecto; (3) un diagnóstico de análisis del esquema de riego en Bolivia y la evaluación de la potencialidad el software CERES para mejorar el manejo de este esquema; (4) la interacción entre las comunidades indígenas ejecutando esquemas de riego y los desarrolladores del software CERES; (5) la evaluación técnica del rendimiento de sistemas de riego por aspersión de bajo costo y baja intensidad de precipitaciones implementadas en el presente proyecto por parte de los agricultores individuales; (6) el desarrollo de un marco metodológico para la implementación participativa de las tecnologías de bajo costo utilizando sistemas de riego por aspersión de baja precipitación como caso de estudio; (7) las reflexiones sobre la interacción y trabajando junto a científicos de diferentes disciplinas; y (8) las lecciones aprendidas del aprendizaje colaborativo entre las diferentes prácticas comunitarias, científicos y usuarios finales.

Respuestas a preguntas como: "El proyecto de investigación nos llevó a un mejor entendimiento de los mecanismos de obstrucción o de estar a favor de la transferencia del software CERES y de un sistema de riego por aspersión de baja intensidad, en efecto fueron introducidas las dos tecnologías a las asociaciones de riego y a los agricultores? La introducción de dichas tecnologías llevó a un mejoramiento socio-económico de la situación de los proyectos de riego y de los agricultores? La interacción intensiva con los usuarios finales llevó hacia una mejora de las tecnologías y al incremento de la capacidad para desarrollar y utilizar la investigación? En resumen, se transfirió la tecnología y los usuarios finales seguirán utilizando la tecnología luego del proyecto y existe alguna oportunidad para que las tecnologías estudiadas sean aplicadas a futuro? estas entre otras preguntas, pueden encontrarse en los 8 artículos incorporados a esta edición especial de la revista ANALES de la Universidad de Cuenca. Cuatro de los artículos han sido escritos en Español y cuatro en Inglés, en parte debido al involucramiento en los manuscritos de científicos de habla Inglesa, en este contexto un proyecto como este no es solamente multidisciplinario sino que también es una mezcla de culturas y lenguajes.

Los autores quien expresar su gratitud al VLIR-UOS por haber otorgado el financiamiento que permitió la implementación de este proyecto de investigación cuya ejecución constituye un reto de gran interés. De igual manera todos los actores que contribuyeron a la implementación práctica del proyecto, así como los

usuarios finales que participaron en las pruebas de la transferencia del software CERES y de los sistemas de riego por aspersión de bajo costos y baja precipitación, han merecido la gratitud imperecedera por su apoyo positivo y constructivo a lo largo del proyecto de investigación. Finalmente gracias a la Universidad de Cuenca por su generosidad para proveer la plataforma de la revista Anales, para publicar los resultados y hallazgos del proyecto.

Los equipos de investigación de PROMAS Universidad de Cuenca y ACORDES esperan que las experiencias ganadas a lo largo de este proyecto, y que se presentan en esta edición especial de la revista ANALES, pueden inspirar a otros investigadores y asistirlos en la transferencia de tecnologías multidisciplinaria y participativa.

Dr. Jan Feyen



Estrategias para el Manejo del Agua y del Suelo



Development of a generic methodology in relation to the iterative and participative adaptation of technological innovation in the area of soil and water management applied to the southern Andean region of Ecuador.

J. Feyen^{1*}

Abstract

The manuscript describes the history that led to the formation of a consortium of research teams and the formulation of a research proposal which, with funding from the VLIR-UDC (Belgium), started in 2001. The 4.5 year research project aimed at: (i) examining the transfer of innovative technologies in the field of soil and water to capital low-input / low-output farmers and rural communities, (ii) analyzing if the adaptive iterative process led to the incorporation of autochthonous knowledge in the adaptation of the technologies and the user's guidelines; and (iii) deriving a generic methodology for the future guidance of the introduction of new low cost technologies in risk-prone environments. Whereas in the planning phase it was foreseen to use five case studies for the collection of project related knowledge and information, the paper explains that for a set of different reasons, the number of case studies had to be reduced to 2 cases. The adaptive iterative process of both cases was examined on a number of individual farms and irrigation schemes, of which the results were processed. The paper highlights also the retardation in process implementation due to use of undergraduate students, the working with multi-disciplinary teams, the underestimation of certain activities, the budget constraints, among other factors. The project resulted in the successful implementation of the two remaining cases (an administrative management system for irrigation schemes and the use of a low-intensity sprinkler irrigation system), the adaptation of the hardware and software, the production of a number of scientific papers all included in this special issue of the ANALES, journal of the UCuenca, and the provision of guidelines to streamline future cooperation between scientists and end-users, and between engineers and social scientists. The manuscript concludes by saying that the transfer of technology is more than simply the transfer of hardware and software. It involves also the training of people (humanware) and the setting-up of an extension service, supply points for the distribution of spare parts, and the establishment of a micro-credit system (orgaware).

¹Department of Land Management and Economics
Faculty of Bioscience Engineering
Katholieke Universiteit
Leuven, Belgium
*E-mail: jan.feyen@bio.
K.U.Leuven.be

1. Introduction

In 2000 a consortium was made between two research groups of the University of Leuven (K.U.Leuven), the Division for Soil and Water Management of the Faculty of Bioscience Engineering and the Center for Organizational and Personnel Psychology of the Faculty of Psychology and Educational Sciences, and two research groups of the Universidad de Cuenca (UCuenca), the PROgrama para el Manejo del Agua y Suelo (PROMAS) with roots in the Faculty of Engineering and the ACOmpañamiento ORganizacional al DESarrollo (ACORDES) affiliated to the Faculty of Economy and Administrative Sciences. The overall objective of the consortium was the development of a research project in the field of the participatory transfer of innovative technologies as to contribute to the sustainable development of the soil and water resources of the Austro-Ecuatoriano. A letter of intent and ultimately a proposal were submitted for funding to the Own Initiative Programme of the University Development Cooperation Division (UDC) of the Flemish University Council (VLIR) in the course of 2000, and the project after approval of the funding for a total amount of 306,500 Euros, started on the 1st of May 2001. The total project duration foreseen at the onset of the project was four years, but given some minor problems encountered in the project implementation the donor organization approved an extension on the project duration till the 31st December 2005.

The origin of the project, of which the objectives, the approach and roadmap are addressed in this paper, lays back in the activities of PROMAS and ACORDES in the 2nd half of the 1990's. PROMAS, with the assistance of research groups of K.U.Leuven was conducting research in the field of soil and water management, with focus on the reduction of soil erosion and the improvement of soil fertility at local and regional scale, and the amelioration of the irrigation performance at field scale and the irriga-

tion management at project scale. At the same time ACORDES initiated with the assistance of the Division for Organizational and Personnel Psychology of K.U.Leuven a project aiming at assessing the role of social-organizational accompaniment in development initiatives; a project that resulted to the conclusion that the success of development initiatives very much depends on the cooperation between the multi-social actors involved in development initiatives. Those projects, also funded by the UDC Division of VLIR, were implemented independently. However, during the period of implementation, the interest of cooperation between both groups developed because each group realized that the successful introduction of new technologies not only is controlled by the technology itself, but to a large extent by the social-organizational accompaniment. This and the interest to embark on an interdisciplinary project, in which social scientists and engineers are working as a team on the same topic, a new challenge for each of the partners in the consortium, resulted ultimately in the formation of the consortium and the formulation of the project, of which the objectives, the approach and the roadmap are further described in this article.

2. Objectives

The overall objective of the project was to come to a more successful introduction of technological innovations in the soil and water area, with application to the Austro-Ecuatoriano. The area of application was defined by PROMAS, being within the UCuenca a centre of applied research known in the Austro-Ecuatoriano for its activities in the field of soil and water management. A major goal of PROMAS was and is contributing to the social-economic improvement of the rural population through improvement of the agricultural output while taking care that the improved production results into a more sustainable farming. The rural farming systems in the Andean region can be classified as capital low-input / low-output sys-

tems, primarily governed in its development by the transfer of knowledge and expertise from generation to generation, with little to no introduction of new technologies. To reduce the gap in the technological developments between the rural and more industrialized farming systems in relation to the management of the soil and water resources a research project was designed that would focus on the following secondary objectives:

1. Participatory adaptation of technologies for the management of soil and water resources by the developers of those technologies and end-users;
2. Stimulation of the synergy between disciplines (technology and social sciences) at the level of the developers as basis for the more successful transfer of those technologies; and
3. Deduction of a generic methodology explaining the complexity and dynamics of the participative-iterative process that enhances the successful implementation and adaptation of new technologies in the soil and water area.

Through the project the consortium expected to contribute to: (i) offering appropriate technological solutions which would lead to an improvement of the management of the soil and water resources in the autochthonous rural farming systems; (ii) the evaluation of the use of those technologies by the autochthonous farmers and the other end-users; (iii) the development of a theoretical and operational framework integrating knowledge and practices related to the management of soils and water resources, belonging to different disciplines and institutions; and (iv) providing a methodology for the future guidance of the participative and iterative process between developers and end-users.

The technological solutions in the project used for studying the participatory transfer of technologies are as stated earlier related to the area of soil and water, and are conservation technologies which in principle

are easily accessible, available, low-cost and simply to apply by the small-scale Andean farmers. For those farmers to contribute to the development of sustainable agricultural environment, technologies must be geared that can help alleviate the plight of the resource-poor farmers, whose desire to earn a better living for the household often outweighs the need to conserve resources. Furthermore, the project aimed at the transfer and adaptation of technology different than the one applied by the national and international agricultural research system. In the transfer of technology model of agricultural research all key research decisions are made by scientists who experiment on research stations or under controlled, simplified conditions in farmers' fields. The resulting agricultural technology is then handed over to the extension services for transfer to farmers. Reductionist research, high input packages and top down extension led to successes, and in the uniform and controlled conditions of industrial and green revolution agriculture they have raised output per unit of land. However, the transfer and technology model of agricultural research has had limited successes in the context of complex, risk-prone, diverse environments where the majority of the world's rural people live and are dependent on traditional agriculture which is mainly rainfed, on undulating lands and found in mountains, wetlands and semi-arid areas. The physical and economic conditions on research stations yielding most of the technological developments, after all, are very different to those of resource poor environments. Not surprisingly that packages are rejected, the technologies do not fit, are non-sustainable or inequitable because of an emphasis on purchased inputs in resource-poor contexts.

An additional challenge in the project therefore was to conduct the research in direct cooperation with the end-users. This must guarantee that the technological innovations matches the priorities and needs of the poorest sections of the rural society, and recognize

and build on the potential of complex, diverse and risk-prone farming to meet the twin goals of sustainability and livelihood security.

3. Approach

In the project implementation, the consortium purposely chose for a participatory approach at two levels. This was inspired by the conviction that the introduction of soil and water conservation methods and techniques, developed according to western norms, has limited success in resource and educational poor communities. To be functional and reach within the local conditions sustainability it is assumed that technologies must be merged with autochthonous knowledge. Thereto a participatory approach was pursued at one hand between the scientists and the end-users and at the other hand between engineers and social scientists. To reduce the risk of failure in the application of the technology or in the worst case the rejection of the technology it is assumed that communication between the developers and the end-users is essential. Since this communication should address technical as well as socio-economical aspects, the communication also required the involvement of different disciplinary specialisations, resulting into a triangular interaction between end-users and engineers, engineers and social scientists, sociologists and end-users, including tri-lateral interactions.

Given previous, from the onset of the project special attention was devoted to develop and stimulate the communication between the diversity of actors belonging to different social groups (rural/urban, white/mestizos/Indian, small farmers and their communities/large institutions) and disciplines. Possessing a very different socioeconomic status and power makes it very difficult to establish and maintain a "dialogue among counterparts". Similarly, the communication between engineers and social scientists, each one using a different scientific technical language and a

way of thinking and operation, had to be taken care of by the project. To guarantee in the project implementation the interaction between the three groups of actors, for each case in the project a team was composed consisting of engineers, sociologists and representatives of the end-users. The participation of the actors was guaranteed in the project implementation by a tight and frequent schedule of meetings and field-visits in which all actors were involved.

The project as explained above and summarized in Fig. 1 consisted in the participatory adaptation and transfer to the end-users of knowledge and expertise gained by PROMAS and ACORDES in former cooperation projects. Whereas the ultimate goals were the development of sustainable technologies and technology transfer system in soil and water management matching the local physical, economic and socio-cultural conditions, also the processes leading to those goals were important research goals. The interaction between those possessing the knowledge of the technology and the end-users and the way that this interaction affects the adaptation of the technology and the transfer of the technology were considered in the project as important issues as the technology itself. In the project special attention to this aspect was given as to identify constraints that hinder the interaction between at one hand scientists with different disciplinary background and at the other hand the interaction between end-users and developers. The sociologists in the project therefore had a dual task, namely streamlining the interaction between scientists and end-users, and monitoring the process of participation and the interaction between engineers and sociologists as the project progressed. A secondary objective of the monitoring of the implementation process was to derive generic knowledge related to the interaction process between the project actors; a process that most likely would be different between the scientists and end-users, and between the engineers and sociologists.

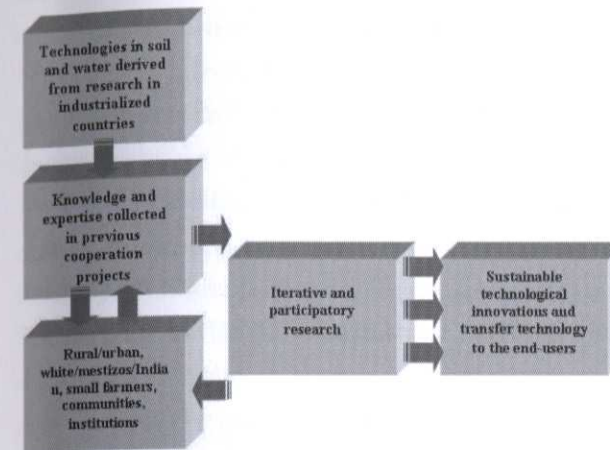


Fig. 1: Schematic presentation of the project process and goal.

The analysis of the introduction of different technologies by interdisciplinary teams in close cooperation with the end-users was considered as the approach that would (i) yield the maximum of information for each of the technologies studied in the project, and (ii) enable to derive general knowledge with respect to the adaptation and transfer of technologies in resources and educational poor communities. Through the concept of the project and the way the project was constructed and implemented two iterative processes (see Fig. 2) were simultaneously put in place, namely a process resulting into an enrichment of knowledge and a process leading to an intensive interaction between the involved actors.

The approach followed in the project and as depicted in Figs. 1 and 2 reverses parts of the classical transfer of technology model. Through the reversal of the learning process, researchers and extension workers learn with and from the end-users, and analyses, choice and experimentation are conducted by and with end-users, with researchers and extensionists in a facilitating and support role. In doing so it was expected that the technologies in the analyzed cases would be adapted and transferred taking into consideration the end-users knowledge and socio-economic

and cultural situation. This would hopefully reverse the process whereby the end-users' are blamed for the non-successful introduction of non-adopted technologies.

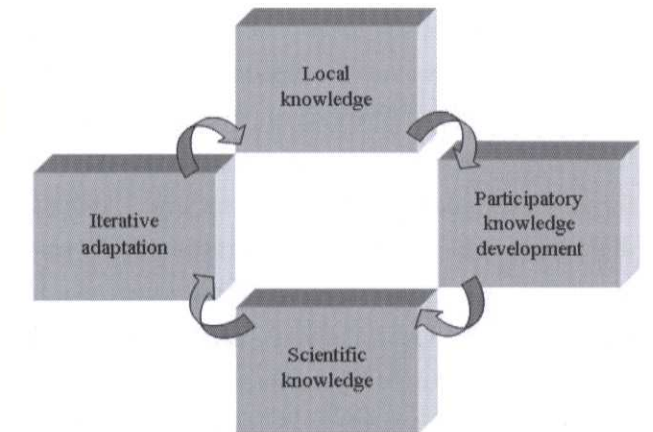


Fig. 2a: Iterative knowledge process

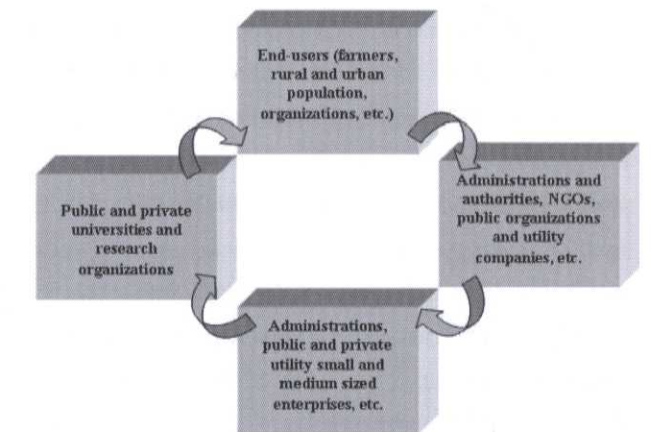


Fig. 2b: Interaction process between actors

The first project year was reserved for the identification of the technologies in the field of soil and water that would be explored as case studies with the goal to analyse the transfer of new western based technologies and the iterative adaptation process needed to make those technologies efficient and suitable for the Andean conditions. In addition, the first year was reserved as to develop an operational

approach for the interaction between engineers and sociologists at one hand, and between the scientists and the end-users at the other hand. Last but not least the first year was used to search for additional funding, i.e. to complement the funding provided by the UDC Division of VLIR. The complexity and the multitude of cases the consortium was interested in required additional funding, mainly to support the field work. During the first year several workshops were organized involving all actors. The purpose of the workshops were to identify the expected benefits and constraints of each case study, the external support the research team had to look for from local administrations and authorities, non-governmental organizations, and small-medium size enterprises, and to establish the framework for the interdisciplinary interaction between scientists, and scientists and end-users. Based on the experiences after the first year, an adaptation of the project (content, number of case studies, mode of implementation, etc.) was discussed and implemented. In the following years the feasible case studies were further developed. The project extension into the 5th year was used to analyse and process the data, and to draft the results in summary reports and papers. Each year an annual report of the project status was drafted, and regularly a workshop with all project partners and actors was organized as to analyze the progress and to define project implementation policies and measures should problems arise during the project implementation.

4. Studied soil and water technologies

Based on the day-to-day activities of PROMAS and ACORDES, PROMAS being involved in the conduct of applied research and consultancies in the field of soil and water conservation at the level of an individual farm, community and river basin and ACORDES being engaged in the human, social, institutional, organizational and management aspects of soil and water related issues, among other, it is evident that

the case studies selected for the project were all in one or other way related to past and current projects in which both centres were involved.

The technological projects PROMAS has been working on were among others related to the improvement of the irrigation application at field level using low-cost techniques matching the physical-social-ecological conditions of the rural areas in the Andean region. With a grant from P-BID-130¹ research was conducted on the lateral flow distribution from contour furrows on sloping fields, typical for the mountainous conditions in the Austro-Ecuatoriano. The research results revealed that depending from the slope of the field, the depth of the soil profile and the hydraulic properties of the soil the distance between the furrows filled with water could be considerably increased increasing the water use efficiency, reducing simultaneously: (i) the surface area being occupied by furrows (more plants per square metre); (ii) the labour required for the land preparation; and (iii) the risk of landslides. Based on the results derived from field observations and mathematical modelling a new concept for the surface irrigation of the sloping fields in the Austro-Ecuatoriano cultivated by the autochthonous farmers was derived, different from the way the farmers by tradition were used to irrigate their crops in periods with rainfall deficit. In addition, work was done in optimizing the water supply to the furrows. Those fields are normally irrigated from a lead canal situated above the fields to be irrigated. From the lead canal the water is diverted by a network of small earthen channels and the farmer having no instruments other than a hoe takes care of the water distribution within the furrows. To improve and standardize the water application per furrow (flow rate and time of application) a local made gated-pipe system consisting of PVC-pipes with small gates was designed and tested. This system not only improved the uniformity in water distribution but also reduced

¹ BID: Banco Interamericano de Desarrollo

the labour involved in the water application. The combination of the soil-slope dependent spacing between the contour furrows and the use of gated-pipes - which scientifically led to an improvement in uniformity, water use efficiency and productivity - was not that evident for the farmers which generation after generation were taught to irrigate their fields by hand and in a classical furrow configuration. The transfer of this technology was a challenge not only because of the revolutionary change in the irrigation concept for the autochthonous farmers, but also because it involved from the end-user a better understanding of the irrigation process and the investment in a gated-pipe system.

Parallel to this, research was done to assess the application rate for sloping fields with shallow soil profile using hand-move sprinkler systems. A growing number of farmers for reason of the labour requirement which is considerable large in surface irrigation systems is showing increasing interest in sprinkler systems to supply the irrigation water in the dry season. Unfortunately the sprinklers on the local market available are designed for industrial farms on uniform undulating fields, with slopes less than 12%. Field slopes in the Austro-Ecuatoriano normally exceed 12%. Based on the limited sprinkler types available on the local market and the typical field conditions a series of experiments was conducted as to define the maximum sprinkler rate not causing runoff. The field work allowed expanding the existing relation between sprinkler rate and field slope from 0-12% to 0-36%. Sprinkler rates were adjusted by adopting the standard spacing between the sprinklers and lowering, respectively increasing the pressure at the nozzle. Transfer of this knowledge to the farmers requires that a small technical design is made based on the position of the water inlet and the topography of the parcels to be irrigated, and that based on the type of sprinklers an analysis is made of the sprinkler spacing/pattern and nozzle pressure. For

correct irrigation the farmer has to properly install the hand-move sprinkler line, assure that the inlet water pressure and flow rate are correct, and that the designed duration of the irrigation is respected. For proper application farmer's training is a must as well as the provision of small commercial loans for the procurement of the irrigation infrastructure.

Through working with the farmers and farming communities PROMAS got also more and more involved in the problems of community irrigation systems. INERHI¹, the former administration for the management of the national water resources, designed and implemented most medium to large scale irrigation systems in Ecuador. Those systems are characterized by a reservoir or intake structure on a river high in the mountains, a long concrete lead channel conveying the water from the intake to the irrigation area, and a distribution network of earthen channels in the irrigation area for the distribution of the water. The dwindling down of the public financial resources ultimately led to the transfer of the irrigation infrastructure to the communities farming the irrigated land. Within the community a water board was established for the planning, management and maintenance of the irrigation system. Unfortunately those water boards do not possess the technical capacity, neither the experience to manage the irrigation system. They were not involved in the design and the project implementation and as farmers they do not possess the capacity of managing a water distribution system, as complex an irrigation system can be. The management of the latter requires technical and administrative capacity. Technical knowledge is required to distribute the available water resource equitable in space and time among the water users and the growing season as to maximize the agricultural output per unit of water delivered; whereas administrative capacity is needed to collect the water needs of the

¹ INERHI: Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos

water users, distribute the irrigation costs among the farmers, get the farmers involved in the maintenance works and other social-cultural programmes aimed at increasing the mutual understanding and cooperation between the water users. Being confronted with the many problems that arose through the privatization of the Andean mountain irrigation systems PROMAS started research aiming at the development of a simple digital administration management system, which the low level trained water associations could use to support their operation. This research was conducted in close cooperation with an irrigation association and a NGO, and funding was provided by a VLIR Own Initiative Project. CERES is a stand alone ICT product developed by system and civil engineers and agronomists of UCuenca. The transfer of this technology, developed in close cooperation with the end-users, is not that simple and requires the adaptation of the software as to completely match the specific characteristics of the irrigation system (those characteristics although more or less similar can be very different from project to project), the collection of data to run the software tool, and the training of the staff that will use CERES. The investment to make CERES operational and provide training and support, costs which are not that exuberant, often exceed the financial capacity of the young and poorly organized water associations.

Whereas the above cited projects are all related to water, considerable effort by staff of PROMAS was given to the sustainability of the autochthonous farming systems in the Andean mountain range. Those systems are low-capital input systems meaning that mechanization and the use of fertilizers is low. Animal traction and hand labour are the only means of mechanization, with a growing number of tractors becoming recently available. The low input of fertilizers results into a gradual decline of the nutrient content of the thin soil layer and is responsible for a gradual reduction in productivity. The tillage of the

steep sloping fields enhances the risk and hazard of erosion, and the sedimentation of reservoirs. A soil survey of the Austro-Ecuadoriano revealed in which areas the soil is most degraded chemically and physically, and which areas are most prone to erosion. In those areas field studies were set up to identify the shortage and imbalance in soil nutrients and the farming/tillage system that conserves the soil resources and contributes in a semi-natural way in an increase in the organic matter and nutrient content. Introduction of the low-cost conservative farming system, as was derived from the research in this area, would require training of the farmers, some investment for which the farmers normally do not possess the financial means, and follow-up of the farmers by a public/private extension service.

Over the years PROMAS also developed expertise in the hydrological analysis of mountainous catchments with the objective to protect, conserve and improve today and in future the water supply to the expanding and industrialized urban areas, the hydro-electrical plants and the irrigation schemes. Research interest goes also in analyzing the effect of changes in land use and climate on the various components of the hydrological cycle, the prediction of flood risk in periods of extreme rainfall, and the safeguarding of the water quantity and quality for the eco-systems of the Austro-Ecuadoriano. Since water is becoming more and more a limited resource and likely posing in future a constraint on the socio-economic development of the region a conceptual framework for water regulation at catchment level is needed. Catchment management planning aims to place water issues in the ordinary statutory planning process and requires a transparent legal framework which takes care that water is distributed among the users based on the socio-economic and ecological needs, and that pollution of the water resources by point (sewage disposal, discharge of industrial effluent water) and diffuse (agricultural sector) pol-

lution is controlled. The growing demand for good quality water makes the tight regulation of the water resources system a must. We see that the public sector increasingly embraces the principle of integrated catchment management, which basically involves the total management of the hydrological cycle within a drainage basin, including waste water management and flood control. Knowledge of the functioning of the local hydrological cycle, using measurements and mathematical tools, is essential for the regulation of the water resources between all sectors of the society, the conservation of the water resources and the prevention of irreversible overexploitation and contamination. PROMAS for his knowledge and expertise in catchment hydrology is increasingly consulted to assist authorities and representatives of the societal sectors for the design of catchment regulations guaranteeing the physical, chemical and biological conservation of the water resource base. Transfer of the hydrological knowledge and expertise in useable instruments for authorities and policy makers is a challenge and requires an intensive and long-term communication between hydrologists, representatives of the different societal sectors and public and non-governmental authorities.

Those activities resulted in the identification of at least four technological based case studies for which the transfer and the acceptability of the technology by the end-users could be studied, as well as if the feedback by the end-users resulted in an adaptation of the technology, the hardware (materials) and the software (technique, know-how, information). The four retained case studies were: Integrated management of the Machángara River Basin (*Case I*), Daily management of irrigation systems using the software tool CERES (*Case II*), Utilization of gated-pipes and slope-soil dependent furrow spacing (*Case III*), and Integrated conservative soil management system with emphasis on remedying the acidification of the soils above 2700 m (*Case IV*). The close cooperation

between PROMAS and ACORDES with PROTOS¹, a NGO active in improving the drinking water supply in remote rural areas and the installation of low-cost technologies for the treatment of surface water to be used as drinking water, resulted into a fifth case study, namely the development of a low-cost, reliable and easy to use system to treat water in the rural areas through combining and improving existing technologies. *Case V* emphasized on developing and introducing a method for making water drinkable for the rural communities.

As stated earlier the project aimed analyzing if the five technologies would be rejected prior to the introduction, partially or fully accepted, used or abandoned by the end-users; to identify the reasons for its rejection or use; to collect feedback from the end-users on the technology and the support given to the technology; and to derive enough information that would help elaborating a participatory iterative framework describing the dynamics of technology transfer in the field of soil and water in the rural areas of the Austro-Ecuadoriano. The research should also enable the scientists involved in the project to learn with, by and from the end-users and to create a working relationship in which people's priorities and values become more fully expressed in projects aimed at conserving and using the soil and water resources. It is expected that appropriate behaviour and attitudes will allow outsiders (the scientists) to establish rapport, convene, catalyse, facilitate, adapt, hand over the stick, watch, listen, learn and respect. Meanwhile, the end-users sense of empowerment grows as they map, model, diagram, interview, quantify, rank and score, inform and explain, show, discuss and analyse, plan, present and share their knowledge and experience with others. It is here, after all, that the sociologists in the project play an

1. PROTOS is a non-governmental organization (NGO) for development cooperation. PROTOS has specialized in drinking water, hygiene, sanitation and the use of water for agricultural purposes.

important role. The adaptation of the technology based on the farmer's perception has to be recorded, reported and communicated to the developers of the technology in such a way that the technologies (hardware and software) are correctly adapted.

5. Roadmap

Whereas the first project year helped in the mutual understanding of the language used by scientists and technicians (engineers and sociologists), learning reciprocally from each other's view, and strengthening the capacity for open-mindedness as a basis for constructive communication, in this year also considerable emphasis was given on analyzing the relevance of the five technologies and the feasibility of the introduction and the follow-up of these technologies, and the likelihood to derive from the surveys generic information related to the participatory and iterative process between designers and end-users of the technology.

To optimally address the technical and the social aspects that contribute to the introduction and use of new technologies or the rejection and incorrect use of those technologies mixed research teams were formed, consisting of scientists (engineers and sociologists), technicians and undergraduate students. Although the interdisciplinary composition of the teams contribute to complementary knowledge and skills, in some cases it was observed that it delayed the implementation process. Teams interacted directly with the end-users, which for Case I were the authorities of the Machángara River Basin, Case II the irrigation association or representatives of the farming community in charge of the operation and maintenance of the irrigation infrastructure, Cases III and IV individual farmers, and Case V staff of PROTOS and the community staff responsible for the distribution of potable water. For the project it was important that the end-users were people interested in the technology and with whom good communication

and a relationship of trust and commitment could be established.

Evaluation of the progress in project implementation after two years revealed that:

- (a) Having access to external counterparts who have power and the ability of providing complementary financial resources was experienced as very important, particular in the Cases I and V. The external actors neither did accept the research teams as partner nor the role they could play in making the technologies acceptable and more profitable. Apparently, the bigger the scale of intervention (a community, a river basin) teams ought to be more mature and experienced to be taken serious by the external counter partners. Teaming up personnel with enough competence (expertise and experience) and availability (economic conditions) in order that these teams have the ability to respond adequately to the clients' expectations is essential to win and consolidate the clients' cooperation.
- (b) In spite of a provisional definition some cases, in particular the Cases III, IV and V, were poorly delineated and no further definition was achieved after twelve months in terms of content (What problem are we dealing exactly with? What aspect need to be addressed?), in terms of actors involved (Who should make up the work team? When should the external actors be integrated? Why should the external actors be integrated?), and in terms of what need to be monitored? By lack of a clear addressing of these questions those cases became stagnant.
- (c) Good communication among the researchers from the technical and social area speaking different languages, working with different logics for problem resolution, belonging to research units with different organizational cultures and mechanisms for decision taking, is essential. Lack of communication and understanding of each others limitations and strengths handicaps active complementarities between scientific disciplines.
- (d) Research teams failed in meeting deadlines and the follow-up of planned activities. This and the

lack of adequate reporting were attributed to the lack of leadership and seniority within the teams. The problem seemed to be who in the team (engineer or sociologist) should coordinate activities. In addition, research teams did not always gave priority to the tasks they were supposed to fulfil. Previous resulted in the best case in a discontinuity in the carrying out of tasks, in the worst case even in a complete paralysis of the project.

At the end of the first year Case I (Integrated catchment management) was abandoned by lack of a clear definition of the problem, the low to moderate interest of the external partners (at the start of the project integrated catchment management in the Austro-Ecuatoriano was not high on the political agenda), the absence of hydrological data to analyze the hydrology of the river basin using mathematical models, and the time it would take to evolve from data collection, modelling to the development of a catchment water resources decision-support system. The objective of Case V (Potabilization of rural communities) was modified on the request of the external partner (PROTOS) and because of the lack of technical competence in the research team related to alternative low-cost systems for the treatment of surface water. The focus of this case study was shifted towards improving the accessibility of potable water supply, and this prompted a reconsideration of the relevance of this proposal. Given that no activities in this case study were developed, the case study was abandoned at the end of year two. Also in year one and two it became clear that analysis of the transfer of the technologies in Cases III and IV required farmer's fields in which the success of the introduction of those technologies (gated-pipe irrigation in furrows spaced on the basis of the field slope-soil type; low rate sprinkler systems; conservation of the physical and chemical soil fertility) could be analyzed. Due to the costs that would be involved in the field work and the budgetary limitations it was decided to merge both cases, i.e. combining the

water application technology with the soil conservation methods. This would reduce the number of farms and parcels in which the technology ought to be tested to be able deriving statistical meaningful results. The interaction with the farmers contacted for testing of the Cases III and IV learned that the farmers did not consider measures of soil conservation as a technology. It was realized that on the basis of a chemical analysis of the top soil, the crop rotation pattern and the type of farming the extension service would be able to formulate a suitable fertilizer/soil conservation package. Given the results obtained in a previous project on soil fertility and land conservation, project that was developed in close cooperation with the farmers, it was expected that the degree of adaptation of this technology in the current project would be minor and insufficient to retain Case IV as an independent case study. As a consequence it was decided to merge the Cases III and IV and focus the survey to the follow-up of the introduction and use of gated-pipes in sloping fields and low intensity sprinkler systems.

An additional problem encountered with respect to the monitoring of the introduction of alternative on-field irrigation systems was the low number of farms/field in which those alternative systems were applied. The reason for the low interest by the farming community was the investment cost of the hardware. The farmers hardly possess financial resources to purchase the irrigation hardware and without the availability of a simple credit system farmers would not be able to invest in irrigation infrastructure, notwithstanding farmers are aware and convinced that supplementary irrigation in the growing season is a rentable business. Therefore, in cooperation with a local NGO a credit system was established allowing the farmers to lend money for the installation of a low intensity sprinkler system. Farmers would repay the loan and the interest over three seasons. Thanks to this credit system several farmers installed in the

third year of the project a low intensity sprinkler system, which was followed and analyzed in the third and fourth project year. Due to the reason that no farmers could be motivated to invest in a gated-pipe system it was decided to drop this technology from Case III, and to focus on the application of low intensity sprinkler systems only.

Whereas the survey for the assessment how farmers would use and evaluate the benefits of the proposed irrigation technologies started late in the project, the research teams could fall back on a sufficient number of irrigation schemes in which the irrigation management software CERES was used and recently introduced. A protocol for the collection of data which would entail the advantages and disadvantages related to the setting up and use of CERES for the administrative management of the irrigation scheme was developed. The survey involved the interaction of the research team with staff of the irrigation association if a water user association was present or with representatives of the community farming the irrigation project. An important aspect considered in the survey was the collection of suggestions and observations which would result into an expansion and improvement of the software tool. The interaction

6. Conclusions

PROMAS and ACORDES two research groups of the UCuenca are both active in the field related to the conservation, the optimal planning, use and management of the soil and water resources in the the Austro-Ecuatoriano. Their focus and approach however are very different. PROMAS, based in an engineering faculty, primarily deals with the hardware and software development of technologies, whereas ACORDES with its roots in human sciences focuses activities on the institutional, organizational and management aspects that should facilitate the introduction and the correct use of new technologies, methods and procedures. Given that both research groups, for quite a period, cooperated with counter-partners of K.U.Leuven, it was not surprising that as time went on that the two research groups in Ecuador and Belgium would form a consortium for the formulation and execution of a project related to the field of soil and water, and in which they all were involved. The cooperation between different disciplines and research groups of the north and the south gave the right partner composition to study the pro's and contra's associated to the introduction and use of western based technologies in a developing environment and to examine if the feedback from the end-users would result into an adaptation of the technology, as to make the technology more apt to the local

conditions. Originally, it was foreseen to research the iterative adaptation process, if any, for a number of cases in the Austro-Ecuatoriano.

Due to the size of the research grant, the difficulties in finding complementary funding, and the complexity born by the working together between different scientific disciplines and between scientists and end-users, the number of cases studies were reduced at the end of year one from five to three case studies. In the second year, based on the experiences of the limited scope to further improve this technology in a participatory-iterative process it was decided not to retain further the soil tillage/fertility technology as a case study. A simple analysis of the chemical composition of the top layer of a farmer's field will tell the fertilizer package needed to maintain the nutritive composition of the soil, whereas the field conditions (slope, soil depth, and texture), the crop rotation and the mechanization level of the farmer will be conclusive for the tillage practice that best conserves the top soil. As such from year two the project focused on two technologies, respectively the introduction of gated-pipes and low intensity sprinklers at parcel/farm level and the use of the CERES administration management tool for community based irrigation schemes. Due to the fact that a sufficient number of farmers could not be convinced to invest in a gated-pipe system, this aspect was not further studied, reducing Case III to the evaluation of low intensity sprinkler systems only. The introduction and use of the on-parcel low intensity sprinkler technology and the project based administration management software on a number of projects was monitored by mixed teams, i.e. teams composed of researchers, undergraduate students and technicians with different background. The project itself consisted in measurements and surveys, workshops, data processing and interpretation, and the recording of the problems, respectively the advantages, encountered in working interdisciplinary, in the collection of feedback from the end-users, and the transfer of the feedback to the developers and how the feedback contributed to an adaptation of the studied technologies. The results of the research, i.e. the description of the technologies, the projects in which the technologies were followed, the interaction between the project partners and the end-users, and the experiences acquired with respect to the iterative adaptation of the studied technologies is fully described in the subsequent articles in this special issue of the university journal 'ANALES'.

In conclusion it can be stated that technology transfer to developing countries is very important because it allow those countries to benefit from the knowledge and expertises of the industrialized countries. Many examples world wide however revealed that the introductions of technologies without adaptation to the local conditions are often negatively perceived resulting ultimately in an abandoning of the technology. Transfer of technology to be successful ought to be more than just the transfer of a technology suitable for the northern hemisphere to the less developed world. Failures in the transfer of technologies are often due to the less favourable conditions in the less developed countries which are far more prone to risks. Secondly the institutions, public and private, that should support the introduction of new technologies, such as extension services, do not exist or are deficient in operation, and it are often the non-governmental organizations that take over the tasks of extension services for which they are not qualified.

To be successful, technology transfer necessitate careful planning, with clear and realistic objectives. The technology to transfer should be appropriate for the conditions to which the technology is transferred, as stated in previous paragraph. In addition the technology must be economically viable, socially acceptable, environment-friendly, consistent with household endowments, and relevant for the needs of the end-user. Since the appropriateness of technologies varies in time and space, technologies need to be open to adjust-

ment, changes and should be subject to evolution.

Furthermore, the transfer of technology means more than just the transfer of materials (**hardware**); it also includes a series of inter-related aspects which defines if the introduction of a technology is successful. Those aspects are the transfer of know-how (i.e. how to use the technology, also called the **software** of the technology), the formation of people that assist end-users in the proper use of the technology (**humanware**), and the mechanisms to provide credit, supply of spare parts, appropriate pricing, etc. (**orgaware**). Little attention in this project was devoted to the aspects of "humanware" and "orgaware"; the project's main focus was as stated limited to assess how hardware such as gated-pipes and low intensity sprinklers and the software CERES are received and used by the farmers and the water association, respectively, and if feedback from the end-users contributed to an adaptation of the technology. Also the financial means of the project did not allow exploring the needs and possible solutions that could be given in humanware and orgaware to support and facilitate the transfer of the studied technologies.



Daniela Espinoza^{1*}

Bert De Bièvre¹

Lucia Lupercio²

Guido Wyseure³

¹ Programa para el Manejo del Agua y del Suelo (PROMAS) Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador

² Intelligent Tracer Software Cia. Ltda., Quito, Ecuador

³ Department of Land Management and Economics Faculty of Bioscience Engineering Katholieke Universiteit Leuven, Belgium

*E-mail: da_niela@yahoo.com

Evolución tecnológica de un sistema informático para la administración de proyectos de riego



Resumen

CERES es un sistema informático que automatiza funciones administrativas de un proyecto de riego. Entre sus principales funcionalidades está el manejo de información de lotes y su mapa georeferenciado, mantenimiento de información de beneficiarios del riego, registro y control del cumplimiento de obligaciones, manejo de información cartográfica, generación de reportes. Lo más relevante de sus funcionalidades es la capacidad de relacionar información cartográfica con atributos.

El desarrollo de CERES se inicia en el Programa para el Manejo del Agua y del Suelo PROMAS Universidad de Cuenca, en el marco del proyecto "Manejo día a día de Proyectos de Riego en el Sur-Oriente Ecuatoriano" auspiciado por el Consejo Inter-Universitario Flamenco (VLIR) en el año de 1996. A partir de entonces, el sistema ha experimentado una amplia difusión y aceptación en la Sierra y Costa ecuatoriana y en el norte de Perú; el éxito se debe sobre todo a su adaptabilidad a las condiciones específicas de cada proyecto de riego.

Para la implementación de CERES en cada proyecto de riego se utiliza una metodología participativa, es decir involucra a personal de la administradora de riego con el fin de transferir paulatinamente la tecnología; de tal forma que haya una aceptación y apropiación por parte de los destinatarios. En base a esta metodología, se obtiene lo que denominamos el "paquete informático", que incluye un taller de recolección de requerimientos, la adaptación del software a las necesidades del proyecto de riego, la implantación del sistema en las oficinas de la administradora, talleres de capacitación en el uso de CERES y un periodo adecuado de mantenimiento y soporte.

Durante su ciclo de vida, CERES ha ido adaptándose a nuevas herramien-

tas para desarrollo de software surgidas a través de los años y, de manera similar incorpora componentes actualizados para mejorar las funcionalidades de su entorno gráfico, es decir evoluciona a un sistema cada vez más eficiente y mantiene la compatibilidad con modernas plataformas computacionales. Esta evolución tecnológica sumada a los nuevos requerimientos de usuarios familiarizados con el software, desemboca en una reingeniería del sistema, lo cual produce una nueva versión con muchas ventajas con respecto a su antecesor, sobre todo en lo referente a la arquitectura del software.

I. Introducción

El sistema informático para la administración de proyectos de riego, CERES, empieza a desarrollarse en el Programa para el Manejo del Agua y del Suelo PROMAS Universidad de Cuenca, enmarcado en el proyecto del Consejo Inter-Universitario Flamenca (VLIR), denominado "Manejo día a día de Proyectos de Riego en el Sur-Oriente Ecuatoriano", que se inicia en Mayo de 1996. Uno de los aportes importantes para el desarrollo de este sistema es la investigación realizada por Bert De Bièvre, que se describe ampliamente en su tesis doctoral (De Bièvre, 2002). El objetivo de CERES es asistir a una junta de regantes o al encargado de la administración de un sistema de riego en las funciones diarias del manejo de información. La necesidad de un producto con esta funcionalidad surgió luego de la transferencia de la administración y operación de los proyectos de riego a los usuarios por parte del gobierno, quien era el encargado hasta ese entonces.

La primera versión de CERES se desarrolla en cooperación con personal de la TUCAYTA, que es la organización encargada de administrar el proyecto de riego Patococha ubicado en la provincia de Cañar. Debido a esto, la funcionalidad de las versiones iniciales de CERES reflejan las condiciones y necesidades de manejo de información específicas de ese proyecto de riego. Algunas de estas condiciones y necesidades se mencionan a continuación:

- Lotes de terreno agrupados en módulos y éstos a su vez en comunidades.
- Cobro de riego y asistencia a mingas según rangos de área que posee cada familia.

- Imposición y cobro de multas y cuotas extraordinarias.
- Imposición y cobro de recargos por mora.
- Asignación de turnos de riego de acuerdo a tiempos asignados por módulo y al área de cada lote.
- Cierres de periodos anuales.
- Editor gráfico para la cartografía catastral
- Traducción al Kichua.

Este documento trata sobre la evolución que ha experimentado el software desde el inicio de su desarrollo en 1996, proceso que ha sido influenciado fuertemente por la interacción entre los programadores y los usuarios finales, que lo convierte en un sistema adaptado según la demanda. CERES se ha implementado en varios proyectos de riego del Ecuador y en dos juntas de usuarios del Perú. Debido a las diferentes necesidades de manejo de información de las entidades administradoras del riego, CERES tiene características diferentes y se ajusta a cada sistema en forma correspondiente.

Además, en este documento se explican las características específicas de los proyectos en los que ha sido implementado, además se profundiza en la retroalimentación de información obtenida de los usuarios, y en la forma en que esta retroalimentación influye en adaptaciones al software. Esto lleva a que CERES experimente cambios sustanciales. Es de esperar que la metodología participativa de implementación de CERES conduzca a continuos cambios en el sistema, de manera que se obtenga un producto más eficaz y universal.

2. Tecnología de inicio

El proyecto de riego Patococha fue el primero en el que se implementa CERES, por lo cual se constituye en la base para obtener requisitos funcionales de una administradora de riego. Para el desarrollo del sistema se estudian los procesos cotidianos que se llevan a cabo en la administradora. Estos procesos se los traduce como requerimientos funcionales a ser implementados en el sistema computacional, los mismos que se detallan a continuación (Lupercio y Espinoza, 2002):

2.1. Manejo de información de lotes o parcelas

Cuando se habla de administración de un proyecto de riego, en la mayoría de los casos un lote o parcela es la unidad fundamental. De esta unidad se manejan varios datos con propósitos informativos unos y para cálculos de valores otros.

2.2. Manejo de información de beneficiarios del riego

La administración de un proyecto de riego implica procesos que involucran a los beneficiarios del riego. Es importante para un administrador disponer de una base con datos personales de cada uno de los usuarios del sistema. En algunos casos es necesario contar con información de la estructura familiar debido a que existen ciertas obligaciones que se deben cumplir a ese nivel.

En el caso de los proyectos de riego del austro ecuatoriano, la información poblacional se maneja generalmente con base en el núcleo familiar, fundamentalmente padre y madre, quienes tienen características comunes, como el lugar de residencia.

Al manejar de esta manera, la información se estructura de forma tal, que un miembro de la familia cumple las funciones de representante, es decir, es la persona encargada de responder ante las obligaciones de la familia.

2.3. Cumplimiento de obligaciones.

Los administradores son los responsables de controlar el cumplimiento de obligaciones por parte de los usuarios del riego. Estas obligaciones se las puede clasificar en laborales y financieras. Las primeras hacen referencia a actividades como mingas, reuniones, asambleas, sesiones, etc.; para todas ellas los administradores necesitan establecer cronogramas, generar listados de usuarios participantes, definir el grado de importancia de la actividad, entre otros. Además, en la mayoría de los casos se fijan montos por concepto de multas en caso de incumplimiento.

Las obligaciones financieras tienen que ver con los valores a cobrar por consumo de agua, multas, contribuciones, cuotas extraordinarias, etc.

2.4. Manejo de información cartográfica

En la mayoría de los proyectos de riego se dispone de mapas catastrales analógicos; son contados los casos en los que existe información cartográfica en formato digital. De cualquier manera, esta información es de naturaleza dinámica ya sea por divisiones, debido a herencias o ventas; o por otros procesos como uniones de lotes. Tanto si se dispone de información analógica como digital, para la actualización de los mapas es necesario contar con personal técnico capacitado para realizar los levantamientos topográficos y el procesamiento de la información obtenida en dichos levantamientos.

2.5. Generación de reportes a partir de los datos disponibles

Las tareas diarias de un administrador de riego también incluye la obtención de listados de comunidades, de propietarios, de información de familias, de tarifas fijadas, etc. Además se tienen consultas en donde se combinan datos cartográficos con alfanuméricos.

Luego de determinar las tareas relacionadas con el

manejo de información en una administradora de riego, estas deben trasladarse a funcionalidades de CERES, de forma que se llegue a una automatización de los procesos con base en tecnología informática.

Cabe mencionar que una de las principales fortalezas de CERES consiste en que se trata de un software cuya funcionalidad, además de adaptarse a las necesidades de las administradoras de riego, se ajusta a sus costumbres y cultura.

2.6. Funcionalidades de CERES

CERES permite a las administradoras de riego realizar un manejo coordinado entre información alfanumérica e información cartográfica. Entre sus funcionalidades específicas tenemos las siguientes:

- Tareas administrativas
- Importar información desde archivos en formato DXF que contienen líneas y/o polilíneas, y visualizar el resultado de la importación.
- Relacionar información cartográfica con información alfanumérica.
- Un editor gráfico sencillo para actualización de la cartografía.
- Exportar mapas al formato DXF.
- Traducción al Kichua.

2.6.1. Tareas Administrativas

CERES provee las siguientes funcionalidades administrativas:

- Manejo de información de comunidades, sectores, módulos, etc.
- Manejo de la información de lotes de terreno.
- Manejo de la información de familias y personas.
- Asignación de lotes a sus propietarios.
- Cálculo de valores a cancelar por concepto de riego y generación de comprobantes de pago.
- Cálculo y aplicación de intereses y recargos por mora.
- Definición de mingas y sesiones, y registro y

control de asistencia a las mismas

- Respaldo y recuperación de la base de datos del sistema.
- Varios reportes.

Para implementar estas funcionalidades se requiere de varias reuniones con los futuros operadores, con el fin de obtener como resultado un sistema que ayude a cumplir con las tareas administrativas de un proyecto de riego en forma eficaz y ágil.

2.6.2. Importar y visualizar archivos en formato DXF que contienen líneas y/o polilíneas

La funcionalidad de importación de archivos en formato DXF que provee CERES, permite la integración de información cartográfica de lotes del proyecto de riego al sistema informático, a la vez que proporciona un medio de interacción con software CAD, al ser DXF un formato orientado al intercambio universal de datos.

En las versiones iniciales de CERES, el proceso de importación comprende un análisis minucioso de la estructura del formato DXF. Durante el análisis, CERES extrae y almacena en una base de datos las coordenadas geográficas de las líneas y polilíneas que encuentra en las diferentes capas del archivo DXF. Una vez terminado este proceso, es posible visualizar la información importada a través de interfaces propias de CERES.

CERES, en sus nuevas versiones, incorpora el manejo de archivos de formato Shapefiles, utilizando el componente MapObjects de ESRI (MapObjects Windows Edition, 2004), lo que permite integrar gran parte de la funcionalidad de ArcView en el desarrollo de software, facilitando en gran medida la implementación de los procesos de importación, edición gráfica y visualización descriptos.

2.6.3. Editor gráfico

Para que el módulo gráfico de CERES funcione adecuadamente, es necesario que la información

catastral digital sea previamente corregida, que los polígonos (lotes) se encuentren perfectamente delimitados, es decir que estén compuestos por líneas que forman un área cerrada, de tal manera que cada polígono pueda considerarse una entidad en sí misma y pueda ser relacionada con datos alfanuméricos.

Con frecuencia los mapas digitales contienen errores. Si se toma en consideración que las administradoras de riego no disponen de editores gráficos específicos; para evitar la pérdida de la información relacionada, se implementa un pequeño editor gráfico que provee de herramientas para ampliar y reducir la vista, seleccionar y dividir líneas y mover puntos, de tal forma que un mapa pueda procesarse y que posteriormente pueda ser relacionado con la información alfanumérica.

Para la implementación de estas herramientas se desarrolla una serie de algoritmos gráficos. En las versiones más recientes ya no se utilizan estos algoritmos debido a que esa funcionalidad la provee MapObjects.

2.6.4. Relacionar información cartográfica con información descriptiva

CERES permite relacionar cada polígono con sus atributos, por ejemplo cada lote con su propietario; de esta manera, se puede consultar la información descriptiva de cada lote utilizando el mapa apropiado. Además, se pueden obtener mapas con cada lote etiquetado con un atributo previamente seleccionado. Esta tarea se realiza relacionando directamente la tabla de datos descriptivos con la tabla geográfica que contiene la identificación de cada polígono en el mapa.

2.6.5. Actualización del catastro

Parte fundamental del sistema es la actualización de los catastros. Es frecuente la división de lotes por ventas, herencias, etc. En estos casos es necesario actualizar los datos de nuevos propietarios y fijar

los nuevos linderos.

Debido a esta necesidad, CERES incorpora un módulo de división de terrenos con herramientas para mostrar distancias, trazar y eliminar líneas de división de polígonos.

2.6.6. Exportar información cartográfica a archivos en formato DXF

CERES incluye la opción de exportar un mapa catastral al formato DXF, lo cual permite una interacción entre el sistema y software CAD, esto hace posible realizar un post procesamiento, utilizando la potencia de edición que este tipo de software incorpora. El mapa puede exportarse junto con sus etiquetas, las que corresponden a un atributo determinado de los lotes, por ejemplo, ID de lote, nombre del propietario, áreas, etc.

Cuando se visualizan los mapas catastrales en el CERES, es posible realizar modificaciones sobre los mismos utilizando el editor gráfico incorporado en el sistema. Una vez que se graban las modificaciones, se puede exportar en formato dxf incluyendo las actualizaciones; esto permite post-procesamientos en programas que utilicen este tipo de archivos. Además se pueden exportar ciertos atributos como: número de parcela, nombre del propietario, etc., que se están visualizando en el momento de efectuar esta operación.

2.6.7. Sistema bilingüe Español - Kichua

Uno de los aspectos de la filosofía de CERES es que no trata de imponerse a sus operadores, al contrario, intenta constituirse en una herramienta útil y ajustada a la comunidad en la cual se implanta, considera importante el factor cultural. La versión del proyecto Patococha incluye la traducción al Kichua. La traducción no solamente sirve para que los usuarios indígenas tengan más fácil acceso al programa; sino también para que la implementación de esta tecnología tenga una mayor aceptación y les permita utilizar

la tecnología conservando sus valores culturales como el lenguaje por ejemplo.

3. El paquete informático

La implementación de CERES se realiza con base a lo que denominamos "paquete informático", que consta de:

- Taller de Recolección y Análisis de Requerimientos
- Programación de Adaptaciones
- Instalación y Pruebas
- Capacitación
- Soporte durante un año

La recolección y análisis de requerimientos se realiza mediante un taller con la asistencia de todos los responsables del sistema, intermediarios - en caso de existir - directivos de la junta de regantes y futuros operadores del sistema. El objetivo del taller de recolección de requerimientos es explicitar todos los aspectos claves que debe incluir la funcionalidad de CERES, de acuerdo a las necesidades del proyecto de riego, además de involucrar a los usuarios en el proceso de desarrollo desde su inicio para que estas personas se sientan parte de la implementación y para obtener su colaboración a lo largo de todo el proceso. Este involucramiento permite considerar el factor social, lo que posibilita un mejor conocimiento de la realidad de la comunidad y por ende la comprensión de los requerimientos es más clara, lo que produce a su vez que las funcionalidades implementadas se ajusten mejor a las necesidades.

El desarrollador debe tener la capacidad de entender las diferentes estructuras del proyecto de riego y los requerimientos que surjan, para diseñarlos e implementarlos adecuadamente en un sistema informático.

Una vez establecidas claramente las funcionalidades, y acordadas con el administrador del proyecto de riego, se firma el documento que se denomina

"memoria técnica de requerimientos funcionales"; se realiza la programación de adaptaciones, lo cual genera una versión operacional inicial de CERES, conocida como prototipo, que a continuación es validada por los usuarios.

Luego de la validación, ajuste y aprobación del sistema, se prosigue con la fase de implantación y pruebas. Las pruebas se consideran una etapa importante dentro del proceso de implantación, por cuanto éstas dan un grado apropiado de confiabilidad al sistema, necesaria para su instalación definitiva.

La capacitación es un pilar fundamental en el proceso de implantación de CERES; es muy difícil operar un sistema de propósito tan específico sin una adecuada transferencia de conocimiento. Ésta se basa en explicaciones de los desarrolladores y realización de ejercicios y simulaciones por parte de los futuros operadores. El objetivo de esta tarea es proporcionar los conocimientos necesarios a los operadores para que puedan hacer uso del sistema con confianza y eficiencia, de forma que la administración del proyecto de riego se beneficie de todas las ventajas que provee CERES.

El objetivo del soporte es proporcionar al usuario respaldo y seguridad, sabe que cuenta en cualquier momento con personal técnico para asistirlo durante la operación del sistema. Este proceso debe llevarse a cabo dentro de una rigurosa planificación, la cual debe tomar en consideración plazos, mecanismos y otros aspectos, de forma que todas las condiciones estén claramente definidas tanto para los operadores, como para el personal encargado de proporcionar el servicio de soporte.

Uno de los efectos que se obtiene al trabajar con una metodología que considera la parte social y el involucramiento del usuario como actor fundamental, es que provoca actitudes positivas de las personas hacia el sistema, lo que propicia que colaboren decididamente durante todo el proceso de implementación. Todo este paquete informático para poner en fun-

cionamiento el CERES es construido en el marco del proyecto VLIR-4 cuyo objetivo es el desarrollo de una metodología genérica para la transferencia de tecnología. CERES ha constituido un caso de estudio de este proyecto ya que una metodología de desarrollo de software nos indica el camino para la construcción de un sistema informático por ejemplo, PDU Proceso Unificado de Desarrollo de Software (Jacobson I, Rumbaugh J, 2002), pero en la mayoría de los casos no menciona el proceso para una correcta recopilación de requerimientos ni la transferencia de la tecnología a los usuarios finales.

4. Evolución del CERES en distintos sistemas/ proyectos de riego

Debido a que CERES se elabora considerando características generales de manejo de información en proyectos de riego, tiene aceptación en varias administradoras ecuatorianas. En las siguientes tablas, se enlistan los proyectos de riego para los cuales se implementó CERES.

Tabla 1a: Proyectos de riego en los que se ha implantado CERES

| Proyecto | Ubicación | Provincia | Núm. de usuarios | Ha. bajo riego |
|---------------------------|--------------------|------------|------------------|----------------|
| Patococha | Sierra del Ecuador | Cañar | 1.726 | 971 |
| Licto | Sierra del Ecuador | Chimborazo | 5.427 | 1.858 |
| Chambo | Sierra del Ecuador | Chimborazo | 9.708 | 6.000 |
| Río Mashcón | Norte del Perú | Cajamarca | 2.213 | 1.773 |
| Río Chonta y Cajamarquino | Norte del Perú | Cajamarca | 4.122 | 3.470 |
| Cunuyacu | Sierra del Ecuador | Chimborazo | 5.599 | 6.170 |
| Chiquicahua | Sierra del Ecuador | Tungurahua | 2.459 | 6.170 |
| Toallo - Alobamba | Sierra del Ecuador | Tungurahua | 594 | 4.600 |
| Toallo - Comunidades | Sierra del Ecuador | Tungurahua | 1.740 | 1.440 |
| Coderech | Sierra del Ecuador | Chimborazo | 20.000 aprox. | 8.000 aprox. |
| San J. Bautista de Nabón | Sierra del Ecuador | Azuay | 931 | 188 |
| Manuel J. Calle | Costa del Ecuador | Cañar | 600 | 25.000 |

Tabla 1b: Proyectos de riego en los que se ha implantado CERES

| Proyecto | Núm. de lotes | Organización responsable | Estado |
|---------------------------|---------------|-----------------------------------------------------|-------------------|
| Patococha | 2.625 | TUCAYTA | En funcionamiento |
| Licto | 17.514 | Junta General de Usuarios | En funcionamiento |
| Chambo | 24.813 | Corporación de Regantes del Sistema de Riego Chambo | En funcionamiento |
| Río Mashcón | 2.606 | Junta de Usuarios de Río Mashcón | En funcionamiento |
| Río Chonta y Cajamarquino | 5.348 | Junta de Usuarios del Río Chonta y Cajamarquino | En funcionamiento |
| Cunuyacu | 12.000 | Junta de Usuarios - IEDECA | En funcionamiento |
| Chiquicahua | 1.150 | Junta de Usuarios - IEDECA | En funcionamiento |
| Toallo - Alobamba | 591 | Junta de Usuarios - IEDECA | En funcionamiento |
| Toallo - Comunidades | 1.079 | Junta de Usuarios - IEDECA | Desarrollo |
| CODERECH | 45.000 aprox. | CODERECH | En funcionamiento |
| San J. Bautista de Nabón | 1.475 | Junta General de Usuarios | Soporte |
| Manuel de J. Calle | | Asociación de Regantes de Manuel J. Calle | Desarrollo |

4.1. Proyecto de Riego Patococha - Cañar, Ecuador

La primera versión de CERES se instala en la Administradora de Riego TUCAYTA, organización cuyas funciones son, entre otras, la operación y mantenimiento del Proyecto de Riego Patococha. Un trabajo previo en el desarrollo de CERES se realiza en el marco del proyecto VLIRI - Manejo día a día de Proyectos de Riego en el Sur-Oriente Ecuatoriano. Posteriormente, cuando se da la interacción usuarios-tecnología y luego de obtener retroalimentación, se ve la necesidad de realizar algunas adaptaciones en CERES, para que se ajuste de mejor manera al manejo de la información en la TUCAYTA. Esta adaptación de CERES, además de introducir mejoras en su funcionalidad, incluye un factor de vital importancia para la apropiación y familiarización de los usuarios con el sistema. Es el hecho de considerar aspectos culturales como el idioma, esta versión cuenta con la posibilidad de mostrar la interfaz del sistema en Kichua, idioma propio de los beneficiarios del proyecto de riego y de los operadores del sistema.

4.2. Proyecto de Riego Licto - Chimborazo, Ecuador

Licto es una comunidad ubicada en la provincia del Chimborazo, en el centro de los Andes ecuatorianos. Está compuesta por 28 comunidades campesinas. Además es el nombre del centro poblado de la región, alrededor del cual están situadas las comunidades. En el proyecto de riego Licto se inicia la implementación de CERES con la firma del convenio en febrero de 1.999, luego se instala la primera versión del sistema. Esta versión incluye únicamente modificaciones generales de configuración con respecto al CERES de la TUCAYTA; no incluye la adaptación de otros aspectos del sistema, lo que origina nuevos requerimientos debido a la forma en que se maneja

la información por parte de la Junta de regantes de Licto.

Debido a que en el proyecto de riego Licto se utiliza un programa computacional para la administración; además de la adaptación e implantación se debe transferir la información del programa anterior e integrarla en CERES.

Dentro de la evolución de CERES, la implementación en el proyecto de riego Licto se considera un hecho clave para la difusión del sistema, debido a que en la región de la Sierra central se suscita interés en otras administradoras de riego como Chambo, IEDECA y CODERECH.

En Licto se realiza por primera ocasión el taller de recolección de requerimientos que luego pasará a ser parte fundamental de la Metodología Participativa para la Implementación del Software (Abril et al., 2005).

4.3. Proyecto de Riego Chambo - Chimborazo, Ecuador

El proyecto de riego Chambo es administrado por la Corporación de las Juntas de Regantes, constituida en 1.994. El proyecto consiste en un canal de 54 km de longitud con 35 túneles. Está dividido en 8 zonas las cuales se dividen a su vez en 82 juntas, que agrupan en total a cerca de 10.000 regantes pertenecientes a las poblaciones de Licto, Flores, San Luis, Yaruquies, Cubijies, Rosario, La Matriz, y Guano.

Para la Corporación de Regantes de Chambo, el manejo de la información resulta difícil por su gran volumen, razón por la cual es necesario utilizar una computadora para organizar e implementar procesos para los cálculos de valores a cobrar, consultas de información de usuarios, actualización de información de lotes, emisión de recibos, reportes de diferentes tipos, y otras tareas asociadas con la administración del proyecto de riego. Estos factores contribuyen al surgimiento de la necesidad de implantación de una

versión de CERES para Chambo.

El sistema proporciona las siguientes ventajas a la Corporación:

- Reemplazo de grandes listados en papel, los cuales contienen la información de 10.000 usuarios del sistema de riego, por una base de datos correctamente estructurada, lo que permite acceder a los datos y obtener información oportuna, constituyendo un ahorro de tiempo y otros recursos.
- Cobrar directamente en las oficinas de la Corporación a cada usuario.
- Emisión de reportes que permiten recaudar a los tesoreros de cada junta los valores por concepto de riego.
- Permite mantener la base de datos al día, mediante actualizaciones continuas.

El proceso de implementación de CERES en Chambo sufre de inconvenientes por rotaciones del personal dentro de la Corporación de Regantes.

4.4. Junta de Usuarios del Río Mashcón - Cajamarca, Perú

La implementación de CERES para las juntas de Usuarios del Perú resulta bastante novedosa por la forma de organización de las comunidades y la terminología utilizada; entre otros factores.

En la implementación de CERES para la junta del Río Mashcón y Río Chonta, se cuenta con las especificaciones claramente detalladas en un documento designado por ellos como "expediente técnico", el cual fue elaborado por personal de servicio de Cooperación Holandesa (SNV) que en ese momento presta asistencia técnica a las juntas

La tarea consiste en programar los requerimientos funcionales del CERES en base a las necesidades especificadas en el expediente técnico, de modo que el desarrollador residente en Ecuador, con este referente no "tenga ningún problema" al momento de la programación. En ningún momento se obtu-

vieron directamente los requerimientos por parte de los usuarios en el Perú.

En este expediente técnico se utiliza el término gestor para designar un conjunto de funcionalidades respecto a un tema específico. De acuerdo a esto, el expediente técnico requiere que CERES cuente con 9 gestores:

- Gestor del Padrón Agrícola, lo que en las otras versiones de CERES se denomina Padrón de Usuarios. Maneja datos descriptivos y permite producir listas con la información por usuario, de todas las personas empadronadas en cada una de las Comisiones de Regantes, de acuerdo a un formato propio establecido por la Junta de Usuarios,
- Gestor de la Tarifa de Agua,
- Gestor de los Roles de Riego,
- Gestor de Catastro,
- Registro de Resoluciones Administrativas,
- Registro de Descontentos y Sanciones,
- Inventario de Infraestructura de Riego,
- Registro de Mantenimiento de la Infraestructura de Riego, y
- Gestor de los Planes de Cultivo y Riego.

El sistema permite tener los 9 gestores abiertos simultáneamente, siendo posible alternar entre uno y otro, utilizando un mecanismo seguro que graba siempre las últimas actualizaciones de información realizadas.

Otro requerimiento es el uso de la palabra "operador" para referirse a la persona que utiliza CERES. No se usa la palabra usuario, para no crear confusiones con respecto a los usuarios del riego. Esta versión incluye los siguientes niveles de acceso para los operadores:

- *Técnico Operador*: Solo para buscar información y generar reportes,
- *Sectorista*: Puede acceder a las mismas opciones que un Técnico Operador. Además puede modificar tiempos de riego asignados a predios, número secuencial del predio para el riego, y área

efectivamente bajo riego,

- *Gerente Técnico*: El cual tiene acceso a todas las opciones del Sectorista y además puede modificar los datos de usuarios y predios,
- *Contadora*: Que solo puede modificar información contable, y
- *Administrador Principal*: El cual tiene acceso a todas las opciones del sistema.

CERES versión Río Mashcón, cuenta con módulos diferentes en su estructura y terminología, distinta con relación a las versiones del CERES implantadas en Ecuador. Estas diferencias se resumen a continuación:

- La versión de CERES almacena un historial de propietarios para cada predio.
- Se puede realizar mantenimiento de datos de los arrendatarios de lotes, vigilantes, etc. Además, es posible llevar un registro de las resoluciones administrativas - lo que constituye una novedad para CERES - y reclamos o descontentos de los usuarios.
- Esta versión de CERES mantiene un historial de pagos, lo cual facilita la consulta de cualquier planilla de años anteriores y los planes de cultivos.

4.5. Junta de Usuarios del Río Chonta y Cajamarquino - Cajamarca, Perú

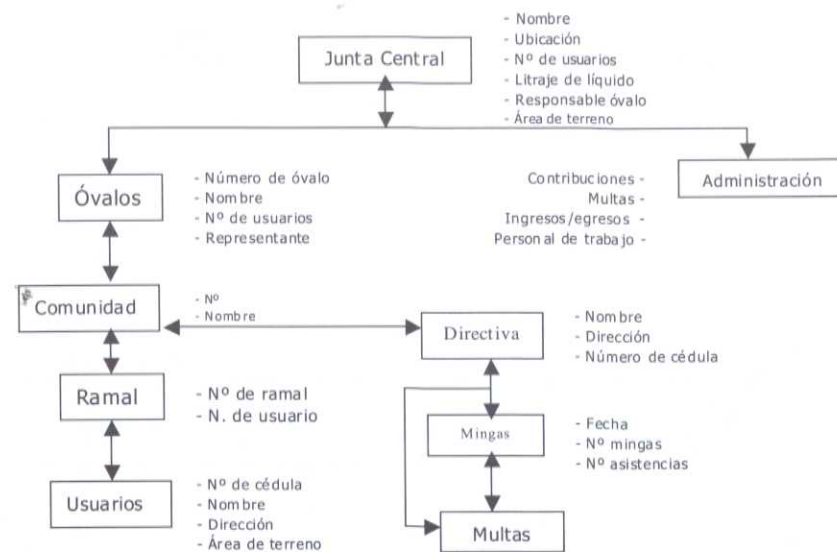


Figura 1: Organización del Sistema de Riego de Cunuyacu

4.7. Proyecto de Riego de Chiquichua - Tungurahua, Ecuador

La versión de CERES - Chiquichua es muy similar a la versión de Cunuyacu.

4.8. Proyecto de Riego de Toallo - Alobamba - Tungurahua, Ecuador

Alobamba es una parroquia del cantón Tisaleo que está ubicada a pocos kilómetros de Ambato. La organización de la junta de regantes de Alobamba utiliza el término ramal para indicar la agrupación de personas con fines administrativos. En este proyecto, el cumplimiento de obligaciones se registra y controla a nivel individual por usuario. El resto de características son similares a las de Cunuyacu.

Las versiones de los proyectos de riego auspiciados por IEDECA se implementan usando el "paquete informático", mencionado previamente.

4.9. Proyecto de Riego de Toallo - Comunidades - Tungurahua, Ecuador

La implementación en este proyecto sufre un retraso debido a que inicialmente la junta no cuenta con una organización adecuada. Luego de una fase de fortalecimiento organizacional en la junta, y de la adaptación y validación de CERES, se prevé instalar el sistema en los primeros meses del año 2006.

4.10. CODERECH - Chimborazo, Ecuador

CODERECH es una organización gubernamental que está encargada del manejo de tres proyectos de riego: Chambo, Licto y Quimiag. Debido a que la transferencia de administración y operación de estos proyectos de riego de parte del Estado a sus usuarios, se ha producido de manera parcial. El interés de funcionarios de CODERECH se suscita a

partir de conocer el funcionamiento de CERES en Licto. Producto de eso, se firma un convenio para la implementación de una versión de CERES que permita el manejo de los tres sistemas de riego en forma integrada. Esta versión se instala en las oficinas de CODERECH en noviembre de 2005, actualmente se encuentra en funcionamiento.

4.11. Proyecto de Riego San Juan Bautista de Nabón - Azuay, Ecuador

El área del cantón Nabón a la que sirve el proyecto de riego San Juan Bautista está conformada por 9 sectores. Esta versión de CERES se desarrolla enmarcada dentro de un proyecto de consultoría el cual incluye, además de la implantación del sistema, el levantamiento catastral, diseño del proyecto de riego y fortalecimiento organizacional.

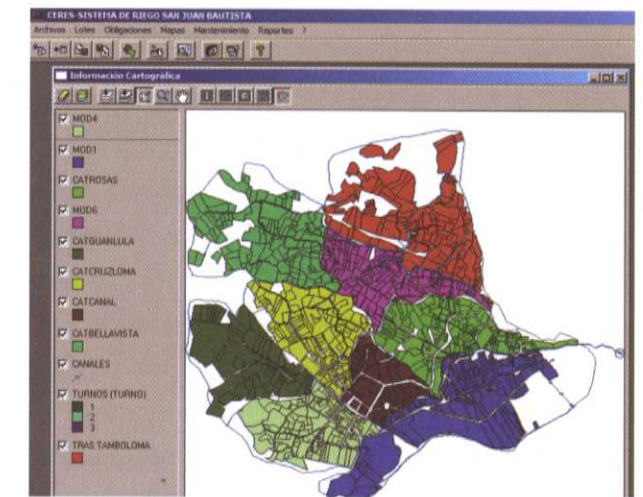


Figura 2: Módulo catastral gráfico de CERES versión SJB de Nabón

Es muy importante mencionar que el sistema de Riego San Juan Bautista de Nabón, implementa el sistema CERES siguiendo toda la metodología propuesta. Acorde a esta metodología se realiza el

taller de análisis de requerimientos, para obtener las especificaciones de este sistema e implantar su funcionalidad. La memoria técnica es aceptada por la directiva de la Junta de regantes, posteriormente se desarrolla el prototipo a ser validado por los usuarios. CERES, en la versión Nabón, se realizan cambios y avances notables, especialmente en la parte gráfica, incluye la herramienta MapObjects de ESRI como entorno para el desarrollo de esta funcionalidad en CERES. La figura 2 se puede ver el módulo gráfico de CERES.

Esta versión se implantó utilizando la modalidad denominada "llave en mano", es decir, se entrega el sistema con los datos y listo para utilizarlo. Los datos se obtuvieron del levantamiento catastral y se lo integró como un solo producto.

4.12. Proyecto de Riego Manuel J. Calle - Cañar, Ecuador

La versión de CERES para el proyecto de riego Manuel J. Calle se encuentra actualmente en fase de adaptación luego de haber validado el prototipo junto con la directiva de la Asociación de Regantes.

La implementación del CERES en Manuel J. Calle constituye un punto de vital interés por cuanto permite iniciar la difusión del CERES en la Costa ecuatoriana, y hace posible obtener los requerimientos funcionales de los sistemas de Riego directamente de los usuarios y no a través de intermediarios.

La versión Manuel J. Calle difiere en varios aspectos en cuanto al manejo de la información respecto de las otras versiones de CERES implantadas en la sierra ecuatoriana, citaremos los más importantes: modalidad de pago de agua por adelantado, mediante la celebración de un contrato por un año de riego, presencia de arrendatarios de lotes, personas que no pertenecen a la junta de regantes y por lo tanto no tienen derechos en las asambleas, sin embargo utilizan el agua del sistema de Riego.

5. Evolución de la plataforma de desarrollo

La primera versión de CERES se desarrolla en 1997, con el nombre de SIMAC-Sistema de Manejo y Actualización de Catastros (Lupericio y Espinoza, 1998), y utiliza el entorno de programación Visual Basic 4.0, el cual permite producir aplicaciones que operan sobre la plataforma Win32. Además proporciona un ambiente visual de trabajo, incorpora el uso de controles gráficos visuales como cuadros de texto, ventanas, menús, etc., para crear interfaces amigables para el usuario final. Para el manejo de la base de datos el sistema utiliza Access. Todo esto sobre el sistema operativo Windows 95, que es la versión disponible en este momento.

Posteriormente, Microsoft lanza al mercado la siguiente versión en sistemas operativos, Windows 98. Paralelamente se produce un avance en los entornos de desarrollo de software y aparece la herramienta Visual Basic 5.0 en el año 1998. Las versiones de CERES para Licto y Chambo, se desarrollan con esta plataforma, manteniendo la compatibilidad e incorporando ventajas a los nuevos sistemas. El gestor de base de datos que se utiliza es Access 97.

En el año 1999 aparece en el mercado ecuatoriano la versión 6.0 de Visual Basic, trasladándose a este nuevo entorno. En este ambiente de programación, se desarrollan las versiones de CERES para IEDECA (Alobamba, Cunuyacu, Chiquicahua, Toallo - Comunidades), Perú (Río Chonta y Río Mashcón), CODERECH, San Juan Bautista de Nabón y Manuel J. Calle; sin embargo, las versiones instaladas en otros proyectos de riego también migran a Visual Basic 6.0. De

igual manera CERES evoluciona de acuerdo al sistema operativo predominante en el medio, pasa por Windows 98, 2000 y XP. Esto con el objeto de avanzar a la par con la tecnología informática y hacer uso de todas las ventajas en ella incorporadas.

Las versiones iniciales de CERES utilizan complejos algoritmos para implementar la funcionalidad gráfica catastral en el sistema. La necesidad de utilizar estos algoritmos ya no existe, debido a la aparición en el mercado de nuevos componentes que facilitan el desarrollo de entornos gráficos como MapObjects de la casa ESRI, la cual permite incorporar la funcionalidad de un Sistema de Información Geográfica en un sistema informático como el estudiado en este artículo. Es así que en sus últimas versiones, CERES utiliza esta herramienta para proporcionar funciones gráficas catastrales.

Cabe hacer notar el avance tecnológico en lo que tiene que ver con la herramienta de generación de reportes utilizada en el sistema. En sus versiones iniciales, CERES hace uso de la versión 4.7 de la herramienta Crystal Reports de Seagate que viene incorporada con la herramienta de desarrollo Visual Basic. A inicios del 2005 se decide trasladar los reportes a la versión 8.5 de la herramienta mencionada (Crystal Reports Professional, 2005), lo que redundó en un incremento de flexibilidad y funcionalidad, al igual que en mejoras en cuanto a la interfaz de los reportes para el usuario.

5.1. Reingeniería de CERES

A lo largo de este proceso evolutivo experimentado por CERES se han detectado varios hechos,

los cuales han llevado a determinar la necesidad de hacer una reingeniería completa del sistema. Podemos mencionar los siguientes:

- Conforme crece la lista de implementaciones de CERES se incrementa el número de versiones distintas. En cada una de estas versiones existen requerimientos funcionales diferentes. Esto resulta en un aumento en el esfuerzo y otros recursos requeridos para el mantenimiento de las mismas.
- La estructura del sistema es, en primera instancia, monolítica; decir que incorpora toda su funcionalidad incluyendo la lógica del negocio, dentro de sus controles y formularios. Esta estructuración no cumple con las recomendaciones de desarrollo de software actuales, ni responde a un análisis funcional. Esta carencia de arquitectura genera problemas en la comprensión del código fuente y por lo tanto, en el mantenimiento y adaptación del sistema a nuevos requerimientos.
- La adaptación del sistema se ha realizado sin utilizar un enfoque estructurado. Esto desemboca en un producto poco estable difícil de mantener, además produce dependencia hacia la persona que realiza la adaptación, a su vez dificulta enormemente la transferencia del sistema hacia otros desarrolladores al no existir una adecuada documentación. En conclusión lo que se tiene como resultado es un sistema con una arquitectura desorganizada o casi inexistente, lo que hace que su mantenimiento sea una tarea muy compleja, que consume demasiados recursos.

Adicionalmente a estos aspectos y conforme a la filosofía de CERES, se determina la necesidad de utilizar el nuevo entorno de desarrollo lanzado por Microsoft, Visual Studio .Net. Esta herramienta permite producir sistemas informáticos con una estructura robusta y acorde a los conceptos más recientes de desarrollo de software, lo que la convierte en una solución

eficaz para los problemas de arquitectura que adolecía CERES.

Por todos estos hechos, se determina la necesidad de realizar una reingeniería del sistema, luego de la cual se obtienen los siguientes resultados:

- Determinación y estructuración de los conceptos inherentes al sistema.
- Reestructuración del sistema en módulos, que permite asociar funcionalidades según su naturaleza y propósito.
- Los dos ítems anteriores se resumen en un sistema altamente configurable y parametrizable, lo que soluciona el tema referente a la disparidad de requerimientos funcionales en cada proyecto de riego.
- Arquitectura de tres capas para eliminar la excesiva dependencia entre la interfaz de usuario, la lógica del negocio y el acceso a la base de datos.
- El nuevo sistema incorpora además, conceptos, tecnologías y metodologías modernas de la ingeniería de software, como es el diseño y desarrollo orientado a objetos sacando partido de las ventajas que estas presentan.
- Redocumentación del sistema con base en la nueva versión y en la revisión de las versiones anteriores.

Estos cambios en la arquitectura de CERES, producen a su vez las siguientes ventajas:

- Aumento de la estabilidad del sistema, se trata de un producto de software con una arquitectura robusta y fácilmente escalable.
- Reduce la cantidad de recursos que deben dedicarse para el mantenimiento y adaptación del sistema debido a su adecuada arquitectura y documentación.
- Poca dependencia entre las capas del sistema que lo hace adaptable a una gran variedad de entornos, plataformas y requerimientos.
- Buenas perspectivas de evolución de aquí en más, en cuanto a crecimiento y adaptabilidad a nuevos requerimientos y tecnologías.

Por todo lo mencionado, es evidente que estamos frente a un cambio en el rumbo de CERES, no en cuanto a su funcionalidad, la que siempre tendrá que adaptarse a los requerimientos particulares de cada proyecto de riego, sino con respecto a su arquitectura, que a mejorado en gran medida durante el proceso de reingeniería.

5.2. Arquitectura de la Nueva CERES

El Nuevo CERES es un sistema modular, orientado a objetos y estructurado en tres capas conceptualmente apiladas. En este modelo, cada capa inferior provee de servicios a la capa inmediatamente superior. Estas capas son las que se mencionan a continuación, listadas desde la "inferior" hacia "arriba" (Harbour, 1995):

- Capa de Datos: Comprende los procedimientos que tienen acceso y capacidad de modificación de la información almacenada en la base de datos. Esta capa es parametrizable, de manera que es posible utilizar cualquier motor de base de datos sin necesidad de realizar grandes cambios en el código fuente.
- Capa Lógica: Contiene toda la lógica de la aplicación, es decir la funcionalidad que provee CERES, especificada para cada proyecto de riego.
- Capa de Presentación: Contiene las interfaces o pantallas que permiten al usuario interactuar con las otras capas del sistema.

Las ventajas que traerá la reingeniería de CERES deberán ser evaluadas en el tiempo; como punto adicional diremos que contar con suficiente documentación, estructuración en capas y la posibilidad de configurar y pasar parámetros al sistema, genera beneficios invaluable para los desarrolladores.

6. Conclusiones

- Una de las principales fortalezas de CERES es que se trata de un sistema informático que se adapta a las necesidades y costumbres de cada administradora de riego.
- La filosofía de CERES es ir evolucionando y haciendo uso de las ventajas que ofrecen las tecnologías informáticas de vanguardia. Además, garantiza la compatibilidad con nuevas plataformas en un mundo tan dinámico como el de la computación.
- Uno de los factores que incide favorablemente en la aceptación que ha tenido el sistema, es el involucramiento de los futuros operadores durante el proceso de desarrollo. Esto produce una transferencia paulatina de la tecnología que, sumado a la capacitación correspondiente resulta en un operador familiarizado con el software, con la posibilidad de hacer uso eficiente del mismo, confiado e incentivado durante la realización de sus tareas dentro del sistema.
- Otra de las fortalezas de CERES es el uso de una metodología participativa de desarrollo de software, además del involucramiento de los futuros operadores como actores fundamentales, incluye otros aspectos como factores sociales, políticos, culturales, y la capacitación y el soporte que se ofrecen como parte del paquete informático.
- Se deduce de lo anterior que, la implementación de CERES en un proyecto de riego es un trabajo conjunto entre los desarrolladores de software y personal de la administradora del proyecto, ya que trata de mantener un contacto permanente entre todos los involucrados.
- En el proceso de recolección de requerimientos entra en juego habilidades de negociación, de forma que se delimite claramente los requerimientos funcionales de un sistema informático. Así se evita que el sistema se vuelva demasiado complejo y, posiblemente, subutilizado.
- En las primeras versiones de CERES (1997) no se utiliza una metodología formal para el desarrollo de software, aspecto que se fortalece con el proceso de reingeniería del CERES en el cual se utiliza la metodología del Proceso Unificado que se difunde en Ecuador por el año 2002 (Jacobson y Rumbaugh, 2000) y continua en evolución.

7. Recomendaciones

- Todo sistema informático debe contar con documentación precisa dirigida tanto a desarrolladores como a operadores. Cada manual que se genere deberá utilizar un lenguaje adecuado y objetivo para el nivel técnico-informático de sus lectores.
- Para un aprovechamiento óptimo del sistema, sus operadores deben tener claro además de aspectos relacionados con el uso de CERES, la forma en que funcionan los procesos que este automatiza, de manera que el software no sea más que una herramienta para cumplir con sus tareas en forma eficiente.
- El proceso de recolección de requerimientos debe hacerse con cuidado, de manera que se determinen con claridad las necesidades específicas que deben implementarse en el sistema. Incluso puede ser necesario un rediseño de procesos y tareas antes de incluirlos como funcionalidades en CERES.
- Antes de proceder a la entrega de un sistema informático, este debe someterse a pruebas diseñadas según las recomendaciones de la ingeniería de software. Esto garantizará la estabilidad del sistema y la confiabilidad de los operadores al cumplir con sus tareas.

- Las herramientas informáticas para que cumplan su función en una organización deben ser desarrolladas, implementadas y puestas en funcionamiento a través de un proceso sistemático que involucre diferentes aspectos que no necesariamente son abarcados por una disciplina específica, como por ejemplo para el desarrollo de CERES se ha utilizado la metodología informática de desarrollo de software y metodología participativa para el análisis, capacitación y validación del sistema.

Agradecimientos

La calidad y capacidad de CERES como se encuentra actualmente y su facilidad de uso para el usuario, son el resultado de la intensa y continua cooperación de los usuarios finales. Los autores quieren expresar su gratitud a los usuarios finales ya que sin su colaboración CERES no sería lo que hoy es. Además los autores reconocen la ayuda financiera recibida del proyecto VLIR-UDC y su iniciativa de innovación tecnológica a través del proyecto inicial: "Investigación para el manejo día a día de sistemas de riego".

REFERENCIAS

- Abril, F., D. Espinoza, M. Zhingri y A. Dewulf, 2005. Interacción entre comunidades de prácticas indígenas y universitarias crea conocimiento accionable para riego comunitario sostenible., Universidad de Cuenca.
- Abril, F. y L. Lupercio, 2002. Taller de recolección de requerimientos realizado en Cunuyacu del 14 de Junio de 2002.PROMAS-Universidad de Cuenca.
- Crystal Reports Professional, 2005, <http://www.businessobjects.com/products/>
- De Bièvre, B., 2002. Water demand-supply and administrative management in medium sized irrigation schemes in the Sierra of Ecuador, Tesis PhD, Katholieke Universiteit Leuven.
- ESRI, 2004. MapObjects Windows Edition, <http://www.esri-es.com/index.asp?pagina=231>.
- Harbour, J.L., 1995. Manual De Trabajo De Reingeniería De Procesos: Pasos prácticos para operar con más rapidez e inteligencia por medio de la mejora de los procesos, Panorama México.
- Jacobson, I. y J. Rumbaugh, 2000. El Proceso Unificado de Desarrollo de Software, Addison Wesley Publishing Company.
- Lupercio L. y M. Espinoza, 1998. Sistema de Manejo de Actualización de Catastros para Proyectos/Sistemas de Riego, Tesis de pre-grado Universidad de Cuenca.
- Lupercio, L. y M. Espinoza, 2002. CERES: El software y la administración de los proyectos de Riego, PROMAS - U. Cuenca.
- VLIR-4: Resumen del Proyecto de Investigación: Innovación Tecnológica Participativa para un Manejo Sustentable de Recursos Naturales, <http://PROMAS.ucuenc>



Diagnostic analysis of the Laka Laka irrigation scheme and CERES as management tool to improve the system operation



Abstract

The manuscript reviews briefly the irrigation software that developed in the wake of the privatization and the transfer of government run irrigation schemes to WUA, an evolution enhanced by the widespread introduction of computers in all sectors of the society. Irrigation operation and management software varies from simple to more complex tools, but most software was developed with the objective of calculating the irrigation schedule at parcel, farm or project level for various conditions of water availability and quality. Little software has been designed for the management of the administrative tasks of the WUA and the registration of project data throughout the irrigation season. CERES, stand-alone and tailor-made software written in Spanish and Quechua, was developed for and with the assistance of WUA's in the Andes mountain range. The main feature of CERES is the storage of geo-referenced and other project information in relational databases, and its capacity to query and process the information as basis for the planning and operation of the irrigation, and the reporting of the past irrigation season. Analysis of the mode of operation and management of the Laka Laka irrigation scheme in the Valley of Cochabamba, Bolivia, reveals that the past and current decision-making is often faulty, primarily because decisions are based on subjective non verified information. In 2003 and 2004 all project data required to run the CERES software was collected and stored in CERES database system. Although CERES does not contain a module for the computation of the irrigation timing, the analysis of the water balance of the water supply reservoir, and the storage and reporting of the irrigation flows delivered to the irrigation units and subunits during the irrigation season, the authors believe that CERES will be a very useful tool and help the Laka Laka WUA to improve the plan-

¹ Department of Land Management and Economics
Faculty of Bioscience Engineering
Katholieke Universiteit
Leuven, Belgium

* E-mail: fcarrera@yahoo.co.uk

² Programa para el Manejo del Agua y del Suelo
Universidad de Cuenca,
Ecuador

ning, operation and follow-up of the irrigation. Previous is also due to the fact that the data required for the computation of the irrigation timing, which are updated in CERES, easily can be extracted and transferred to spreadsheet-based or more complex software. Unfortunately until today, CERES was not yet used by the Laka Laka WUA largely as a result of the political inspired change of the president of the General Assembly, with the consequent change of the members in the Irrigation Committee, who voluntarily participated in the data collection phase, and who were very much motivated to use CERES as support tool.

1. Introduction

Improving irrigation water management, in order to increase productivity and minimize adverse effects such as waterlogging and salinization, is one of the main contemporary issues in irrigated agriculture. A considerable effort is being made to improve irrigation operations and reduce costs. Society in general and water user associations, particularly where they have to bear the cost of irrigation, are demanding that irrigation become more cost-effective. Hence water services have to be better matched with the cost of operation and maintenance.

While the structural infrastructure for irrigation, comprising of reservoirs, canal networks, drainage works, and delivery systems, is created at a huge financial investment, a commensurate effort on the operation and management is according to Mujumdar (2002) as vital for efficient water use. However, governments already straining under fiscal deficits often find themselves unable to meet the costs of adequately operating, maintaining, rehabilitating, and upgrading the many public systems. The limited public resources led in the mid-1990s to the transfer of on-farm operation and maintenance responsibility to Water User Associations (WUA). In the most extreme case governments even transferred the public systems entirely to the private sector. The main driving force for the governments to privatize the public irrigation systems was to relieve the public sector from funding and subsidizing irrigation operation and maintenance. However, since the responsibility of operation, management and rehabilitation has been turned to the WUA it has been noticed that

many systems degraded because the WUA were not prepared to run the systems. The WUA were in general formed many years after the construction, and the farmers were neither involved in the process leading to the design and construction of the irrigation system, nor have they been trained to operate and manage a system which exceeds the boundaries of their day-to-day operation environment. In order to function, the WUA need competent irrigation staff, and operational and maintenance equipment, which in most cases they can not afford, leading to the rapid deterioration of the existing irrigation infrastructure.

As Martinez-Lagunes and Rodríguez-Tirado (1998) stated the transfer of the operation and management of irrigation schemes from government to WUA does not go without problems. When governments and WUA are unable to mobilize adequate resources the condition of infrastructure and the quality of water services starts declining (Yercan, 2003). It is recognized that privatization of schemes, by the failing of the public sector, makes the system operation and management more vulnerable (Thomas-Slayter, 1994). Therefore, participatory irrigation management is increasingly viewed as a means to improve the performance of irrigation investments. According to Vermillion (1994) improvement of the operation and management of privatized irrigation schemes requires the underwriting of the following five elements:

- 1) clear and sustainable water rights are accorded to users, at an individual or group level;
- 2) the irrigation infrastructure should be compatible with the water rights allocated and with local

- management capacity;
- 3) clear and recognized responsibilities and authority are vested in the managing organizations;
- 4) adequate financial and human resources exist to operate and maintain the infrastructure and the managing organizations; and
- 5) there is transparent accountability of, and supporting incentives for, the managing entities.

With respect to the operation, management and administration of non-public irrigation schemes distinction can be made between several types of management (Maass and Anderson, 1986; Sargodoy *et al.*, 1986; Hunt, 1988; Pradhan, 1989; Yoder, 1994a; Svendsen and Vermilion, 1995; and Merry, 1996). On the one hand, those cases in which specialized staff for the administration, operation and management of the irrigation system are hired by the WUA. The other extreme are those cases in which the farmers themselves carry out the fundamental tasks of irrigation. Whatever management system in place it is essential that the WUA staff is adequately trained or receives advisory services and is able of obtaining grants to finance the purchase of irrigation operation and maintenance equipment and to pilot rehabilitation of irrigation infrastructure. Previous is considered as essential to achieve efficient and sustainable utilization of irrigation systems contributing to improved agricultural productivity. Increasing water use efficiency (Bos and Wolters, 1990) and a higher agricultural output per unit volume of irrigation water requires taking into account the partial or full cost of water and the way to achieve this goal inevitably leads to some form of water pricing. Of course if the price is not correctly set it is not unlikely that a fraction of farmers decide to sell their water rights to other farmers who can afford buying additional water shares with which they can expand their exploitation, or simple sell their water rights to the urban or industrial sector, economic sectors with higher revenue (Renzetti, 2002).

Water policy makers and economists are far from

agreeing on what constitutes the right price of water in any given circumstance and how this price is to be charged (Yang *et al.*, 2003). For the irrigated agricultural sector to be rentable and secure future food supply a correct price setting for water is essential. The revenue should remain for the farmers sufficiently attractive to continue and expand their business, and the price to be paid by the irrigators for irrigation water should be such that the fixed and/or the variable costs are fully or partially covered. The wide variety of irrigation water pricing observed worldwide (Johansson *et al.*, 2002) reflects the variability in physical conditions (climate, soil properties and water scarcity), in culture and institutional setting, and in the criteria that underlie water allocation. The price setting (Dinar and Mody, 2004) is affected culturally, since in regions water resources are often perceived as an essential, common and free resource whose use should benefit the public at large. Questions such as "Should income distribution criteria be considered in the setting of the water price?", and "How should the well-being of future generations be reflected in current water prices?" will not be addressed in this paper. It is evident that for the good functioning of irrigation systems, how large or how small the system might be, the users pay a water charge, consisting of a basic water fee and a supplement proportional to the volume of water used, which yields a sufficient income for the WUA to finance the system operation, management and maintenance.

Independent of the management system in place the decision making process, as stated by Ritchie *et al.* (1978), requires the availability of updated project information related to water availability, the spatial and temporal variation of the water demand, and the status of the hydraulic infrastructure including the control and diversion structures. Unbalance between the supply and demand results in untimely water deliveries, inadequate amount of water or unreliability of water supply, i.e. results in poor services to the

farmers who in response are not inclined to pay the water duties. Also for the setting of the water price information needs to be collected during the irrigation season, including the volume of water consumed by each farmer.

Although irrigators in the developing countries technologically are lagging behind their colleagues in the developed world, low cost ICT applications can assist the management team with the system administration, the planning at the beginning of the irrigation season, the system operation, the determination of the water price, including among other activities the follow-up of the collection of the water charges. A wide variety of interactive information systems for the storage and handling of project data exist. Such a system helps engineers, agriculturalists, and irrigation managers at the project level and higher to better understand water needs at the farm level and to develop schedules, operating procedures and timely maintenance to maximize the benefits of the irrigation. In farmer controlled systems with low budget and staffing the information system should execute as many tasks as possible, including the administration of the system operation and management. Data and elementary computational modules should allow conducting a simple economic analysis to determine the cost of service provision and volumetric water pricing, the need and cost for maintenance, rehabilitation and modernization of the irrigation and drainage infrastructure (Rao *et al.*, 2000; Gonzalez, 2002). The information system ought to be well structured and transparent so that with a minimum of effort administrative staff can derive a variety of reports which helps the policy-making body taking the measures that enable the farmers to meet the expectations envisioned at the planning and design stages.

Following a brief review of interactive information systems used for irrigation management, the manuscripts illustrates how with simple tailor-made software the administration and management of

farmer operated low-cost irrigation schemes in the developing countries could be improved. The paper does not deal with the operational aspect since this is strongly controlled by the status of the physical infrastructure of the system, traditionally implemented in the past by the government with international aid, and the availability and status of hydraulic structures for the control and the diversion of water flows. The potential of software is illustrated using the Laka Laka irrigation scheme, situated in the Valley of Cochabamba, Bolivia, as study case. The irrigation system is typical for the Andean region consisting of a mosaic of small parcels, belonging to many users, fed from a reservoir, labor intensive, and run by a WUA of which the staff has little to no experience with system operation and management. The irrigation systems in the Andean region, as elsewhere, followed the worldwide trend of the transfer of the management of the irrigation systems from government administration to the hands of the users (Arredondo and Wilson, 2004).

Following a detailed description of the Laka Laka irrigation scheme a diagnosis is made of the operation and management of the system using observations from the irrigation seasons 1997 till 2004. This analysis yielded the information that allows predicting the potential and limitations of the CERES software (De Bièvre, 2002) with respect to the improvement of the administration and management of the Laka Laka irrigation scheme. Data to run the CERES software were collected within the frame of this study, and enables the WUA of the Laka Laka irrigation scheme to use CERES for the day-to-day administration of the project and system management. The only limiting factor why the CERES software is not yet being used is the lack of a political decision by the board of governors of the WUA, a decision not only controlled by the users but strongly influenced by local and national politics.

2. Information tools for irrigation administration and system management

The transfer over the last 30 years of the management of irrigation schemes from government agencies to farmer or local management, non-governmental organizations enhanced the development of tools to assist the in general less skilled personnel with the operation and management of the irrigation scheme (Vermillion, 1997). In the process of irrigation operation and management transfer, the water stakeholders are expected to assume functions for which they were not trained. Those functions can include the management of the water supply, maintenance of the hydraulic network, scheme financial management and water pricing (De Nys, 2004). Given the structure and moderate to small size of the irrigation schemes in the Andean region the management primarily reduces to the management at secondary and tertiary level. The irrigation tools, software and models as an aid to system operation and management are plentiful, and can be classified into the following four classes: (i) tools aiming at the integrated management of irrigation systems; (ii) software for the optimization of irrigated crop production and achievement of equity distribution; (iii) models for the simulation of the water flow in the water delivery infrastructure; and (iv) tools for the automatic processing of the administrative and financial aspects of project management. Sometimes, tools do address several functions. The basic objective of models and software under the integrated management of irrigation systems is to give assistance in the integrated management of tasks facing the irrigation system managers (FAO, 1994).

The focus of the tools is either on the basin, tertiary or system level. Software addressing the management at tertiary level traditionally simulates the surface and subsurface hydrologic processes to assist in matching water demand and availability [MODSIM-DSS

(Labadie and Baldo, 2000) and RIBASIM (Delft Hydraulics, 2004)]. Those tools analyze the water balance at field and farm level or group of farms [CROPWAT (Smith, 1992), ISAREG (Teixeira and Pereira, 1992), IRRICEEP (Paulo *et al.*, 1993), RIWAP (Murty and Sriramany, 1994), SALTMOD (Oosterbaan, 2002), SALTMED (Ragab, 2002), SWAGMAN (Meyer and Khan, 2000), BUDGET (Raes, 2003), ISIM (George *et al.*, 2003), among other software] as basis for the scheduling of the irrigation either under full- or deficit-irrigation, and as a function of the quality of the irrigation water should built-up of salinity in the soil profile over the growing season be a problem.

There are also the management information systems (MIS), which use to store data to simulate on-farm irrigation scheduling and operation at system level. Those tools normally provide useful information to support in addition to irrigation scheduling other project activities such as the control of operation and maintenance activities and costs, the estimation of water fees and the calculation of crop production at farm and system level. Examples of MIS' are SIMIS (Sagardoy and Hatcho, 1994), WADI (De Nys, 2004) and WATERS (Merkley, 2005a). Models that optimize irrigated crop production and achieve equity in water distribution normally use linear programming techniques to optimize water use and allocation with cropping pattern, agricultural output and canal system demand, such as SIMIS in conjunction with MILP (Bellostas, 1994), GAMS (Bhutta, 1994; Zhenmin, 1994; and Bader (2004) and MOPECO (Alvarez *et al.*, 2004).

Hydraulic models include steady-state canal hydraulic software, such as the STEADY software (Merkley, 2005b), and general purpose tools simulating unsteady water flow in open channels, including the flow of water in the network regulation structures such as gates, weirs and divisors. The latter tools, among them the ICSS4 (Manz and Schaalje, 1994),

SIMWAT (Manzanera and Querner, 1994), SIC (Kosuth, 1994) and MIKE-11 (Havnø *et al.*, 1995), involve solving numerically for the given network geometry and the boundary conditions at the inlet and outlet of the network the Saint Venant equation (Chow, 1959).

Specific tools for the handling of the administrative and financial management of schemes are less developed, and require in general an external or built-in geographic information system for the handling of the spatially distributed parcel, group of parcels, farmer and water right information. Several GIS-based modules and extension of models were developed (Rao *et al.*, 2000; Todorovic and Steduto, 2003) which in most cases given the specific handling of geographic information (such as topographic and soil data, climate data and land use information in addition to the geometrical pattern of parcels and the layout of the water distribution infrastructure) require the support of trained staff in ITC. The introduction of GIS-based functionalities in irrigation management tools at the one hand widens considerably the potentiality of the software, but at the other hand might be a burden for low level trained staff and irrigation associations that do not have the financial resources of hiring skilled personnel.

PROMAS¹ of the Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador, with the financial assistance of the University Development Cooperation division of the Flemish Interuniversity Council, developed in 1997 a low cost tailor-made MIS with as major tasks the administrative, social and financial management of medium sized irrigation schemes, typical for the Austro-Ecuatoriano (South-Eastern rim of the Andes mountain range in Ecuador). The MIS, called CERES, contains a simplified built-in module for the processing of geo-referenced data, which only contain those geographical functions irrigation staff

¹ PROMAS: Programa para el Manejo del Agua y del Suelo

need for the day-to-day administrative and financial management of their irrigation scheme. CERES was developed to assist the irrigation association, consisting of farmers, with the daily administration and operation of the irrigation infrastructure. The software is a tailor-made, menu-driven closed system, developed in close cooperation with the end-users. CERES was improved over the years based on the feedback of farmers and the few irrigation associations that tested the software, and with time modifications and new administrative, social and financial functionalities were included. In fact when an irrigation association decides to introduce the CERES software in support of the system operation and management the software designers organize several working sessions with the users as to accommodate the specific requirements of the scheme.

3. Functionalities in CERES

CERES, a MIS for Andean irrigation schemes, facilitates the management of information related to the administrative, social and financial issues of irrigation systems. Specific activities of CERES are the processing, management and follow-up of parcel related information which ranges from the identification of the farmer/user, land tenure, water rights, crops cultivated, the collection of the water fee, the follow-up of payments by farmers, the participation of farmers in the maintenance of the secondary and primary system, the engagement of farmers in community activities, etc. The software was completely developed in Visual Basic, including the graphical and GIS related tasks (De Bièvre, 2002). Besides the different type of data (tables and map layers) used, the software can be modified according to the specification of the irrigation scheme and its management characteristics. In general, table information contains farmers' related attributes, such as name, coordinates, members in the family, number of parcels, identification number and size per parcel owned or cultivated,

water rights associated to the farmer or the parcel, among other administrative information. With this type of information a relational database structure is constructed matching the irrigation system characteristics and the administrative management. Map information is directly related to the geometric properties of the parcels, the spatial location of the parcels in the irrigation scheme, the geometry of the water supply system including the properties of the control and division structures. Quantitative and qualitative information collected on paper can be entered the first time in a spreadsheet environment, and thereafter automatically transferred to the databases in CERES. Similarly, map information can be digitized outside CERES, but the digitized geographical information can be read and processed by CERES. The GIS functionalities of CERES permit to link the data information to the various maps, and vice versa the information to the various map layers to the data information. In addition, CERES enables on-line the updating of the cadastre map when parcels are merged, split or transferred to other end-users. No external software is required to execute those functions. Another important aspect of CERES is that the parcel information can be exported to a spreadsheet or other external software for the computation of the irrigation schedule given that the climate, the crop rotation, the soil type, the availability of irrigation water (full- and deficit-irrigation) and type of irrigation system are known. The output of the externally processed information can be input in CERES and be presented in maps using the cadastre map of the parcels as basis. An additional advantage is that the information can be processed in a statistical way and that the results can be presented in summary type tables and reports.

The MIS is also capable to calculate the amount farmers owe to the irrigation administration. The fee can be fixed, depend on the irrigated area or be a combination of both. Interests can be charged for

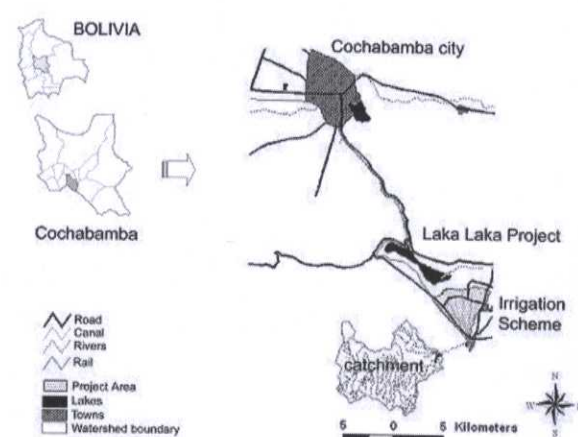
delays in paying and the possibility exists to include any special payment, decided upon by the irrigation association. The fees can be paid on an annual or monthly basis or in general for a period of n months. On the basis of the land tenure data in the MIS the software package calculates automatically the total bill for a farmer owning several parcels. Charges can be calculated per field, per farmer, per module or for the whole project. When the land tenure data are not available the MIS can assign a water right, which enables the farmer to irrigate a certain number of hectares. This right can be transferred or sold to another farmer. Fees are calculated on the basis of the water rights allocated. The billing module of the program is very flexible, which allows its application in a wide variety of water fees charging traditions. Additionally the system can keep track of other obligations of farmers established by the irrigation authority, such as presence at community work for maintenance (known as "minga" in the Andes region) and meetings. Rules can be incorporated to exclude from water delivery farmers who do not fulfill their obligations. Last but not least CERES allows the production of seasonal or annual summary tables with respect to the water consumption per parcel or group of parcels or as a function of land use. Furthermore, the post datum reconstruction of the gross financial revenue and water use by the different actors, integrated over the scheme, provides useful information for the adjustment of the irrigation strategy.

4. Description of the Laka Laka irrigation scheme

The Laka Laka irrigation project is located in a semi-arid Inter-Andean depression 40 km south west of the city of Cochabamba, being the capital of the department named after the city. The bottom of the depression is situated at an elevation of 2500 m a.m.s.l., whereas the surrounding mountain range

stretches to 5000 m (Fig. 1). The irrigation season is from July 1 till March 31, and overlaps with the rainy season which is from November through March. The average rainfall in the irrigation season amounts 450 mm and the reference evapotranspiration 1800 mm, causing an average seasonal deficit of 1350 mm. Cloudiness and relative humidity are low, and the average daily maximum and minimum temperature are 30°C and -4.9°C, respectively.

Figure 1: Study area in central part of Bolivia



The irrigation project which originally was designed as a multipurpose project, providing drinking water to the nearby town of Tarata and irrigation water to the Laka Laka irrigation scheme, was developed in the period 1984-1993 with the assistance of the Canadian bilateral aid. The relative long period included the planning, design, the search for funding, and the construction of the dam and the irrigation infrastructure. Due to the heavy sediment load of the runoff water and the consequently high cost to convert the runoff water into potable water meeting drinking water standards, today the water diverted to the town is only used for the irrigation of small gardens. The irrigation project has a gross area of 1800 ha and the reservoir upstream of the irrigation scheme has a storage capacity of 2,6 million cubic meters. The infrastructure comprises in addition to a

massive concrete gravity dam, height 31 m, on a rock foundation, a canal network of which the lead canal, being roughly 10 km long, is lined with concrete and the remaining 70 km are unlined earthen canals with irregular cross-section (Amurrio, 1997).

The catchment feeding the reservoir measures 58 km², of which the central part is characterized by alluvial and colluvial material deposited during the geological period of the Quaternary, with altitudes ranging from 2800 to 3100 m a.m.s.l. The surrounding landscape is mainly rangeland characterized by steep slopes and exposed bedrock of the Ordovician age, dominantly limonite micas. The altitude varies from 3100 to 3600 m a.m.s.l. Due to the erodibility of the catchment soil, the sparse vegetative cover and the intensity of storms, quite a large volume of minerals are deposited in the reservoir requiring the annual flushing of the reservoir in December, at the end of the first quarter of the rainy season. As a consequence of the flushing which is needed to reduce the reservoir's death volume, a considerable fraction of the effective rainfall collected in the reservoir is flushed through the water supply system, putting a mortgage on the available volume of irrigation water the period following the flushing. Flushing is not standard applied annually, but depends from the estimated wetness of the rainfall season. If the rainy season is estimated to be dry almost no flushing is applied. Table 1 depicts the annual water balance of the reservoir for the period 1997-2003. The water balance was reconstructed on the basis of daily measured water levels and the bathymetry of the bottom of the reservoir, which was executed 6 times in the observation period. The data in Table 1 reveal that the average runoff volume equals 4,88 million m³, the average flush volume is estimated at 3,09 million m³, and the gross volume for irrigation at 1,87 million m³, representing only 38% of the total runoff volume. The volumes vary strongly from year to year as a consequence of the dryness of the climate and

the errors in the measurements used in the estimation of the respective volumes. Analysis of the reservoir bathymetry yields an average sediment production of the 0.024 to 0.031 tonnes/ha, and an increase in the death volume of the reservoir of 2,5% per year, corresponding to a total increase of 17,5% in the period 1997-2003. The increase of the death volume clearly indicates that the annual flushing of the reservoir, end of December the beginning of January, is very irregular and inefficient, removing the sediments in the gullies created by the flushing water, leaving the sediments which accumulated at the border of the reservoir. It is estimated that since the commencement of the project in 1993 the net storage of the reservoir decreased from 2,6 million m³ to 1,75 million m³. If the sedimentation and the flushing continues at the same rate as observed in the past it is to be expected that the reservoir will be completely filled with sediments in 2032; suggesting that the total lifetime of the reservoir will be 40 years. The volume of sediments entering annually the reservoir is estimated at 112.000 m³ of which roughly 42% is removed by flushing, resulting in a net annual accumulation of nearly 65.000 m³.

Table 1: Annual water balance of the Laka Laka reservoir

| Year | Runoff volume (m ³) | Irrigation volume (m ³) | Flush volume (m ³) |
|------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| 1997 | - | 2,322,104 | - |
| 1998 | 1,859,145 | 803,096 | 1,056,049 |
| 1999 | 6,243,480 | 2,411,327 | 3,832,154 |
| 2000 | 3,532,457 | 994,439 | 2,538,018 |
| 2001 | 7,066,609 | 2,298,995 | 4,767,613 |
| 2002 | 3,334,616 | 2,072,372 | 1,262,244 |
| 2003 | 7,241,567 | 2,184,593 | 5,056,974 |
| Mean | 4,879,646 | 1,869,561 | 3,085,509 |

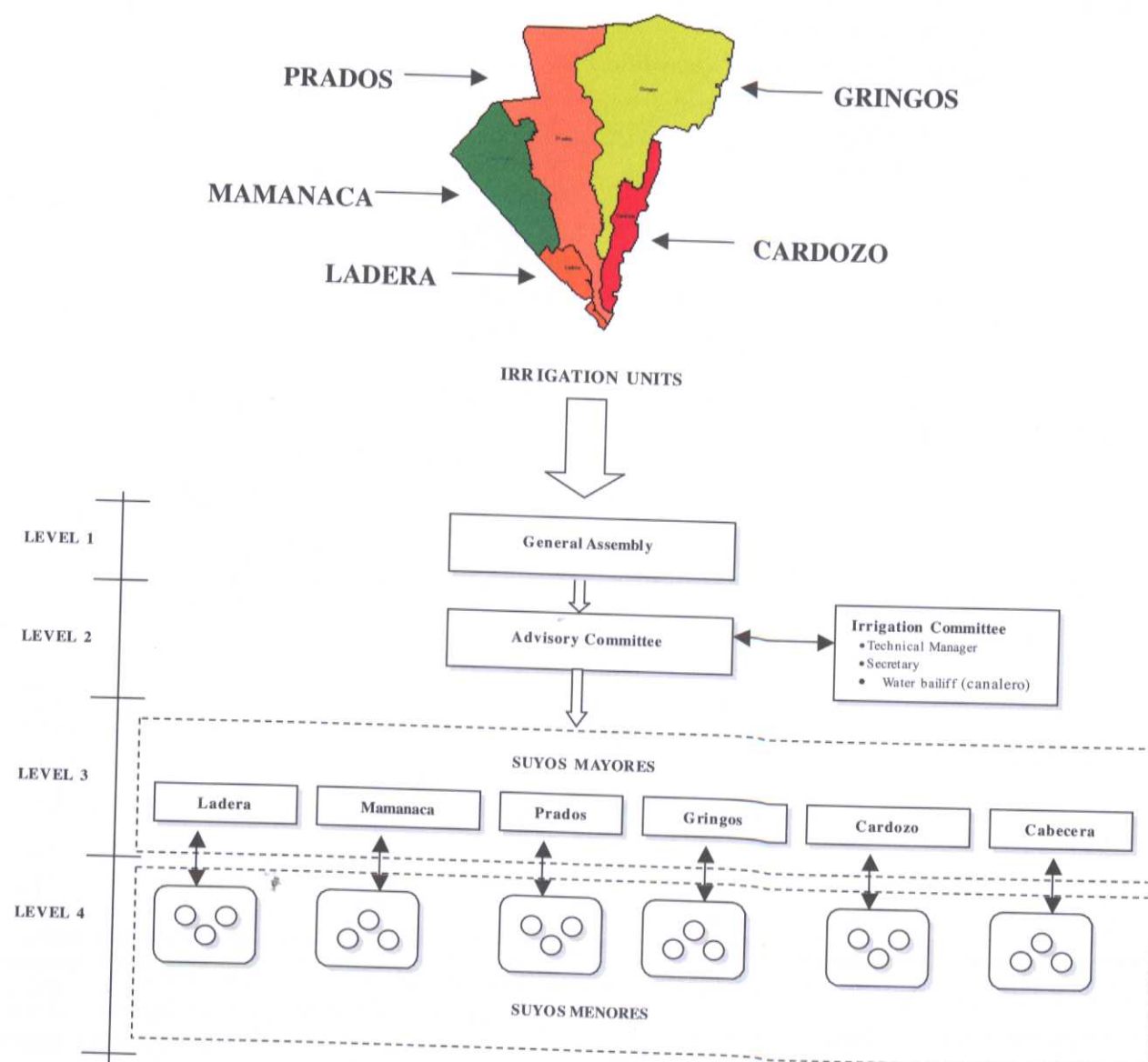
Table 2: Effectively irrigated area, number of farmers and water rights, and average ratio stakes/farmers

| Irrigation unit | Area | | Farmers | | Water rights | | Ratio stakes/farmers |
|-----------------|-------|--------|---------|--------|--------------|--------|----------------------|
| | ha | % | # | % | # | % | |
| Cabecera | 22.2 | 2.46 | 46 | 4.09 | 110 | 4.29 | 2.39 |
| Cardozo | 87.5 | 9.69 | 132 | 11.72 | 251 | 9.79 | 1.90 |
| Gringos | 203.2 | 22.51 | 363 | 32.24 | 672 | 26.21 | 1.85 |
| Ladera | 184.2 | 20.41 | 92 | 8.17 | 297 | 11.58 | 3.23 |
| Mamanaca | 323.7 | 35.86 | 217 | 19.27 | 522 | 20.36 | 2.41 |
| Prados | 81.9 | 9.07 | 276 | 24.51 | 712 | 27.77 | 2.58 |
| Total | 902.7 | 100.00 | 1,126 | 100.00 | 2,564 | 100.00 | 2.28 |

There are six irrigation units with a total area of 902,7 ha. Five units are located in the valley and one unit, Cabecera representing only 2,46% of the total irrigable area, is located upstream between the valley and the reservoir (see Table 2). In the further description this unit is not taking into consideration given its size and because of the poor integration of the farmers of the Cabecera unit in the Laka Laka WUA, which is dominated by the stakeholders of the irrigation units situated in the valley. The average farm size is 0,8 ha, ranging between 0,30 ha in the Prados unit and 2,0 ha in the Ladera irrigation unit. Based on the water rights, representing a total of 2454 water shares, each share corresponding to a unit area of 1800 m², it

means that the area with water rights in the 5 irrigation units only covers 50,2% of the area being farmed. The average number of water shares per farmer being 2,28, vary between 1,85 in the Gringo irrigation unit and 3,23 in the Ladera. Based on available land use data the evolution in land use in the period 1998-2004 could be reconstructed of the irrigation units Cardozo (9,94%), Gringos (23,08%) and Mamanaca (36,76%), representing cumulative 70% of the project area in the valley. Whereas the area under fallow, cultivated with beans and potatoes remain fairly constant over time, the area cultivated with maize decreased significantly in the irrigation units Cardozo and Gringos and was replaced by a similar increase in the area cultivated with peaches (see Table 3). The shift in land use in favor of the perennial crop peach is typical for the region and favored by the higher economic revenue of this crop.

Fig. 2: Organization of the Laka Laka Irrigation Association



After the implementation of the project in 1993, the administration was transferred to the users. The WUA organizational structure is made up of a General Assembly, an Advisory Committee, Irrigation Units and Subunits (Fig. 2). The Irrigation Committee consisting of a technical manager, secretary and water bailiffs assists the Advisory Committee, collects the water fees and is in charge of the main system operation. The Irrigation Committee is composed of 3 persons, the technical manager, the secretary and the water bailiff. The technical manager determines the system water requirement at the beginning of the irrigation season and based on the estimated net volume of water in the reservoir after flushing an estimate is made of the number of irrigations. The water requirement of the system is calculated on the basis of tickets paid by the farmers with water rights. The fee of the tickets is collected by the secretary of the Irrigation Committee.

Table 3: Evolution of land use in the irrigation units Cardozo, Gringos and Mamanaca in the period 1998-2004

| Land use | Area in percent of total cultivated area | | | | | | | | |
|-----------------|------------------------------------------|-------|-------|---------|-------|-------|----------|-------|-------|
| | Cardozo | | | Gringos | | | Mamanaca | | |
| | 1998 | 2003 | 2004 | 1998 | 2003 | 2004 | 1998 | 2003 | 2004 |
| Peaches | 4.84 | 51.51 | 57.48 | 12.88 | 41.42 | 46.85 | 3.64 | 5.32 | 8.43 |
| Maize | 51.12 | 25.09 | 21.89 | 60.26 | 31.88 | 27.02 | 44.37 | 51.03 | 38.45 |
| Potatoes, beans | 2.04 | 1.58 | 2.35 | 3.80 | 3.58 | 2.20 | 3.09 | 9.10 | 4.38 |
| Fallow | 42.00 | 21.83 | 18.28 | 23.06 | 23.12 | 23.93 | 48.90 | 34.55 | 48.74 |

Table 4: Percentage of stakes effectively irrigated (mean, maximum and minimum) in the irrigation units Cardozo, Gringos, Ladera, Mamanaca and Prados, during the irrigation seasons 1997-2004

| Year | Percentage of stakes effectively irrigated | | |
|------|--------------------------------------------|-----|-----|
| | Mean | Max | Min |
| 1997 | 25 | 42 | 12 |
| 1998 | 58 | 67 | 49 |
| 1999 | 32 | 46 | 15 |
| 2000 | 44 | 53 | 36 |
| 2001 | 39 | 66 | 15 |
| 2002 | 44 | 61 | 23 |
| 2003 | 39 | 58 | 39 |
| 2004 | 48 | 61 | 40 |
| Mean | 41 | 57 | 29 |

Farmers however do not pay the fee for all the water shares they own every time water is released from the reservoir, as shown in Table 4. The data in this table, collected for the period 1997-2004, reveal that on average the fee is paid of 41% (ranging between 29 and 57%) of the total number of shares the farmers in the WUA possess. This means that every time the Irrigation Committee decides to release water from the reservoir on average only 180 ha or 20,5% of the potential irrigation area is effectively irrigated. Previous is most likely due to (i) the limited amount of water in the reservoir effectively available for irrigation; (ii) the declining interest of the farmers to effectively farm their land; and (iii) the shift in cultivation from traditional field crops to peaches combined with the believe of the farmers that peaches require less irrigation.

The water bailiff or canalero, being the third member of the Irrigation Committee, is responsible for the

water distribution between the different irrigation units. The release of the reservoir gives a discharge of 500 l/s, which is conveyed to the irrigated area in the valley by a 4 km lined canal. At the main inlet the flow is split in two by the bailiff for the irrigation of two subunits. The canadero operates the gates for water distribution between the irrigation units. The water distribution within the units is operated by the water bailiffs at subunit level, which normally divides the incoming flow of 250 l/s in two flows of 125 l/s. The flow of 125 l/s is diverted to a single field for about 50 to 90 minutes and then routed to the next field. The irrigation mode comes down to putting a layer of 100 to 200 mm of water on a field with unit area of 0,40 ha, of which the distribution within the field is controlled by gravity. Given the spatial variability in field slope and roughness, the water distribution within the fields is very irregular. As depicted in Fig. 3 the number of irrigations per subunit is the same in a given year, but the number of irrigations vary strongly from year to year, and if abstraction is being made of the dry years (1998, 2000 and 2004), a decreasing trend in number of irrigation per season is observed. The average water depth per irrigation and irrigation unit is shown in Fig. 4. On average the mean water depth per irrigation in the 5 irrigation units varies between 100 and 200 mm, exceeding occasionally a depth of 500 mm. Based on the total volume of water diverted to the irrigation units and the area per irrigation unit effectively irrigated it was feasible to reconstruct the seasonal applied water depth, weighted over the 5 irrigation units. The yearly variation of the seasonal applied water depth versus the rainfall deficit (difference between the seasonal reference evapotranspiration and the rainfall) is shown in Fig. 5. This figure reveals that in the period 1997-2004 the average applied seasonal water depth decreased from over 2000 mm to less than 900 mm. Where in the beginning of the observation period the irrigation management

resulted into an exceedance of the rainfall deficit, since 2001 the irrigation is deficient. This most likely is due to a decreasing volume of irrigation water in the reservoir and the consequent decreasing trend in number of irrigations per season.

In summary, the farmers of the irrigated area are organized in a WUA with four levels in decision-making. The main authority is the General Assembly responsible for external matters related to the irrigation association, and for surveying the implementation of the irrigations and handling of disputes. The Irrigation Committee is responsible for the irrigation planning, the operation of the reservoir and the water distribution in the irrigated area. Based on the irrigation plan and the fees paid by the farmers, irrigation

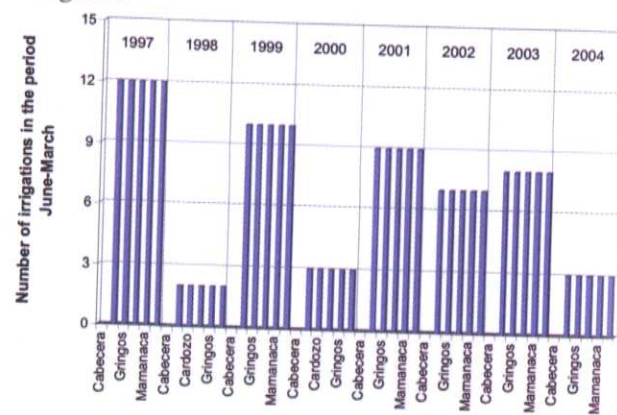


Figure 3: Number of irrigations per irrigation unit in June-March for the period 1997-2004

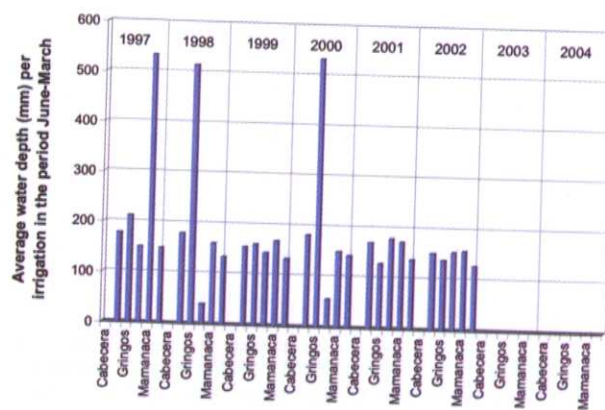
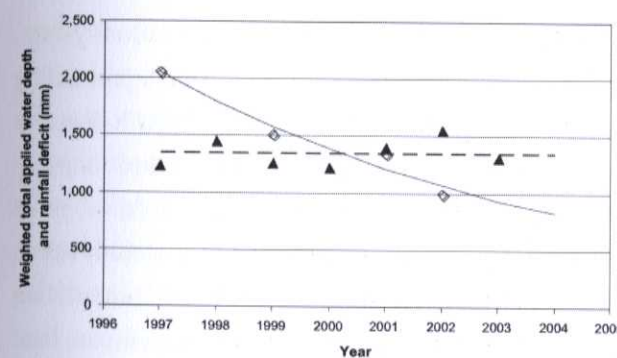


Figure 4: Average water depth (mm) per irrigation and irrigation unit in June-March for the period 1997-2004

events are decided by the Advisory Committee. The water bailiff in the Irrigation Committee coordinates the water distribution between the units, and the water bailiffs at subunit level control the water distribution within each subunit. The maintenance of the infrastructure is delegated to the subunits and is organized by the farmers at subunit level. The irrigation association provides maintenance for the main canal and the dam.

Figure 5: Evolution of the total seasonal applied water depth (full line), weighted over the 5 irrigation units, versus the rainfall deficit (dotted line) in the period 1997-2004



The collection of data within the project is very limited and the few data are registered on paper only. The consequence being that the decision-making at each level is primarily based on impressions and incomplete information. No wonder that decisions result into a poor operation of the reservoir and the irrigation scheme, as could be derived from the processing of the sparsely data that were collected in the period 1997-2004. The reduction in average number of irrigations in the period 1997-2004 and the higher return the farmers get from cultivating peaches led to a shift in land use. The deeper rooting of the peach trees makes them less susceptible from the irregular frequency of irrigation and the farmers less dependable from a reliable irrigation operation.

This and the economic attractiveness of peaches led in a number of irrigation units to a sudden massive shift from the production of maize to peaches. The analysis also revealed that the current capacity of the reservoir only allows the irrigation of 25,5% of the area equipped with irrigation infrastructure. The irrigation at farm level is very primitive and consists in the release of 125 l/s during 50 to 90 minutes applying a water depth between 100 and 200 mm on an average parcel size of 0,40 ha. The water distribution in the parcel is controlled by the slope and roughness of the parcel. No data were available to assess the agricultural output at the level of the irrigation scheme and the irrigation units. It is expected that when the Irrigation Committee would have more and better quality information, that the system operation and management would be considerably improved and result into a more efficient flushing of the reservoir and use of the irrigation water. This in combination with an improved irrigation infrastructure at plot level would beneficially affect the agricultural output.

5. Potential of CERES to improve the planning and management of the Laka Laka irrigation scheme

The parcel and land use map of the Laka Laka irrigation scheme situated in the Valley of Cochabamba, being the triangular piece of land divided over 5 irrigation units, each with a different size, as shown in Fig. 2, were digitized and the parcel boundaries were verified and corrected based on an intensive field campaign, using a differential GPS for the verification of the position of the centre and borders of each field. The land use map was reconstructed on the basis of aerial photographs. During the field survey, which was carried out during the irrigation season, other field related information (the name and address of the farmer and if the land was not owned

by the farmer the coordinates of the landowner, the crop cultivated at the moment the survey was conducted, the irrigation infrastructure, and the mode of irrigation) were recorded. The collected information was preprocessed in a spreadsheet environment, using EXCEL, and consequently introduced in the relational database system in CERES, as well as the parcel and land use map. During the survey also the farmers possessing one or more water rights, and the number of shares they hold was recorded. Due to the volume of work and the limited available resources, the relational database with geo-referenced information was completed for nearly 70% of the total project area. The information system in CERES was designed such that updating of information does not require much time and skill of the operator. The operator even can use the split-function in CERES to divide a given plot in the scheme, when either a fraction of a parcel is sold or divided over different heirs. The digital parcel map and related information will at each change automatically be adjusted in all CERES databases. This together with the layout map of the irrigation infrastructure and related structures, drawn in ArcView and also entered in CERES as a digital layer resulted into a complete and comprehensive information system of the 5 main irrigation districts in the Laka Laka irrigation scheme. Recording of the payment of the water fees at the beginning of the irrigation season enables to define in an easy way the number of water shares per parcel for which the irrigation fee is paid. Since the relational databases are linked with the digital maps it is feasible to visualize the spatial pattern of fields with irrigation. This allows the calculation of the cumulative volume of water required at the inlet of each subunit, being the information required by the Irrigation Committee. This information will help the water bailiff in the Irrigation Committee to better plan the setting of the division structures at project level. It of course also helps the water bailiffs at

subunit level to better implement the water distribution between the farmers who paid the irrigation fee. The stored information enables to make at the end of the irrigation season summary tables and graphs of the water fees paid, the number of parcels effectively irrigated, the ratio of water shares bought per irrigated parcel, etc. The inputting of the information in CERES does not require special skills of the operator, nor is laborious. Processing and the reporting of processed data is simple because CERES contains a number of built-in functions, functions which easily can be extended and made project specific, as for example to make an analysis between the distribution of water rights hold by the stakeholders and the users effectively farming the land.

Whereas CERES is primarily an information system, with a limited number of modules for the processing of geo-referenced and related data, CERES does not calculate for example the irrigation scheduling, although it contains all the information to do so, given that in CERES climate information is stored. Given the many tools on the market for the computation of the irrigation scheduling, based on climate, land use and soil data, it is far more easy to extract the data required for the computation of the irrigation scheduling to for example a spreadsheet environment or software like CROPWAT, and calculate outside CERES the irrigation schedule. The results of previous can be transferred to CERES as to plot the map of the scheme with the irrigation timing for each parcel or group of parcels. Although CERES might assist in the system operation and in keeping track of the history of events in the irrigation season, it does not keep track of the volumes of water effectively applied to each parcel. Therefore it is needed that a measuring device is available at the inlet of each subunit or parcel, or that when the flow rate is a constant that the time of application is monitored. Similarly it would be easy to incorporate in CERES also a database for the storage of the reservoir related

data, such as the daily water level of the reservoir and the daily volume of water released from the reservoir. This data, including the daily rainfall and evaporation, would enable making a more accurate water balance of the reservoir and a more judicious determination of the moment in the rainy season for flushing and the volume needed for flushing. It is evident that the latter easily can be done in a spreadsheet environment given that the required information is stored on a daily basis in CERES.

To be a suitable operation and management system for the Laka Laka irrigation scheme, it is a must that the database system in CERES is extended for the daily storage of reservoir levels and outflow data, and the storage of the time and flow duration at unit and subunit level. This and a number of external spreadsheet based programs will not only enable the administrative management and reporting of the scheme, but also the scheduling and a more accurate accounting of the exact volumes of water used at parcel level. CERES can also be used to keep track of the maintenance works and the participation of the end-users in maintenance, as well as the participation

of the end-users in social community activities.

Although most of the geo-referenced and non-spatial data were collected and entered in CERES by the end of 2004, CERES was not applied by the WUA, primarily due to the inconsistency in policy between the previous and the new nominated chairman of the General Assembly, both politically appointed but belonging to opposite political parties. And as it is typical for the Bolivian political system, new elected persons belonging to another political fraction seldom to never pick up or continue the activities started by the outgoing elected persons. The change in chairman not only stopped the process that would have led to the introduction and use of CERES as planning, operation and management tool, but also resulted in the replacement of the personnel in the Irrigation Committee and the near stopping of the collection of project information. Notwithstanding many of the actors were in favor of using CERES as tool to better manage and use project information, a shift in the policy of the local government, following the elections end 2004, stopped the process.

6. Conclusions

Analysis of the limited project data of the irrigation scheme Laka Laka in the Valley of Cochabamba, located near the town of Tarata, project provided with runoff water stored in a reservoir with concrete dam, revealed that: (a) the lifetime of the reservoir will be considerably shortened by the sediment deposition of the upstream 58 km² large catchment and the inefficient process of flushing, whereby 62% of total runoff volume in the rainy season is lost and the net volume of the reservoir decreases with 65,000 m³/year; (b) the number of irrigations, notwithstanding the subjective way the timing of an irrigation is defined and the variability in number of irrigations from one year to another, is decreasing making the irrigation deficient as compared to the late 90's when irrigation was in excess; (c) the farmers for economic reasons and also to become less dependent from deficient irrigation reduced the area cultivated with maize in favor of an expansion of the area planted with peach trees; (d) the project never yielded enough water to irrigate the projected 1800 ha, and of the 880,5 ha equipped with irrigation infrastructure in the 5 major irrigation units situated in the valley, area potentially irrigable, only 20,5% is effectively irrigated; (e) the scheme has a relative heavy bureaucratic structure whereby decisions are made at 4 levels; (f) the decision-making structure is assisted by a 3-person technical oriented irrigation committee, which unfortunately by lack of information, the absence of a culture of keeping track of and learning from past information, makes that most of the decisions are subjective and

not always appropriate; and (g) a change in political mandatory, notwithstanding most of the data needed to use CERES were collected, stopped the final introduction and use of CERES as management support tool. The paper further elaborates on the potentials of CERES as management tool, notwithstanding CERES does not have a built-in module for computing the irrigation timing, the processing of reservoir and flow data, among other features such as protocols for the optimization of decisions. However, CERES is simple to use and does not require a priori skills in computer handling and the processing of geo-referenced information, and the output of CERES can easily be transferred to spreadsheet type of applications, which external to CERES can be used to estimate the irrigation timing, conduct the analysis of the water balance of the reservoir and keep track of the effectively delivered volumes of water. An enormous advantage of CERES for the WUA in the Andes mountain range, which stretches over a distance of 8000 km along the Pacific coast in South America, is that it has been developed as a stand alone module, is a plain written software in Spanish and Quechua, does not require major skills in computer handling, and is easily adoptable to the specific conditions and management requirements of the project. Most time and energy in introducing CERES in a new project is in the data collection and the setting-up of the different databases. Once those are established the time needed to use and update CERES is minimal.

Acknowledgements

The authors are very grateful for the assistance received from the Irrigation Committee of the Laka Laka WUA in the updating of the parcel map and the irrigation infrastructure, and the collection of the irrigation project data. PROMAS of the Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador, is especially acknowledge for the introduction given in CERES and the effort made in making CERES software suitable for the typical conditions of the irrigation projects in the Valley of Cochabamba, Bolivia. Last but not least the first author likes to express gratitude to the SBA scholarship program of the K.U.Leuven for the financial support without which he could not have conducted this study as part of his doctoral program.

References

- Alvarez, J.F.O., J.A.J. Valero, J.M.T. Martin-Benito and E.L. Mata, 2004. MOPECO: an economic optimization model for irrigation water management. *Irrig. Sci.*, 23, 61-75.
- Amurrio, J., 1997. Estudio Sobre Posible Empantanamiento y Salinizacion de los Suelos del Proyecto Laka Laka. Proyecto Multiple de Laka Laka.Club 2/3 - ACIDI, 185 p.
- Arredondo, S.M. and P.N. Wilson, 2004. A farmer analysis of irrigation management transfer. *Irrig. and Drain. Systems*, 18(1): 89-107.
- Bader, E., 2004. Mathematical programming models for optimizing irrigation water management in Egypt. Aus dem Institut für Agrarökonomie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, Germany.
- Bellostas, J.M., 1994. Application of linear programming models to irrigation systems using the database of SIMIS. *Irrigation Water Delivery Models*, Water Reports No. 2, FAO, Rome, Italy.
- Bos, M.G. and W. Wolters, 1990. Water charges and irrigation efficiencies. *Irrigation and Drainage Systems*, 4, 267-278.
- Bhutta, M.N., 1994. Application of a hydraulic model for improving irrigation water distribution along a secondary canal in Pakistan. *Irrigation Water Delivery Models*, Water Reports No. 2, FAO, Rome, Italy.
- Chow, V.T., 1959. *Open channels hydraulics*. McGraw-Hill, NY, USA.

- De Bièvre, B., 2002. Water demand-supply and administrative management in medium sized irrigation schemes in the sierra of Ecuador. PhD-dissertation, Faculty of Bioscience Engineering, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgium.
- Delft Hydraulics, 2004. RIBASIM, <http://www.wldelft.nl/soft/ribasim/int/index.html>.
- De Nys, E., 2004. Interaction between water supply and demand in two collective irrigation schemes in North-east Brazil. PhD-dissertation, Faculty of Bioscience Engineering, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgium.
- Dinar, A. and J. Mody, 2004. Irrigation water management policies: allocation, pricing principles and implementation experience. *Natural Resource Forum*, 28, 112-122.
- FAO, 1994. *Irrigation water delivery models*. *Irrigation Water Delivery Models*, Water Reports No. 2, FAO, Rome, Italy.
- FAO, 1999a. *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. FAO, *Irrigation and Drainage Paper 56*, Rome, Italy.
- FAO, 1999b. SIMIS; Scheme Irrigation Management Information System. FAO, *Land and Water Electronic Newsletter*, No. 28.
- George, B.A., N.S. Raghuvanshi and R. Singh, 2003. Development and testing of a GIS integrated irrigation model. *Agric. Water Manag.*, 66, 221-237.
- Gonzalez, R.M., 2002. Joint learning with GIS: multi-actor resource management. *Agricultural Systems*, 73(1), 99-111.
- Havnø, K., M.N. Madsen and J. Dørge, 1995. MIKE 11: A generalized river modeling package. In: V.P. Singh (Ed.): *Computer models of watershed hydrology*. *Water Resour. Publ.*, 733-782.
- Hunt, R., 1988. Size and the structure of authority in canal irrigation systems. *Anthropological Research*, 44(4), 335-355.
- Johansson, R.C., Y. Tsur, T.L. Roe, R.M. Doukkali and A. Dinar, 2002. Pricing allocation of irrigation water: a review of theory and practice. *Water Policy*, 4, 173-199.
- Kosuth, P., 1994. Application of a simulation model (SIC) to improve irrigation canal operation: examples in Pakistan and Mexico. *Irrigation Water Delivery Models*, Water Reports No. 2, FAO, Rome, Italy.
- Labadie, J.W. and M.L. Baldo, 2000. MODSIM: Decision support system for river basin management. Documentation and user manual. Department of Civil Engineering, Colorado State University, Fort Collins, CO, USA.
- Maass, A. and R.L. Anderson, 1986. *Conflict, growth and justice in arid environments*, Robert E. Krieger Publishing Co., Inc., Florida, USA.
- Manz, D.H. and M. Schaalje, 1994. Modeling irrigation conveyance systems using the ICSS model. *Irrigation Water Delivery Models*, Water Reports No. 2, FAO, Rome, Italy.
- Manzanera, M. and E.P. Querner, 1994. SIMWAT model utilization. *Irrigation Water Delivery Models*, Water Reports No. 2, FAO, Rome, Italy.
- Martinez-Lagunes, R. and J. Rodríguez-Tirado, 1998. Water policies in Mexico. *Water Policy*, 1(1), 103-114.
- Merkley, G.P., 2005a. WATERS, World Irrigation Information Network Software, Utah State University, Logan, UT, USA, <http://www.engineering.usu.edu/bie/software/waters.php>.
- Merkley, G.P., 2005b. STEADY, World Irrigation Information Network Software, Utah State University, Logan, UT, USA, <http://www.engineering.usu.edu/bie/software/waters.php>.
- Merrey, D.J., 1996. Institutional design principles for accountability in large irrigation systems. IIMI Research Report No. 8, Colombo, Sri Lanka.
- Meyer, W. and S. Khan, 2000. Software package that lifts water efficiency. *Farming Ahead*, No. 104, 36-37.
- Mujumdar, P.P., 2002. Mathematical tools for irrigation water management. *Water International*, 27(1), 45-57.

- Murty, V.V.N. and S. Sriramany, 1994. A model for estimating water deliveries to tertiary units in large irrigation systems. *Irrigation Water Delivery Models*. Water Reports No. 2, FAO, Rome, Italy.
- Oosterbaan R. J., 2002. SALTMOD. Description of Principles, User Manual and Examples of Application. ILRI, Wageningen, The Netherlands.
- Paulo, A.M., J.L. Teixeira and L.A. Peireira, 1993. Modeling rice crop irrigation. DER/ISA Monografia 1.93, ISA, Lisbon, Portugal.
- Pradhan, P., 1989. Patterns of irrigation organization in Nepal. A comparative study of 21 farmer-managed irrigation systems, IIMI, Colombo, Sri Lanka.
- Raes, D., 2000. BUDGET: a soil water and salt balance model. Reference Manual Version 5.3, <http://www.iupware.be>.
- Ragab, R., 2002. A holistic generic integrated approach for irrigation, crop and field management: the SALTMED model. *Environmental Modelling & Software*, 17, 345-361.
- Rao, M.N., D.A. Waits and M.L. Neilsen, 2000. A GIS-based modeling approach for implementation of sustainable farm management practices. *Environmental Modelling & Software*, 15(8), 745-753.
- Ritchie, I.J., J.B. Dent and M.J. Blackie, 1978. Irrigation management: an information system approach. *Agricultural Systems*, 3(1), 67-74.
- Renzetti, S., 2002. The economics of water demands. Kluwer Academic Press, Norwell, MA, USA.
- Sagardoy, J.A., A. Bottrall and G.O. Uittenbogaard, 1986. Organization, operation and maintenance of irrigation schemes, Chapter 3: Main types of irrigation organizations. FAO, Irrigation and Drainage Paper 40, Rome, Italy.
- Sagardoy, J.A. and N. Hacho, 1994. SIMIS (Scheme Irrigation Management Information System): an introduction to its use and potential. *Irrigation Water Delivery Models*, Water Reports No. 2, FAO, Rome, Italy.
- Smith, M., 1992. CROPWAT: a computer program for irrigation planning and management. Irrigation and Drainage Paper 46, FAO, Rome, Italy.
- Svendsen, M. and D.L. Vermillion, 1995. Lessons from management transfer in the Columbia Basin Project. In Johnson, S.H., D.L. Vermillion and J.A. Sagardoy (eds.) *Irrigation management transfer*, Selected papers from the International Conference on Irrigation Management Transfer, Wuhan, China, 20-24 September 1994, IIMI/FAO, 343-398.
- Teixeira, J.L. and L.S. Peireira, 1992. ISAREG, an irrigation scheduling simulation model. *ICID Bulletin*, 41(2), 29-48.
- Thomas-Slayter, B.P., 1994. Structural change, power politics, and community organizations in Africa: Challenging the patterns, puzzles and paradoxes. *World Development*, 22(10), 1479-1490.
- Todorovic M. and Steduto P., 2003. A GIS for Irrigation Management. *Physics and Chemistry of the Earth* 28, 163-174.
- Vermillion, D.L., 1994. IMT: Towards an integrated management revolution. IIMI, Colombo, Sri Lanka.
- Vermillion, D.L., 1997. Impacts of irrigation management transfer: A review of the evidence. Research Report No. 11, IIMI, Colombo, Sri Lanka.
- Yang, H., X. Zhang and A.J.B. Zehnder, 2003. Water scarcity, pricing mechanism and institutional reform in northern China irrigated agriculture. *Agric. Water Manag.*, 61(2), 143-161.
- Yercan, M., 2003. Management turning-over and participatory management of irrigation schemes: a case study of the Gediz River Basin in Turkey. *Agric. Water Manag.*, 62(3), 205-214.
- Yoder, R., 1994. Locally managed irrigation systems, IIMI, Colombo, Sri Lanka.
- Zhenmin, Z., 1994. Optimization of water allocation in canal systems of ChenGai irrigation area. *Irrigation Water Delivery Models*, Water Reports No. 2, FAO, Rome, Italy.



Interacción entre comunidades de práctica indígenas y universitarias crea 'conocimiento accionable' para riego comunitario sostenible

Resumen

En este artículo exploramos cómo comunidades de práctica muy diferentes generan conjuntamente un 'conocimiento accionable' a través de un proceso que busca soluciones tecnológicas sostenibles para apoyar la administración de sistemas de riego comunitarios.

Analizando un caso de desarrollo tecnológico participativo en el sur del Ecuador, ilustramos cómo una organización indígena de riego, una ONG intermediaria, y un centro universitario de ingeniería, producen juntos 'conocimiento accionable'. El enfoque inicial experto del proyecto buscando soluciones tecnológicas que fueran aplicables de manera general a cualquier organización de regantes mediana o grande, gradual e implícitamente se transforma en un enfoque participativo e iterativo.

Documentamos cómo esta transformación mejora el trabajo, tanto en cuanto los diferentes participantes progresivamente contextualizan su conocimiento y revasan las fronteras de las diversas comunidades de práctica involucradas, al exteriorizar conocimientos tácitos involucrándose en prácticas compartidas mientras que cuidaron la calidad de las relaciones.

Felipe Abril^{1*},
Mariela Zhingri¹,
Daniela Espinosa²,
Art Dewulf³,
Marc Craps³,
René Bouwen³

1. ACORDES, Acompañamiento Organizacional al Desarrollo Universidad de Cuenca, Ecuador
2. PROMAS, Programa para el Manejo del Agua y del Suelo Universidad de Cuenca, Ecuador
3. COPP, Centro de Psicología Organizacional y de Personal Katholieke Universiteit Leuven, Bélgica

*E-mail: felipe_abril@yahoo.com.mx



1. Introducción

Un desafío crucial para los practicantes de la Investigación Acción (IA) es la sostenibilidad, un concepto que conectamos con lo que Bradbury y Reason (2001) denominan como 'consulta emergente hacia consecuencias sostenibles'. En este artículo exploramos cómo los procesos de generación de conocimientos en la frontera entre diferentes comunidades de práctica, contribuyen a la creación de conocimiento accionable ('actionable knowledge', Shotter, 2004) para generar soluciones sostenibles que vayan más allá del apoyo temporal de un actor externo. Exploramos este tema en base a nuestro involucramiento en una iniciativa de investigación y desarrollo, en la cual campesinos indígenas, ingenieros universitarios y científicos sociales desarrollan un software para la administración del riego. El proceso que describimos afronta un sinnúmero de desafíos que son similares a los de muchos otros proyectos de desarrollo. Aquí nos enfocamos específicamente en el desafío de la participación de los diversos actores involucrados. Mientras el término "participación" en general no falta en la descripción de los proyectos de desarrollo, continúa siendo complicado ponerle en práctica por la diversidad de los actores involucrados. Las disparidades entre los principales actores en términos de poder, conocimiento y recursos son considerables puesto que tienen su origen en comunidades de práctica muy diversas (Craps et al., 2004; Wenger, 1998). Las agencias de desarrollo tienen su propia agenda y están limitadas a la misma por el mandato dado a ellas por sus donantes, lo que hace que los proyectos dirigidos completamente por los actores locales sea problemático para la mayoría de las agencias de desarrollo. Van Diesen (1998) dice que es muy raro encontrar un proyecto de desarrollo en el cual el análisis del problema, sus objetivos, la implementación y la evaluación, se conduzcan enteramente por la comunidad local. Aunque van Wijk-Sijbesma (2001) encontró que los proyectos

de desarrollo (relacionados con agua) con enfoque participativo logran mejores servicios de agua, ella no encuentra ejemplos de proyectos en los cuales las comunidades locales habrían participado en todas las decisiones del proyecto, y menos las decisiones relacionadas con la selección de la tecnología.

Contexto de estudio

En muchos países del mundo los sistemas de riego administrados por el Estado, se han transferido a organizaciones comunitarias locales (Meinzen-Dick, 1997) para remediar la administración gubernamental deficiente. En Ecuador esto ocurre a partir de mediados de los años 90. Como resultado las organizaciones comunitarias quedan a cargo de la operación y del mantenimiento del sistema y de los procesos de administración de los usuarios y de la distribución del agua. Así, en el caso a la base de este artículo, una organización indígena llega a ser responsable de un sistema de riego que cubre 10,000 hectáreas de las cuales 1,200 son tierra irrigada. El sistema proporciona agua de riego a unas 1,500 familias dedicadas sobre todo a la agricultura en pequeña escala en los Andes australes del Ecuador (Espinosa y Lupercio, 1998). En esa época, un centro de ingeniería de la universidad en la misma región, esta interesado en diseñar un software que maneje la complejidad de los parámetros técnicos relacionados con el riego, incluyendo la precipitación, el suelo, cosechas, la distribución y la topografía. Gracias a la mediación de una importante ONG nacional, la organización indígena y el centro de ingeniería consiguen involucrarse en un proyecto común (Abril y Zhingri, 2003).

Desarrollo de la Investigación Acción en el transcurso del proyecto

El proyecto no fue concebido como una investigación-acción desde el principio. Pero el enfoque experto inicial a diseñar un software generalmente aplicable, poco a poco se transforma implícitamente

en un proceso participativo e iterativo de investigación-acción. En el transcurso de este proceso la organización indígena de riego comienza a desempeñar un papel cada vez más central, mientras que el Centro de Ingeniería con la ayuda de la ONG, toma el papel de agente de cambio en el contexto de este sistema de riego específico.

Este proceso de investigación-acción fue hecho explícito y reforzado cuando un centro de las ciencias sociales de la misma universidad se involucra con los otros actores en un proyecto interdisciplinario sobre desarrollo tecnológico participativo.

2. Metodología

En un contexto de colaboración entre diversos actores involucrados, nos concentramos en la creación de conocimiento como proceso central en la investigación-acción. Ilustramos cómo un conocimiento accionable es creado en este contexto desafiante. La relación entre los dos conceptos centrales de la acción y de la investigación son la base para los practicantes de la investigación-acción y se puede analizar desde una perspectiva del conocimiento. Reason y Bradbury (2001) argumentan que un propósito principal de la investigación-acción es 'producir un conocimiento práctico que es útil para la gente en la conducta diaria de sus vidas'. Park (2001) menciona la naturaleza del conocimiento resultante basada en la práctica y el papel de los no-expertos como características que distinguen la investigación-acción participativa de otros tipos de investigación. De acuerdo a Shotter (2004), el conocimiento accionable es crucial para la investigación-acción pues nos orienta o dirige hacia el paso correcto siguiente en la puesta en práctica. Es un tipo de conocimiento relacionado con el curso de nuestras acciones particulares, dándonos un sentido de a dónde puede ser que nos movamos después. La mayoría de los proyectos internacionales de desarrollo tienen un componente fuerte de conocimiento pero no siempre tienen éxito en generar o crear el conocimiento accionable o 'la validez implementable' (Argyris, 2004) para los actores locales involucrados. Se podría reformular la cuestión preguntando 'para quién' el conocimiento

resultante es accionable, realizable o práctico. Especialmente en el contexto del desarrollo internacional, el conocimiento puede cruzar límites geográficos y culturales distantes, afectando significativamente su accionabilidad. Esto condujo a Fals-Borda y Mora-Osejo (2003) a publicar un manifiesto dirigido a los investigadores colombianos invitándoles a resistir el 'colonialismo intelectual' de los colegas europeos y norteamericanos, cuando descubrieron 'el hecho evidente de que los contextos importan para una observación y abstracción con sentido, y a tratar de una manera satisfactoria los fenómenos naturales y sociales'. En su manifiesto, señalan la necesidad de enriquecer conocimiento tradicional, por ejemplo sobre biodiversidad con conocimiento académico para desarrollar procedimientos eficaces para su uso sostenible.

La idea que el conocimiento forma parte de comunidades de práctica es crucial para este análisis. Wenger (1998) habla del saber en la práctica e indica "cada práctica representa un régimen de capacidades, y saber significa estar participando en esa práctica". Considerar al conocimiento como es puesto en práctica implica una atención a los aspectos relacionales, pertenecientes a comunidades de práctica específicas. De acuerdo a Park (2001) este tipo de conocimientos resulta de conectarse, conduce a conectarse adicionalmente y es recíproca, no sólo porque las partes implicadas se conocen sino también porque este conocimiento surge de su interacción. Gustavsen (2004) concluye que 'hay solamente una manera para generar conocimiento accionable y esa es actuando', la pregunta entonces es ¿quién está actuando?, ¿qué comunidades están implicadas? y ¿quién está en interacción con quién?

En contextos como en este caso de riego, en los cuales comunidades de conocimiento muy diverso se involucran e interactúan, reformulamos el desafío de la creación de conocimiento accionable en cómo un tender puentes entre diversas comunidades de conocimiento. Queremos aplicar esta perspectiva relacional sobre conocimiento para mejorar nuestra comprensión de los diversos procesos de creación del conocimiento descritos por Nonaka y Takeuchi (1995). Estos autores toman los conceptos de Polyani (1966) de conocimiento tácito y explícito. En su

opinión, el conocimiento tácito es un tipo de conocimiento específico de un contexto, difícil de formalizarse y de comunicarse. El conocimiento tácito está entonces implícitamente actuando en la práctica. En base de estos conceptos Nonaka y Takeuchi (1995) identifican cuatro modos de conversión del conocimiento: *socialización* como proceso de compartir experiencias y de tal modo de crear conocimiento tácito; *externalización* como proceso de articular conocimiento tácito en conceptos explícitos; *combinación* como proceso de sistematizar conceptos en un sistema de conocimiento; e *internalización* como proceso de incorporar conocimiento explícito en conocimiento tácito. Puesto que concebimos el conocimiento como un proceso relacional generado en y entre comunidades de práctica, en el análisis siguiente prestamos atención especial a los procesos que se desarrollan en las fronteras entre diversas comunidades y exploramos sí y cómo el conocimiento accionable fue creado.

3. Resultados

Primero describimos a los principales actores en el proceso y luego destacamos momentos significativos de la interacción entre ellos.

Los autores están implicados en este proceso en el contexto de un proyecto de investigación-acción interdisciplinario entre la universidad de Cuenca (Ecuador) y la K.U.Leuven (Bélgica), como objetivo un desarrollo tecnológico participativo. En la Universidad de Cuenca dos centros de investigación están implicados: el Programa para el Manejo del Agua y del Suelo PROMAS Universidad de Cuenca que se dedica a: consultoría, investigación y desarrollo de tecnología en el ámbito de las ciencias del agua y del suelo, con ingenieros civiles, agrónomos y de sistemas, y ACORDES (Acompañamiento Organizacional al Desarrollo). Que se dedica a consultoría, capacitación e investigación en el área del desarrollo organizacional y de colaboración interorganizacional, con el aporte de sociólogos, psicólogos y economistas.

La organización de riego implicada es una organización indígena cúpula, llamada TUCAYTA, que administra el sistema de riego Patococha en la provincia del Cañar (llamada "Organización de Riego" en este artículo), a través de una unidad técnica, con una secretaria, un técnico de riego y varios operadores. El sistema de riego consiste en un canal principal de 30 kilómetros con numerosos ramales y subramales, proporciona agua a 1.500 familias dedicadas sobre todo a la agricultura en pequeña escala. La ONG involucrada se llama CESA (Central Ecuatoriano de Servicios Agrícolas, llamada "la ONG" en este artículo) es una de las más grandes del país, especializada en la organización del desarrollo comunitario de la agricultura. CESA fue creada en los años '60 para apoyar programas de reforma agraria con el apoyo de la cooperación internacional. Hoy en día tiene varias oficinas regionales a través de las cuales trabaja de cerca con organizaciones indígenas y de campesinos.

En base a entrevistas profundizadas con actores claves, observaciones de momentos de interacción y documentos generados por el proyecto de investigación, identificamos y analizamos de manera cualitativa las interacciones más significativas del proceso de desarrollo de una herramienta para apoyar la administración del riego.

En términos de investigación-acción, es importante aclarar que el proceso no fue iniciado como una investigación-acción, solamente después de algunos años se lo tomó desde este enfoque. Whyte (1991) distingue tres grados de implicación de los investigadores sobre su práctica:

1. en una *intervención experta* el investigador define unilateralmente la meta de la investigación y está relativamente menos interesado en el uso y las consecuencias de los resultados;
2. en *investigación-acción*, investigadores e investigados actúan recíprocamente, pero la implicación de los investigados se limita a momentos

cruciales de la investigación como la interpretación de los resultados;

3. en la *acción-investigación participativa* la investigación es concebida e iniciada conjuntamente entre investigadores e investigados, involucrando a ambos en todos los momentos y decisiones cruciales de la investigación.

El proceso comienza con lo que puede llamarse intervención experta de parte del Centro de Ingeniería, que quiere desarrollar una herramienta tecnológica general para el manejo del riego. Sin embargo, el proceso se desarrolla implícitamente hacia algo bastante parecido a una investigación-acción antes de que fuera intencionalmente emprendida como una investigación-acción participativa. Cuando los investigadores evidencian los resultados limitados obtenidos por su intervención experta, se involucran de una manera más interactiva en la investigación. En la medida que los representantes indígenas del sistema de riego conocen más de tecnología informática y de comunicación, consiguen más posibilidades de involucrarse directa y activamente en la investigación. En una fase posterior, con la ayuda del Centro de Ciencias Sociales, el equipo de investigación reflexiona sobre su metodología de investigación y la necesidad de involucrar directamente a los usuarios. Nuestro análisis focalizado en los procesos de creación del conocimiento en los límites entre las comunidades de práctica, ayuda a visualizar cómo este cambio se produce y cómo afecta la "accionabilidad" del conocimiento creado.

En la Tabla 1 presentamos una descripción cronológica del proceso, indicando acontecimientos y momentos significativos de la interacción. Los números en la tabla indican los acontecimientos importantes que afectan el desarrollo de la tecnología de riego. En las subdivisiones analizamos cómo estos acontecimientos influyen en la naturaleza y características de la tecnología desarrollada y la clase de procesos de creación del conocimiento que ocurren.

(1) El comienzo del proyecto "Manejo día a día de los sistemas de riego" en el Centro de Ingeniería

En 1994, un profesor de ingeniería de la Universidad de Leuven (Bélgica) tiene una idea general sobre qué software puede apoyar el manejo del riego. Desarrolla sus ideas en una propuesta de proyecto a ser realizado en Tailandia (Asia), pero no consigue la ayuda financiera necesaria para ponerlo en práctica. Un año más tarde reformula sus ideas iniciales en un nuevo proyecto, denominado "Manejo día a día de sistemas de riego". Esta vez sí obtiene financiamiento para un proyecto de la cooperación interuniversitaria a realizarse con la universidad de Cuenca (Ecuador), comienza en 1996.

La contraparte en la Universidad de Cuenca es un centro de ingeniería especializado en el manejo de agua y suelo recientemente creado. Las conversaciones entre académicos belgas y ecuatorianos revelan un interés compartido por desarrollar un software para apoyar el riego comunitario. Observan que los usos de la tecnología informática revolucionan la mayoría de los ámbitos sociales, pero todavía hay un potencial enorme en el dominio agrícola particularmente para el manejo del riego. Un buen manejo del riego implica considerar un amplio número de parámetros técnicos relacionados con el clima, el suelo, las cosechas, la infraestructura de riego, la topografía, etc.

Tabla 1: Descripción cronológica del proceso

| Tiempo | Centro de ingeniería | ONG Intermediaria Centro de CCSS | Organización de riego |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1996 | Inicio del proyecto ❶ "Sistema de soporte a las decisiones para el manejo día a día de sistemas de riego". | FOX PRO para administración de usuarios y catastro con apoyo de un ingeniero de sistemas de la ONG. ❷ (Parámetros técnicos) | |
| 1 abril 1997 | Reunión en la Universidad con la ONG, el Director del Centro de Ingeniería y tesis de ingeniería de sistemas. Se propone desarrollar un software para administración de sistemas de riego, a través de una tesis de dos ingenieros de sistemas. ❸ | | |
| 1997 | Programación de una parte extra "Sistema para manejo y adaptación del catastro" (SIMAC). | Actualización del catastro, con apoyo de la ONG. | |
| 5 septiembre 1997 | Instalación de SIMAC en la organización de riego, ❹ donde las funcionalidades no correspondían a las necesidades de la organización de riego. | | |
| 1997-1998 | Adaptación de SIMAC a necesidades de usuarios. | Pruebas de SIMAC apoyadas por la ONG | |
| Febrero 1998 | Instalación de una versión mejorada de SIMAC en la organización de riego. | | |
| Marzo 1998 | Convenio con la ONG para implementar software en otros sistemas de riego ❺ | | |
| 1998 | Diseño de una versión fácilmente adaptable a otros sistemas. | Pruebas constantes de SIMAC entre la secretaria de la organización de riego y el ingeniero intermediario. | |
| Septiembre 1998 | inclusión de nuevas funcionalidades (facturación, mingas); presentación de CERES en una conferencia sobre innovaciones. | | Participación de otras personas de la organización de riego en la definición de nuevos requerimientos. ❻ |
| Enero 1999 | Instalación de CERES en la Organización de Riego (a partir de ahora los contactos entre desarrolladores y la secretaria de la Organización de Riego son más frecuentes y directos por la ausencia del intermediario). ❼ | | |
| 2000-2001 | Programación de nuevas funcionalidades. Traducción al Kichwa. ❸ | Participación del centro de Ciencias Sociales como consultor. | Cambio de la administración a CERES. Identificación de nuevos requerimientos. |
| 2002-ahora | Implementación del paquete metodológico del software. | Participación del centro de Ciencias Sociales en Proyecto interdisciplinario de desarrollo tecnológico participativo. ❹ | Implementación y adaptación participativa de CERES en otros sistemas de riego. |

Nota: Los números se refieren a las diferentes subsecciones.

Los miembros del proyecto comienzan a investigar estos parámetros y a desarrollar un software que ayude a tratar el reto de esta complejidad. En ese punto conciben el programa como un sistema de apoyo a la toma de decisiones día a día sobre dónde y cuánto regar. Mientras que el personal del proyecto comienza a internalizar el concepto del proyecto, también comienzan a crear nuevos conocimientos combinando conocimientos existentes explícitos de diversas bases científicas (agricultura, riego, hidrología, tecnología de dotación lógica, etc.). El conocimiento generado hasta este punto es muy general y supuestamente es aplicable en cualquier sistema de riego en áreas montañosas.

(2) La ONG apoyando a la Organización de Riego emplea un ingeniero de sistemas para establecer un catastro y datos de usuarios

La Organización de Riego que más adelante se involucra en este proceso de desarrollo de la tecnología, se enfrenta a muchos problemas en la administración de su sistema de riego que el Estado les ha transferido en 1995. Utilizan un software general (FoxPro) para administrar datos de catastro y de los usuarios, pero este programa tiene limitaciones fuertes. En el mismo tiempo existe mucho trabajo para conseguir toda la información necesaria sobre usuarios y catastro. Una ONG nacional apoya el proceso de transferencia y decide contratar un ingeniero (extranjero) con conocimientos y experiencia en riego comunitario indígena y sistemas informáticos para mejorar las bases de datos y el software existentes y para entrenar a los técnicos indígenas locales en el uso de computadoras para el riego. Todos los involucrados en el proceso lo consideran como una persona que ha desempeñado un papel importante de puente al traducir y transmitir los requerimientos de los usuarios a los desarrolladores. En esta fase un proceso de internalización por trabajar con FoxPro generó conocimiento tácito relevante entre

los miembros de la Organización de Riego, específicamente sobre el uso de computadoras y del software para la administración del riego. Este conocimiento tácito es muy orientado a la acción y centrado en el manejo de la gran cantidad de información necesaria para administrar el sistema de riego.

(3) El Centro de Ingeniería encuentra la Organización de Riego a través de la ONG mediadora

Aunque el Centro de Ingeniería de la Universidad comienza inicialmente con la idea de crear un programa útil en cualquier sistema de riego en áreas montañosas, las especificidades de los sistemas de riego medianos en la región, lleva a centrar su atención en determinados sistemas de riego cercanos a la universidad. En 1997 el ingeniero contratado por la ONG para apoyar a la Organización de Riego entra en contacto con el Centro de Ingeniería de la Universidad para hablar sobre la posibilidad de crear un programa que facilite la actualización permanente y la administración del catastro y de los datos de los usuarios. A diferencia de la idea original de un software centrado en parámetros técnicos importantes para el riego, como clima, suelo y cosechas, los contactos que ahora ocurren en esta etapa, conducen a la decisión de incluir el aspecto administrativo en el software con datos sobre usuarios, áreas del campo y localizaciones en una forma gráfica. Como los desarrolladores no han previsto que el programa incluya datos administrativos, dos estudiantes tesis de ingeniería de sistemas se involucran en el proyecto para esta parte del programa.

En este momento la relación entre el Centro de Ingeniería y la Organización de Riego no es directa, sino que los técnicos de la ONG

especialmente el ingeniero contratado, actúa como representantes de la Organización de Riego ante el Centro de Ingeniería. Durante esta fase de contacto este ingeniero trabaja intensamente junto con la secretaria de la Organización de Riego para clarificar los requisitos del software y elaboran un diseño preliminar del programa describiendo los archivos y los módulos necesarios. Según la secretaria de la Organización de Riego las experiencias anteriores con FoxPro son muy provechosas, pues, ayudan a los usuarios a tener ideas claras sobre sus expectativas del software. Los desarrolladores sin embargo consideran estas experiencias anteriores más bien como una desventaja, pues, los usuarios tienen el software anterior como punto de referencia y esperan que el nuevo programa sea lo más similar posible. Por ejemplo, insistieron que las ventanas tengan la misma apariencia que en su programa anterior. El conocimiento tácito de los usuarios generado a través del trabajo con FoxPro era externalizado en ese momento que los ingenieros pidieron requisitos para el software.

Los desarrolladores del software vieron el contacto con un sistema de riego concreto donde la tecnología informática tiene que implementarse como un momento decisivo y "lo mejor que había podido sucederles". Significa que pueden contar con la ayuda del personal de la oficina administrativa de la Organización de Riego. Permite más adelante que prueben el programa continuamente en condiciones reales, que ocurran equivocaciones y que las corrijan en el transcurso del proceso. En términos de la creación del conocimiento esta fase significa sobre todo una contextualización del conocimiento (Fals-Borda y Mora-Osejo, 2003), porque sitúa sus esfuerzos en un con-

texto específico de acción.

(4) La instalación de la primera versión del 'SIMAC'

Originalmente los ingenieros diseñadores piensan adaptar un sistema de información geográfica (SIG) a las necesidades de un sistema de riego, pero esta opción es desechada por considerársela demasiado costosa y poco flexible. El programa, incluida la parte gráfica, es desarrollado al interior del Centro de Ingeniería. Después de más o menos seis meses de programación en el Centro de Ingeniería, los diseñadores del software tienen su programa listo. Se llamado SIMAC, que significa 'Sistema para Manejo y Actualización del Catastro'. Este programa, que los diseñadores consideran un producto más o menos final, es presentado al personal de la Organización de Riego y de la ONG. Uno de los programadores dice: 'Fuimos con toda la intención de escucharlos y recién ahí nos dimos cuenta que la realidad no era como nosotros estamos acostumbrados en la universidad, a hacer sistemas según lo que nos imaginamos'.

Aunque el software responde a la parte del catastro, una necesidad importante de los usuarios, la primera versión del programa presentado a la Organización de Riego resulta muy mal adaptada a las necesidades y las condiciones de los mismos. El conocimiento creado hasta ahora no es al parecer bastante accionable. Sin embargo con este momento significativo de interacción, los supuestos implícitos sobre las necesidades de los usuarios, con los que los ingenieros construyen sus prototipos, ahora son desafiados por los contactos directos con los usuarios. De la misma manera, los supuestos implícitos de los usuarios sobre las posibilidades y las limitaciones del software, son desafiados por las conversaciones con los ingenieros. De esta manera los requisitos se negocian en un proceso para transformar conocimiento tácito en explícito entre comunidades de práctica, preparando el terreno para la crea-

ción de un conocimiento más accionable.

(5) Extensión a otros sistemas de riego (flexibilización)

Mientras el Centro de Ingeniería continúa mejorando el programa para hacerlo más estable y funcional, la ONG que apoya la Organización de Riego contrata con el Centro de Ingeniería para instalar el programa en otros tres sistemas de riego y en diversas partes de la sierra ecuatoriana donde la ONG también trabaja. El equipo de desarrollo del Centro de Ingeniería ha creído originalmente que el software se puede aplicar fácilmente en otros sistemas de riego. Sin embargo, su experiencia con el primer sistema de riego había concientizado sobre la importancia de considerar adecuadamente las características locales específicas, para hacer un software que sea funcional a los usuarios.

Como consecuencia, el Centro de Ingeniería firma un acuerdo con la ONG para la implementación de tres sistemas adicionales, indicando explícitamente que las nuevas adaptaciones al programa serán hechas según los requisitos específicos presentados por los usuarios locales de los sistemas. La capacitación para el uso del software y el seguimiento a la implementación son también puntos importantes en este acuerdo.

En esta fase una combinación del conocimiento basado en el desarrollo del programa y del conocimiento sobre otros sistemas de riego comparables en la región, conduce entonces a un concepto más flexible del software,

(6) Involucramiento más cercano de la secretaria de la Organización de Riego (inclusión de facturación y de la administración de las 'mingas')

Aunque los diseñadores del software en el Centro de Ingeniería ahora trabajan simultáneamente en el desarrollo del software con posibilidades de aplicación en cuatro

diferentes sistemas, su foco principal de contactos y de atención continua en el primer sistema de riego, el más cercano a su oficina en la universidad (a unos 75 kilómetros). La Organización de Riego continúa solicitando nuevas funcionalidades para el software, por ejemplo prever la posibilidad de facturación y registrar la participación en las mingas. Los diseñadores ahora entregan cada dos o tres semanas una nueva versión a la Organización de Riego, estas versiones son probadas por el ingeniero de la ONG y la secretaria indígena en conjunto.

Continúan encontrando importantes y a veces menos importantes inconsistencias y errores. Según la ONG, en esta época los ingenieros del Centro de Ingeniería todavía no utilizaban un buen sistema de comprobación de errores.

Con ocasión de un evento sobre innovación tecnológica, el Centro de Ingeniería presenta su software de riego, cambiando el nombre de 'Sistema para Administración y Actualización del Catastro' (SIMAC) al nombre actual CERES (como la diosa griega de la agricultura), puesto que las funcionalidades nuevamente incluidas exceden el foco limitado original en la administración del catastro. Aunque los ingenieros consideran su producto bastante avanzado para presentarlo a un público más amplio, ellos comprueban a través de las interacciones con los usuarios que el programa sigue demasiado inestable para ser eficiente. Según el ingeniero de la ONG, en este momento 'los usuarios ya toman decisiones en cuanto a qué forma tendría el programa' indicando cómo consideran el proceso del registro y de la corrección de los nombres del usuario, el pago de tarifas, etc.; también indican cómo interpretar las reglas para las multas, las tarifas, etc.'. De esta manera las reglas y el proceso de administración entonces es externalizado en un proceso más directo de interacción, en el cual la secretaria de la Organización de Riego desempeña un papel central. Ella consulta a los directivos y representantes de los módulos de riego, y comunica directa e indirectamente (es

decir a través del ingeniero de la ONG intermediaria) a los desarrolladores del software. Los requerimientos y la retroalimentación son comunicados en frecuentes reuniones de trabajo con la secretaria indígena de riego, los diseñadores principales del software en la universidad y el ingeniero de la ONG, se sientan a menudo juntos frente a una computadora y trabajan en las tareas y los procedimientos concretos que el programa debe lograr. Los participantes entrevistados recalcan que las interacciones intensivas entre los ingenieros de sistemas y la secretaria indígena es muy provechosa para superar las dificultades y traducir las expectativas de la organización indígena en requisitos del software. En este momento, la práctica común que emerge parece capaz de tender un puente entre los diferentes tipos de conocimiento de las diversas comunidades de práctica implicadas. Los ciclos cortos de identificación compartida de necesidades y de puesta a prueba conjunta crean un conocimiento suficientemente accionable para transformar un prototipo deficiente en un programa útil.

(7) **Contacto directo entre la secretaria y los diseñadores después de que el ingeniero de la ONG deja la escena (identificación de nuevas necesidades)**

En el curso de 1999, mientras el proceso avanza gradualmente incorporando nuevos mejoramientos y eliminando errores aunque a un ritmo más lento, un hecho importante ocurre. El ingeniero de la ONG, que había desempeñado un papel de puente muy activo en la comunicación entre la Organización de Riego indígena y el equipo de desarrollo del software de la universidad, sale del proceso. Entonces desde este momento una comunicación directa entre los ingenieros de la universidad, la secretaria y algunos otros miembros del consejo de la organización indígena de riego empieza a manifestarse. Los indígenas gradualmente se han implicado más activamente, en consecuencia tienen un contacto directo y

de confianza con algunos ingenieros, lo que permite una buena transición después de la salida del cooperante extranjero de la ONG. En tanto una versión mejorada del programa CERES ha sido instalada en la Organización de Riego y utilizada para manejar todas las tareas administrativas principales. El programa anterior de FoxPro se utilizó solamente para tareas específicas de menor importancia y sobre todo, como sistema de respaldo en caso de que el nuevo programa fallara. Para finales de 1999 la Organización de Riego trabaja exclusivamente con CERES, y poco tiempo después incluso elimina el programa en FoxPro de su computadora. Una nueva internalización de conocimiento accionable creado en común fue emprendida, esta vez con el uso efectivo de CERES como la tecnología para la administración del riego.

(8) **Contactos con el Centro de Ciencias Sociales y traducción al Kitchwa**

En este momento, el Centro de Ingeniería consulta al Centro de Ciencias Sociales sobre el proceso del desarrollo del software. Una de las sugerencias del Centro de Ciencias Sociales es traducir el programa, (que hasta este momento es programado en español), al Kitchwa, la primera lengua de la mayoría indígena en la región. La idea es que el esfuerzo de traducción ayude a externalizar aspectos del contexto de los usuarios que de otra manera son pasados por alto. Sin embargo la traducción no fue muy instrumental en este sentido, como la secretaria - en contraste con la mayoría de los usuarios de riego - tiene el castellano como su primera lengua, aunque ella está interesada en aprender Kitchwa. También resulta que la gente indígena utiliza generalmente el castellano para hablar de los aspectos técnicos del riego. La traducción al Kitchwa apeló fuertemente a la identidad cultural de la comunidad de usuarios y refuerza así su apropiación de la herramienta. La secretaria indica al respecto: "Para nosotros es una fuente de orgullo porque pienso que na-

die tiene un programa propio, nosotros somos los primeros en tener un programa bilingüe, es prestigioso porque nadie tiene un programa tan extenso en Kitchwa".

(9) **Implementación en otros sistemas de riego y proyecto de investigación-acción sobre el desarrollo tecnológico participativo (de programa software a paquete de implementación)**

En el diseño de las adaptaciones para implementar el software en otros sistemas de riego, los usuarios participan activamente desde el principio, en contraste al proceso de diseño de la versión original del software. En conversaciones con los científicos sociales, incluyéndonos, los diseñadores reconocen que el involucramiento de los usuarios con su participación directa, contribuye profundamente a mejorar la funcionalidad del programa, especialmente para hacerlo más accesible a este tipo de usuarios (agricultores indígenas). Los diseñadores deciden hacer el software más flexible y más fácil de personalizarlo a las condiciones y los deseos de los usuarios locales. El equipo de diseño también considera que la "amigabilidad" para el usuario del software constituye una ventaja competitiva comparada con el resto de programas de software para un mercado importante de organizaciones de riego. Consolidaron esta ventaja agregando o mejorando otros servicios que contribuyen a esta amigabilidad, como soportes para satisfacer necesidades particulares, mantenimiento, seguimiento y capacitación. Como el desarrollo del software había sido financiado en gran parte con fondos de un proyecto de investigación, el software se puede vender a un precio accesible para las organizaciones de riego de escasos recursos, y el Centro de Ingeniería puede seguir mejorando y adaptando continuamente el software a las necesidades de las nuevas organizaciones de riego.

En base a las lecciones aprendidas de un análisis retrospectivo común del proceso inicial

del desarrollo entre los investigadores del Centro de Ciencias Sociales y del Centro de Ingeniería, el enfoque a las nuevas implementaciones del software con otras organizaciones de riego ha cambiado de un enfoque orientado al producto, a un enfoque iterativo y sensible al contexto. En vez de vender solamente un producto de software, el nuevo enfoque ofrece un paquete incluido el software, un taller, adaptaciones necesarias al sistema específico, instalación, entrenamiento básico y soporte. Un taller con por lo menos uno de los diseñadores del software, un facilitador y los usuarios finales del sistema, como medio para tratar explícitamente la especificidad del contexto local y los requerimientos de los usuarios. En base a este taller se concluye que una fase de negociación de las adaptaciones debería ser parte del proceso, entre los diseñadores, los clientes (los que pagan la implementación) y los usuarios (los que utilizan realmente el software) basados en el coste de las adaptaciones y su valor agregado para la Organización de Riego.

4. Discusión y conclusiones

Por considerar a las muy diversas comunidades de práctica involucradas en este proceso, los cuatro procesos de creación de conocimiento propuestos por Nonaka y Takeuchi (1995) se han amplificado. Conocimiento tácito y explícito fue intercambiado y transformado en los límites *entre* diversas comunidades de práctica. Focalizando en la Organización de Riego y el Centro de Ingeniería como los principales actores involucrados en este proceso, conocimientos explícitos de estas comunidades de práctica tan diferentes fueron combinados, por ejemplo cuando se ofreció la implementación del programa en otros sistemas, (5) o, en la reunión formal inicial en el Centro de Ingeniería (3). En el último caso fue el ingeniero de la ONG quien trajo su conocimiento explícito de la Organización de Riego a la mesa de reunión con el Centro de Ingeniería. Conocimiento

tácito disponible en ambas comunidades fue externalizado por ejemplo, durante la instalación de la primera versión del software (4).

Es interesante observar que éste intercambio de conocimientos va en ambas direcciones: a través del prototipo se explicita a los usuarios cómo los ingenieros conciben el software, y a los diseñadores, cuáles eran las expectativas de los usuarios en ese momento. El trabajo conjunto de los diseñadores y de los usuarios del software en la misma computadora, como describimos en (6), se puede interpretar como ejemplo de un intercambio de conocimientos tácitos. Esta socialización de conocimientos entre comunidades de práctica está basada en la experiencia y la participación directa en una práctica común. Esta práctica conduce a los actores involucrados a una mejor comprensión de las metas y las expectativas de todos, sin que necesariamente sean capaces de verbalizar este conocimiento.

El papel cambiante del ingeniero de la ONG también se puede entender en este sentido. Al principio del proceso él desempeña un papel importante como puente para facilitar la combinación y la exteriorización de conocimiento entre las comunidades de práctica involucradas. Sin embargo, la salida de éste permite más interacción directa entre los diseñadores y los usuarios, hecho que también fue valorado por los dos actores. Nuestra interpretación tentativa de este proceso es que un intermediario no puede sustituir la socialización directa del conocimiento tácito entre comunidades, pues, ésta sería posible solamente a través de experiencias conjuntas en una práctica común.

A través del proceso podemos observar cómo la interacción entre los involucrados se desarrolla gradualmente hacia una lógica de investigación-acción. Mientras los esfuerzos originales del Centro de Ingeniería son dirigidos a realizar una investigación general *sobre* el software para el manejo del riego, en el camino se mueven gradualmente hacia una

investigación *'con'* organizaciones específicas enroladas en circunstancias particulares. Una relación inicialmente desvinculada se transforma así en un contacto permanente y cada vez más personal entre las personas claves de las organizaciones implicadas. El enfoque original de primero desarrollar la tecnología completamente y después implementarla, se desarrolla en un proceso participativo e iterativo de investigación-acción implicando reflexión común, desarrollo común y poner a prueba común la tecnología.

Este cambio de enfoque en el transcurso del proceso se puede entender mejor, ampliando el análisis anterior centrado en los procesos de creación de conocimiento, al tipo de conocimientos que fueron creados. El cuadro que emerge es un proceso de creación de conocimiento conducido por la interacción de diversos contextos y lógicas en los límites entre diversas comunidades de práctica. Los momentos para la creación de conocimiento en los límites toman sobre todo la forma de un proceso multidireccional de interacción, como la reunión en la fase (3), la instalación de un prototipo en la fase (4), o la constante retroalimentación de los dos lados para el mejoramiento del software. (6).

Estos momentos a menudo son confrontaciones, por ejemplo, lo que para los diseñadores del software es una supuesta versión final para los usuarios es un prototipo mal adaptado. Este mismo ejemplo indica también que el conocimiento creado inicialmente y encajado en el prototipo, se puede caracterizar como poco accionable. Es solamente a partir del momento que la secretaria de la Organización de Riego y los ingenieros de sistemas se sientan juntos en varias ocasiones a la computadora, trabajan en la tarea común de conseguir el software para hacer las tareas necesarias de la administración correctamente, que el conocimiento accionable es creado.

Esto lleva finalmente a la adopción del programa CERES para apoyar la administración del riego. En

nuestra opinión, la aparición de una práctica común con cualidades relacionales (Bouwen y Taillieu, 2004), permite compartir directamente conocimientos tácitos, y también el establecimiento de una base común para externalizar y compartir conocimientos explícitos relevantes. Podemos concluir que un conocimiento explícito se puede intercambiar y combinar significativamente cruzando los límites de comunidades de práctica, solamente cuando se encaja en una práctica suficientemente compartida. Para que estas prácticas comunes emerjan a través del proceso. Un movimiento importante de contextualización es necesario.

Vinculándose con las circunstancias concretas que se requieren para poner a funcionar la computadora para las tareas de administración en este sistema de riego específico, se logra una sinergia de contribuciones mutuas de una manera que no es posible desarrollando una solución general para un problema general. En síntesis podemos aprender de este análisis; que el conocimiento creado da lugar a ser más accionable cuando es contextualizado, cuando tiende un puente cruzando los límites entre comunidades de conocimiento y cuando su creación es encajada en una práctica común con cualidades relacionales.

Estos resultados están en línea con Paulshagen (2004), que se apoya en Bohman (2004) para concluir que el conocimiento accionable no se puede crear como un cuerpo de conocimiento dentro de un marco teórico particular. Más bien, la clase de conocimiento accionable que se requiere es un conocimiento en "multi-perspectiva". Esta calidad de múltiples perspectivas del conocimiento es crucial en nuestro caso, en el cual marcos del conocimiento muy diversos, encajados en comunidades de práctica muy diversas, tienen que formar un puente para crear en común un conocimiento que fuera accionable.

Partimos de la observación que aunque la investigación-acción participativa encuentra en parte su origen en el contexto de proyectos de desarrollo,

los resultados a menudo no cumplen con las expectativas de sostenibilidad. Argumentamos que la accionabilidad del conocimiento contextualizado es crucial para alcanzar resultados sostenibles. Ilustramos con nuestro análisis el desafío de crear conocimiento accionable cuando conocimientos muy diversos necesitan que un puente sea tendido. Ilustramos también cómo este desafío es superado gradualmente mientras el proceso se desarrolla más y más en la dirección de una investigación-acción. Es importante observar que este proceso no es fácil. En nuestra opinión solamente el compromiso a largo plazo y la persistencia de los actores involucrados y la flexibilidad para negociar los resultados deseados permiten que los procesos necesarios de puente emerjan. Por otra parte desde un punto de vista del desarrollo sostenible, este proceso ilustra claramente cómo una tecnología sostenible se puede desarrollar incluso para esta clase específica de usuarios, para quienes una computadora en si misma es ya una innovación considerable. Este proceso no borra al conocimiento local, pero incorpora este conocimiento en la innovación tecnológica. Con respecto a las consecuencias sostenibles de este proceso podemos mencionar que la Organización de Riego utiliza el programa CERES desde hace varios años sin ayuda externa de los desarrolladores. Además el software se está adaptando permanentemente y se pone en ejecución en un número creciente de organizaciones de riego ecuatorianas y extranjeras. Aunque nuestra descripción longitudinal que atraviesa varios años brinda importantes ideas con respecto a los procesos que permiten un conocimiento accionable y sostenible, investigaciones adicionales deben aclarar más las calidades relaciones y de reciprocidad, de las prácticas capaces de tender puentes entre diferentes comunidades de conocimiento.

Reconocimientos

Agradecemos a los miembros de la TUCAYTA, CESA, los centros ACORDES y PROMAS de la Universidad de Cuenca, y COPP e ILWB de la Katholieke Universiteit Leuven por invitarnos a la reflexión y la acción comunes a través de este proceso. Agradecemos al Consejo Interuniversitario Flamenco (VLIR) por financiar los proyectos "Manejo día a día de sistemas de riego" y "Desarrollo de innovaciones tecnológicas participativas, para la administración sostenible de recursos naturales".

Referencias

- Abril, F. y M. Zhingri, 2003. Construcción social de una tecnología informática. Tesis de Licenciatura no publicada, Escuela de Sociología, Universidad de Cuenca (Ecuador).
- Argyris, C., 2004. Reasons and rationalizations: The limits to organizational knowledge. Oxford: Oxford University Press.
- Bohman, J., 2004. Toward a critical theory of globalization: Democratic practice and multiperspectival inquiry. *Concepts and Transformation*, 9(2), 121-146.
- Bouwen, R. y T. Taillieu, 2004. Multi-party collaboration as social learning for interdependence: Developing relational knowing for sustainable natural resource management. *Journal of Community & Applied Social Psychology*, 14(3), 137-153.
- Bradbury, H. y P. Reason, 2001. Conclusion: Broadening the bandwidth of validity: Five issues and seven choice-points for improving the quality of action research. In P. Reason & H. Bradbury (Eds.), *Handbook of action research: Participative inquiry and practice* (pp. 447-456). London: Sage.
- Craps, M., A. Dewulf, M. Mancero, E. Santos y R. Bouwen, 2004. Constructing common ground and recreating differences between professional and indigenous communities in the Andes. *Journal of Community and Applied Social Psychology*, 14, 378-393.
- Espinosa, M. y L. Lupercio, 1998. Sistema de manejo y actualización de catastros para proyectos de riego. Tesis de Ingeniería no publicada, Facultad de Ingeniería, Universidad de Cuenca (Ecuador).
- Fals Borda, O., 1987. The application of participatory action research in Latin America. *International sociology*, 2(4), 329-347.
- Fals Borda, O. y L. E. Mora-Osejo, 2003. Context and diffusion of knowledge: A critique of Eurocentrism. *Action Research*, 1, 29-37.
- Gustavsen, B., 2004. Making knowledge actionable: From theoretical centralism to distributive constructivism. *Concepts and Transformation*, 9, 147-180.
- Meinzen-Dick, R., 1997. Farmer participation in irrigation; 20 years of experience and lessons for the future. *Irrigation and Drainage Systems*, 11, 103-118.
- Nonaka, I. y H. Takeuchi, 1995. *The knowledge-creating company*. Oxford: University Press.
- Park, P. (2001). Knowledge and participatory research. In P. Reason & H. Bradbury (Eds.), *Handbook of action research: Participative inquiry and practice* (pp. 81-90). London: Sage.
- Paulshagen, O., 2004. Knowledge at work: New stories from action research. *Concepts and Transformation*, 9, 113-119.
- Polyani, M., 1966. *The Tacit Dimension*. London: Routledge & Kegan Paul.

- Reason, P. y H. Bradbury, Eds., (2001). *Handbook of action research: Participative inquiry and practice*. Thousand Oaks: Sage.
- Selener, D., 1997. *Participatory action research and social change*. Ithaca: Cornell Participatory Action Research Network.
- Shotter, J., 2004. Expressing and legitimating 'actionable knowledge' from within 'the moment of acting'. *Concepts and Transformation*, 9(2), 205-229.
- Van Dienen, A., 1998. Keeping hold of the stick and handing over the carrot: Dilemma's arising when development agencies use PRA. In B. Boog, H. Koenen.
- Van Wijk-Sijbesma, C., 2001. The best of two worlds: Methodology for participatory assessment of community water services. Delft: IRC International Water and Sanitation Center Technical Paper Series 38.
- Wenger, E., 1998. *Communities of practice: Learning, meaning and identity*. Cambridge: University Press.
- Whyte, W. F., 1991. *Participatory action research*. Thousand Oaks, CA: Sage.





Assessment of the performance of low-rate sprinkler irrigation systems as a function of extension support

Felipe Cisneros^{1*},
E. Esteban Pacheco T.¹
Jan Feyen²

Abstract

Water availability, low productivity and the labor shortage are the main driving forces that the Andean farmers started applying low-rate low-cost sprinkler systems. The shift from furrow irrigation to sprinkle irrigation is a tremendous technological change for the autochthonous farmer's, who were used to divert the incoming flow by gravity to the furrows in between row crops. The introduction of new technologies if not accompanied by appropriate measures, such as the procurement of the most appropriate material and the training of the end-user, often does not fulfill the expectations one might obtain from those technologies when applied under optimal conditions. Low-rate sprinkler systems, although simple in hardware and straightforward to operate, are not that simple for the autochthonous farming community. Aspects that in the application can go wrong are: the programming of the irrigation events on the wrong moments in the growing season; the under-respectively over-irrigation by incorrect assessment of the time of irrigation; the incorrect positioning of the sprinklers, i.e. sprinklers are not placed in the correct pattern and the spacing between the sprinklers can be too short or too long; the riser pipes should be in a vertical direction and sufficient long that water is sprayed over the crop rather than within the crop; the sprinkler nozzle and the water pressure at the nozzle should be in accordance to the sprinkler setup so that the right application rate is given as uniform as possible on the area bounded by 3 (triangular setting of sprinklers) or 4 (rectangular setting of sprinklers) sprinklers.

In this paper the effect of extension support to the farmers on the irrigation performance using low-rate low-cost sprinkler systems is studied on three

1. Programa para el Manejo del Agua y del Suelo (PROMAS) University of Cuenca (UCuenca), Ecuador

* E-mail: fcisnero@ucuenca.edu.ec

2 Department of Land Management and Economics, Faculty of Bioscience Engineering, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium

locations. The systems were tested prior to any training intervention, and twice with in field training with the irrigators. The testing consisted in the characterization of the distribution uniformity, the amount of water effectively stored in the soil profile, the application efficiency, the water losses by deep percolation and the losses by runoff and direct evaporation during application were combined and considered as one loss.

The research revealed that (a) as the experiments went on and the farmers heard about the possibility of getting access to a credit system with low interest; and (b) that the farmers installing a low-rate low-cost sprinkler system received training in the correct use of the system that the number of farmers as the experiment went on increased. Furthermore the results clearly show that as the training proceeds that the overall irrigation performance improves on most of the sites where performance tests were conducted. The manuscript illustrates that simple technologies if accompanied by the right support of extension will result into a correct use of the technology, and that the technology in this case helps to use irrigation water efficiently and that the correct water use will ultimately lead to a more uniform crop and overall higher yield.

1. Introduction

Farming in the highlands of the Andes can be characterized as low-input low-output farming systems, producing sufficient to support the farmer's family and enabling a fraction of the harvest to be sold on local markets. The input of fertilizers and mechanization is very modest. Most farmers use primarily hand power and animal traction for the cultivation of the land prior to the start of a new growing season. During the period of rainfall deficit crops are irrigated using handmade furrows. Water is diverted from a reservoir, lead canal or nearby river and channeled along earthen ditches to the fields to be irrigated. The furrows are constructed along the furrows and are typical flat blocked at the end of the furrows. The length of the furrows is very variable as well as the cross-section. Traditional farmers divert the total flow they receive into a furrow and replenish the block-end furrow till the furrow is completely filled with water, where after the water manually is diverted to the neighboring furrow. This is repeated till the entire field is irrigated, whereas the water is diverted to a neighboring farmer. Farmers do not have a control on the amount of water diverted in the furrow, nor the amount of water that is exactly infiltrated. The farmers also do not know if the water

is applied at the right moment. In summary the irrigation is conducted in a very empirical way, and it is very unlikely that the uniformity, adequacy and application efficiency meet the standards for surface irrigation. Expertise related to irrigation is transferred from generation to generation. Given the nature of most soils on the slopes cultivated by the farmers quite some water percolates to the bottom of the plough layer where it accumulates at the top of the mostly compact underlying horizon. The percolation water accumulates and flows laterally on top of the compact horizon, resulting in a strong accumulation of water down the fields which are irrigated. The latter often is at the origin of local land slides. Given the overall low performance of the traditional furrow irrigated fields, resulting in an inefficient use of the scarce water resources and an increase in agriculture output which is far beyond expectations, PROMAS started with the financial support of BID a research project aiming at the replacement of the traditional furrow system with a low-rate sprinkler system. The hypotheses were that with a sprinkler system (a) water would be used more economically (less losses), (b) the water would be distributed more equally, and (c) the agricultural output would be higher. The research also included the examination of the most optimal application rate given the type of soils

and the longitudinal field slope, which in most cases is above 20%. The research resulted to an extension of the indicative maximum application rate with sprinkler systems as a function of the soil type, tilt and terrain slope. The normative table was developed for field slopes varying between 0 and 12% (Keller and Bliesner, 1990). Table 1 gives the extended version of Keller and Bliesner's table, developed by Cisneros (2002), depicting the recommended application rates for sprinkler systems for field slopes up to 30%. The low application rates were obtained by adjusting the sprinkler pattern and spacing between the sprinklers, and modifying the pressure at the sprinkler nozzle.

Table 1: Indicative maximum application rate as a function of soil type, tilt and terrain slope

| Slope (%) | 0-5 | 5-8 | 8-12 | 12-16 | 16-20 | 20-24 | 24-28 | 30 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----|------|-------|------------|------------|------------|------------|
| Soil texture and profile | Maximum application rate (mm hr ⁻¹) | | | | | | | |
| Coarse sandy soil to 1.8 m | 50 | 38 | 25 | 13 | 10 | 9.6 | 9.4 | 8.9 |
| Coarse sandy soil over more compact soils | 38 | 25 | 19 | 10 | <u>9.6</u> | <u>9.4</u> | <u>8.9</u> | 5.2 |
| Light sandy loams to 1.8 m | 25 | 20 | 15 | 10 | <u>8.9</u> | <u>7.4</u> | <u>5.2</u> | <u>3.3</u> |
| Light sandy loams over more compact soils | 19 | 13 | 10 | 8 | 7.4 | 5.2 | 3.3 | 1.4 |
| Silt loam to 1.8 m | 13 | 10 | 8 | 5 | 3.3 | 1.5 | 1.4 | 1.2 |
| Silt loam over more compact soils | 8 | 6 | 4 | 2.5 | <u>1.5</u> | <u>1.4</u> | <u>1.2</u> | <u>0.4</u> |
| Heavy textured clays or clay loams | 4 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 0.4 | 0.2 |

The overall objective of this investigation was to examine the transfer of low-rate sprinkler systems to farmers which traditionally worked with surface irrigated furrows as this technology was transferred from generation to generation. The research questions, which form the basis of this manuscript, were to evaluate how the farmers adopted this technology and how the participatory process assisted the farmers in the better utilization of the technology. The criteria used to characterize the proper use of the technology were irrigation performance indicators, which for their calculation require the monitoring in the field during an irrigation event. The participatory process consisted of three steps, i.e. after installation with prior training of the farmers the performance of an irrigation event was monitored, called the observation phase (Phase 1). Based on the results of Phase

1 the farmers were informed about the performance assessment and trained to improve future irrigation events, called the instruction phase. Finally a while after the instruction phase a final evaluation phase was applied during which the systems performance was measured once more. The three phase approach allowed to collect from the end-users feedback related to the low-rate sprinkler system, feedback which was included in the instruction phase. The data collected during the three phases were used to reconstruct the evolution in performance indicators as a function of the extension support delivered to the farmers.



2. Methods

The field experimental setup consisted of the farmer's low-rate sprinkler system. Prior to the test an engineering analysis was made of the system to verify if the correct pressure at the inlet of the sprinkler system was applied, the sprinkler pattern and spacing was correct, the standpipes were vertical, and no leaks were present in the system. During an irrigation event equally spaced catch cans were placed covering the area bounded by 3 (triangular pattern) or 4 (triangular pattern). An average of 1 can per square meter, in an area of 12 by 12 m were used. It was the farmer that decided the moment of irrigation and the duration of the irrigation event. The cans were removed after the irrigation and the volume of water collected translated in mm water. On the water supply a water meter was placed as to measure the gross volume of water applied during the irrigation test. The water in the catch cans allowed calculating (a) the uniformity in water distribution using Christiansen's (1942) approach (UCC), and (b) the depth of water infiltrated in the field. The based on the depth of water to applied and the water depth effectively applied both the adequacy (AD) and the deep percolation loss (DP) could be calculated. The water depth effectively stored in the soil profile divided by the gross water depth applied (value calculated from the gross volume applied) yielding the field application efficiency (AE). The difference between the water stored in the soil profile and the gross water depth applied was considered as a measure for the losses by runoff and direct evaporation during the irrigation event (RW). The procedure for the computation of UCC, AD, AE, DP and RW can be found in Walker and Skogerboe (1987).

The investigation was conducted at three sites in Nabón, Ecuador. The sites are named Playa, Nieves and Rañas. In each site several farmers were contacted willing to cooperate in the investigation. The number of tests per site was not constant and increased during

the phases of examination (Phase 1 through 3). The increase in number of tests per location is taught of the exchange of experiences between farmers and the making available of a loan system with which the farmers at low interest rates could borrow money to purchase a sprinkler system. As a consequence that the number of test sites increased from Phase 1 to 3 was the reason that an ANOVA analysis could not be applied on the collected data. Such an analysis would allow identifying the effect of the location and the farmer on the performance indicators. As a consequence the analysis was limited to a qualitative interpretation of the irrigation indicators per location (Playa, Nieves and Rañas) and per phase (Phase 1, 2 and 3). A comparison per farmer could not be made due to the limited number of farmers that participated in the investigation and due to the increase in number of participating farmers between Phase 1, 2 and 3. Therefore the measured data and the calculated performance indicators were grouped per location (making no distinction between Phases). In doing so for each indicator the average and standard deviation of the tests run in the Phases 1, 2 and 3 could be calculated. This analysis enabled to verify if the performance indicators are affected by the location. Similarly, all data collected per Phase were grouped and used to calculate the average and the standard deviation. This analysis was conducted to verify if an improvement in the performance indicators took place as a function of the training provided between the successive interventions.

3. Materials

The characteristics of the 3 locations in Nabón, Ecuador, are summarized in Table 2. This table contains information on the overall slope of the test sites, the soil type, soil properties and the crop grown during the tests. The slopes of the sites vary from 16 to 32%, on the basis of which the test sites can be classified as steep to very steep. The soils are

shallow, clayey and the top horizon contains a lot of cracks when dry. The shallow top soil with many macropores is underlain by a compact clay horizon. The basic infiltration rate, measured by a double ring infiltrometer test, which is a measure for the saturated hydraulic conductivity yielded average values for the top soil ranging between 8.60 to 58.00 mm hr⁻¹. In the underlying horizon which is more compact much lower values for the saturated hydraulic conductivity were recorded, ranging between 3.8 and 8.7 mm hr⁻¹. The bulk density of the soils varied between 1.26 and 1.39. The soils of the test sites in Playa and Rañas have very similar bulk density, though are different in hydraulic behavior. The soils in Rañas possess a higher water retention capacity with poor internal drainage. It is to be expected that the sites in Rañas are more subject to runoff than the farm sites monitored in Playa.

The calculated performance indicators per location and sampling phase are listed in the Tables 3 (Playa), 4 (Nieves) and 5 (Rañas). The top part of those tables give the calculated value for the indicators UCC, AD, AE, DP and RW, whereas the bottom part depicts the average value, the average plus and minus the standard deviation of the indicator value. The average and the standard deviation are calculated for all the test runs in the Phases 1, 2 and 3. In Playa a total of 5 tests were conducted, respectively 1 test during Phase 1, 2 tests during Phase 2 and 3. In Nieves a total of 6 tests were conducted, respectively 1 test during Phase 1, 2 tests during Phase 2 and 3 tests during Phase 3. A total of 7 tests were run in Rañas, respectively 1 test during Phase 1, 2 tests during Phase 2 and 4 tests during Phase 3.

Table 2: Site characteristics

| Parameter | Unit | Playa | Nieves | Rañas |
|------------------------------------------|---------------------|-----------|----------|----------|
| Slope | % | 31 | 16 | 28 |
| Soil type | | Regosol | Vertisol | Vertisol |
| Soil depth | m | 0.20 | 0.41 | 0.38 |
| Bulk density | g cm ⁻³ | 1.38 | 1.26 | 1.39 |
| Field capacity | volume % | 30.60 | 35.30 | 39.80 |
| Wilting point | volume % | 16.00 | 21.10 | 20.50 |
| Basic infiltration rate (top horizon) | mm hr ⁻¹ | 58.00 | 12.70 | 8.60 |
| Basic infiltration rate (bottom horizon) | mm hr ⁻¹ | 8.7 | 4.2 | 3.8 |
| Crop | | Alfalfa | Alfalfa | Alfalfa |
| Root depth | m | 0.25-0.40 | 0.30 | 0.35 |

Table 3: TOP: calculated UCC, AD, AE, DP and RW based on the measurements conducted at Playa during the Phases 1, 2 and 3. BOTTOM: average, average plus and minus the standard deviation

| | Test | UCC | AD | AE | DP | RW |
|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Phase 1 | Playa_1 | 81.90 | 54.86 | 89.63 | 9.69 | 0.68 |
| Phase 2 | Playa_2 | 72.90 | 35.94 | 78.57 | 0.00 | 21.43 |
| | Playa_3 | 72.20 | 63.56 | 77.67 | 19.58 | 2.75 |
| Phase 3 | Playa_4 | 86.40 | 84.72 | 77.34 | 18.53 | 4.13 |
| | Playa_5 | 86.00 | 87.50 | 75.79 | 20.41 | 3.80 |
| | AVG | 79.88 | 65.32 | 79.80 | 13.64 | 6.56 |
| | AVG+STD | 86.80 | 86.79 | 85.39 | 22.40 | 14.98 |
| | AVG-STD | 72.96 | 43.84 | 74.21 | 4.89 | -1.86 |

The data in the Tables 3, 4 and 5 were used as basis for the construction of the Figs. 1 to 8. The Figs. 1 to 3 depict for the calculated performance indicators (UCC, AD, AE, DP and RW) the distribution per location independent of the phase of observation. The Figs. 4 to 8 show for each of the performance indicators the average and the standard deviation per phase of observation (Phases 1, 2 and 3, respectively). Those figures depict the trend in the average values of the performance indicators and the evolution in spreading of the observations as a function of the increase in extension support from Phase 1 to 3.

Table 4: TOP: calculated UCC, AD, AE, DP and RW based on the measurements conducted at Nieves during the Phases 1, 2 and 3. BOTTOM: average, average plus and minus the standard deviation

| | Test | UCC | AD | AE | DP | RW |
|---------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Phase 1 | Nieves_1 | 65.00 | 44.00 | 75.68 | 0.00 | 24.32 |
| Phase 2 | Nieves_2 | 76.90 | 6.67 | 67.50 | 0.00 | 32.50 |
| | Nieves_3 | 76.90 | 10.22 | 94.64 | 0.00 | 5.36 |
| Phase 3 | Nieves_4 | 73.80 | 32.44 | 95.00 | 0.00 | 5.00 |
| | Nieves_5 | 88.40 | 65.28 | 81.98 | 8.18 | 9.84 |
| | Nieves_6 | 83.20 | 70.83 | 73.60 | 12.40 | 14.00 |
| | AVG | 77.37 | 38.24 | 81.40 | 3.43 | 15.17 |
| | AVG+STD | 85.39 | 65.23 | 92.78 | 8.91 | 26.25 |
| | AVG-STD | 69.34 | 11.25 | 70.02 | -2.05 | 4.09 |

Table 5: TOP: calculated UCC, AD, AE, DP and RW based on the measurements conducted at Rañas during the Phases 1, 2 and 3. BOTTOM: average, average plus and minus the standard deviation

| | Test | UCC | AD | AE | DP | RW |
|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Phase 1 | Rañas_1 | 24.30 | 54.94 | 43.53 | 21.18 | 35.29 |
| Phase 2 | Rañas_2 | 44.00 | 23.56 | 75.00 | 0.00 | 25.00 |
| | Rañas_3 | 83.40 | 17.36 | 93.65 | 0.00 | 6.35 |
| Phase 3 | Rañas_4 | 67.00 | 62.22 | 77.04 | 20.41 | 2.55 |
| | Rañas_5 | 83.40 | 56.25 | 71.84 | 6.93 | 21.23 |
| | Rañas_6 | 88.00 | 70.37 | 60.44 | 7.09 | 32.47 |
| | Rañas_7 | 83.00 | 74.31 | 70.17 | 13.87 | 15.95 |
| | AVG | 67.59 | 51.29 | 70.24 | 9.92 | 19.84 |
| | AVG+STD | 92.03 | 73.54 | 85.67 | 18.74 | 32.24 |
| | AVG-STD | 43.14 | 29.03 | 54.81 | 1.11 | 7.43 |

4. Results and discussion

Although the number of cases per location is small [Playa (5 cases), Nieves (6) and Rañas (7)] (see Tables 3 to 5 and Figs. 1 to 3) the data collected during an irrigation event on the 18 cases reveals that in Playa on the tested farms the farmers on average irrigate best. The UCC (72.96 to 86.80%) and AE (74.21 to 85.39%) range on average around 80%, with a relative narrow range between the extremes. Losses equal 20%, split between deep percolation

losses 13.64% (4.89 to 22.40%) and runoff and direct evaporation losses 6.56% (-1.86 to 14.98%). The variability in losses is much higher than the variability in UCC and AE. Most likely due to a too short duration of the irrigation event; the AD on average was equal to 65.32% (43.84 to 86.79). The farmers of which the sprinkler system was tested in Nieves reveals that the performance on those plots is very much similar to the results derived from the plots tested in Playa. UCC [77.37% (69.34 to 85.39%)]

and AE [81.40% (70.02 to 92.78%)] values are very alike. Deep percolation losses are considerable smaller [3.43% (-2.05 to 8.91%)], whereas the other losses (RW) are much larger [15.17% (4.09 to 26.25%)]. The range of DP and RW is of the same magnitude as found for the test plots in Playa. AD is on average much smaller than the AD values found in Playa, with an average AD value of 38.24% (11.25 to 65.23%). On the basis of the tests run in Rañas one should conclude that both the UCC [67.59% (43.14 to 92.03%)] and AE [70.24% (54.81 to 85.67%)] are considerably lower than in the two other sites, indicating that the irrigation performance on the plots in Rañas is considerably less favorable. DP and RW are of the same order of magnitude, and the AD [51.29% (29.03 to 73.54%)] is situated halfway between the AD found for Playa and Nieves. The larger variability of the indicators in Rañas suggests that the hardware and the farmer's way of operation vary considerably from operator to operator.

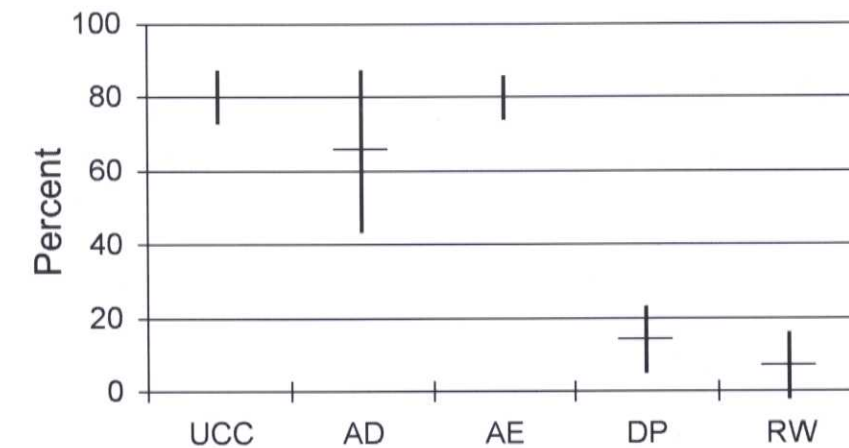


Fig. 1: Average, average plus and minus the standard deviation of the uniformity coefficient (UCC), adequacy (AD), application efficiency (AE), deep percolation loss (DP) and losses due to runoff and direct evaporation (RW) for the plots monitored at Playa during the Phases 1, 2 and 3

Whereas the information in the Figs. 1 to 3 give a clear picture of the average irrigation performance of the test plots in Playa, Nieves and Rañas, they do not reveal if the extension support in between phases of observation resulted in an improvement of the irrigation performance between Phase 1 (first observation) and Phase 3 (final evaluation), separated by the instruction phase (Phase 2). During Phase 2 the farmers were trained on how they could improve the system performance. To quantify if a positive evolution in the system operation took place the Figs. 4 to 8 were constructed. These figures depict over the different locations the evolution of the irrigation indicators UCC, AD, AE, DP and RW from Phase 1 to 3. In those figures the value of the irrigation indicators were grouped over the locations, Playa, Nieves and Rañas. Which means that respectively 3 (Phase 1), 6 (Phase 2) and 9 (Phase 3) datasets were used for the calculation of the average and the average plus/minus the standard deviation for each of the 5 indicators.

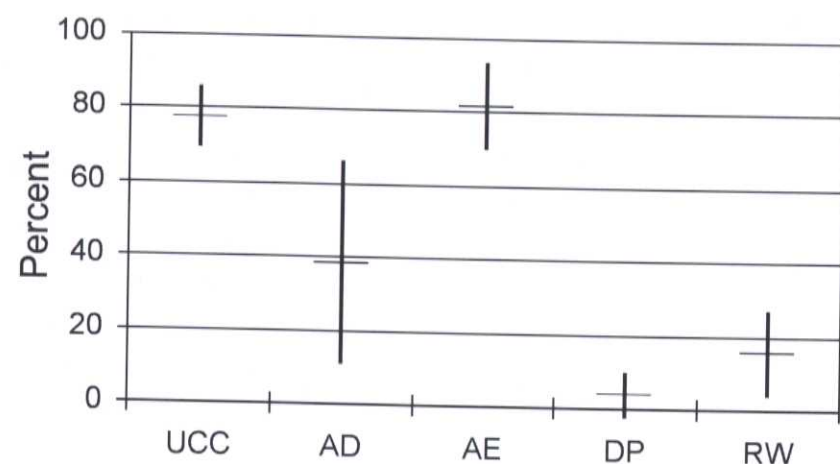


Fig. 2: Average, average plus and minus the standard deviation of the uniformity coefficient (UCC), adequacy (AD), application efficiency (AE), deep percolation loss (DP) and losses due to runoff and direct evaporation (RW) for the plots monitored at Nieves during the Phases 1, 2 and 3

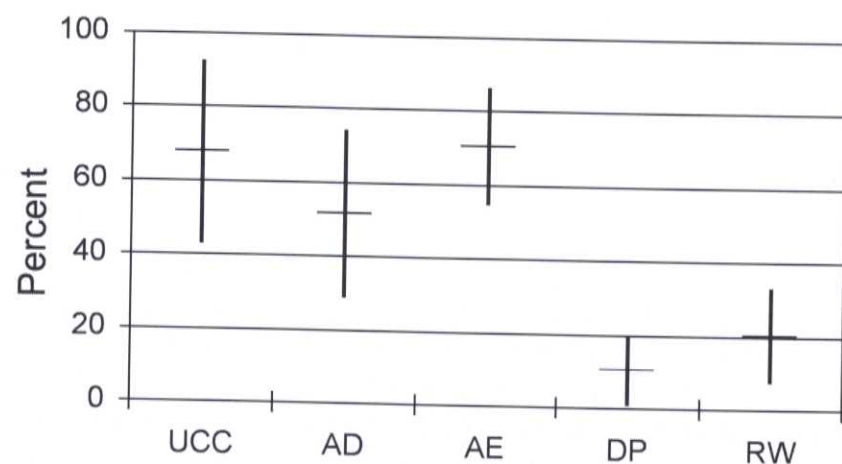


Fig. 3: Average, average plus and minus the standard deviation of the uniformity coefficient (UCC), adequacy (AD), application efficiency (AE), deep percolation loss (DP) and losses due to runoff and direct evaporation (RW) for the plots monitored at Rañas during the Phases 1, 2 and 3

In Fig. 4 the evolution over the 3 phases is given of the UCC. The figure reveals that UCC increased, from 57.07 to 82.13%, and that the fluctuation between the extreme low and high values around the average decreases, indicating that the extension contributes to an overall improvement of the distribution uniformity, but also that the variation between farmers decreases. A value of 80% and larger is generally considered as an acceptable value for the distribution uniformity. Farmers still need to improve the adequacy, meaning that the duration of the irrigation event needs to be increased. From Fig. 5 it is seen that the adequacy dropped from Phase 1 to 2, but fortunately through the training of the farmers increased to an average value of 67.10% (50.71 to 83.49%) in Phase 3. Further training on this aspect still needs to be provided. The application efficiency (AE) shows the same trend as the UCC, although the level of improvement between

the first and third phase is less drastic than the improvement observed for the UCC, namely from 69.61 to 75.91%. The DP did not change from Phase 1 to 3 and varies around 6.82% on average, with some minor fluctuations. The RW decreased linearly from Phase 1 to 3, with an average of 4% from phase to phase, ranging on average (Phase 2) around 15.92%.

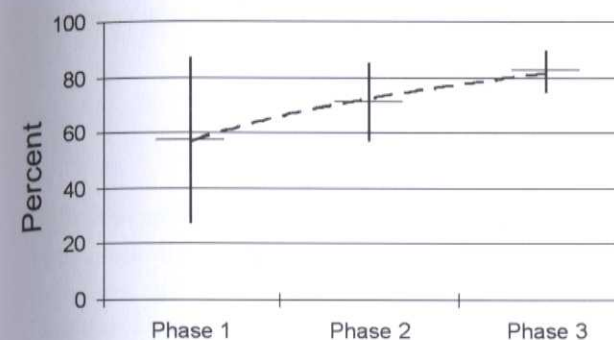


Fig. 4: Average, average plus and minus the standard deviation of the UCC in the plots monitored in Phase 1, 2 and 3, respectively

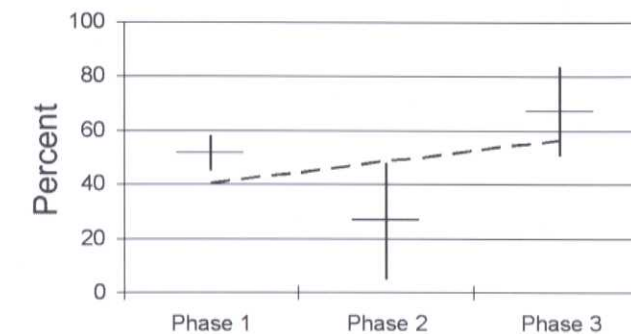


Fig. 5: Average, average plus and minus the standard deviation of the AD in the plots monitored in Phase 1, 2 and 3, respectively

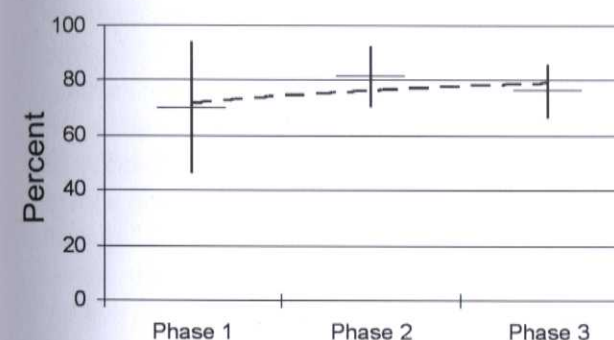


Fig. 6: Average, average plus and minus the standard deviation of the AE in the plots monitored in Phase 1, 2 and 3, respectively

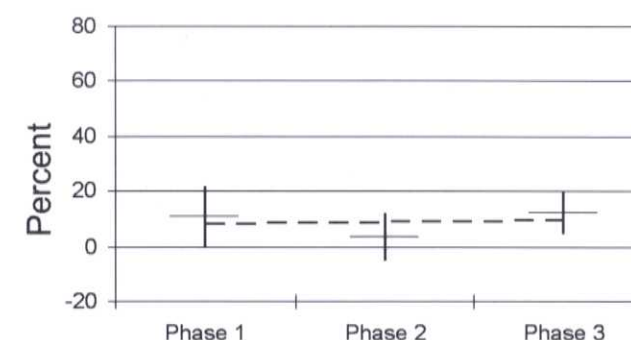


Fig. 7: Average, average plus and minus the standard deviation of the DP in the plots monitored in Phase 1, 2 and 3, respectively

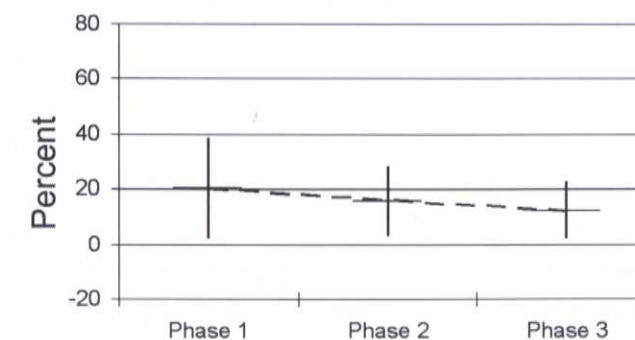


Fig. 8: Average, average plus and minus the standard deviation of the RW in the plots monitored in Phase 1, 2 and 3, respectively

The improvement of most of the irrigation indicators between Phase 1 and 3 indicates that the extension support had a positive impact on the overall irrigation performance. This positive trend was not so explicit visible for the AD indicator, given the sharp drop in AD value from Phase 1 to 2. Overall the AD value increased with an average of 8% from phase to phase. Unfortunately it was not feasible to verify

5. Conclusions

In three steps separated in time the irrigation performance of the low-rate low-cost sprinkler systems recently used by autochthonous farmers was measured. In between the steps the farmers were informed about the results and accordingly trained if the results of the performance test indicated that the system was not properly applied. The test sites were located in three locations in Nabón, Ecuador. Field slopes of the test sites were all around or above 20%, and the soils were classified as Regosols and Vertisols. The study revealed that most of the irrigation indicators, notwithstanding the low number of tests and the variability between the data improved with the extension support provided between Phase 1 and 2, and Phase 2 and 3. The only indicator who did not show a continuing positive trend was the indicator measuring the adequacy, i.e. if the applied water depth met the water depth that needed to be replenished in the root zone. There is a tendency to under irrigate, which might be due to the limited time farmers have access to irrigation water. To reduce the variability in observations it is recommended to increase the number of tests per location, and to increase the number of observations in time, i.e. increase the number of phases. Furthermore, it is strongly advised to streamline the on-site trainings and discussions with the farmers. It is believed that the extension contributed to an overall improvement of the irrigation performance, but it is also believed that more training in a more systematic way will further improve the system performance. A large scale shift from the traditional surface irrigation system to sprinkle systems will not only result in a more rational use of the local water resources, it will also contribute to a reduction of the hazard for land slides. In summary it is not exaggerated that the use of sprinkle irrigation will contribute to a conservation of the local land and water resources.

Acknowledgements

The authors are grateful for the financial support of the VLIR-4 project without which it would not have been feasible to conduct this research. In addition the authors like to acknowledge the farmers that participated in the field research through the making available of their irrigation system and the assistance provided during the multiple tests.

References

- Christiansen, J.E., 1942. Irrigation by sprinkling. University of California, Agricultural Experimental Station Bulletin, 670, 124pp.
- Cisnero, F., 2002. Mountain irrigation: performance assessment and introduction of new concepts to improve the water distribution at field level. PhD-dissertation, Faculty of Bioscience Engineering, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgium.
- Keller, J. and R. Bliesner, 1990. Sprinkle and trickle irrigation. Van Nostrand Reinhold, NY, USA, 652pp.
- Walker, W.R. and G.V. Skogerboe, 1987. Surface irrigation theory and practice. Prentice-Hall, Inc., NJ., USA, 386pp.

if the improved irrigation performance also resulted in a more uniform stand of the crop and an increased agricultural output. To this end it would be needed not only to measure the irrigation performance during one irrigation event, but to conduct the same research during all irrigation events in the growing season and to measure the yield.



Pautas metodológicas para la implementación participativa de nuevas tecnologías: experiencias con tecnología de riego en el Austro Ecuatoriano



Resumen

La presente investigación se enmarca en el tema de la innovación tecnológica participativa. Se investiga y analiza procesos de desarrollo e implementación de tecnología de riego en el Austro Ecuatoriano, poniendo énfasis en el proceso metodológico y en los resultados obtenidos.

Entender el funcionamiento de los procesos de implementación de tecnologías nos ha llevado a la deducción de algunas pautas metodológicas que coadyuvan al éxito de estos procesos. Presentamos un análisis sobre los factores claves para que un agricultor adquiera e implemente la tecnología de riego. Además, analizamos los factores claves que inciden en la implementación exitosa de las tecnologías de riego, entre estos tenemos el rol de algunos usuarios como intermediarios entre los ingenieros y los usuarios, la priorización del contexto de uso de la tecnología, la creación de redes de actores para asumir de una forma global el tema del riego y estimular el aprendizaje social, entendiendo este como un proceso de comunicación y retroalimentación permanente entre los diferentes actores.

En conclusión, pretendemos en los procesos de desarrollo e implementación de tecnología pasar de un enfoque de transferencia a un enfoque colaborativo, en donde la comunicación es bi-lateral, la tecnología es vista como un paquete socio-técnico y no como un simple artefacto, y la innovación es vista como un proceso interactivo un ir y venir entre la práctica y el laboratorio.

Dolores Sucozhañay^{1*}
Art Dewulf²
Esteban Pacheco³
Marco Ramírez³
Marc Craps²
René Bouwen²

1. ACORDES, Acompañamiento Organizacional al Desarrollo. Universidad de Cuenca, Ecuador
 2. COPP, Centro de Psicología Organizacional. Katholieke Universiteit Leuven, Bélgica
 3. PROMAS, Programa para el Manejo del Agua y del Suelo. Universidad de Cuenca, Ecuador
- * E-mail: dololic2@yahoo.com

1. Introducción

Desde la pasada década el manejo del agua y el suelo ha ganado en importancia. Asegurar los recursos básicos para la agricultura significa desarrollar innovadoras tecnologías para el eficiente manejo de los recursos naturales.

La agricultura sigue siendo una actividad económica importante en Ecuador: 45% de la población económicamente activa (PEA) se ubica en este sector productivo, contribuye con el 12% al PIB (Producto Interno Bruto). La importancia agrícola es más alta en el sur del Ecuador, donde son escasas las alternativas económicas (industria, manufactura, etc.). Sin embargo, los problemas serios como la erosión, las condiciones de clima, las pendientes fuertes, escasez del agua para el riego, permanente disminución de mano de obra debido a la migración y, la carencia de soluciones tecnológicas adecuadas, son factores que inciden negativamente en los niveles de producción y productividad, y por consiguiente, afectan las condiciones de vida de los agricultores.

Esto conlleva a que el tema del manejo de los recursos naturales agua y suelo tomen mucha importancia en los últimos años, y dentro de esta temática la innovación e implementación de tecnologías se ha propuesto como una salida a esta realidad. Estos esfuerzos no siempre son exitosos en el pasado, sobre todo donde se intenta transferir tecnologías desarrolladas desde contextos muy diferentes. De ahí nace un esfuerzo amplio para desarrollar e implementar *tecnología apropiada* al contexto. Las universidades y centros de investigación, ante esta situación encaminan sus investigaciones hacia el desarrollo, innovación e implementación de tecnologías para el manejo apropiado del agua y del suelo, la Universidad de Cuenca no es la excepción, a través de sus centros de investigación dirige varias de sus investigaciones hacia esta temática.

En este artículo queremos presentar y analizar pro-

cesos de desarrollo e implementación de tecnologías de riego en el Austro Ecuatoriano iniciados desde el Programa para el Manejo de Agua y Suelo PROMAS Universidad de Cuenca, apoyados por el centro de Acompañamiento Organizacional al Desarrollo ACORDES Universidad de Cuenca. El objetivo es entender el funcionamiento de estos procesos e identificar pautas metodológicas para desarrollar estrategias que lleven a procesos exitosos. La participación de los usuarios de la tecnología se ha propuesto como estrategia para lograr implementaciones exitosas, pero ponerlo en práctica no es fácil. Aunque Van Wijk-Sijbesma (2001) encuentra que los proyectos de desarrollo (relacionados con agua) con enfoque participativo logran mejores servicios de agua, ella no dispone de ejemplos de proyectos en los cuales las comunidades locales hayan participado en todas las decisiones del proyecto, y menos en las decisiones relacionadas con la selección de la tecnología. En este artículo abordamos el cómo y el por qué de procesos en donde actores como desarrolladores, facilitadores y usuarios de tecnologías de riego se encuentran e interactúan. La pregunta investigativa que orienta nuestros esfuerzos es ¿Cómo afecta el proceso de interacción entre técnicos profesionales y usuarios durante el desarrollo y la implementación de innovaciones tecnológicas al uso efectivo de estas tecnologías?

Para encontrar respuestas a esta pregunta analizamos un proceso de desarrollo e implementación de tecnologías de riego que se extiende durante 15 años. Eso nos permite (1) analizar el proceso de desarrollo y adaptación de diferentes tecnologías de riego desde las primeras ideas, (2) presentar y evaluar el proceso metodológico seguido de un proceso de investigación-acción apuntado a implementaciones participativas, y (3) hacer un análisis comparativo de casos de implementación enfocado a los factores que promueven el uso efectivo de la tecnología. Estos tres objetivos se reflejan en la estructura del presente

artículo. En la última parte se presentan los resultados y conclusiones finales.

2. Sistematización del proceso de desarrollo e implementación de métodos de riego: una reconstrucción histórica

Para dar respuestas al tema investigado es importante en primer lugar revisar lo sucedido a lo largo del proceso y revisar de donde surge el tema de tecnologías para riego. De esta manera se pretende recuperar la memoria histórica del proceso y desde ahí partir a la extracción de resultados y conclusiones para el tema investigado. Metodológicamente, la reconstrucción del proceso se realiza en base a entrevistas con personas claves, revisión de documentos y reuniones del equipo de investigación para analizar los mismos. Se debe tomar en cuenta que, aunque se basa en la combinación de diferentes fuentes, esta reconstrucción depende de la memoria de los involucrados y a ciertas personas no se les ha podido contactar debido al tiempo que ha transcurrido desde el inicio de este proceso.

La primera idea para elaborar el proyecto de investigación "Métodos de riego y control de erosión en suelos andinos", (P-BID-130) nace en marzo de 1991 cuando todavía existe el IICT¹ de la Universidad de Cuenca, en el seno de un encuentro de investigadores, donde se esboza la necesidad de emprender en el manejo integral de los recursos hídricos (Abril y Zingri, 2003). Posteriormente, la FUNDACYT² organiza un concurso de proyectos de investigación a nivel nacional; participa el PROMAS Universidad de Cuenca, con el proyecto "Métodos de riego y control de erosión en suelos andinos" cuyo objetivo es: "Desarrollar nuevos métodos de riego en suelos con pendientes superiores al 12%, en condiciones de escaso recurso hídrico (manejo del riego con control

de erosión en suelos andinos)". Se trata de buscar los parámetros para diseñar un sistema de riego, se evalúan y estudian los métodos de riego para diseñar alternativas de manejo y adaptación a ciertas condiciones que dificultan o imposibilitan su aplicación tal y como se encuentra establecido en la literatura técnica, como: condiciones topográficas (pendientes superiores al 12%), y de suelos propias de la realidad andina, condiciones que no coinciden con las normas internacionales sobre riego; que considera que para poner en marcha sistemas de riego la pendiente no debe ser superior al 12%.

La preocupación en 1991 es, "¿cómo entonces se está utilizando el riego en pendientes que oscilan entre 30%, 40% y hasta más del 100%, características de los Andes ecuatorianos?", debido a que la tecnología y conocimiento disponibles no cubren las adversidades indicadas, impidiéndose así el buen manejo. Se observa también que los que hacen riego han luchado mucho tiempo usando técnicas propias, pero las condiciones no se prestan para encontrar las más adecuadas, tanto desde lo tecnológico como social y económico.

El proyecto es aprobado y financiado por la FUNDACYT en marzo de 1996. Los resultados demuestran la factibilidad de utilizar métodos de riego apropiados para las condiciones geográficas de nuestro territorio. Debido a las pendientes altas los sistemas de riego utilizados tienen un alto riesgo para provocar la erosión. Al escaso recurso natural, agua, los ingenieros comienzan a mirar cómo podrían adaptar métodos de riego a estas condiciones geofísicas.

El proyecto se inicia, evaluando los métodos y las tecnologías existentes de riego usados por los agricultores. Los técnicos entran en contacto con varios agricultores; en el campo pueden observar los métodos de riego y medir varios parámetros técnicos de riego. Con la permanencia en el campo se enfrentan a las características sociales, económicas y culturales del usuario, pero por las condiciones propias de la

1. Instituto de Investigaciones de Ciencias Técnicas, Universidad de Cuenca

2. Fundación para la Ciencia y la Tecnología

investigación, no se puede establecer un proceso participativo con los usuarios, determinando su participación para un momento posterior.

Los prototipos tecnológicos como riego por aspersión, riego por tubería de compuertas y riego subsuperficial, son probados en condiciones experimentales en las parcelas, considerando los flujos de agua y las necesidades de los cultivos.

Después del proyecto, se inicia el proceso de capacitación a técnicos de instituciones que tienen proyectos relacionados con riego y la implementación de parcelas experimentales. La colaboración con estas instituciones que tienen una forma de trabajo demasiado paternalista, resulta muy difícil y no lleva a implementaciones exitosas de la tecnología.

Al mismo tiempo PROMAS Universidad de Cuenca tiene algunas experiencias participativas interesantes de otros proyectos. Se inicia un nuevo proyecto junto con ACORDES Universidad de Cuenca (Acompañamiento Organizacional Al Desarrollo) sobre "desarrollo participativo de innovaciones tecnológicas". La finalidad de este es identificar los procesos y las metodologías que favorecen innovaciones tecnoló-

gicas exitosas.

Para este caso de estudio, denominado del proyecto Caso III Riego en laderas, dos tecnologías fueron seleccionadas: riego por tubería de compuertas y riego por aspersión; porque los técnicos no consideran el riego subsuperficial lo suficientemente desarrollado todavía. Especialmente el riego por tubería de compuertas recibe reacción positiva de la comunidad científica por sus cualidades innovadoras desde un punto de vista técnico.

Según los técnicos del proyecto, el riego por tubería de compuertas no debe ser puesto en ejecución en este caso de estudio, pues, las condiciones geográficas y los cultivos en las zonas no son adecuadas para el riego por tubería de compuertas, mientras que proporcionan buenas condiciones para el riego por aspersión. Durante la puesta en práctica también se dan situaciones en las cuales ninguna de las dos soluciones es adecuada, otras tecnologías como el riego por goteo podrían serlo. Por consiguiente el proyecto no puede ofrecer soluciones a esos usuarios interesados debido al carácter investigativo del mismo.

Tabla 1: Proceso histórico de desarrollo e implementación de tecnologías de riego

| Etapa | Objetivos | Resultados - Limitaciones |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1991 <i>Las primeras ideas</i> (2004-07-21 Sist. P-BID) | <ul style="list-style-type: none"> - Encuentro de investigadores donde se planteó la necesidad de hacer manejo integral de recursos hídricos. - Concurso FUNDACYT en donde PROMAS UCuenca presenta las primeras ideas del proyecto concentradas en el tema de riego. | <ul style="list-style-type: none"> - Formulación de un proyecto llamado: "Métodos de riego y control de erosión en suelos andinos". - Proyecto presentado al FUNDACYT y aprobado en marzo de 1996. |
| 1996-1997 <i>Arranque</i> (2004-07-21 Sist. P-BID) | <ul style="list-style-type: none"> - Elaborar la Zonificación Agro Ecológica, diagnóstico del Impacto Ambiental y diagnóstico del Riego en la Región. | <ul style="list-style-type: none"> - Zonificación Agro Ecológica, diagnóstico del Impacto Ambiental y diagnóstico del Riego en la Región. |
| 1997- 1998 - <i>Evaluación de los métodos de riego tradicionales</i> (2004-07-21 Sist. P-BID) | <ul style="list-style-type: none"> - Evaluar las formas y métodos de riego tradicionales - Implementación de parcelas experimentales en varias zonas del Austro. | <ul style="list-style-type: none"> - Se determina que la eficiencia de aplicación de riego por surco es muy baja, y nace la idea de usar en las pendientes de la sierra la tubería de compuertas. - Informe general de la situación del riego en el Austro. |
| 1999-2000 <i>Instalación de parcelas</i> (2004-07-21 Sist. P-BID) | <ul style="list-style-type: none"> - Instalar nuevas parcelas experimentales. | <ul style="list-style-type: none"> - Implementan los resultados obtenidos para el riego por surco y por aspersión. |
| 2000-2001 <i>Capacitación</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Capacitación a técnicos de instituciones relacionadas con el P-BID-130. | <ul style="list-style-type: none"> - Capacitación a técnicos de algunas instituciones. - La colaboración con estas instituciones resulta muy difícil y no lleva a implementaciones exitosas de la tecnología. |
| 2001 <i>Arranque Proyecto VLIR-004</i> Enfoque en el tema de la capacitación en riego. | <ul style="list-style-type: none"> - Revisar y analizar como los técnicos del PROMAS UCuenca realizaban la capacitación en temas de riego. - Mejorar los procesos de capacitación. - Establecer una metodología de capacitación en temas de riego. | <ul style="list-style-type: none"> - Capacitaciones ejecutadas. - No se obtuvo una retroalimentación clara para los procesos de capacitación. - El equipo tanto de PROMAS UCuenca como de ACORDES UCuenca no tiene definido sus roles lo cual dificulta la coordinación. |
| 2002 <i>Sistematizar las experiencias que se generaron en el P-BID-130</i> <i>Implementación de la tecnología de riego</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Observar los resultados y extraer lecciones aprendidas de las experiencias del P-BID-130 (C3 2002-01-28 Memo de la reunión con Prof. Jan Feyen). - Generar experiencias de implementación de la tecnología de riego dentro del proyecto VLIR-004. | <ul style="list-style-type: none"> - Contactos para la sistematización de experiencias. - No se implemento la tecnología de riego en ninguna parcela. |
| 2003 <i>Implementar la tecnología de riego.</i> <i>Incorporación del elemento de crédito en el proyecto VLIR- 004</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Buscar usuarios con los cuales implementar la tecnología de riego en laderas en base a ciertos parámetros. - Incorporar el elemento de crédito en el proyecto. | <ul style="list-style-type: none"> - Se trato de cumplir estrictamente los parámetros exigidos, luego se opto por ser más flexibles a la hora de incorporar a una parcela al proyecto. - 8 agricultores identificados y acuerdos para la implementación. |
| 2003-2004 <i>Implementación de tecnología de riego en parcelas del Cantón Nabón.</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Implementar la tecnología de riego por aspersión en las parcelas identificadas. - Capacitar a los usuarios en el uso de la tecnología y en el uso del agua de riego. - Evaluar el uso y eficiencia del sistema de riego. | <ul style="list-style-type: none"> - 10 parcelas implementadas. - Sistemas de crédito aplicados. - Usuarios capacitados en el uso de la tecnología y en el manejo de agua de riego. |
| 2005 <i>Evaluación del proceso y de la tecnología.</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Evaluar el proceso de implementación de la tecnología y de los resultados obtenidos. | <ul style="list-style-type: none"> - Evaluaciones de las parcelas. |

Después de varios intentos fallidos para implementar la tecnología de riego en laderas, se visita varias parcelas que cumplen con los parámetros exigidos, pero los potenciales usuarios no tienen el dinero para realizar hacer inversión, por ello se incorpora un nuevo elemento y se elaboró un sistema de crédito para los posibles usuarios. Con este enfoque más integral se logra implementar la tecnología de riego por aspersión en diez parcelas del cantón Nabón. Luego de la implementación se capacita a los usuarios en varios temas: Uso adecuado del agua y eficiencia de la tecnología mediante pruebas de evaluación de los sistemas de riego, manejo de los suelos y cultivos, procesos organizativos, entre los más importantes. Se realiza mediante ciertos criterios el proceso de evaluación de la tecnología y de los resultados obtenidos, para lo cual se aplican entrevistas a profundidad a los usuarios. Esta información procesada, conjuntamente con otros elementos hacen posible este artículo.

3. Análisis del proceso metodológico seguido en la investigación-acción para la implementación participativa de tecnología de riego

Este proyecto es un proceso de investigación-acción, donde se generan experiencias que son documentadas cuidadosamente. El objetivo de identificar, sistematizar y analizar el proceso de implementación de los métodos de riego, es llegar a conclusiones y pautas metodológicas que guíen este tipo de procesos para un uso efectivo de las tecnologías de riego.

En primer lugar hacemos un recuento de los pasos seguidos en este proceso para llegar luego a un análisis de las pautas metodológicas adecuadas. El análisis se desarrolla en base a documentación histórica del caso, entrevistas y memorias de las reuniones del equipo de investigación.

Queremos en este punto precisar el uso de la palabra "implementación" ya que es un término muy usado

en este artículo. Luego de varias conversaciones entre los miembros de todo el proyecto se acuerda tomar la palabra implementación para hablar del proceso en su conjunto, es decir, el que va desde el primer contacto que luego se extiende hasta las pruebas de evaluación de la tecnología.

Para el desarrollo y planificación de la metodología a seguirse en este caso de estudio, se toma como guía el Modelo de Gestión de Problemas desarrollado por Kolb (1982), el cual nos plantea cuatro fases para la gestión de problemas. Del análisis de esta propuesta metodológica surge una lista de pasos para generar un proceso que lleve a la implementación exitosa de tecnologías. Esta es ejecutada con los agricultores que deciden adquirir la tecnología de riego, llevándonos a un proceso de investigación-acción.

El proceso concebido de esta forma hace posible una implementación en la cual los diferentes actores interactúan y se retroalimentan en las diferentes prácticas que se desarrollan. Las fases están íntimamente relacionadas haciendo un proceso cíclico e interactivo.

A continuación detallamos las fases Fig. 1.



Figura 1: Modelo de implementación de tecnologías de Riego

Las fases están íntimamente ligadas, muchas veces se desarrollan paralelamente, además, como veremos más adelante, estas fases conllevan un proceso de participación de todos los actores, lo que nos lleva a un proceso interactivo y participativo para la implementación de tecnologías.

Ahora detallamos los pasos seguidos en este "Modelo de implementación de tecnologías"

3.1. El contacto

La fase de "Contacto" es la fase de arranque para el proceso de implementación. En el caso de estudio se tiene muchas dificultades y cambios, unos relacionados con el equipo de trabajo y otros con la forma de realizar el contacto, lo cual hace que esta fase sea la que haya tomado más tiempo.

Tabla 2: Primeros contactos realizados por el proyecto

| Lugar | Usuario contactado | Situación | Razón |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Cañar | Agricultores que participaban en el P-BID-130. (3 agricultores) | No instalada | No tenían interés. |
| Santa Isabel | Agricultores que participaban en P-BID-130. (1 agricultor) | No instalada | Parcelas demasiado distantes e aisladas |
| Granja Universidad - El Romeral - Paute | Universidad de Cuenca | No instalada | No se trabajaría con agricultores, sino con los cuidadores de la granja. |

Al inicio se piensa aprovechar los contactos con agricultores que han trabajado en anteriores proyectos con el PROMAS Universidad de Cuenca, específicamente con los del proyecto P-BID-130. Estos intentos fallan y no se consigue ningún agricultor con el cual implementar la tecnología.

Luego, se decide buscar agricultores nuevos en lugares donde se ha trabajado con otros proyectos, o, en lugares donde se ha identificado alguna posibilidad de implementar los sistemas de riego. Para realizar esta búsqueda se plantean una serie de parámetros que deben cumplirse, tanto por los agricultores como en las parcelas, requisito para que ingresen en el caso de estudio pues, es un proceso de investigación.

Los parámetros son:

- Parámetros de la parcela para implementar la tecnología dentro del proyecto:
 - La parcela debe tener acceso a riego
 - Más de 12% de pendiente
 - Suficiente presión en el agua para regar
- Condiciones del usuarios:
 - El usuario debe ser dueño de la parcela
 - El usuario tiene que ser un agricultor exitoso,

no significa un agricultor rico, sino entusiasta, positivo y dinámico

- El agricultor debe estar motivado a participar en el proyecto
- El agricultor debe sentir la necesidad de mejorar su sistema de riego
- El agricultor debe querer invertir en terrenos con pendiente
- Que se comprometa a asistir a las sesiones de capacitación dadas por el proyecto
- Que se comprometa a colaborar en el monitoreo del sistema y en dar retroalimentación al proyecto, con el fin de poder llegar a un perfecto ajuste del sistema tanto en las condiciones físicas de la parcela como en las necesidades del propietario

Difícil conseguir agricultores que cumplan todos estos requisitos, son muchos los intentos frustrados, a continuación el cuadro con los contactos realizados y las razones para su poco éxito.

Tabla 3: Nuevos contactos realizados por el proyecto

| Lugar | Usuario contactado | Situación | Razón |
|---------------------|-----------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Jima | Algunos agricultores | No instalada | Los terrenos tienen terrazas Falta de dinero para invertir en agricultura |
| Paute - Azogues | Proyecto Puma | No instalada | No hay agua para riego |
| Finca Tinajillas | Universidad del Azuay | No instalada | Problema en la implementación, no se trabaja con agricultores, sino con cuidadores de la finca |
| Nabón - el Progreso | Algunos agricultores | No instalada | No hay agua para riego |
| Nabón - Chunazana | Algunos agricultores | No instalada | Los usuarios tienen créditos con otra institución y no tienen recursos económicos para implementar la tecnología |
| Jadan - Llazhatán | 1 agricultor | No instalada | El tipo de suelo requiere otro tipo de riego. (Riego por goteo) El usuario pierde el interés |
| Guablid | 2 agricultores | No instalada | Quería instalar el sistema en una parcela plana |
| Nabón - La Playa | 6 agricultores | No instalada | No se instala porque tienen problemas con el acceso al agua para riego |

Con este nuevo intento fallido se analiza que son los parámetros técnicos requeridos, las razones por las cuales los agricultores no acceden al proyecto, otra es el factor económico. En conversaciones informales con los agricultores aflora el tema económico y las dificultades que ellos tienen en esta área.

Analizado esto se da un giro a la forma de abordar el tema de riego y se da un tratamiento más integral. Para que los usuarios implementen la tecnología de riego debe incorporarse un sistema de crédito (ver más en el punto llamado Contrato psicológico y Crédito), el cual tiene mucho éxito, ayuda para que los agricultores puedan implementar la tecnología; esto afirma la conclusión que el tema de riego debe ser tratado integralmente.

En el siguiente cuadro vemos los contactos realizados con este nuevo enfoque y vemos las razones por las que según los usuarios se deciden a instalar el sistema de riego.

Tabla 4: Contactos exitosos realizados por el proyecto

| Lugar | Usuario contactado | Situación | Razón |
|--------------------|----------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Nabón - Rañas | 6 agricultores que comparten un reservorio | Instaladas | Optimización de recursos Facilidad de financiamiento |
| Nabón - Rañas | 3 agricultores | Instaladas | Optimización de recursos Facilidad de financiamiento |
| Nabón - Las Nieves | Aso. Autónoma de Trabajadores de Nuestra Señora de las Nieves. | Instaladas | Apoyo económico de ONG Facilidad de financiamiento Optimización de recursos |

Cómo se realizaba el contacto?

Las vías seguidas para realizar los contactos fueron las siguientes:

- La universidad a través de los técnicos del proyecto tratan de encontrar a agricultores que quieran implementar la tecnología.
- Agricultores que llegan a las oficinas del PROMAS Universidad de Cuenca para averiguar y pedir apoyo técnico para mejorar sus sistemas de riego.

En el contacto intervienen básicamente los siguientes actores: agricultores y técnicos (ACORDES Universidad de Cuenca, PROMAS Universidad de Cuenca o crédito) y este se da básicamente de manera personal. Los técnicos deben manejar la información necesaria para explicar y responder las inquietudes de los usuarios con respecto a la tecnología y a la situación general del riego.

Además se plantea un elemento importante para el éxito del contacto, se debe explorar *las necesidades del usuario con respecto al riego* para poder dar retroalimentación acorde a la realidad del agricultor. Cuando se tienen grupos grandes de interesados que desean saber acerca del proyecto y de la tecnología, luego de haber tenido el contacto con alguno de los técnicos, es conveniente realizar un taller para optimizar recursos. En éste se abordará básicamente lo siguiente:

- Expectativas de los participantes. ¿Por qué buscaron el Proyecto de Riego? ¿Qué esperan conseguir?, ¿Cuál es su problema con el riego? Etc.
- Brindar información al posible usuario sobre: Tecnologías de riego y beneficios de la misma; requisitos de las parcelas para que estas puedan ingresar al proyecto; se explica el componente investigativo del proyecto; condiciones del crédito.

- Además se explora información adicional sobre el agricultor: necesidades con respecto a la agricultura, experiencia que tiene con el manejo de riego, ubicación de la parcela, cultivo, etc.

Este proceso si bien ha sido efectivo y ha ayudado a la difusión de la tecnología de riego, no fue tan eficaz como otro paralelo que se da luego de haber instalado la primera parcela, la difusión de la tecnología a través de los propios usuarios de la tecnología.

El usuario de la tecnología como difusor y contacto

Un análisis del proceso de difusión de la tecnología revela la posición central de una persona, Romel, tiene una combinación especial de características: agricultor, ingeniero y miembro de una organización de desarrollo que trabaja en su propia área. Además, está en contacto directo con el Director del centro de ingeniería de la universidad, ha seguido cursos avanzados sobre tecnologías de riego y está interesado en experimentar con nuevas alternativas tecnológicas en sus parcelas. Su posición como agricultor y trabajador de desarrollo le ayudan a motivar directamente a dos usuarios (uno individual y una organización de la comunidad) para seguir su ejemplo. Estos a su vez motivan a otros usuarios, a grupos organizados (comités de riego, consejos de pueblo, cooperativas agrícolas). Todas estas personas ponen énfasis en que ellas pueden motivar a los otros porque ellos están convencidos de los resultados positivos de la tecnología por su propia experiencia.

En el siguiente cuadro (Fig. 2) vemos el proceso de difusión que se dio en el proyecto:



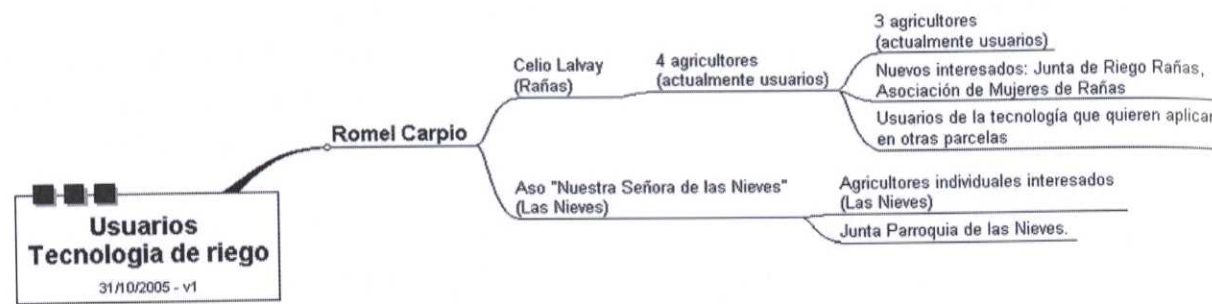


Figura 2: Proceso de difusión de la tecnología de riego

En conclusión, podríamos decir que el usuario es un difusor de la tecnología, si ésta es exitosa pone en contacto a nuevos interesados y estos a su vez con otros. En el proyecto este proceso ha continuado, en el siguiente cuadro presentamos los nuevos interesados y las posibilidades de implementación de la tecnología.

Tabla 5: Potenciales usuarios contactados por el proyecto

| Lugar | Usuario contactado | Situación | Razón |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vegaspamba | 30 personas | No instalada | Falta construir tanques rompe presión, la comunidad esta negociando el financiamiento para esto |
| Nabón - Rañas | Usuarios de la tecnología quieren implementar en otras parcelas | No instalados | Diseños realizados En stand-by para instalar los sistemas de riego |
| Nabón - Las Nieves | 6 usuarios individuales interesados | No instalada | Los usuarios optan por esperar a ver como la tecnología va en las parcelas de la Asociación |
| Junta de riego Rañas Centro | Sistema de riego para 80 usuarios | No instalada | No hay la matriz principal. En la actualidad se instala la matriz principal Usuarios motivados a trabajar con el proyecto para los sistemas de riego por aspersión |

Es claro, como en muchos otros proyectos existen otros factores que coadyuvan o dificultan la implementación de tecnologías de riego. En el cuadro anterior vemos que existen condiciones técnicas y económicas que dependen de otras instituciones o del Estado para que sea factible la implementación de sistemas de riego. Por esto, es importante seguir ampliando la red de actores de este tipo de procesos de implementación de tecnologías.

3.2. Evaluación técnica de la parcela

Se elabora una matriz para ser llenada en la visita por parte del técnico del proyecto. Una vez constatado el interés del usuario y clarificadas las dudas, se procede a visitar la parcela. En esta visita se analiza el cumplimiento de los parámetros de la parcela y del usuario.

En este punto se encuentran algunas limitaciones, debido a que si bien en el Austro la mayoría de terrenos tienen pendientes superiores al 12%, los agricultores prefieren invertir en lugares planos o con terrazas, en

donde pueden obtener mayor producción.

Si las parcelas cumplen los requisitos y el usuario quiere invertir en el sistema de riego se procede a dar el siguiente paso.

3.3. Prediseño

Antes de que el usuario se comprometa a implementar el sistema de riego se realiza una visita a la parcela para la toma de datos necesarios previo a la elaboración del prediseño. Esta visita la realizan los técnicos de riego, en este caso, del PROMAS Universidad de Cuenca. Los datos que se toman son básicamente: tamaño de la parcela, pendiente, muestras de suelo, ubicación de las tomas de agua, reservorios. Además se mantiene una conversación con el usuario para que explique sus necesidades y sus expectativas con respecto a la tecnología y al proceso que se sigue con el proyecto (por ejemplo, se pide datos de la situación económica, social y cultural del agricultor).

Este prediseño básicamente sirve a los técnicos para obtener un presupuesto referencial para que el futuro usuario pueda decidir si instala o no el sistema. Este presupuesto es aproximado y tiene un margen de error de 15 a 20%.

Es importante anotar que los prediseños deben realizarse en forma ágil, si pasa demasiado tiempo entre el contacto y la elaboración del prediseño el usuario puede desmotivarse.

Hay que señalar que existe un problema en cuanto a la determinación de precios del sistema, debe contactarse con costos aproximados; agiliza esta fase para luego realizar el diseño definitivo.

3.4. Contrato psicológico y Crédito

Este punto se genera un compromiso psicológico entre el usuario y los técnicos en el proceso de implementación del sistema. Se hace únicamente después que el usuario tenga conocimiento del costo

referencial del sistema de riego.

Una de las limitaciones que existe en la zona para implementar sistemas de riego es la falta de dinero y financiamientos. Al ver que los intentos de implementación que se frustran porque los agricultores no tienen ingresos suficientes, se incorpora en el proyecto el elemento crédito. Se logra financiar a 10 usuarios para que instalen la tecnología. El proyecto implementa un sistema de crédito para apoyar a los agricultores que están motivados a implementar la tecnología, pero no tienen los recursos económicos para hacerlo.

Uno de los usuarios dice: "a veces así gastar en 400, 500 dólares de un solo golpe es bien fregado, pagar mensual poco, poco mas que sea uno saca trabajando y se va pagando" (CB 2004-12-14 Trans FM-Rañas). Esto nos demuestra que los sistemas de riego son tecnologías que implican una fuerte inversión inicial; en las condiciones de nuestros agricultores es demasiado difícil de asumirlo.

El crédito que se da en el proyecto es estrictamente para la compra de materiales para el sistema de riego. El usuario no recibe dinero sino materiales. Se asegura la compra de materiales de buena calidad y se evita que el dinero del préstamo sea malgastado por el agricultor.

Con el prediseño, el presupuesto referencial y el sistema de crédito se contacta al usuario y se le explica. Si está dispuesto y motivado a invertir en la tecnología se llega a un acuerdo en donde tanto técnico como usuario se comprometen a trabajar conjuntamente y darse apoyo mutuo para obtener una implementación exitosa.

3.5. Diagnóstico social, económico y cultural

Es necesario conocer a profundidad las características del usuario si bien en la fase de contacto ya se obtiene información, ahora se trata de obtener mayores

datos en el ámbito social, económico y cultural para definir y adaptar los procesos de implementación, capacitación, seguimiento y evaluación. Para esta fase se llena una ficha en donde se recogen datos con respecto a los tres ámbitos.

Con esta información se elabora una línea de base de los usuarios, con la cual obtenemos los datos y referencias para un mejor proceso metodológico y para la aplicación del sistema de crédito. Además esta información sirve para comparar la situación inicial y la situación posterior a la implementación de la tecnología.

3.6. Diseño final

El diseño final se realiza mediante una visita a la parcela, o, en una conversación con el usuario, se dialoga con él sobre el diseño final del sistema y se incorporan sus retroalimentaciones y observaciones.

El diseño final es complementado con recomendaciones de fertilidad en base a los resultados de los análisis químicos de las muestras de suelo.

3.7. Instalación del sistema de riego

El proceso de instalación fue diseñado para que los propios usuarios pongan la mano de obra para las excavaciones y en un evento se instale la tecnología mediante trabajo conjunto entre técnicos (PROMAS Universidad de Cuenca y ACORDES Universidad de Cuenca) y los usuarios.

La planificación de la instalación del sistema de riego es la siguiente:

- Visita del técnico de PROMAS Universidad de Cuenca para señalar por donde debe ir la excavación
- Contacto PROMAS-Casas comerciales. Compra de materiales
- Instalación y acompañamiento a la instalación de sistemas de riego

- Capacitación al momento mismo de la instalación sobre ¿Cómo se debe instalar el sistema?
- Incorporación de las recomendaciones del suelo, en los casos en donde el agricultor así lo disponga

Este proceso es planteado y ejecutado conforme a la planificación, obteniendo resultados bastante eficientes en la instalación de la tecnología. Cabe señalar que hubo elementos ajenos a la metodología que retrasaron algunas instalaciones, pero eso lo revisaremos en los párrafos posteriores.

Un proceso de instalación en esta forma es realmente determinante para el buen uso de la tecnología, en este proceso se mantiene una interacción entre actores y tecnología, los usuarios logran entender cómo funciona y cómo es construida. Con esto logramos que la sustentabilidad del sistema sea alta. Si llegara a darse algún problema con el sistema ellos pueden repararlo. Un usuario dice *"Aprendimos casi nosotros de los que vemos lo que los ingenieros hacían así nosotros hemos quedado captando, sabemos lo que hicieron la instalación todo sabemos"* (CB 2005-03-10 Trans MM-Rañas).

Algunas limitaciones son detectadas durante el proceso, por ejemplo, existe falta de materiales y se tiene que esperar hasta que lleguen al almacén, esto ocasiona que la instalación se interrumpa y transcurra mucho tiempo para reactivarla. Otro problema es que hay usuarios que quieren saber cuál es el precio aproximado de la instalación del sistema para decidir si se inicia el contacto con los técnicos. No se cuenta con datos aproximados de costos de la instalación del sistema, porque no han sido calculados hasta la instalación de las primeras parcelas. Luego de este proceso de implementación se cuenta con costos aproximados por hectárea para la implementación de la tecnología de riego por aspersión. Por último los agricultores todavía no sienten como una necesidad trabajar sobre la fertilidad del suelo, lo más importante para ellos es el riego.

3.8. Capacitación

El proceso de capacitación se planifica desde dos ejes:

- Capacitación en el Manejo de agua para riego. Dentro de este tema se capacita al usuario para manejar el sistema de una forma adecuada para que tenga altos niveles de eficiencia.
- Capacitación en temas complementarios que son de interés y necesidad para el agricultor. Son definidos en consenso.

Los talleres son planificados de forma conjunta entre los miembros del equipo y los agricultores. Para adaptar las capacitaciones al estilo de vida de los agricultores se define el día y momento más adecuado para la capacitación de forma participativa y de consenso.

Los temas que los agricultores identifican como relevantes fueron:

- Manejo del sistema de riego
- Manejo de cultivos de ciclo corto
- Manejo de Frutales (Podas, etc.)
- Abordaje de temas organizativos
- Manejo de fertilidad

Los talleres son dados a los agricultores, pero se presta mayor atención al tema de riego. Este taller es diseñado especialmente, se incorporan materiales de capacitación diseñados en otros proyectos del PROMAS Universidad de Cuenca y se da un seguimiento especial, con varias visitas de acompañamiento a los eventos de riego de los usuarios.

La metodología que prima en estas capacitaciones es "Aprendizaje experiencial", por esto la capacitación en el tema de riego se desarrolla en las parcelas de los agricultores con sistema de riego, con lo cual los agricultores pueden ir capacitándose *in-situ*.

3.9. Evaluaciones

Las evaluaciones son las siguientes:

- Técnicas: En donde se trabaja con los usuarios en las parcelas para mejorar la eficiencia del

sistema de riego y optimizar el recurso agua. En los primeros eventos de riego se evalúan los sistemas y se enseña al usuario a manejar de forma eficiente la tecnología.

- Sociales: Aquí se evalúa el impacto de la tecnología en el usuario y el manejo de la misma.
- Productivas: Se evaluó la productividad de las parcelas con los usuarios, quienes constatan un incremento significativo en la producción debido al mejoramiento de los suelos, mediante la utilización de abonos sea orgánicos o químicos y debido a la optimización del recurso agua para el riego.

No se puede realizar una evaluación de la productividad en todas las parcelas por cuanto la mayoría de usuarios no se dedican completamente a la agricultura, tienen otras actividades adicionales, esto lleva a que no cumplan con las actividades programadas para la medición de la productividad, por ejemplo, el momento de la cosecha no realizan las actividades encargadas por los técnicos. Pero se puede realizar la medición de la productividad en la parcela comunitaria en Las Nieves, la producción de alfalfa (*Medicago sativa*) se incrementa en un 50%.

El resultado de estas evaluaciones está detallado en el punto 4.

4. Análisis comparativo de las condiciones, el proceso y los resultados en los casos de implementación de la tecnología de riego por aspersión

Luego de haber culminado las diferentes fases propuestas en la metodología, es importante abordar los resultados que se obtienen con este proceso, además, explicitar cuáles son los factores que nos llevan a tener éxito o no con los usuarios.

En primer lugar, diferenciamos los resultados en dos puntos: primero se expondrán los resultados encontrados sobre los factores claves para que un agricultor se interese, adquiera e implemente la tecnología, o,

en su defecto para que no lo haga; luego se analiza comparativamente los resultados obtenidos de las implementaciones. Estos dos puntos son claves al momento de desarrollar, implementar e innovar las tecnologías para manejo de riego.

4.1. Factores claves para que un agricultor se interese, adquiera e implemente la tecnología de riego

Al final de este proyecto de investigación nos parece un aporte relevante identificar que está pasando en el

contexto del usuario, del agricultor. La pregunta que nos interesa responder es ¿cuáles son los factores claves para que un usuario agricultor se interese en averiguar y probablemente adquirir una tecnología de riego?

Para esto se analizó los informes y observaciones participantes del caso de investigación, se obtuvo el siguiente cuadro con los factores que dificultan y los que coadyuvan a que un agricultor se interese en adquirir la tecnología de riego.

Tabla 6: Factores claves para que un agricultor se interese, adquiera e implemente la tecnología de riego

| Factores que dificultan la implementación de tecnologías de riego | Factores que motivan al agricultor a adquirir e implementar tecnologías de riego |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - Falta de agua para riego <i>"en el lugar en donde vivo no llegaba el agua, no teníamos ningún riego a veces alguna planta que sembrábamos que regábamos con agua potable poquito"</i> (CB 2005-03-10 Trans MM-Rañas) | - Facilidades de financiamiento: <i>"sabíamos que hay una ayuda del proyecto de riego por aspersión y nos pusimos a trabajar"</i> (CB 2005-03-10 Trans MM-Rañas) |
| - Preferían invertir en parcelas planas <i>"el dueño de la parcela comentó que él en el terreno que tiene en Guablid no le interesa poner el sistema de riego, porque el terreno es muy inclinado"</i> (CB 2003-01-30 Vi INF Parcelas en Jadán y Guachapala.txt) | - Optimizar los recursos como agua, suelo, tiempo, etc. <i>"...porque siempre tenemos problemas regando por el canal, desperdicio del agua, deja erosionado los suelos porque todo lo bueno se va en el canal, entonces con el riego en aspersión no hay desperdicio del agua entonces es mas conveniente"</i> (CB 2004-12-21 Trans EM-Rañas) |
| - Falta de motivación para invertir en la agricultura <i>"es difícil gastar tanta plata en la parcela"</i> Conversación MM | - Apoyo para el financiamiento por parte de ONG. <i>"nosotros no contamos con recursos para hacer este tipo de movimiento entonces como ya hubo ese ofrecimiento de OFIS"</i> (CB 2004-12-14 Trans EF-Las Nieves) |
| - Escasos recursos económicos. <i>"nosotros no tenemos mucho dinero por ejemplo no podemos comprar materiales, tuberías, muchas cosas que entra ahí"</i> (CB 2005-03-10 Trans MM-Rañas) | - Sentirse participe del proyecto <i>"los compañeros siempre vienen entonces nosotros también casi no podemos faltar porque hay que estar siempre conversando y estar en contacto"</i> (CB 2004-12-21 Trans EM-Rañas) |
| - Falta de infraestructura para riego (tanques, conducciones, reservorios, etc.) <i>"entonces es un problema de ir a traer el agua se demora mucho, es un problema"</i> CB 2005-02-17 Trans CM- Rañas.rtf) | |

El análisis correspondiente del cuadro muestra que los principales inconvenientes para que un agricultor se motive en adquirir una tecnología de riego adecuada son:

- La escasez del recurso hídrico en las zonas con topografía accidentada, especialmente en las épocas de verano, y la irregular distribución en el tiempo y en el espacio, o por la inadecuada tecnología; son problemas que repercuten a nivel de micro-cuenca y cuenca, haciéndose necesario el desarrollo de alternativas para revertir estas consecuencias.
- Los agricultores algunas veces tienen en sus propiedades terrenos planos donde pueden obtener mayor productividad de los cultivos, por ello prefieren instalar sistemas de riego en este tipo de áreas. Además, lastimosamente el Estado no ha reconocido la importancia del riego lo cual ha contribuido para no ampliar la superficie regada, por lo tanto no hay motivación para que el agricultor invierta más recursos en agricultura.
- En la zona existe bastante pobreza y los agricultores no cuentan con los recursos económicos para invertir en sistemas de riego los cuales tienen un alto costo inicial, por ello siempre están buscando una fuente de financiamiento. Los organismos estatales difícilmente son accesibles por parte de la población que no dispone de recursos económicos que puedan garantizar el préstamo, razón por la cual es necesario alternativas para afrontar este tema.
- Los problemas de infraestructura hídrica son un gran limitante para instalar sistemas de riego, por los altos costos que se requiere para construir las obras, por ejemplo, reservorios para agua. Esto añadido a las existentes pérdidas de agua en algunos canales de riego que no se encuentran impermeabilizados causa serios problemas por la pérdidas de agua.
- Por otra parte los factores que motivan al agricultor a implementar tecnologías de riego, son básicamente las facilidades de financiamiento y la búsqueda de optimización de recursos, agua, suelo y tiempo.
- El agricultor al no tener los recursos económicos suficientes, busca facilidades de financiamiento para poder implementar las tecnologías de riego. Estas facilidades pueden venir por parte de algunos entes que no tienen representatividad oficial: dependencias o extensiones de universidades que por lo tanto no tienen fines de lucro. Es im-

portante destacar el papel desempeñado por las organizaciones no gubernamentales, en ciertos casos al apoyar el financiamiento para sistemas de riego.

- El riego por aspersión hace posible optimizar el agua y disminuir los riesgos de erosión impidiendo el lavado de los nutrientes y mejorando las características físicas de los suelos. Se plantea el riego por aspersión como un medio para intensificar el uso del mismo, realizando cultivos de más de una cosecha; esto mejoraría la producción y la productividad.
- Mediante la instalación de estas tecnologías de riego los agricultores invierten menos tiempo para regar las parcelas; en comparación con los métodos tradicionales, por lo que pueden dedicarse a otras actividades.

A todo lo demás se suma que en estas zonas se han establecido usuarios y organizaciones de riego dinámicas, abiertas al cambio tecnológico y económico, conservando valores de solidaridad en un contexto de mercado diferente, con relaciones de ínter aprendizaje y formas de distribución más equitativas del recurso hídrico.

4.2. Factores que inciden en la implementación exitosa de las tecnologías de riego

Una vez entendidos los factores que motivan a un agricultor a interesarse por una tecnología de riego, pasamos a analizar los resultados obtenidos con la metodología propuesta en la implementación de la tecnología. Este análisis de los resultados se lo hace en función de ciertos parámetros que son seleccionados en el proceso de evaluación. Se levanta información sobre las diferentes fases, contacto, proceso y resultados, con ella analizamos en primer lugar los resultados de los agricultores, luego de la implementación de la tecnología identificamos los factores claves que promueven el uso efectivo de la tecnología. A continuación presentamos un cuadro para visualizar los resultados obtenidos.

Tabla 7: Resultados del proceso de implementación. 10 Usuarios agrupados en función del criterio escala de uso del sistema.

| Condiciones del usuario | | | |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Condiciones de fertilidad. | Media - Baja | Media - Baja | Media - Baja |
| Pendiente | 12-30% | 14-26% | 20-32% |
| Actividad económica | Ingeniero Agrónomo, Comerciante, Actividad agropecuaria | Empleado H. Consejo Provincial, Comerciante, Ingresos del extranjero | Conductor, Taller de mecánica, Conductor. |
| Individual o comunitario | Individual (3), Comunitario (1) | Individual | Individual |
| Nivel de educación | Superior, Secundaria (2), Primaria | Secundaria, Primaria (2) | Primaria |
| Proceso metodológico | | | |
| Contacto (interés) | Alto interés | Alto interés | Alto (2), Bajo interés |
| Participación en instalación del sistema | Alta | Alta (2), Media (1) | Media (2), Baja (1) |
| Capacitación en riego | Si participó | Si participó | Si (2) No (1) participó |
| Participación del usuario en el proceso | Alta "Si los que nos vinieron a enseñar se hicieron conocidos entonces ya nos daban confianza para nosotros hablar" | Media - Baja "Mi participación en las reuniones y era un poquito medio duro porque yo trabajaba no podía estar" | Baja "Cuando estamos en casa si, cuando a veces no estamos entonces no hemos podido participar" |
| Percepción del usuario sobre la facilidad de uso de la tecnología | Muy fácil "Es fácil, se llena el tanque se abre la llave y hay que poner las mangueras y ya está" | Muy fácil "Yo a veces dejo a mi hija nosotros salimos a trabajar, digo cambiaras el agua, y ella lo hace porque es muy fácil" | Fácil "No tan difícil porque ... ya estamos en el proyecto ya se hace fácil" |
| Nivel de interacción entre técnico y usuario | Alta | Alta (2), Baja | Media (2), Baja (1) |
| Resultados | | | |
| Optimización de recursos | Bastante | Bastante | Bastante |
| Percepción de ahorro de tiempo | Mucho "Antes regaban dos personas y les tomaba dos días enteros ... No todo un día porque se pone 2 horas en una parte 2 en otra porque yo riego con 4 o 5 aspersores" | Mucho (2), Nada "Bastante mismo, por ejemplo, yo dejo que se este regando ahí" | Mucho "Es colocación de los aspersores no se lleva mas de 10 minutos que se pierde el tiempo y tranquilamente pone eso y ya a los 2 horas cambia nada mas" |
| Acoplamiento del riego a necesidades | Alto "Con el sistema ya no nos dedicamos a estar madrugando a coger el agua estar hasta la noche" | Alto "Bastante mismo, por ejemplo, yo dejo que se este regando ahí... Yo lavo, deshiero cualquier cosa hago la comida" | Alto "Claro, ya podemos regar, ahí mismo tenemos las bayonetas, los conectores por aquí por halla" |
| Percepción de Rentabilidad | Muy rentable "Nosotros contamos con 400, 500 cuyes entonces nos faltaba yerba pero este rato desde que comenzamos a hacer utilidad del riego ya no" | Muy rentable - Rentable "Sembrábamos maíz se cosechaba 3 1/2 o 4 sacos pero con la instalación del riego en la mitad del terreno se cosecho la misma cantidad" | Rentable "Bueno siquiera cultivamos para comer y ya no compramos" |
| Satisfacción del usuario sobre el proceso metodológico seguido | Muy satisfecho "Cuando hicimos con "otra institución" ... no nos dio capacitación nada, se encargaron de hacer el proyecto" | Muy satisfecho "Para mi la parte del crédito es una parte muy importante porque usted sabe coger y poner la plata ahí es bien difícil" | Muy satisfecho |
| Escala de uso del sistema | Muy usado | Usado | Poco usado |

En primer lugar revisamos los resultados obtenidos con la tecnología. Son altamente satisfactorios. Todos los usuarios perciben que han optimizado los recursos agua, tiempo y suelo. Además, se ve claramente que el impacto en la producción en su mayoría es alto, lo que nos lleva a una percepción de rentabilidad.

El agricultor al implementar la tecnología de riego busca satisfacer ciertas necesidades y expectativas, según vemos los resultados todos piensan que el acoplamiento del sistema de riego a las necesidad es muy alto, con lo cual se llega a un mejoramiento de las condiciones de vida del agricultor.

Otro aspecto que nos interesa abordar en este análisis es el de los factores claves que promuevan el uso eficiente de la tecnología, para eso seleccionamos el aspecto escala de uso de la tecnología como la variable sobre la cual vamos a comparar los demás criterios. Al observar el cuadro vemos que los usuarios están organizados en función del mayor o menor grado de uso de la tecnología, hay cuatro usuarios que usan mucho la tecnología, tres usuarios tienen un nivel medio de uso y tres usuarios usan poco la tecnología.

Vemos que existen algunas variables relacionadas íntimamente y otras que no tienen una relación muy fuerte, nos centramos en analizar las relaciones más fuertes entre estos aspectos.

En primer lugar, podemos ver que la *actividad económica* del agricultor influye en el grado de uso, si la actividad económica principal es la agricultura el usuario estará más motivado para implementar la tecnología y para buscar mejoras en el proceso de producción. Los usuarios que tienen un menor uso de la tecnología tienen una actividad diferente a la agricultura que les reporta mejor ingreso por lo que la agricultura pasa a segundo plano convirtiéndose en una actividad complementaria para la alimentación del hogar.

El siguiente aspecto y el que muestra una relación

muy estrecha con el uso de la tecnología es el que se refiere a participación. Los aspectos *participación en la instalación, participación en el proceso, e interacción entre usuario y técnico*, muestran que mientras más alta es la participación mejores son los resultados en el uso de la tecnología.

Esto nos lleva a plantearnos que los procesos de desarrollo e implementación de tecnología, mientras más participación del usuario tenga mejores resultados se obtienen. La participación está entendida como un proceso activo y de retroalimentación entre los actores, permitiendo una construcción colectiva del proceso.

La participación de los agricultores "no se produce como objeto de investigación o fuente de información, sino en el plano de colaboración con el fin de conocer las dimensiones del problema, las contradicciones estructurales y las potencialidades transformadoras de la acción colectiva. Por tanto, su participación se da desde el inicio del proceso de investigación hasta que los resultados son comunicados" (Fals Borda, 1991).

La participación e interacción de los diferentes actores en las diferentes actividades, como por ejemplo la instalación del sistema, conlleva a una retroalimentación y una generación de aprendizajes mutuos de los actores, creando a su vez un sentido compartido de lo que es la tecnología de riego.

Los demás criterios en las fases de contacto y de resultado como: interés en el contacto, percepción sobre la amigabilidad de la tecnología, problemas con el sistema, optimización de recursos, percepción de ahorro de tiempo, acoplamiento del sistema a necesidades, impacto en la producción, percepción de rentabilidad, pago de crédito a tiempo, satisfacción del proceso metodológico. Algunos elementos en las condiciones del usuario pendiente, condiciones de fertilidad, nivel de educación, vemos que no tienen una incidencia tan marcada como la de los dos aspectos anteriores.

5. Conclusiones y recomendaciones

Queremos a manera de conclusión presentar algunos elementos metodológicos que son importantes en este tipo de procesos, tratando de identificar cuales son los elementos que nos llevan a una implementación exitosa de tecnologías de riego.

En las fases del proceso siempre se ha mantenido especial cuidado de realizarlas de forma participativa y colaborativa, si bien el grado de participación de los actores puede variar, vemos que existe una diferencia fundamental en la forma de trabajar en este proyecto y las formas tradicionales. A continuación exponemos algunas pautas metodológicas para la implementación participativa de nuevas tecnologías.

5.1. Usuarios como intermediarios

Un número reducido de usuarios desempeña un rol "puente" entre los ingenieros-desarrolladores y los usuarios de la tecnología. Estos usuarios tienen un nivel relativamente alto de estudios formales y tienen talleres de capacitación en temas técnico-agrícolas. Por otra parte están presentes en las comunidades a las que pertenecen como agricultores que practican la agricultura, donde son considerados líderes. De hecho combinan características de los dos principales grupos de actores, técnicos y usuarios, en el proceso del desarrollo que permiten establecer la comunicación necesaria entre estos grupos.

Los usuarios como: Rodrigo, Celio, Efraín y Romel, transmiten los conocimientos, preguntas y preocupaciones acerca de los métodos de riego desde los usuarios a los ingenieros y viceversa. Aunque las visitas son dirigidas a todos los usuarios, en la práctica los ingenieros se comunican de forma predominante con los usuarios intermedios, porque ellos están en contacto directo diario con todos los usuarios y pueden explicar las experiencias y dificultades de una forma más comprensible. También pueden transmitir información adicional y retroalimentación de los ingenieros a los usuarios en un lenguaje mucho más

comprensible para los agricultores.

Para desempeñar este papel de intermediario o "puente", un usuario debe conocer a fondo ambos contextos el de los técnicos y el de los usuarios, tiene que manejar el lenguaje y las reglas de la comunicación y la legitimidad de ambas comunidades. Deseamos destacar la característica bilateral de este papel intermediario, en contraste con el clásico papel de intermediario como "transferencia". Estas personas "puente" no son solo el soporte para la transmisión y socialización del conocimiento técnico de los ingenieros con los usuarios, sino que son decisivos para hacer entendible el contexto y condiciones de uso de la tecnología.

5.2. Priorizar contexto de uso

Adecuarse a las condiciones socio-económicas de usuarios: preferencia por tecnologías "simples" que requieren bajas inversiones. En procesos de esta naturaleza es importante prestar atención tanto a contexto, tecnología y metodología; y tratarlos de manera articulada. La incorporación de varios ámbitos para abordar el tema de riego en el Austro por ejemplo, técnico, social, económico, créditos, capacitación, nos lleva a mejorar los procesos y que las soluciones tecnológicas implementadas sean utilizadas y eficientes.

Al comienzo del proyecto los aspectos económicos de la tecnología y del contexto de uso no son tomados en consideración, por ejemplo los costos para adquirir y poner la tecnología en ejecución y la carencia del capital de inversión de los usuarios. Finalmente los investigadores se dan cuenta que los usuarios no tienen el capital de inversión necesario para adquirir e instalar la tecnología. Uno de los usuarios manifiesta: *"a veces pagar 400 o 500 dólares inmediatamente es realmente duro para nosotros. Pero podemos pagarlo en cuotas, en cualquier manera que trabajaba y que ganaba algo para pagar poco a poco"* (P2: CB 2005-02-17 Trans. CL-Rañás).

En el proyecto se incorpora un sistema de crédito para los usuarios interesados en poner la tecnología en ejecución. Esta intervención resulta ser muy acertada, pues los usuarios toman la decisión de obtener la tecnología con estos créditos. Por otra parte, en este momento hay un grupo mucho más amplio de usuarios individuales y de organizaciones interesados en acceder a la tecnología con estos créditos.

El análisis económico revela también que esta tecnología innovada no es completamente adecuada para los agricultores más pobres, pues, no tienen la posibilidad de pagar los créditos incluso en condiciones suaves. Podemos observar que casi todos los usuarios interesados en crédito, no tienen a la agricultura como su fuente de renta principal, sino otras actividades con ingresos económicos más importantes.

Esta situación económica ha llegado a ser predominante en el sur de los Andes del Ecuador. La agricultura no representa la fuente de renta principal para las familias rurales debido a razones como: la baja producción y productividad, los mercados limitados y los precios que fluctúan. ¿Pero si la agricultura no es su fuente de renta principal, por qué están interesados en invertir en nueva tecnología de la irrigación? Algunas de las razones que expresaron son:

- para optimizar el uso del agua para el riego
- porque es más fácil, más cómodo regar para ganar tiempo
- para garantizar la producción para la subsistencia de la familia
- para aumentar la producción para el mercado y ganar una renta adicional más alta
- para evitar la erosión

Como podemos observar la nueva tecnología puede servir para varios intereses y aplicaciones. Sin embargo en áreas rurales la agricultura continúa siendo un elemento importante en la vida de la gente, de diversas maneras. Depende de los intereses

específicos y las características de los usuarios para que ellos se interesen en un tipo de tecnología o paquete tecnológico. Por ejemplo, evitar la erosión, fue uno de los problemas que al inicio del proyecto los agricultores quisieron afrontar, además existen muchos elementos, los agricultores interesados en tener una mayor producción para la venta, necesitaban a más del sistema de crédito soporte en el tema de comercialización. Para otras familias que tengan miembros que han migrado al exterior, es importante analizar el rol de la mujer en la agricultura, ella es la que se queda a cargo de la parcela en muchos de los casos. Para los que tienen una actividad económica adicional, la posibilidad de ganar tiempo con esta tecnología puede ser importante. En resumen una innovación tecnológica debe ser siempre considerada en función de las características y los intereses de un grupo concreto de usuarios, quienes están comprometidos en una red de actividades.

5.3. Crear redes de actores

La primera organización interesada en los sistemas de riego por aspersión es una cooperativa, cultiva forraje para la crianza y comercialización de cuyes. Su actividad comercial permite la ayuda de una organización no gubernamental dirigida al desarrollo económico regional, les apoya con el 50 % del costo del sistema de irrigación.

Este ejemplo inspira a otras organizaciones, ahora la Junta de Riego de la Comunidad de Rañas junto con otra organización local, están gestionando el apoyo económico para el diseño e implementación de la matriz principal con ella se puede dotar de riego a la comunidad. Ellos llegan a un acuerdo con el proyecto de investigación de la Universidad de Cuenca y con otro proyecto de desarrollo de la región para complementar las acciones y los roles de cada actor involucrado. En este caso el proyecto de innovación tecnológica diseña la matriz principal, contribuye con los créditos para la implementación de la tecnología

de riego y con la capacitación y el seguimiento a las actividades.

Introducir una nueva tecnología implica un encuentro de muchas condiciones como; la construcción de capacidades, las condiciones económicas y comercialización. No es posible para una sola organización generar todos estos cambios en una región. Las redes entre organizaciones con sus dominios complementarios pueden ser necesarias. En este caso el proyecto crea su propio sistema de crédito para dar soporte a los agricultores, pero existen otras organizaciones que pueden tomar este rol de mejor manera e incluso mejorarlo o realizarlo a una escala mayor. Estas actividades de soporte no deben ser tomadas solo por el actor central, los desarrolladores.

5.4. Estimular aprendizaje social

El aprendizaje colectivo nos lleva a procesos participativos y la participación en proyectos de esta naturaleza deben ser vista no como un simple proceso de extracción de información, sino como un proceso de comunicación y retroalimentación permanentes entre los actores. En este proceso la planificación, toma de decisiones, y la puesta en marcha de una determinada acción, deben ser un compromiso de todos los involucrados.

Tabla 8: Enfoque Colaborativo vs. Enfoque de Transferencia

| Enfoque de transferencia | Enfoque colaborativo |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Comunicación unilateral: desarrollador - usuario | Comunicación bi-lateral entre las diferentes clases de actores. |
| Tecnología como artefacto | Tecnología como un paquete socio-técnico |
| Innovación como invención | Innovación como adaptación iterativo |
| Adopción individual | Aprendizaje colectivo |
| Técnicos controlan el proceso | Diferentes actores toman iniciativas complementarias y de mutuo soporte |
| Proceso seguido en dos fases claras: invención e implementación | Ir y venir entre la práctica y el laboratorio. |
| Buscando una mejor solución | Múltiples soluciones de acuerdo a la diversidad de circunstancias, actores e intereses. |

Interacción de los conocimientos y de los marcos de los diferentes actores nos llevan a proceso de re-enmarcamiento y de una construcción de conocimiento. En este proceso es importante el dialogo entendido como un "diálogo de saberes" en donde la idea, "es crear condiciones de interdependencia, concienciar a cada parte del por qué necesita de los otros para la mejor comprensión de los problemas; manteniendo el respeto a las diferencias, pues muchas veces creemos que nuestra manera de interpretar el mundo es la más racional y la única importante" (Salazar, 2004)

5.5. Concluyendo

En el análisis anterior hemos descrito algunos mecanismos que contribuyen en este caso a generar una innovación tecnológica adecuada para el riego en los Andes. Estos mecanismos pertenecen a lo que puede llamarse: enfoque colaborativo. En la tabla siguiente clarificamos lo que significa para nosotros un enfoque colaborativo a través de contrastarlo con el *enfoque de transferencia* para proyectos de desarrollo e implementación de tecnologías (Craps et al., 2005).

Uno de los principales desafíos que hemos encontrado es el adecuar los métodos y los momentos para involucrar al usuario en la implementación y adaptación de la tecnología. Demanda la necesidad de un balance de las competencias, por otro lado los usuarios necesitan oportunidades para definir el problema por el cual ellos necesitan la tecnología, contribuir con sus conocimientos del contexto para el desarrollo de la solución y para evaluar los prototipos. Además, los desarrolladores de la tecnología necesitan trabajar en el campo los detalles técnicos sin interferencia constante de los usuarios, necesitan

evitar de expectativas de que los problemas serán resueltos a pesar de que no están seguros que esto es factible.

En conclusión un proceso con las características de un enfoque colaborativo, nos conduce hacia procesos de implementación de tecnologías en donde los usuarios agricultores en este caso, tienen un papel relevante que los lleva a un empoderamiento de la tecnología, implica un proceso de aprendizaje mutuo entre los actores. Además, un proceso de esta naturaleza nos conduce a tecnologías aceptadas y usadas por los destinatarios de las mismas, incrementado el nivel de satisfacción tanto de técnicos como de usuarios.

Agradecimientos

Agradecemos a PROMAS Universidad de Cuenca, ACORDES Universidad de Cuenca, ILWB y COPP departamentos de la Universidad Católica de Lovaina (Bélgica) y al Consejo Inter-universitario Flamenco (VLIR) por el apoyo brindado para la ejecución de esta investigación. Agradecemos de manera especial a los usuarios de la tecnología sin los cuales esta investigación no hubiera podido llevarse a cabo.

Referencias

- Abril, F. y M. Zhingri, 2004. Sistematización del proyecto "Métodos de riego y control de erosión en suelos Andinos" P-BID 130. Universidad de Cuenca: not published report.
- Craps, M., A. Dewulf, M. Mancero, E. Santos y R. Bouwen, 2004. Constructing Common Ground and Re-creating Differences between Professional and Indigenous Communities in the Andes. *Journal of Community and Applied Social Psychology*, 14: 378-393.
- Craps, M., A. Dewulf, D. Sucozhañay y R. Bouwen, 2005. Learning between engineers, social scientists and local farmers about technological innovation for irrigation in the Andes. MOPAN June 2005, Glamorgan University, South Wales
- Fals Borda, O., 1991. Algunos ingredientes básicos. En *Acción y Conocimiento. Como romper el monopolio con investigación acción participativa* CINEP; Santafé de Bogotá.
- KOLB, David: 1982. *The executive mind, Problem Management, Learning from Experience.*
- Salazar, Ana Cecilia, 2004. *La Cuestión de la Participación en Proyectos de Innovación Tecnológica participativa. Comunidad, Innovación tecnológica y Aprendizaje social.* Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Universidad de Cuenca.
- Van Wijk-Sijbesma, C., 2001. *The best of two worlds: Methodology for participatory assessment of community water services.* Delft: IRC International Water and Sanitation Center Technical Paper Series 38.





Una experiencia de colaboración interdisciplinaria

Resumen

Ana Cecilia Salazar. Mst.^{1*}

Anneleen Andriessen²

Sabine Smans²

El Proyecto de innovación tecnológica participativa, ejecutado por ACORDES y PROMAS de la Universidad de Cuenca, el COPP y el ILWB de la Universidad Católica de Lovaina, enfrenta entre sus desafíos el de la colaboración interdisciplinaria. En el presente artículo compartimos algunas lecciones de esta experiencia, para ello es necesario abordar el profundo campo de la complejidad del conocimiento mismo y del aprendizaje social. La investigación para el desarrollo tiene como finalidad, posibilitar que los procesos de aprendizaje, transferencia o innovación, generen una práctica transformadora de aquellas situaciones-problema que limitan las capacidades de la gente para hacer frente a su realidad.

Analizamos algunos tópicos referentes a esta experiencia como el diálogo de saberes, la interdisciplinariedad, la colaboración interdisciplinaria y la complejidad resultados de la reflexión sobre situaciones concretas que se presentaron en la implementación del proyecto. Para el análisis recogemos las expresiones de los colaboradores, a través de una entrevista aplicada por Andriessen y Smans, pasantes belgas que participan durante seis meses en el proyecto. Las preguntas son sobre la comunicación, la división de tareas, las dificultades, etc. No es posible entrevistar a todos los colaboradores, pues algunos trabajaron poco tiempo; además de ninguna manera se pretende tener un documento absoluto, únicamente hacemos una mirada a la colaboración para captar lo mejor posible la situación a través de los documentos y de las respuestas de cada persona y desde allí formular algunas reflexiones.

1. ACORDES, Acompañamiento Organizacional al Desarrollo. Universidad de Cuenca, Ecuador

2. COPP, Centro de Psicología Organizacional. Katholieke Universiteit Leuven, Bélgica

* E-mail: josea@etapaonline.net.ec

1. Introducción

En la actualidad, vivimos una cultura fragmentada en la que coexiste diversidad de sistemas de pensamiento que resultan insuficientes frente a una realidad compleja. La existencia de múltiples saberes, cada uno con su propio objeto, su propio método y sus propias aplicaciones, dificulta el acuerdo para intervenciones efectivas e integrales. El experto es maestro en su terreno, poseedor de soluciones, conocedor calificado e indiscutible del problema; si se prescinde de su juicio o si una argumentación no está amparada en una referencia teórica, nuestra opinión es apenas una opinión. Es imperioso afrontar esta multireferencialidad para entender cómo los sujetos aprenden y se construyen en la adquisición de contenidos, metodologías y valores en el marco de la resolución de sus problemas. En el proyecto, este aspecto se torna irrenunciable, pues los resultados esperados dependerán en gran medida, de la adecuada integración de estas diversidades.

En el libro *"Comunidad, Innovación y Aprendizaje Social"* publicado por ACORDES, tratamos de ubicar con precisión el enfoque de participación, más cuando se trataba de un proyecto de innovación, es decir de construcción de nuevos conocimientos tanto con los destinatarios como con los desarrolladores de la tecnología, enfrentamos un alto grado de complejidad: que implica consensuar las entradas científicas y la diversidad de formas de acceder y elaborar el conocimiento por parte de los diferentes involucrados. En nuestro caso además esta presente la necesidad de revisar las perspectivas epistemológicas de los observadores científicos, reconociendo el carácter participativo del proyecto que significa aceptar la libertad y la creatividad implícita en la innovación, aceptar que no somos dueños únicos del saber, ni de la imaginación y peor aun del conocimiento.

Al hablar de nuevos aprendizajes, es necesario saber cómo se produce el conocimiento en cada

uno de los sectores involucrados y de qué manera es interiorizado como una práctica adoptada, pues una tecnología no es exitosa por si misma sino cuando es adoptada por la gente que la necesita.

La conversión del conocimiento¹ (del tácito al explícito) se desarrolla a través de la participación directa en las acciones prácticas, es decir de la posibilidad de generar auténticas comunidades de práctica.² Así, *el involucramiento de los usuarios en interrelación con los desarrolladores, permite una interacción generadora de soluciones apropiadas a los problemas*³. En conclusión, el enfoque participativo implica una relación entre conocimiento y poder, aspecto que cruza toda intervención social y que requiere de una amplia apertura mental para superar las posiciones excluyentes en la definición del problema y sus soluciones.

Un dialogo necesario

Dar espacio al diálogo de saberes, un diálogo estimulante que va de la práctica a la teoría para volver enriquecidos a la práctica, es el profundo significado del conocimiento multifacético, *pues la mente humana si bien no existe sin cerebro, tampoco existe sin tradiciones familiares, sociales, genéricas, étnicas, raciales ya que el mundo físico siempre fue el mundo entendido por seres biológicos y culturales*⁴, toda intervención, debe tomar en cuenta las costumbres y la cultura local. El desarrollo es un fenómeno de orden cualitativo, que trata de alcanzar mediante acciones de cuantitativas; por ejemplo: la construcción de infraestructura, la implementación de una tecnología u otras acciones materiales, que, valiosas

1 Nonaka y Takeuchi, 1995
 2 Wenger, 1998
 3 Abril y Zhingri, comunicación personal
 4 <http://www.lander.es/lmisa/complej.html>

en sí mismas, no garantizan el desarrollo.

El diálogo de saberes propone romper con la relación tecnócrata y paternalista que genera dependencia, propósito que coincide con el objetivo del proyecto: "reducir la brecha entre ingenieros y usuarios en el desarrollo tecnológico de un manejo sostenible e integral de los recursos naturales, agua y suelo". Este "paternalismo inconsciente"⁵, es ocasionado por una formación disciplinar cerrada. Bouwen advierte que en un proyecto multipartes, cada parte tiene su propia verdad, *...esas verdades nos son mejores o peores que las otras. Cada verdad, solamente puede ser parcial y una verdad más completa emerge confrontando e integrando estas diferentes verdades que serian perspectivas validas, puntos de vista expresados a través de diferentes lenguajes generados por las diversas culturas de los actores*⁶, la atención en las diferentes perspectivas que participan de un tema garantiza el carácter participativo del proyecto⁷.

La participación, entonces deberá ser abierta a los usuarios para alcanzar un verdadero proceso de construcción compartida que genere un aprendizaje mutuo, superando la confrontación y la validación unilateral del conocimiento. *"Cuando se habla de transferencia no necesariamente se busca la participación de la gente sino únicamente en los momentos de instrucción, mas cuando se habla de innovación tecnológica participativa, la participación debe ser en todos los momentos del proceso, desde su definición del problema, hasta su evaluación final, a fin de que los usuarios no se enfrenten únicamente a un simple resultado y su demostración, sino estén integrados en el proceso de generación de las alternativas"*⁸. *"Es difícil aprender cuando recurrimos a alguien para que nos resuelva el problema o buscamos una solución diseñada y elaborada por otros, en cambio cuando el sujeto se integra al proceso, va*

5 Mariño, 1990
 6 Bouwen, 2001
 7 Sucozhañay, comunicación personal
 8 Salazar, 2003 y Salazar et al., 2004

*encontrando la necesidad de utilizar su propia inteligencia. La construcción activa de conocimientos realizada de esta manera nos prepara para seguir afrontando nuevos problemas, seguir elaborando saberes con soportes mas concretos"*⁹.

El técnico deberá facilitar al usuario, el mayor grado de desarrollo cognitivo para que exista la apropiación del saber que permite al sujeto elaborar paulatinamente sus conocimientos. *"En el proyecto notábamos que alguien, técnico o usuario, producía conocimiento cuando se ponía en la perspectiva del otro sobre la situación que observaba, desde allí veía los otros mundos del saber, podía ver, sentir o pensar desde una perspectiva nueva y diferente, y este fue uno de los resultados mas provechosos del proceso, el desbloqueo de modelos mentales, la confirmación de que existen aspectos transversales en el conocimiento que pueden se abordados simultáneamente por dos o mas mundos del saber"*¹⁰.

El diálogo de saberes no solo atiende al saber científico y al saber popular, es un diálogo más amplio, un gran tejido de disciplinas que implica tender puentes, definir vínculos, complementar análisis, concretar puntos de encuentro para que circulen los diversos conocimientos y perspectivas.

"todas las cosas son causadas y causantes"

La Teoría de Sistemas sitúa en la mesa de negociaciones y en iguales condiciones lo empírico, lo lógico y lo racional, bajo el método de la complejidad. *"Una visión lineal sugiere un solo lugar de responsabilidad, la perspectiva sistémica sugiere que todos comparten la responsabilidad por los problemas generados por un sistema. El aprendizaje social sucede cuando todos los participantes en un proceso, se esfuerzan en lograr algo que les concierne profundamente. La práctica compartida será el motor del conocimiento y el punto de partida para la*

9 Álvarez, comunicación personal
 10 Abril y Zhingri, comunicación personal

reflexión¹¹. Durante la implementación del proyecto recurrimos permanentemente al enfoque sistémico, para entender desde las experiencias anteriores las causas de la situación actual. Los errores y aciertos de iniciativas previas como los proyectos VLIR 1, VLIR 3 y BID 130, nos permiten extraer lecciones necesarias para las nuevas situaciones.

La interdisciplinariedad

Desde el siglo XIV, existe la tendencia a la diferenciación del conocimiento en multiplicidad de disciplinas autónomas, lo que se inicia con la división especializada del proceso productivo que la industrialización favorece, con la idea de que cuando cada persona se dedica a lo que hace mejor, se logra un rendimiento más alto. Esta departamentalización del conocimiento está presente fuertemente en la vida académica, formando especialistas en áreas específicas, cada disciplina se especializa en un área con su objeto particular, sus métodos y procedimientos específicos. Según Nieto-Caraveo¹², las diferencias entre las disciplinas están en:

- 1) los códigos que utilizan (lenguajes, símbolos propios del campo),
- 2) la racionalidad con que construyen el campo (fundamentos teóricos, metodologías, técnicas, medios de investigación, etc.),
- 3) los componentes ideológicos que sostienen (paradigmas, valores, creencias, formas de legitimación, etc.), y por último
- 4) las relaciones de poder que se establece (conjunto de acuerdos y luchas por espacios culturales, económicos y políticos que caracterizan el campo, y que surgen del conflicto natural por un espacio social determinado).

La disciplina como la unidad más pequeña del conocimiento científico, es una práctica para construir conocimiento. Podemos apreciar las disciplinas como reducciones analíticas y pro-

11 Ibis
12 Nieto-Caraveo, s.f.

ductivas, que logran un análisis profundo de un campo determinado de la realidad, aparte del resto. Este planteamiento es una fuente valiosa de conocimiento, produciendo conocimiento sólido y testado intersubjectivamente, pero con el costo de la simplificación de la realidad. La estrechez de miradas es al mismo tiempo una fuerza y una debilidad; aunque en las ciencias existe esta división, no así en la realidad, la vida no se divide en disciplinas académicas o temas escolares¹³, las cosas no se solucionan con mirar solamente desde un punto de vista. Problemas como la contaminación ambiental y la pobreza, son demasiado amplios para ser entendidos desde una sola perspectiva, no se limitan a disciplinas particulares; la realidad es un nexo de fenómenos interrelacionados que no se pueden reducir a una sola dimensión.¹⁴ Así mismo no podemos hablar de innovación tecnológica sin comprender las prácticas tradicionales de la gente para el manejo del suelo y el agua, sin entender la cultura organizacional campesina, sus procedimientos ancestrales para resolver la necesidad del riego y sus formas propias de enfrentar la realidad.

Los problemas que enfrentan los profesionales son complejos, surgen de ambientes caracterizados por la turbulencia y la incertidumbre y están generalmente sobrecargados de valores¹⁵, estos problemas no se pueden solucionar con planteamientos clásicos y lineales; no se pueden captar dentro del control de una disciplina. La combinación de conocimientos de las diferentes disciplinas, optimiza la solución al integrar diferentes puntos de vista, los problemas son cada vez más complejos, dinámicos, e interdependientes y se necesita superar la departamentalización con un enfoque integrativo como es la interdisciplinariedad.

13 Klein, s.f.
14 Caetano, Curdao y Jacquine, mencionado en Klein, s.f.
15 Klein, s.f.

El encuentro de dos ríos y su desembocadura

Existen numerosas definiciones de 'interdisciplinariedad'. Frankenhuis¹⁶ la describe como una "combinación de elementos de diferentes perspectivas, por lo que nace una nueva perspectiva en el mundo". Jantsch, la define como "la interacción entre dos o más disciplinas que da como resultado una intercomunicación y un enriquecimiento recíproco". La interdisciplinariedad no es la suma de las disciplinas, sino el resultado es algo nuevo, una transformación de los enfoques que cuestiona las imágenes tradicionales del conocimiento (territorios y fronteras definidos). Este amplio espectro de entradas, en nuestro caso, desde lo social y lo técnico; es una posibilidad de ejercitarnos en un pensamiento capaz de dialogar y de negociar con lo real, pues no hay nada más complejo e interdisciplinario que la realidad, desafío que no podemos eludir a riesgo de caer en explicaciones reduccionistas o simplistas, en soluciones parciales precisamente porque se las ha abordado de manera particular, unidimensional y desintegrada desde cada una de las diversas ciencias y saberes.

La interdisciplinariedad implica que un grupo de académicos que conocen adecuadamente su disciplina, trabajan juntos y son co-constructores de un resultado. Importantes son el diálogo, las conexiones del conocimiento de las disciplinas y la creación de un marco integrativo y más holístico del tema. El énfasis entonces es en la integración, la conexión, la vinculación y el agrupamiento, a través de esta unidad de disciplinas y valores, nuevos descubrimientos y soluciones inesperados pueden surgir. En el proyecto, nos planteamos la tarea de articular ideas, organizar informaciones de cada uno de los sistemas de conocimiento, es decir intentar asomarnos al pensamiento complejo. ¿Cómo aprovechar las ciencias sociales y técnicas para mejorar nuestra intervención, cómo amalgamarlas para que sirvan mejor al propósito

16 Frankenhuis, s.f.

del proyecto y de sus destinatarios, cómo poner el conocimiento de ambos campos de la ciencia unidos y potenciados para lograr mejores resultados en la innovación tecnológica participativa? El desafío es hacer de esta experiencia de aprendizaje social, el espacio en el que el usuario sea parte del proceso de construcción de conocimiento al apropiarse de las explicaciones sobre el problema y su solución, pero además movilizar sus conocimientos anteriores y dar cabida a la nueva tecnología, pues el aprendizaje deviene de la capacidad del sujeto de reestructurar su sistema de pensamiento por una propuesta nueva que al ser reconocida como válida, será interiorizada y adoptada en su práctica cotidiana.

Relación entre disciplinariedad e interdisciplinariedad

La investigación interdisciplinar concierne a la transferencia de métodos de una disciplina a otra, su finalidad es la comprensión del mundo presente, uno de cuyos imperativos es la unidad del conocimiento¹⁷. Para el pensamiento clásico la interdisciplinariedad será un absurdo porque no tiene objeto propio, mientras que para la interdisciplinariedad el pensamiento clásico no es un absurdo pero es insuficiente y su campo de acción es restringido. La investigación disciplinar se preocupa de una sola perspectiva de la realidad, en cambio la interdisciplinar se interesa en la dinámica que se genera por la acción simultánea de varios ámbitos de una misma realidad, el conocimiento de esta dinámica pasa necesariamente por el conocimiento disciplinar, no es antagónica de la investigación interdisciplinar sino complementaria, no existe oposición ni complementariedad absoluta entre disciplinariedad e interdisciplinariedad¹⁸. La interdisciplinariedad supone la existencia previa de los campos disciplinarios, las disciplinas son una condición para aquella. El riesgo existe, cuando

17 Álvarez, comunicación personal
18 Nieto-Caraveo, s.f.

se ve la interdisciplinariedad y la disciplinariedad como opuestas; superar las disciplinas es diferente a negarlas. La interdisciplinariedad necesita la especificidad y densidad que proveen las disciplinas y el conocimiento de la realidad exige tanto los abordajes disciplinarios como los interdisciplinarios¹⁹. Aunque los valores como el diálogo, la interacción y la negociación parecen cada día más importantes, los valores antiguos de la especialización y el expertísimo no se deben olvidar. En las ciencias tan importante es poder aislar un problema y analizarlo desde una situación específica, como no perder el punto de vista de la totalidad.

Un nivel todavía más intenso es la transdisciplinariedad, que se la define como "una actividad científica de un grupo de científicos, que están entrenados en varias disciplinas, con el fin de superar los efectos negativos de la especialización"²⁰. La dificultad de integrar las disciplinas como en la interdisciplinariedad, no existe en la transdisciplinariedad, los académicos no aceptan los principios inherentes a una disciplina, en su lugar, ellos quieren desarrollar un nuevo marco conceptual desde la integración de las diversas disciplinas, dando una perspectiva diferente para investigar los problemas, pero también una nueva visión del mundo, del ser humano y de la ciencia. En este nivel más alto de integración, las fronteras se difuminan y las conexiones aumentan hacia un nivel holístico de síntesis. La idea es que no se puede solucionar un problema al abordar los subproblemas, lo que es posible en un proceso gradual con un procedimiento compartido desde todos los frentes. Para confrontar un problema complejo se forma un reconocimiento del problema común, una lengua común, un marco común, desarrollo de nuevos métodos y eventualmente una división en subproblemas pero con relaciones determinadas claras.

19 Ibis
20 Morin, 1996

La colaboración multipartes

Junto al concepto de interdisciplinariedad, debemos abordar el de colaboración. También aquí es posible hacer distinciones según su intensidad; en cooperación, coordinación y colaboración, pero para no causar confusión con los conceptos de interdisciplinariedad, nos restringimos a la colaboración que representa la mayor intensidad, la de trabajar conjuntamente. "La colaboración es un proceso en el cual los actores, que ven diferentes aspectos de un problema, exploran de una manera constructiva sus diferencias y buscan soluciones que van más allá que su propia visión limitada de lo posible"²¹. La colaboración no solamente es compartir conocimientos, también es formar conocimientos conjuntamente. La idea es construir un sistema interdependiente para responder a ciertos temas. En la colaboración, uno de los mecanismos para la toma de decisiones es el consenso, los sistemas de comunicación abierta y una alta confianza entre los actores.

La colaboración tiene tres objetivos: crear una apreciación más completa de una situación determinada, lograr la construcción de un entendimiento compartido de las diferentes formas de ver una misma realidad (de acuerdo a las perspectivas desde las cuales se la observa), y lograr una coordinación de trabajo y acciones para dar solución a determinado problema o situación.

Colaboración interdisciplinaria

Un planteo interdisciplinario puede ser necesario, pero su práctica no es tan fácil. Sjölander, describe 10 etapas en un proyecto interdisciplinario, comenzando con la etapa de: 'todos en el otro lado son idiotas' y terminando con la etapa de 'el comienzo real'. Con esta descripción, Sjölander hace referencia a la dificultad de trabajar en un equipo interdisciplinario. No es posible una colaboración desde un modelo 'top down'; al contrario, tiene que

21 Gray, 1989

crecer desde abajo; realismo, apertura y paciencia son necesarios para este reto. Spaapen²² cita algunos elementos que influyen en la colaboración interdisciplinaria: la distancia y la comunicación entre las disciplinas. Existe la idea de que disciplinas que están cerca entre ellas (por ej. sociología y antropología) pueden cooperar e integrarse más fácilmente. La lengua, la cultura, los valores y las tradiciones son más parecidos, evitando grandes conflictos en el planteamiento del problema y un marco de análisis, pero la poca distancia no asegura una mejor colaboración ya que puede existir más rivalidad entre disciplinas cercanas. Sin embargo puede surgir un proceso de aprendizaje rico entre disciplinas que están más lejos la una de la otra, cuando un puente entre ellas es posible.

De mayor importancia que la distancia parece la dedicación a una meta clara. Para trabajar bien conjuntamente, es necesario tener un planteamiento común y además concreto. Cuando se formula el planteamiento conjuntamente, se puede identificar el objetivo y las condiciones materiales y personales. Durante todo el proyecto, los objetivos tienen que ser muy claros para todos, la falta de esta claridad disminuye el entusiasmo. Otro elemento muy importante es el espíritu del grupo, relacionado con conocerse mejor entre compañeros. Eso incluye el entender cómo trabajan, cuales son sus valores y normas, sus limitaciones, sus expectativas etc. Finalmente es importante, antes de trabajar juntos, definir exactamente las capacidades necesarias dentro del proyecto y quienes tienen estas capacidades, siendo recomendable revisar regularmente la necesidad de implicar nuevos colaboradores en el proyecto; revisar si se necesitan más soportes, nuevas visiones, otras capacidades etc. Otros factores mencionados por Spaapen son un buen liderazgo, suficiente financiamiento y tiempo, motivación y aceptación de diferencias. Las relaciones de poder y oposición

22 Spaapen, 1996

de intereses a su vez pueden impedir el éxito de la colaboración entre las disciplinas.

Lo uno puede al mismo tiempo ser lo múltiple

Últimamente se ha investigado mucho sobre la complejidad; el caos es una característica de la realidad que intentamos conocer y explicar. Como lo propone Morin: *la complejidad no es la clave del mundo sino una obligación a asumir, un reto a afrontar*. Estudiar los antecedentes del hecho o fenómeno, su devenir, su génesis y su proceso para comprender como llegó a ser lo que es y lo que será, son requerimientos básicos para comprender la complejidad. El término complejo expresa la incapacidad para definir de manera simple y clara los hechos y fenómenos de la realidad, para articular las diversas dimensiones que la integran superando los enfoques unilaterales y por lo mismo parciales.

Para reducir el error y la ansiedad con respecto a la complejidad del mundo, desde pequeños se nos enseña a aislar los elementos que integran la realidad, asignando siempre una causa a cada efecto en cadenas más o menos complejas. Vemos líneas rectas pero la realidad esta constituida por círculos de causalidad²³

Complejidad, interdisciplinariedad y enfoque sistémico son exigencias de cualquier intento de explicación de los fenómenos tanto naturales como sociales. *La ambición del pensamiento complejo es rendir cuenta de las articulaciones entre dominios disciplinarios quebrados por el pensamiento desintegrado, en este sentido el pensamiento complejo aspira al conocimiento multidimensional, lo que no quiere decir que se intente alcanzar una especie de onmiciencia, sino es nada más aceptar la existencia*

23 Zamora y Sarmiento, comunicación personal

de un principio de incompletad e incertidumbre. En la simplicidad, el orden se reduce a una ley o a un principio, la simplicidad ve a lo uno o ve a lo múltiple pero no puede ver que lo uno puede al mismo tiempo ser lo múltiple, el principio de la simplicidad o bien separa lo que esta ligado o bien unifica lo que es diverso, ambas posiciones erróneas para comprender objetivamente un fenómeno²⁴

Según Morin, la complejidad presenta la paradoja de lo uno y lo múltiple, es el tejido de eventos, acciones, interacciones, retroacciones, determinaciones, azares, que constituyen nuestro mundo fenoménico. Un pensamiento parcializado conduce a acciones parciales, lo cual puede ser considerado como una patología contemporánea del pensamiento. Este autor sostiene que hay varias patologías: la simplificación, el reduccionismo, el racionalismo, el dogmatismo, el doctrinarismo, etc.; el pensamiento complejo es una posibilidad del carácter fundamental, relacionado con la idea de autoorganización y con el azar, ligado a cierta mezcla de orden y desorden. El pensamiento complejo es ante todo un pensamiento que relaciona, que esta en contra del aislamiento de los objetos del conocimiento, ubicándolos en su contexto y de ser posible en la globalidad a la que pertenecen, el todo y las partes están interrelacionados de manera intrínseca, los seres humanos somos producto y productores a la vez, así mismo el conocimiento no es estático siempre es nuevo y por lo tanto complejo. Este modo de pensar permite tomar conciencia de los paradigmas que gobiernan, manipulan y alienan el entendimiento.

Al concluir este proyecto que unió en sus caminos a ingenieros, sociólogos, psicólogos, agrónomos, economistas, agricultores e investigadores, sentimos que nos hemos asomado a una experiencia de pensamiento complejo que mas allá de permitirnos ingresar en el mundo amplio de los diversos saberes, nos ha dado la oportunidad de aportar en la reconstrucción

de relaciones más equitativas entre estos mundos: los de la ciencia fundada en la razón considerada como la única válida y los de los saberes nacidos en las experiencias y en los esfuerzos ancestrales de nuestros pueblos.

La valoración de los conocimientos tácitos, para hacerlos explícitos en esta reconstrucción del saber, es el resultado innovador menos esperado pero talvez más trascendental de la presente investigación. Hemos sido parte de una pedagogía de la complejidad al enfrentar la inmensa maquinaria de condicionamientos socioculturales que nos exige ser homogéneos para movernos dentro de las reglas de este mundo. La democratización del conocimiento, es un objetivo de nuestro quehacer docente e investigativo. Como dice Zutter²⁵, se trata de superar las exclusiones históricas de algunos saberes, de sus gestores y de los pueblos que los aplicaron para sobrevivir, darnos la posibilidad a todos de ser reconocidos como autores del conocimiento, de revalorizar nuestro aporte en el mundo, permitiendo entrar por fin al diálogo, a la negociación y a la elaboración colectiva. En consecuencia no se trata solo de enseñar o de instruir sino de aportar a la autoformación de todos los que participamos en este proyecto. En definitiva hemos tenido un entrenamiento para negociar con la complejidad de lo real.

2. La practica en el proyecto

Las nuevas tecnologías contribuirán a solucionar la problemática del suelo y agua en Ecuador, a condición de que sean desarrolladas con la participación activa de los usuarios futuros. El desafío central del proyecto es la introducción de nuevas tecnologías, adaptadas a las características de la región y en cooperación con los actores locales, tratando de integrar al máximo el conocimiento autóctono.

Objetivo general: La adaptación de soluciones técnicas mediante un proceso participativo e itera-

tivo, en el que todos los actores están implicados intensamente, con el fin de que las innovaciones tecnológicas sean sostenibles, que la información sea más eficaz y que la conservación del suelo y del agua sea efectiva. Y deducir del seguimiento del proceso, una metodología genérica para la implementación y adaptación de tecnologías en general.

Objetivos específicos:

- 1) Ofrecer y poner en práctica soluciones tecnológicas apropiadas para apoyar el manejo estratégico de los recursos naturales suelo y agua;
- 2) Ofrecer métodos de procesos sociales para la valorización de conocimientos y experiencias autóctonos, enraizados en la cultura y el uso de estos conocimientos para sincronizar las innovaciones tecnológicas, sociales y científicas con ellos, con relación a iniciativas de desarrollo tendientes a un manejo sostenible del medio ambiente;
- 3) Ofrecer un marco teórico y operacional para integrar los conocimientos y prácticas fragmentados que tienen que ver con el manejo estratégico de los recursos naturales suelo y agua, y que pertenecen a diferentes disciplinas e instituciones; y
- 4) Ofrecer una metodología para el acompañamiento del proceso participativo iterativo entre el ingeniero y el consumidor final.

El enfoque interdisciplinario

Muchas innovaciones para el desarrollo provienen de conocimientos meramente técnicos y de una transferencia unilateral de la tecnología, y por eso tienen resultados poco satisfactorios. Como respuesta nace una línea de proyectos que dejan de lado la tecnología y se concentran completamente en intervenciones basadas en consideraciones sociales. Pocas veces se ha logrado unir estos dos aspectos: tecnología y contexto sociocultural armónicamente en una intervención sostenible. En el actual proyecto, se opta por un planteamiento interdisciplinario, integrando aspectos sociales y técnicos que buscan resultados

satisfactorios.

Los casos: Se trabajaron dos casos: Caso II o CERES que es un Software que permite el ingreso, actualización, modificación y eliminación de datos utilizados en los proyectos de riego y caso III: Riego en laderas con una tecnología de riego que no cause erosión. En ambos casos los técnicos de ACORDES y PROMAS Universidad de Cuenca trabajan conjuntamente en equipos. El enfoque interdisciplinario tenía como finalidad lograr éxito por la combinación de conocimientos técnicos y sociales, así el trabajo interdisciplinario no es solamente un método sino también un fin en si mismo. Las dos organizaciones anteriormente no experimentan una colaboración tan intensa, por lo cual debemos empezar desde el principio. Las diferentes disciplinas representadas en las dos organizaciones, con diferentes tipos y diferentes marcos de conocimiento, diferentes lógicas de acción., hacen necesario buscar mecanismos para garantizar las conexiones, por lo que la colaboración interdisciplinaria en el proyecto es un reto para todos.

3. El análisis

Antes de finalizar el proyecto, se realiza una evaluación de casos y una transversal. Existen muchos aspectos que se pueden compartir de este proceso interdisciplinario, pero resulta muy extenso. Uno de los aprendizajes obtenidos, es el de la colaboración interdisciplinaria entre ACORDES y PROMAS Universidad de Cuenca, que puede resultar interesante para futuras experiencias.

De los objetivos del proyecto

En las entrevistas se puede notar que las personas de una organización, dudan si las personas de la otra tienen los mismos objetivos. Todos conocen el título del proyecto y los diferentes componentes, pero pocos mencionan la importancia no solo de disminuir

la brecha entre técnicos y usuarios sino también aquella entre sociólogos e ingenieros para poder trabajar conjuntamente y aprender de la colaboración entre dos culturas académicas diferentes. Los objetivos aunque están claros en su formulación, no lo están en su traducción en la práctica, en el cómo. Pj. la idea por parte de algunos miembros de PROMAS Universidad de Cuenca, fue que ACORDES tiene objetivos únicamente alrededor de la capacitación, y algunos miembros de ACORDES tenían la idea de que a PROMAS Universidad de Cuenca solo le interesaba que los usuarios terminen usando la tecnología, veamos sus expresiones:

- *"La tecnología existe y ahora el objetivo es encontrar una metodología para su implementación, con métodos participativos en ciertas fases del proyecto"* (visión técnica).
- *"Una implementación óptima se logra al desarrollar la tecnología conjuntamente con los usuarios, debemos desarrollar una tecnología cercana a la cultura de la gente, adaptar la tecnología a la gente en lugar de "adaptar la gente a la tecnología"*. (visión social).

Que los objetivos no estén claros, no quiere decir que los colaboradores no los conozcan, pero sí que dependen de la interpretación disciplinar que se traduce en enfoques específicos, por eso es posible que se piense que la otra disciplina tiene objetivos diferentes o que no está clara en los objetivos. Lo que no está claro es la **metodología**: el cómo lograr los objetivos. Así los ingenieros se concentran más en la tecnología y los sociólogos más en la participación, y es justamente por la pericia de cada disciplina en la aplicación de sus metodologías, que se opta por la interdisciplinariedad. No es correcto juzgar a una disciplina por su atención específica en algunas cosas que para la otra pueden parecer como una sobrevaloración.

Aunque cada área es necesaria no es suficiente, es la integración tanto teórica y como metodológica que conduce al objetivo común. El riesgo en procesos

de colaboración interdisciplinaria es que cada disciplina tome su especialidad como prioritaria o más importante. La brecha entre sociólogos e ingenieros, justamente se traduce al momento de definir una práctica metodológica común, así aprendimos que no es posible evitar las interpretaciones profesionales sobre los objetivos pero que es necesario desde el inicio, poner mucha atención a la discusión sobre el cómo lograrlos.

De la motivación personal de los colaboradores

Según las entrevistas, al inicio, la mayoría de la gente de PROMAS Universidad de Cuenca y ACORDES están motivados para trabajar en el proyecto. Sin embargo, existe también pérdida de mucha motivación sobretodo en las primeras fases, debido a contratiempos en el progreso del trabajo. Podemos decir que la motivación no es la misma para todos los colaboradores y que también para una misma persona la motivación cambió durante el proceso por factores diversos.

Algunas personas de ambas organizaciones, expresan no sentir las mismas ganas en personas de la otra organización, con una posible disminución de la motivación como consecuencia. Opinan también del aumento de la motivación cuando alguna cosa sale bien: *"el equipo trabajó duro conjuntamente con buenos resultados, causando un sentimiento de éxito y una alta motivación"*.

La motivación es un factor muy importante para el trabajo de colaboración interdisciplinaria, determinando en gran medida el éxito del proceso, la desmotivación del uno puede influir en el otro. Dentro del personal para un proyecto compartido, no se tiene que elegir las personas solamente por su disponibilidad de tiempo, sino sobre todo por su interés, así se puede formar un grupo central de personas muy motivadas que están fijadas y pedir el aporte de espe-

cialistas temporales cuando sea necesario.

La desmotivación también puede ser consecuencia del no cumplimiento de las expectativas iniciales, no solamente sobre el proceso sino también sobre la otra disciplina, pj. cumplir con algunas tareas. Eso puede significar una subestimación de las dificultades posibles, con un mayor impacto en la motivación cuando problemas inesperados surgen. En este sentido es importante que junto con la formulación de los objetivos y la metodología, se anticipen algunas posibles dificultades en el proyecto y en la colaboración interdisciplinaria.

Otro elemento importante en la motivación es la valoración del trabajo y la estabilidad laboral y financiera, su ausencia puede influir para que las personas busquen otras formas de ingresos, en consecuencia una menor dedicación y motivación para el proyecto. Estas dificultades en un proyecto pueden disminuir la motivación, generando el sentimiento de que las cosas no funcionan y quizás hasta echar la culpa a la otra disciplina.

En general podemos decir que casi todos los entrevistados empiezan con una motivación alta, que la motivación a veces cambia durante el proceso en las dos direcciones y que al fin la mayoría queda motivada por los aprendizajes obtenidos de la experiencia interdisciplinaria.

De los estereotipos sobre la otra disciplina

Las experiencias previas influyen en gran medida en la existencia de estereotipos. Compartimos algunos ejemplos de frases expresadas por los entrevistados: *"los ingenieros solamente piensan en números"*, *"el área social siempre quiere demostrar que es tan valiosa como la técnica"*. La existencia de estos estereotipos se pueden deber a experiencias previas o a la formación académica. Tener prejuicios no necesariamente significa no estar abierto a la otra

disciplina, algunas personas con estas ideas, cambian al experimentar la colaboración, algunos señalan también el valor que ellos atribuyen al trabajo de la otra disciplina y las ganas de aprender del otro.

Las personas que mencionan prejuicios, admiten que se trata de generalizaciones fáciles de cambiar, pero cuando los prejuicios son convicciones, influyen negativamente en la colaboración; y cuando estas ideas se confirman en la experiencia concreta se arraigan aún más.

La formación, es entonces una de las causas del origen de prejuicios. La valoración no viene de un momento al otro, tiene que crecer, en este sentido mencionamos la importancia de valorar a las otras disciplinas desde la formación. Estar abierto a la otra disciplina no garantiza el llevarse bien con el otro, las intenciones pueden ser muy positivas, pero en la práctica no es siempre fácil. Reconocer las diferencias no garantiza que puedes trabajar con ellas, pero sí el respeto a la manera de trabajar del otro y a su cultura. Para aprovechar las diferencias se necesita voluntad y mucha comunicación.

De la división de tareas

Muchos se refieren a la confusión en el cómo trabajar, cómo lograr los objetivos, en consecuencia las tareas no son obvias. Eso se traduce en la pregunta: ¿quién tiene que hacer qué?, es evidente que la claridad en la división de tareas es fundamental. Cuando se menciona que si había claridad, se refiere a la división entre las experticias de PROMAS Universidad de Cuenca y ACORDES; cada uno tiene sus talentos, cada uno tiene que dedicarse a tareas relacionadas con este talento. Es obvio que ACORDES no debe hacer el diseño de la tecnología y que PROMAS no debe preocuparse principalmente de las teorías sobre comunicación.

Algunos miembros de ACORDES cuestionan la división estricta de tareas y prefieren *"hacer todo*

juntos". En su opinión, algunos miembros de PROMAS pensaban que "ACORDES no tiene nada que ver con el técnico", ellos por ejemplo quieren asistir al diseño de la tecnología, pero algunos ingenieros no lo aprecian. Algunos miembros de PROMAS opinan que "hay cosas que no se pueden hacer juntos, como un espacio de discusión técnica y que la interferencia de ACORDES es inadecuada, causando conflictos". Una persona menciona que "es mejor hablar de delegación de tareas y no de división". Así en el Caso II por ejemplo, piensan conjuntamente sobre como trabajar probando y evitando reforzar las diferencias entre disciplinas, no enfocarse en la división sino en compartir el trabajo.

Diferentes personas parecen tener diferente preferencia sobre el grado de trabajar conjuntamente. Todos piensan que es posible hacer algunas cosas conjuntamente, pero algunos mencionan que esto no se aplica en todo. En el un caso encontramos una forma básica de transdisciplinariedad: no se salió de las disciplinas, pero existe un equipo con una visión común, cada uno aporta desde sus talentos, las personas quieren aprender del otro, valoran las visiones del otro para llegar con el equipo a algo más valioso. La transdisciplinariedad parece lo ideal, pero no es fácil. Haciendo referencia a Spaapen, más importante parece el espíritu del grupo. Quizás una 'interferencia' del otro se puede aceptarse cuando ya existe este sentimiento de grupo, para encontrar equilibrio es necesario, empezar con lo posible y después crecer hacia una integración mayor. El entendimiento tiene que ver también con expectativas reales sobre las limitaciones y capacidades del otro²⁶. El uno espera del otro el cumplimiento de alguna tarea, aunque el otro no la vea como suya sino como algo que se puede hacer conjuntamente. La comunicación abierta es clave para llegar a compromisos de lo que es posible asumir como responsabilidad compartida.

La división de tareas es otro elemento que se debe

26 Mattessisch et al., 2004

discutir ampliamente al principio del proyecto dentro de la propuesta de una metodología compartida, se discute también quién puede hacer qué.

De la comunicación en general y entre las disciplinas

Al comienzo hubo muchas reuniones y mucha gente involucrada y la comunicación la mayoría de veces fue formal. Pero las reuniones toman mucho tiempo y pocas personas las experimentan como útiles e interesantes, más bien resultan cansadas, fomentando el sentimiento de perder tiempo. Mas adelante la comunicación se vuelve más operativa e informal entre las personas que conforman los equipos de trabajo.

Al tratar el tema de la comunicación, debemos hacer una diferenciación en niveles. En el nivel de los casos, la comunicación es muy positiva por su agenda más concreta, mientras que la comunicación a nivel de la coordinación es menos frecuente y menos fácil.

La diferencia entre culturas organizacionales se manifiesta justamente en la comunicación, ACORDES prefiere y está acostumbrado a comunicarse mucho, a reunirse frecuentemente y discutir profundamente. PROMAS Universidad de Cuenca prefiere comunicaciones cortas y operativas, no todos en PROMAS piensan así, pero si la mayoría.

Los entrevistados señalan que la comunicación informal consigue mejores resultados que las reuniones formales, "los viajes, las salidas conjuntas son la mejor forma de compartir y comunicarse sin presión". Hay quien prefiere trabajar solo y piensa que la comunicación debe darse en la medida de las necesidades. Existe también una lista electrónica que ayuda mucho a documentar las actividades y a informar sobre el proceso.

Las dos organizaciones dicen mantener al otro al corriente de las cosas que hacen, pero a veces no se

comunican algunas cosas por creer que no es necesario o por falta de tiempo.

Concluir sobre si la comunicación es suficiente o positivo, es muy difícil. Cada persona tiene su preferencia específica para comunicarse, para unos la comunicación es suficiente, para otros no. Sin embargo, la comunicación influye significativamente en la colaboración y en el logro de los objetivos del proyecto. Quizás algunas cosas no son fáciles de decir, no obstante es necesario trabajar en ello.

Las personas que trabajan en el área social dan más valor a la comunicación, el área técnica parece estar más dirigida al trabajo concreto, esto refleja la cultura diferente de las dos organizaciones. Es a través de este entendimiento y aceptación que se puede adaptar las formas de comunicación.

Aquí también es importante fortalecer el espíritu grupal, la conciencia de pertenencia y la corresponsabilidad en la tarea. Esta seguridad subjetiva hace posible una comunicación más abierta, en la que personas pueden expresar aportes y críticas, pues existe la confianza de que el grupo va a tratarlas constructivamente.

Los diferentes niveles de la comunicación en el proyecto

El proyecto desarrolla una evolución, al principio todo pasa por el nivel de la coordinación y con el tiempo el nivel de los casos fue ganando importancia. Esto hace referencia a dos tipos de planteamientos: top-down, y bottom-up. Según Sjölander, una colaboración interdisciplinaria tiene que crecer desde abajo (bottom-up), no es suficiente que desde la dirección se diga: vamos a colaborar y esperar que así suceda (top-down), pues este es un proceso que no se puede forzar.

Creemos que en el nivel de la coordinación no hay espacio para 'formar un equipo' con sus propios mecanismos de integración, como si sucede en los casos. En la coordinación, el acento está más en las

diferencias, pues las personas son representantes de cada una de sus disciplinas, cada uno interviene desde su visión y su marco. En el trabajo práctico, las discusiones tratan sobre cosas concretas y el entendimiento mutuo es más fácil. Es entonces el paquete específico de tareas de cada nivel lo que puede influir en la comunicación, por lo que una coordinación integrada a la práctica puede mejorar la colaboración, dar ejemplo de colaboración y de su disponibilidad y compromiso.

Por su parte, la comunicación a nivel de los promotores de Bélgica, es difícil de caracterizarla. Algunos piensan que ellos fueron los "jefes máximos", a quienes se debe justificar las acciones, quienes tienen el poder, dicen que tenemos que hacer y evalúan si lo hicimos bien o no. Otros los asumen como asesores y pueden aprender de ellos, sus palabras son consejos, no ordenes.

Todos los entrevistados reconocen el apoyo de los promotores y las reuniones con ellos siempre son muy valoradas, pero hay que preguntarse, ¿si existe una dependencia de Bélgica? o si ¿Estos expertos conocen soluciones que las organizaciones no? ¿O es solamente un aporte necesario para una primera experiencia de colaboración tan intensa? Son muchas las inquietudes que nos planteamos, pero consideramos que es uno de los niveles menos reflexionados en esta experiencia, pues en efecto si los promotores belgas son de invaluable apoyo, no podemos decir que se da una relación de dependencia paralizante para el progreso del proyecto, pero sí podemos afirmar que la implementación del proyecto, incide en niveles de la comprensión no solo entre culturas organizacionales o académicas, sino entre culturas geográficas e históricamente muy diferentes.

4. Conclusiones y recomendaciones Algunas limitaciones expresadas por los entrevistados

Para el proyecto en general, el cambio del personal

es una dificultad. Muchas personas trabajan unos meses, solamente algunos durante los cuatro años, siendo importante para el éxito, invertir en personal. Se reciben recursos pero no específicamente para personal, es por ello que algunos colaboradores no pueden dedicarse exclusivamente al proyecto, tienen otras cosas que hacer.

En resumen, los problemas en la colaboración son:

- confusión metodológica: en cómo lograr los objetivos y en la división de las tareas
- problemas de motivación hacia el proyecto y hacia la colaboración.
- falta de claridad en las cosas que se tienen que hacer conjuntamente y que no.
- diferentes preferencias para las formas y frecuencia en la comunicación.
- en algunos casos, débil o ausente sentimiento de equipo.
- falta de acuerdos sobre elementos básicos desde el inicio del proyecto: metodología, división de tareas, identificación de usuarios, etc.

Aprendizajes concretos

Sin embargo, frente a estas dificultades o limitaciones justificables por las explicaciones antes desarrolladas, la lista de aprendizajes es muy valiosa, veamos:

- La experiencia de cada disciplina en una colaboración es indispensable, es casi una condición
- Mucho pesan las expectativas mutuas con respecto a algunas tareas, o a contar con algunas capacidades y hasta quizás tener la solución para algunos problemas o contribuciones.
- Es necesario, al principio del proyecto, analizar que capacidades son necesarias para cumplir con los objetivos.
- Los factores del contexto pueden influir en la colaboración.
- Los aciertos y los desaciertos en el proceso, influyen determinadamente cuando el trabajo del equipo logra buenos resultados, se empieza a valorar y creer más en el equipo, al contrario las dificultades debilitan el sentimiento de equipo.

- Cada programa aprende mucho sobre su propia cultura organizacional.
- Aprende también sobre la otra cultura organizacional
- Aprende sobre cómo dialogar.
- Sobre qué factores facilitan y qué factores dificultan la colaboración interdisciplinaria.
- Aprende a escuchar al usuario, y cómo llegar a la gente.
- Sobre los saberes de cada disciplina y los saberes de los usuarios.
- Sobre el trabajo en equipo y la corresponsabilidad por los resultados
- Sobre la importancia de las otras disciplinas para la solución más integral de un problema.
- Aprende en la práctica que el uno necesita del otro.
- Aprende sobre la necesidad de enfrentar las visiones para lograr una sola.
- Sobre la importancia de estar abierto al otro para una buena colaboración.
- Sobre la idea de que es difícil trabajar conjuntamente pero no imposible.
- El progreso del proyecto influye en la motivación y en el esfuerzo para el trabajo compartido.
- Los colaboradores manifestaron estar satisfechos con la experiencia, aun pensando que se pudo lograr más.

Es recomendable, poner el acento tanto en los puntos comunes entre las disciplinas, como también en el manejo de las diferencias y así mismo formar equipos con los que cada miembro puede identificarse. La buena comunicación es elemental, con discusiones claras, abiertas y transparentes, para el entendimiento de los diferentes lenguajes de cada disciplina.

En conclusión, estar abierto a la otra disciplina es de importancia primaria. Eso quiere decir, no solamente pensar desde tu marco pero de manera más amplia, sino ponerse en el lugar del otro, mostrar interés en la otra disciplina, hablar y compartir, aprender del otro,

cambiar la manera de trabajar que incluye aceptar al otro y su manera de pensar y hacer las cosas; en suma de tener respeto por el otro.

Entre los factores que impiden la colaboración, anotamos algunas actitudes personales que pueden ser tomados como elementos que polarizan las diferencias entre disciplinas pero son más bien posiciones particulares.

- No tener interés en el proyecto.
- Características de la personalidad de las personas.
- Tener un motivo individual en lugar de común, o un motivo inadecuado.
- Estar acostumbrado al trabajo individual
- No comunicar lo que se está haciendo y por qué
- Creer siempre que se tiene la razón en lugar de buscar acuerdos.
- No estar abierto al diálogo, a cambios y a críticas
- No aceptar o valorar el trabajo de la otra disciplina.

Algunas recomendaciones adicionales

- 1) Integración del grupo interdisciplinario a través de viajes, salidas y tareas prácticas para conocerse en contextos más informales y fomentar un espíritu de grupo. Conocer al otro, es más fácil que entenderle, comunicarse o aprender de él, el sentimiento de seguridad está presente en el grupo, dando posibilidad al mejor funcionamiento del grupo.
- 2) Conceptos importantes en una colaboración son el respeto, la valoración, la unión, la complementariedad, la interdependencia, en lugar de la competitividad entre las disciplinas.
- 3) Formular una visión común como equipo con objetivos claros, concretos y conocidos por todos los miembros, así como también, determinar una metodología y discutir 'el como' desde el principio, aunque no tiene que ser definitivo. Encontrar el método ideal al principio es casi una ilusión, pero se puede generar en el proceso, según las experiencias y necesidades del momento.

4) La comunicación abierta es importante, expresar y discutir las expectativas mutuas, tener claro las capacidades y limitaciones de las organizaciones y aceptarlas. La comunicación puede adaptar las expectativas a lo posible. Solamente cuando los problemas, sentimientos, pensamientos son mencionados, es posible trabajar con ellos de manera constructiva.

5) Finalmente una evaluación permanente es muy saludable. No postergar la solución cuando algo no sucede de manera óptima, no esperar para intentar mejorar la situación a través de un análisis profundo de lo que pasó y de la formulación de estrategias para enfrentar los problemas. No es suficiente evaluar al fin o en la mitad del proyecto, la evaluación es un instrumento para avanzar y mejorar.

En resumen, no podemos decir que esta experiencia de colaboración interdisciplinaria ha sido un éxito, pero si creemos que para todos es un aprendizaje. La colaboración es una tarea más, sobre las otras tareas que se comparten, que necesita una atención específica. Las dos organizaciones, anteriormente sin experiencias profundas en la colaboración interdisciplinaria, conocieron las dificultades en la práctica, pero es necesaria la conciencia de que estos problemas son normales en la colaboración. Aprender es lo importante, todos ahora tenemos nuevos conocimientos basados en la experiencia, sabemos en qué factores poner atención para garantizar un buen proceso colaborativo y cuales evitar. Estamos seguras que todos están convencidos que trabajar de manera interdisciplinaria es una ganancia y una necesidad, pero sobretodo una obligación para enfrentar los problemas de la realidad de una manera más integral y responsable.

Bibliografía

- Bouwen, R., 2001. Developing relational practices for knowledge intensive organizational contexts.
- Frankenhuis, W. (s.f.). Wat is interdisciplinariteit? Een metafysisch perspectief. Bajado de la WWW el 13 de mayo de 2005.
- Gray, B., 1989. Collaborating: Finding common ground for multiparty collaboration. San Francisco: Jossey-Bass.
- Klein, J.T. (s.f.). Interdisciplinaridad y complejidad en educación media superior. Boletín Complejidad 9: Noveno Comunicado de la Red Mexicana sobre el Pensamiento Complejo.
- Mariño, G., 1990. "Dialogo de Saberes", Colombia.
- Mattessich, P.W., M. Murray-Close and B.R. Monsey, 2004. Collaboration: What makes it work. Saint Paul, MN: Amherst H. Wilder Foundation.
- Morin, E., 1996. El Método.
- Nieto-Caraveo, L.M. (s.f.). Una visión sobre la interdisciplinaridad y su construcción en los currículos profesionales.
- Nonaka, I. and H. Takeuchi, 1995. The knowledge creating company. Oxford, University Press.
- Salazar, A., K. Capelle, M. Arpi, 2004. Planificación estratégica de ACORDES. UCuenca.
- Salazar, A., 2003. Redes Sociales para el manejo sustentable de recursos naturales". Cuenca.
- Spaapen, J.B., 1996. Samenwerking tussen disciplines ten behoeve van ontwikkelings-vraagstukken. Aanknopingspunten voor beleid. Bajado de la WWW el mayo de 2005.
- Wenger, E., 1998. Communities of practice: learning, meaning and identity. Cambridge University.
- Zutter, P., 1994. Des Histories de savoirs et des hommes: l'expérience est un capitalisation de l'expérience". Paris, FPH.



Participatory development of technology innovation projects: collaborative learning among different communities of practice

René Bouwen^{1*}

Art Dewulf¹

Marc Craps¹

Abstract

The combination of different types of knowledge by all stakeholders involved is a necessary process to initiate and to implement sustainable technological innovation projects. Engineers, social scientists, users, farmers, non governmental organizations and local authorities are engaged in soil and water management projects in the Southern Andes in Ecuador. A multi-party collaboration and social learning theory lens is applied to compare the processes and follow up of five soil and water projects during the initial phases. Two continuing irrigation software and hardware projects document the critical conditions for lasting outcomes and for inclusion of the relevant stakeholders: e.g. early involvement, role of intermediaries, group influences, and joint relational practices in the field. A model of five action strategies (problem solving, persuasion, dialogical, negotiation, oppositional) is developed to understand the variety of possible approaches to combine the different types of knowledge.

1. Division for Organizational and Personnel Psychology. Faculty of Psychology and Educational Sciences. Katholieke Universiteit Leuven, Belgium
* E-mail: rene.bouwen@psy.k.u.leuven.be

1. Introduction

The purpose of this article is to document the lessons learned from participative projects of technology development for the management of natural resources in the Southern Andes region in Ecuador. Since several years now there is a shift in thinking about sustainable development projects from linear technology transfer or knowledge dissemination towards more interactive and participatory work forms. Although several actors in the field are formulating their discourses with this kind of language, the concrete documentation of this kind of work in the field is still lacking for a lot of contexts.

Here we want to concentrate on water and soil management projects, jointly facilitated and initiated by a technical university research center (PROMAS) and a social development research center (ACORDES) in the framework of a four year interuniversity development research project. PROMAS has experience with research projects in water and soil management and ACORDES has been working with projects of social and community development among very diverse stakeholders. It was through meeting each other in the concrete implementation in soil improvement projects, that they discovered the opportunity for joint project creation and implementation.

2. Emerging new trends in thinking on participation in development projects

Since two decades, we observe that actor involvement and participation in at least some stages of the problem-solving and decision-making cycle, became major themes in social development and governance processes (Huxham, 2000; Leeuwis, 2000). The management of societal, developmental and environmental issues moved from a position of supplying information towards consultation as form of actor participation. Administrators consult people and

stakeholders to learn from their ideas, perceptions, attitudes and concerns.

A number of forces drove participation to higher levels: more professionalism of both administrators and the public, a moral duty of justification of spending public money, the inability of public authorities to deliver sustainable developments without commitment of the public, a perceived need to reinforce responsible citizenship and democracy. "Interactive participation" is a collection of work forms in which people participate in the development and implementation of plans, by discussion and contributing to solutions. Recently, "best practices" are put forward by various kinds of stakeholders in which shared decision-making and self-determination as levels of participation (direct democracy) are highlighted. Shared decision making implies that interested parties not only intervene in planning, but also become partly responsible for the outcomes, e.g. water use sectors represented in river basin organizations

The variety of participation described above also implies a difficulty of defining participation. Some authors at one end of the scale regard participation as a managerial technique of joint superior-subordinate decision making, focusing on effectiveness contingencies. At the other end, participation is seen as a management philosophy and a way of involving citizens meaningfully in decisions (Bouwen and Taillieu, 2004). Meaningful involvement requires several conditions: (a) people should experience participation on an issue as feasible and realistic based on the task, (b) the boundaries and the limits of the people's authority and decision making scope should be clearly defined and mutually accepted, (c) participation thrives only in a climate of openness and trust. Defined this way participation is not merely an instrument thing, but a complex system of structure and processes, that builds and supports sharing of legitimate authority and that pervades the way an organization or institution views and relates. If we see

participation not as a mere management technique but as a practice based on a philosophy, it becomes interesting to investigate the social dynamics, which lead to sharing responsibility: information exchange, shared construction of reality, empowerment and internalization. Information exchange provides the cognitive basis for enhancing the interchange between expert knowledge and experiential knowledge. A joint social construction of reality emerges from shared experiences and enacts formal as well as informal coordinating patterns of behavior. Empowerment provides the opportunity for organizational members to use valued skills and abilities towards important goals, to gain self-confidence and to engage in co-ownership of projects.

The instrumental conception of participation needs direct action levers as pay and other reward systems as motivators. The process-oriented conception of participation utilizes internalization of norms and values as the prime mechanism of shared influence. It depends on the conviction that it is proper or consistent with incorporated values to take a particular action. Internalization requires extensive participation, in terms of discussions, questioning, exchange of suggestions and opinions to allow shared understanding of the complexities of the situation, to test solutions against personal and organizational values and norms, and to reach agreement that mutually optimal solutions are being sought. Similar processes form the basis for what we discuss as social learning further on.

Despite a variety of justifications for participatory practices, there are a number of similarities among different participatory approaches. Most participatory models include linear planning and decision making structures over a set of more or less defined phases: situation analysis, problem identification, goal formulation, selection of alternatives, and evaluation of alternatives, implementation and evaluation. Models of multi-party collaboration (Gray, 1989) of project

planning and decision making (Leeuwis, 2000), describe the different task development steps a social problem has to go through. Parallel to the stepwise task definitions, also the gradual contacting, selection and commitment building among the actors involved can be described as a process of social learning (Bouwen and Taillieu, 2004; Leeuwis 2000). The general underlying assumption is that change is a result of systematic planning and decision making, enacted among the different stakeholders throughout appropriate communicative practices. It must be recognized from experiences and empirical data (Leeuwis, 2004) at the same time, that most of these processes are not without problems. Different actors have different perceptions about issues and framing and reframing of the issues at hand is a condition for making progress (Dewulf, 2004). Even careful communicative practices don't overcome conflicts over interests and positional differences. The interactions among the actors often take the form of mere negotiations, following the rules of power sharing and distributive justice (Gray, 1989). Briefly, over the last decades one can see a development in thinking about social innovation from 'mere persuasive communication', over 'joint information collection and common problem definition' using interactive communicative practices, towards 'social learning and reframing' and 'stakeholder negotiation' and 'power redistribution'.

3. Creation of actionable knowledge across boundaries

In most of the social development projects, the core characteristic processes of these projects are more and more emphasizing the knowledge work that has to be done. Rural and environmental projects often deal precisely with the gaps between local knowledge and general knowledge, often understood as a difference between implicit and contextualized

knowledge versus explicit, codified and theoretical knowledge. At the same time the knowledge gaps between different communities of knowledge, practitioners versus theoreticians, experts versus novices but also between different knowledge disciplines have to be bridged. It was the general theme of the 2004 annual conference of the American Academy of Management to give special attention to 'actionable knowledge' or 'implementable knowledge' in Argyris and Schön (1978) terms. Actionable knowledge is knowledge that has consequences for practice, knowledge that can generate new possibilities for action. The theory (Wenger, 1998) states that knowledge generated and applied through the interaction among the actors of a community of practice, will have a high potential to be actionable and to have impact on practice. In the study of management there is indeed a year long discussion going on in several journals about the relevancy gap between contextual practitioners' knowledge and theoretical general knowledge.

Research approaches that strive for relevance emphasize the particular at the expense of the general and approaches that strive for rigor emphasize the general over the particular. Following Weick it is not possible to attain both relevancy and rigor at the same time. Other authors discover in new theories on knowledge creation, such as Nonaka and Takeuchi (1995), an epistemological basis to combine the particular and the general, experience and theory, the implicit and the explicit, induction and deduction. The 'relational practice' metaphor can probably play such a kind of bridging function between the particular and the general. A relational practice is an interactive practice with a high collaborative quality. Knowledge developed in that kind of encounter will be applicable and consequential for practice. Multi-party projects and action research activities will have the qualities of a relational practice. Research as relational practice enacts in concrete interventions or research episodes

a relational grammar, characterized by the principles of reciprocity, co-ownership, mutual testing and engagement. The principles of open dialogue, constructive conversation and joint negotiation apply in each instance of research and intervention. In a river basin project, the development of an integrated water management concept is enacted in the stepwise creation of a multi-stakeholder catchment council. Representatives of farmers, entrepreneurs, local and national authorities, engineers, environmental groups and non governmental organizations, bring together different forms of implicit and explicit knowledge, different perspectives of analysis and interests and different ways of framing the issues. The actionable knowledge is the definition of the issues that is co-constructed over a number of time consuming confrontations and dialogues. The activities if the catchment's council constitutes a series of relational practices that continuously deal with an enormous diversity of inputs and the necessity to come up with creative and lasting solutions.

4. Project definition and issue formulation: viability of five different initiatives

An innovation project is always situated in a societal and organizational context and the first phase will be always an issue or problem definition, starting from some initial stimulus or opportunity. This catalyzing event or issue has to be picked up by some stakeholder and brought to the attention of other actors that are playing a role in the context. In this paragraph we want to compare the five initial projects concerning the building up of the viability of a project. Context, actor, problem definition and action strategies can be compared at the level of each project to understand the emergence of a viable or non viable project. In the multi-party literature Gray (1989) introduced the now classical three phase de-

velopment model. Here we focus on the first phase: the problem definition. The tasks in this phase are to come to a more or less common definition of an issue, to define the stakeholder system, to agree on the convening function and to identify the available resources. In terms of innovation management the start of a technology innovation project can be considered as an entrepreneurial project across different organizations (Van de Ven, 1986). Leeuwis (2000) has concretized further those ideas for the context of participatory rural development projects. In Table 1 we compare the five projects in terms of scope and time span, the convergence or divergence in issue and problem definition, the characteristics of the main action strategies in this first phase and the intended

outcome in terms of content and in terms of building boundaries around the stakeholder system. We can expect that those projects will become viable, that can approach these first project development tasks with a reasonable level of success: a common issue emerges, stakeholders get identified and engage themselves and resources and attention can be attributed to the project. We will see that Case I and V get hardly started. Case III is discontinued after about a year, although it has some history before. Case II is most successful, right from the start; it builds further on existing technology and contexts. Case III, although it uses also existing technologies, has difficulties to finding a proper fit with the users and the proper contexts.

Table 1: Comparison of issue and project definition in five parallel cases after the first year: what is the viability of the project?

| Cases | Scope and time span | Issue and project definition | Action strategies Among actors | Intended outcome and actor involvement |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| I. Integrated catchment management | Macro scale Ended after year 1 | Erosion/pollution Integrated basin management | First stakeholder contacts, info exchange and negotiations | Council development Very different perspectives among actors |
| II. Irrigation software development | Meso scale Continuing | Management and administration system, adapted to specific user needs and contexts requirements | Continuation and extension of existing collaboration among expert groups and persons; contextual knowledge creation | Self-administrated computer software with close user involvement. |
| III. Irrigation technology innovation | Micro scale Continuing | Improvement of irrigation on steep land by new technology | Communicating, negotiating with users; aligning efforts between technical and social competencies | Committed choice among alternatives Search for method-user fit |
| IV. Soil conservation and fertility project | Micro/meso scale Discontinued after year 1 | Improving soil fertility by a combination of cultivation methods | Follow up of previous field experiments; negotiation among scientists about core technology | Is soil fertility an innovation aim? Divergence in attention and time among actors. |
| V. Quality of drinking water | Macro/meso scale Ended after year 1 | Sustainable provisioning of drinking water | University staff, ONG and communities negotiate focus, feasibility and user groups | Self-organized and administrated local drinking water supply |

Case I is a large scale project in a very early emerging phase, dealing with a diversity of problems of a river catchment. A physical opportunity and some feeling of urgency were created through a land slide in the river, causing serious pollution and sedimentation. This was giving problems for the drinking water distribution system as well as for the turbines of the power plant of the electricity company. The kind of innovation that is at stake here is merely a social and management innovation: establishing a monitoring system for the water quality in the whole region. Assessment procedures for the physical aspects of water and soil quality were certainly involved, but the core negotiation processes were yet around the stakes, perceptions and involvement of the different actors. The novelty of this project was very high in terms of social and organizational aspects and was also considered as quiet new for the teams of researchers. The important actors were institutional actors, asking also for specific negotiation and organizational skills. Maybe the available resources in terms of time, competencies and priorities were easily allocated in other, more specific and more defined projects, so that the complexity of this project in this very early phase could not get the proper attention and skills. Although there is a clear problem with high potential, the boundaries around the project are still very vague, the system of stakeholders is still emerging and the definition of the issues are yet very much diverging. In a new project that can mobilize new resources and competencies this problem domain will be taken up again, illustrating indeed the high social-organizational complexity.

Case II is in fact the continuation of a previous research and development project. There is an initial version of a software technology, developed in a previous project. The new four year project aims to develop the soft ware with new special extensions and to adapt it in ever further new contexts. It is described more extensively else were (Dewulf et

al., 2005) and we will come back on it in the next paragraph to compare its process characteristics with Case III. The viability of this case was in fact never a critical issue. The definition of the issue was already tested with several actors in the field and there was experience with implementation projects in the field too. For the engineering specialists the initial development of the soft ware of this project gave them the opportunity to get acquainted with interactive technology development in close collaboration with actors from the user side. Also for the social scientists this previous project was a learning experiment. They could discover together with the technical specialists the communication and negotiation steps along an incremental development path: contacting, contracting, informing, gathering feedback, training, adapting, testing etc. Each new context requires rehearsal of these tasks, but each time in a new sequence and with proper accents in each phase. Complementary roles and tasks for interdisciplinary collaboration could be experienced and developed.

Case III (Craps, 2005) is continuing also. Similar to Case II is that there is also a tangible technology available, there is technical competency and there is time and attention available in the staff group. Connections with external actors or users have to be developed. The transition to the implementation phase of this innovation is the crucial developmental task. Working on the proper fit between the available alternatives for irrigation and the specific context and actor characteristics is the core task to be done. Here the technical and social experts have to learn how to take complementary roles and tasks. Attuning mutual expectations was an important task. In the next paragraph the comparison with Case II, the other continuing case, will be documented.

Case IV (Dewulf et al., 2004) is also discontinued after about a year. Although there is a focus on soil fertility and conservation coming from a previous project, the issue raised quiet often is: to what extent

is this a technological innovation? There is a change in staff and there is a need for a re-negotiation of this case as an innovation project. How much needed is an emphasis on a concrete technological outcome? Some of the actor groups define the project in broader terms of social learning, emancipation or local economic development. There is no one single and concretely defined product or instrument and the aim of the project could be the learning process among experts and users to develop innovative farming methods. In rural and agricultural innovation projects there is an ongoing discussion about where the core of the innovation is (Leeuwis, 2004). Some actors bring technical solutions to the innovation task; other actors emphasize the organizational or social creativity aspects and common knowledge development in a system of users or the unique combination of different of those elements. Because of the divergence in opinion among the actors about the novelty and innovativeness of this project, the continuity of resources in terms of staff and time became difficult. For a project to continue a certain level of common issue definition is necessary. Technology can play an important role in creating this communality among the actors, but in some innovation projects the visible core of technology can be substituted by a common innovative knowledge base or development of a common practice, where users and other disciplines can connect their interests and competencies.

Case V started in a very early phase of development and can be compared easily with Case I in that perspective. Here, there is no catalyzing event; there is only a possible opportunity to collaborate for a need that also requires further concretization. It is also a new domain for collaboration for most of the actors. There are technical, social-organizational and medical aspects to this project, there is a possible target group of users, but also sponsoring organizations, public authorities and public utility organizations have to be involved. In that sense it is

also a very complex and resource demanding project. This project illustrates very explicitly the series of developmental tasks a multi-party project has to go through to become viable. The issue of 'Who is the convening party? Where are the responsibilities? and What are the stakes?' has been continuously very salient. Such a starting project requires resources and attention from the beginning. The danger is that users or possible partners catch on some interest after the first meetings, but due to the priorities of other actors, the lack of continuity in the meetings, the necessity to mobilize new resources - financial as well as human and competence resources -, the synergy does not build up to an energizing level and dissipates after a few months. This Case V has a high level of novelty and confronts the actors with all the developmental tasks: common goal definition, stakeholder identification and involvement, resource availability, convening legitimacy, complementary competencies, etc. The sense of urgency to get the necessary priority in the agenda of the emerging group of collaborating parties did never really caught on.

By the comparison of these five initial cases the critical importance of the configuration of actors and problem elements in the issue definition phase becomes very clear. The more the project is yet open, multi-perspective and emerging, the more there is a need for a clear convening position that can really play the role of a social entrepreneur to craft such an orchestration of social creativity. In the two cases that last over the four years, there is a clear technology available as a focusing point, around which the different actors kept meeting. There was also a history of collaboration, although rather fragile regarding mutual expectations, and a connection among some of the actors through informal networks, although that can become sometimes disadvantageous too. The outside actors were involved in these cases as users and target groups, and needed to get involved in that sense. Other public and private organizations

did not play a very crucial role. That made it just so demanding in Case I and V. A strong coordinating principle seems to be the emergence of a critical frequency of common practices. Meetings can certainly have this function, but common practices in-the-field or in concrete tasks is required to gain momentum and to build a common meaning as well as a community of practices. In Case I and V the meanings for the different actors were yet very diverse and the engagement of the actors had to start from the beginning. The external partners had an important stake in the projects and needed to get involved to make the projects viable. Then the availability of resources and staff is off course critical to create the common problem space and group membership. Case III has all the strengths of the two cases that last, but the divergence in meaning about 'what is an innovation?' dissipated the scarce resources. One could rank order the five cases from more to less successful as follows: the software case, the irrigation case, the soil fertility case, the catchment case and eventually the drinking water case. This goes certainly with the newness of the problem/solution combination and the complexity of the context. Another important dimension is the availability of a focusing principle; here the concreteness of a technology played an important role. The building of new stakeholder systems and the use of more diffused knowledge puts higher demands on a potential project configuration.

5. Continuing project development and implementation

As mentioned above, two of the initial five projects were continued during the four year of the scheduled main project. Looking into the similarities and the differences between both projects, we want to understand which process characteristics are related to the particular development of each project. In general, it can be said that project A could live up

to the initial expectations. On several new sites new software applications were adapted and implemented. The plans about adding new features to the main program could not all be implemented, but the new applications gave the opportunity to refine the different action steps and to systematize the scenario's to accompany a new implementation.

Concerning the characteristics of the technological component in these two projects, the flexibility of the irrigation software could be considered as higher than in the mountain irrigation project [(1) in Table 2]. It is a typical feature of the technology of Case II that there is an intensive search with each client to adapt the existing package to the specific needs of the users group (4). In Case III the client is involved in making a choice between existing alternatives and the range of possible adaptations is probably limited compared to Case II.

The sequence of phases (2) in both projects is also different. In Case II there is a prototypical solution, but for each new project a new development phase is started to attune to the needs of the client and to the demands of each context. This is also largely the case in Case III, but here the alternatives are developed on beforehand in another project or making use of an existing technical solution. In Case II there is more overlap between the phases and different actors are already invited from the beginning to join the development process.

The involvement of the different actors (3) takes also a different form in both cases. In Case II user's involvement is solicited right from the beginning of each application. There is a long tradition indeed in software development of extracting knowledge from users. The client organization is represented by staff or administrative people (6), who can act at the same time as intermediaries (7) with the larger group of users. In Case II non governmental organizations were also involved as intermediaries to bring the language of theory and the language of practice together

in some actionable form. In Case III similar possibilities and difficulties about user involvement can be observed, but here the gap that had to be bridged was experienced as much more difficult. It took a while before the proper contact persons as intermediaries stood up. The individual farmer as a decision maker was also hesitant to engage in such an innovation. Opinion leaders had to facilitate the attractiveness of the new technology. The discovery is also that this kind of decision making about farming methods is not an individual decision but a professional decision, embedded in the group decision making of that professional group. Also economic and market related qualities of the cultivated crops played an important role in the adoption of the new technology. These considerations were less important in Case II. In Case III it took indeed a period of about two years to make connections with an interested users group. The search for an actor-technology fit (5) was much

more difficult here than in Case II. The reasons for this difficult fit are extensively discussed in the paper on Case III, but, in comparison to Case II, it becomes insightful that the merging of knowledge from users and experts in a very early phase of development becomes a crucial condition for sustainable development. The more the different communities of practice (farmers, technical experts, social researchers, farmers organizations) are using knowledge that is not yet shared, the more time and effort is needed to develop the bridges on which the new knowledge as technology can travel. It is also here that the role of intermediary parties becomes very crucial. These intermediary parties play a role as go between in a continuous negotiation process to gradually bridge the gaps in the social network, but they also mediate between different types of knowledge and help to create a new common language.

Table 2: Comparison of process characteristics of two innovation projects in irrigation

| Innovation process characteristics | Case II Irrigation software development 'Quiet successful over all phases' | Case III Irrigation methods on sloping fields 'slow start; gradual success of implementation' |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Flexibility of the technology | High and continuing flexibility of the software technology | Some 'given' technology alternatives are offered for choice. |
| 2. Phases of innovation task | Strong overlap of development, implementation, evaluation phases | Development phase preceded and most emphasis is on implementation |
| 3. Involvement of actors and project success | High involvement of users in all phases is going together with project success | Low involvement at start and slow implementation; intensity of use is going with level of involvement |
| 4. Demand/supply of technology | Technology is continuously adapted to needs of users: mostly demand driven | A choice is made between supplied technology |
| 5. Actor-technology fit | Users' expectations and technology characteristics are interacting | Difficult search for the interested users group |
| 6. Target groups characteristics | user groups represented by staff people and trained employees | User groups with special interests join as a group |
| 7. Role of intermediaries and boundary roles | Non governmental organization mediates the initial phase; staff people have intermediary and boundary roles | Contacting and contracting through opinion leader and reference group |
| 8. Social research support | Incremental action research methodology Throughout whole process | Ad hoc communication and information sessions |
| 9. Role of training and information sessions | Use of participative scenario of implementation over different phases | Information and guidance workshops to follow up on critical steps |
| 10. Innovation novelty | High novelty through customized technology development | Moderate technological novelty, but high context and social novelty |
| 11. Interdisciplinary collaboration | Emerged gradually through encounters in the field | Difficult search for complementary roles and contribution among disciplines. |

The role of the contribution of social research (8) in both cases was also different. In Case II there was a learning experience of joint involvement in a previous project. Through an incremental process, there was a gradual development of a participative scenario to bring the technology to a new context. It was an action research kind of involvement (Dewulf et al., 2005). In Case III the proper combination of social and technical knowledge had yet to be developed. Training sessions and information workshops (9) were aiming and competence building for the target groups in the first place, but the adoption did not seem to be connected so much to issues of competence but to issues of social support and economic viability. The overlap of the development and implementation phase in Case II gave both parties probably an easier common task to work on together. In Case III the roles and contribution of social and technical staff had to be negotiated and discovered. The task here was to support the implementation process, but there was not so much common previous involvement in the development phase as in Case II.

The extent of novelty (10) is probably also different in both cases. In Case II there is a kind of continuous novelty in customizing the package to each application context. Each new application has some social as well as some technical moderate level of novelty. Social and technical experts can find a common task in each new application. In Case III the major technical novelty was dealt with during the development phase. In the implementation phase there is a very strong social and economic novelty. Maybe the different demands on both expert groups make it more difficult to define a common task area. Role negotiation and negotiation over contributions continued for a long time.

This is probably the challenge of all interdisciplinary work (11). Knowledge contribution and roles have to be different to be complementary, but mutual expectations and mutual perceptions of competences

drive the negotiation to make the other party to fit in. In other domains of interdisciplinary work, this is also a continuing negotiation process. Maybe looking upon it as a negotiation process instead of as a close collaboration opens up some transitional space to adapt and readapt continuously without running the risk of breaking up the collaboration for a perceived lack of trust.

6. Lessons learned for accompanying interdisciplinary participative projects

From the point of view of academia, the initial purpose of the four year overall project can be phrased as follows: can an interdisciplinary collaboration between technical and social scientists contribute to the sustainability of technological innovation development projects? The other actors in the field of development - practitioners, authorities, intermediary organizations, etc. - are mainly interested in sustainable outcomes, whatever the contributions from science may be. Looking back on the diversity of projects at the start, one could rephrase the project development question, in terms of the emergent theories, as an enormous collaboration experiment among different communities of practice, each bringing their language and problem definition to the table and negotiating for each actor and for the system as a whole - whoever may give voice to that position - the best possible outcome. Social scientists and engineers may position themselves somewhat at the extremes of a whole spectrum of voices and interests that are expressing the perspective views on a development issue by the whole range of involved actors. In that sense they are able to connect to different actors and to different interests and they can take on the task of connecting those voices in a new interdisciplinary community of practice. This is an enormous challenge.

The complex and context connected projects put very heavy demands in terms of time, material and human resources. They are technically complex and politically ambiguous and conflictive. This project allows to document tentatively the conditions and requirements for the issue and problem definition phase of such a multi-party project:

- a (self)-definition of the stakeholder group
- a legitimating process for the convening party
- a negotiation of 'enough' common ground in problem definition
- an acceptance of interdependency among the key actors
- availability and access to resources and information
- availability of competences and knowledge among the stakeholders

The three projects that were discontinued after about one year did not live up to one or more of these initial requirements. The creation of such a complex multi-actor project can not be achieved by one actor. Of course some actor has to take an initiative, but it is the evoked interest among actors and the emergence of a common ground for interdependency, that constitute the fertile ground for the co-discovery or creation of an issue. These projects can not be orchestrated from outside. Building co-ownership, co-membership and common understanding are the essential developmental tasks that have to pick up by an emergent community of practice. It is like a hurricane picking up momentum by the interaction of the critical elements in a permitting environment. It has also the qualities of social entrepreneurship with a congenial group of actors.

The two four year projects, Cases II and III, give further insight in the specific processes in the later phases of establishing and implementing an innovative development project.

The most important lessons that can be drawn from

these cases are the following:

- a common tool or technology facilitates to keep focus
- the establishment of a stable project group is condition for joint learning
- enough 'time-and-attention' for the project by key actors is a necessary condition
- an early joint activity in-the-field creates ground for collaboration
- meetings (verbal forms) have to be complemented with joint 'concrete' activities to include user groups and field practitioners
- co-ownership feelings can start to be build up then
- common knowledge creation builds up a common language
- mutual role negotiation, also leadership roles, supports collaboration of experts
- intermediaries play important connecting role:
 - Intermediary organizations such as NGO's
 - Opinion leaders or reference groups
 - Networks and collectivities
- there is a critical availability of financial resources
- regular process reflection is condition for joint learning.
- appreciating intermediary small successes stimulates involvement of actors.

The most important challenges have been to work across all different communities of practice: across disciplines, but also across theory and practice and different perspectives of field actors.

Maybe an important lesson is also that the different gaps that have to be bridged in development projects such as knowledge gaps, cultural gaps, social gaps and power gaps, can best be understood as gaps between different communities of practice. Maybe the difference between practitioner's knowledge and expert knowledge is comparable to the differences between knowledge systems from different disci-

plines or different professions. The differences go back to the fact that there is a different focus on an issue and a different language to express that focus. Becoming multi-lingual may be the most important developmental task for the actors in these socially and technically innovative development projects. Hegemony of one language over the other languages stops the process. Crafting common languages to bridge the theory-practice divide and the discipline divide can be the most promising path to go for learning about these complex projects. A common language or alternating between multiple languages can facilitate the involvement of diverse actors in common practices. Not only meetings are common practices but especially 'field'-activities, where also the 'weaker' parties can engage fully because they have access to the spoken language-of-practice.

7. Elements for new theory development about multi-actor development projects

In the literature on participative development projects there may be an overemphasis of a consensual

approach. The assumption is that understanding each other leads to collaboration. But in the projects we see that a variety of action strategies is enacted. The path of a whole project can probably better be understood as an assemblage of different strategies over a period of time. A general observation is that in the different encounters of actors, different patterns of action strategies are enacted. Sometimes actors negotiate through their mutual activities a more or less shared approach, but sometimes also actors come to the meeting ground with quiet diverse assumptions and interventions to contribute to the project task. Different communities of practice or professional groups have a preferred or dominant approach depending on the task and problem characteristics they are mostly confronted with.

In multi-actor or multi-party projects there are mostly more than two actors involved and the combination of very diverse action strategies can become quiet problematic. In Table 3 a framework of five action strategies is elaborated to characterize and to compare possible approaches in multi-party projects.

Table 3: Characteristics of five action strategies for multi-party interaction

| | Action principle | Accept. of interdependence | Process characteristics | Possible outcomes | Context contingencies |
|------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| Cognitive Problem Solving Approach | expertise | low | Stepwise rational problem solving | Acceptance on insight | Within the same community of practice |
| Persuasive Communication Approach | Persuasion | moderate | Exposure to persuasion | Adoption or imitation | Unequal involvement or competence |
| Dialogical Learning Approach | Mutual Interactive learning | high | Joint discovery and exchange | Mutual understanding and synergy | Shared involvement |
| Negotiation Approach | Tit for that, deal making | High/moderate | Negotiation tactical phases | Fair deal, settlement | Calculative involvement |
| Oppositional Modes of Action | cold or hot conflict | Low or negation | Keeping distance or escalation | Freeze or dominance | Mutual negation or fight |

Professionally specialized communities of practice will approach a problem context from their expert competences; they tend to deploy a step by step analytic and mainly cognitive problem solving approach. Within their professional community it is the most recognized and evident approach among different actors, but with other communities this can lead to interaction difficulties. In the analytic episodes of the projects studied, this kind of action strategy was being used to make an in depth study from one particular perspective.

This is the action strategy that experts and researchers mostly are using to communicate within their community about a specific expertise or competence. It comprises the use of rational analytical approaches, taking distance and 'objectifying' the issues at hand, following the procedures and rules that are appropriate for that community of scientific or professional competence. Not only professionals from natural sciences are using this vocabulary of strategic actions, taking their laboratory and analytical methods out to the field; also social scientist who apply their usual inquiry methods to other knowledge communities are confronted with the so-called transfer problem. Can we transfer knowledge gathered in a specialized context out to the field in a complete new and much more complex, ambiguous and socially conflicted context? Intermediaries between different actors can sometimes act as 'translators' to the field of practice. Also practitioners like farmers or water managers can be instructed to follow the procedures that embody certain domains of knowledge, but the co-ownership and co-responsibility for the follow-up and maintenance will be low.

The second strategy can be called the persuasive communication approach. This is in line with the innovation diffusion approach that has been a dominant way of thinking about the spreading of innovations in industry and especially in the domain of agriculture and natural resource management

(Rogers and Shoemaker, 1971; Leeuwis, 2004). In university extension work and in the consulting work for farmers this approach has been practiced. It is not so long ago that the 'communication' departments in agro-science faculties are renamed 'communication and innovation' departments, to indicate that the emphasis is no longer on the dissemination of developed new technologies but equally on the joint definition and development of innovation together with the target groups. This diffusion of innovation approach is still alive and practiced in the domain of consumer marketing, where the interest of the supplier of a new product is often one-sided, because there are many equally valuable alternatives. This communication approach could be observed during information phases of the projects studied. Training session are also an expression of this strategy to a large extent.

The third action strategy is the dialogical approach. The literature on participation, organizational learning and consensual group decision making documents extensively this approach (Argyris and Schön, 1978; Wenger, 1998). The emphasis is on the interactive nature and reciprocal quality of the communication. Actors engage with each other as equally valuable partners and inclusion of all actors is the overall goal. During work sessions and meetings of the studied projects this strategy could quiet often be observed. The mere sharing of experiences and stories leads to mutual understanding and the development of shared membership. This interaction strategy puts high social skill demands on the participants and also on the contexts. In rural participatory projects, social development projects and organizational development efforts, this dialogical approach is widely advocated. Often the theories-in-use, what people really do, don't correspond to people's espoused theories that what people say or pretend to do (Argyris and Schön, 1978). The challenge is often to recognize that the conditions for this kind of open dialogue are not yet

actualized and a more calculative strategic approach is more characteristic. Leeuwis (2004) concluded after studying several rural development projects that the negotiation approach was more descriptive for what could be observed in practice. The fourth strategy can be called the 'negotiation' or bargaining approach. Theories of conflict in organizations deal extensively with these negotiation strategies. Actors engage in a mutual calculative information sharing and positioning strategy. They develop alternative packages for giving and taking to come to a balanced sharing of positives and negatives. The negotiation can have a dominantly 'integrating' quality when both actors develop in common some synergetic win-win outcomes. The negotiation can rather be 'distributive' when the actors take a win-lose position and they distribute equally profits and gains in an antagonistic way. Negotiation is different from the dialogical approach since both parties accept mutually that there is some strategic positioning going on. Information is not shared openly and each party is optimizing its own position. This is often a realistic representation of the positions of actors that engage in multi-party collaboration or in strategic collaboration projects. The dialogical approach in these contexts is considered too unrealistic and naïve; there is a history of some rivalry and each party strives for a fair deal among the different interests and positions (Leeuwis, 2004). The mutual perceptions of the parties reinforce often a stereotyped view and identities are especially sensitive to be fully respected and recognized. In the projects under study this kind of strategies could certainly be observed in early phases of project development, when parties get to know each other and try to discover possible gains and losses for any future collaboration. When identities and particular interests are at stake, parties looking for special recognition or acknowledgement of specific competences, the emphasis can be more on weighing mutual efforts instead of looking to-

gether to possible joint outcomes. It is probably realistic for many collaboration projects to mutually accept a lack of trust to fully engage in open dialogue, and to accept that some form of calculation is the mode of operation.

The fifth form of action strategies is the oppositional mode. This can be the pre-project position. Parties have a history of rivalry for resources or they don't have any history of collaboration. Taking or holding distance is the natural stand here. In conflict theory the distinction is made between cold and hot conflict. Cold conflict means that there is no recognition of mutual interdependence and distancing from each other is a dominant mode of operating. There can be off course a heated opposition as a result of an adversarial experience of the mutual interdependency. Parties try by force a strategy to change the power difference in the relationship. When it comes to some form of collaboration, parties will move their strategy in the direction of a negotiation approach. Also this fifth action strategy could be observed in the projects studied, sometimes with possible user or practitioners groups, sometimes with other experts or stakeholders in an effort to change the mutual interdependence.

These five strategies don't have to be considered as isolated paths. In a concrete project development trajectory; an assemblage of different combinations of action strategies over time seems to be most probable. In the early phase more adversarial or distancing strategies will be observed. A move towards negotiation strategies can open up possibilities for joint action. Then giving information or advice can yet take the form of one sided communication. And over periods of time the emergence of a collaborative relationship can be made possible. But any change in the context or incident in the course of the project can make the parties return to a more calculative or one sided approach.

8. Towards a contextualized methodology for sustainable project development

The original ambition of the main project was to develop a so called 'iterative and generic methodology for participative technological innovation projects'. After analyzing the different cases the observation is that the diversity is too large to have one generic methodology for all participative projects. For the complex and highly contextualized projects this is certainly the case. The critical developmental tasks that have to be taken into account can be listed and some sequencing of the critical steps can be discovered, but each project is mainly a case in itself. It can be considered as a characteristic of actionable knowledge that each setting requires a proper contextualized knowledge development process, unique for this context. It does not mean that it is not possible to gather insight in the critical processes of meaning

9. Conclusion

The analysis of the project and the cases in it, document the collaboration principles in multi-party collaboration projects. The emergence of a negotiation of common ground among a self-assigned stakeholder system over several developmental phases is enacted in a series of synergy generating relational practices of high quality. Next to problem solving, communicating and dialoguing, the acknowledgement of negotiating processes can enhance the viability of complex collaboration projects. The vital engine of a project is in the meeting and acting together of the key players around a shared issue in co-ownership. The first and maybe most important lesson of this project can be, that the very early engagement of actors together in concrete field projects, builds up the energy and the mutual understanding to develop a new common language and new co-membership of a community of practice.

These 'relational practices' on the micro-level are the building blocks of longer trajectories and more contextualized projects. These local but joint practices can be assembled into higher level project activities, up to the level of societal change projects.

Acknowledgements

This research project was sponsored by the Flemish Interuniversity Council (VLIR) between 2001 and 2005, entitled 'Participatory development and adaptation of technological innovation for sustainable development of soil and water'.

making and building membership (Gray, 1989) But each case is an assemblage of these kind of principles that have been studied in the different cases.

For the two four year cases the similarities are much higher and some kind of scenario could be developed for projects that have major similarities. But Case III is already different, although the same building blocks of elements could be identified (see Table 2). The critical elements are comparable but the enactment of the actors in reaction to task demands is yet context specific. It is as if there is an underlying grammar and vocabulary that makes it possible to unravel and to understand what is going on during a project, but the knowledge of the grammar or vocabulary does not make it possible to predict or to plan in advance what is going to happen. The concrete action steps are continuously negotiated among the actors and the quality of the interaction is the best predictor for the next steps.

References

- Argyris, C. and D. Schön, 1978. *Organizational Learning: A theory of action perspective*. Reading, MA: Addison Wesley.
- Bouwen, R. and Chr. Steyaert, 1999. From a dominant voice toward multivoiced cooperation. In: Cooperrider, D.L. & Dutton, J.E. *Organizational Dimensions of Global Change*. Sage publications. Ch.13, 291-319.
- Bouwen, R., M. Craps and E. Santos, 1999. Multi-party Collaboration. Building Generative Knowledge and Developing Relationships among 'Unequal' Partners in Local Community Projects in Ecuador. *Concepts and Transformation*. 4(2), 133-153.
- Bouwen, R. and T. Taillieu, 2004. Multi-party collaboration as social learning for interdependence: developing relational knowing for sustainable natural resource management. *J.Community and Appl. Soc. Psychol.*, 14, 137-153.
- Brown, J.S., 2002. From knowledge as substance to knowledge as participation. Keynote lecture on 'Organizational Knowledge and Learning' conference, Athens, 4-6 July 2002.
- Craps, M., A. Dewulf, M. Mancero, E. Santos and R. Bouwen, 2004. Constructing common ground and re-creating differences between professional and indigenous communities in the Andes. *J. Community & Appl. Soc. Psychol.*, 14, 378-393
- Dewulf, A., M. Craps and G. Dercon, 2004. How issues get framed and reframed when different communities meet: a multi-level analysis of a collaborative soil conservation initiative in the Ecuadorian Andes. *J. Community & Appl. Soc. Psychol.*, 14, 177-192.
- Dewulf, A., M. Craps, R. Bouwen, F. Abril, and M. Zhingri, 2005. How indigenous farmers and university engineers create actionable knowledge for sustainable irrigation. *Action research*, 3(2), 175-192.
- Gray, B., 1989. *Collaborating. Finding Common Ground for Multiparty Problems*. San Francisco: Jossey Bass.
- Huxham, C., 2000. The challenge of governance. *Public Management*, 2(3), 337-357.
- Leeuwis, C., 2000. Reconceptualizing participation for sustainable rural development: towards a negotiation approach. *Development and Change*, 31, 931-959.
- Leeuwis, C., 2004. Fields of conflict and castles in the air. Some thoughts and observations on the role of communication in public sphere innovation processes. *Journal of Agricultural Education and Extension*, 10 (2), 63-76.
- Leeuwis, C., 2004. Changing views of innovation and the role of science. The 'socio-technical root system' as a tool for identifying relevant cross-disciplinary research questions. In: *Proceedings of the Sixth IFSA European Symposium*, Vila Real, Portugal, 3-8 April 2004, 773-782.
- Nonaka, I. and H. Takeuchi, 1995. *The Knowledge Creating Company. How Japanese Firms Create the Dynamics of Innovation*. Oxford University Press, New York.
- Rogers, E.M. and F.F. Shoemaker, 1971. *Communication of Innovation: A Cross-Cultural Approach*. The Free Press, New York.
- Van de Ven, A., 1986. Central problems in the management of innovation. *Management Science*, 32(5), 103-122.
- Van Looy, B., K. Debackere and R. Bouwen, 2000. Innovation as spanning boundaries between communities: strategies to handle path dependencies. In: Garud, R. and P. Karnoe (eds), *Path Dependency and Creation*. LEA publishing, London.
- Wenger, E., 1998. *Communities of Practice. Learning, Meaning and Identity*. Cambridge University Press, Cambridge.

