



Organo Científico
de la Sociedad Mexicana
de la Ciencia del Suelo, A.C.

TERRA

Volumen 13

Abril-Junio de 1995

Número 2

TRABAJO
INVITADO

DIVISION I

DIVISION II

Enseñanza para facilitar la indagación y el aprendizaje conjuntos: una evaluación del papel cambiante de la educación agrícola.

P. G.H. ENGEL 111

Variabilidad espacial de la conductividad eléctrica en un suelo del este de Cuba. I. Análisis estadístico exploratorio.

A. UTSET S., M.E. RUIZ P. y
J.HERRERA P. 126

Acolchado plástico y disponibilidad de nutrimentos del suelo en el cultivo de pepino.

MA. R. QUEZADA M.,
J.P. MUNGUIA L. y
C. LINARES 136

Ajuste de los coeficientes de desarrollo del cultivo de tomate para sus diferentes etapas fenológicas cultivado en condiciones de acolchado con plástico negro.

L. IBARRA J.,
G. NUÑEZ P. y
J. FLORES V. 148

Diseño del riego de la alfalfa mediante simulación matemática.

E.A. CATALAN V. y
MA. M. VILLA C. 155

Función de producción y eficiencia en el uso del agua para ocho cultivares de vid en la Comarca Lagunera.

MA. V. HUITRON R. y
C. GODOY A. 165

COMISION EDITORA

DR. JORGE D. ETCHEVERS B.,
Editor en jefe
DR. JAVIER Z. CASTELLANOS,
Editor adjunto
DR. ANDRES AGUILAR SANTELISES,
Editor técnico
DRA. KLAUDIA OLESCHKO,
Editor técnico
DR. JUAN JOSE PEÑA CABRIALES,
Editor técnico
M.C. JORGE ALVARADO LOPEZ,
Editor de estilo

EDITORES ASOCIADOS NACIONALES

DR. NICOLAS AGUILERA HERRERA, México
DR. GABRIEL ALCANTAR GONZALEZ, México
DR. MANUEL ANAYA GARDUÑO, México
DR. JESUS CABALLERO MELLADO, México
DR. LENOM J. CAJUSTE, México
DR. RONALD FERRERA CERRATO, México
DR. BENJAMIN FIGUEROA SANDOVAL, México
M.C. MARGARITA E. GUTIERREZ RUIZ, México
DR. REGGIE J. LAIRD, México
DR. ANGEL MARTINEZ GARZA, México
DR. ROBERTO NUÑEZ ESCOBAR, México
DR. JOSE LUIS OROPEZA MOTA, México
M.C. CARLOS ORTIZ SOLORIO, México
DR. ALEJANDRO VELAZQUEZ MARTINEZ, México
DR. ENRIQUE PALACIOS VELEZ, México
DR. OSCAR L. PALACIOS VELEZ, México
DR. BENJAMIN V. PEÑA OLVERA, México
DR. ANTONIO TURRENT FERNANDEZ, México

EDITORES ASOCIADOS INTERNACIONALES

DR. EDUARDO BESOAIN M., Chile
DR. WINFRIED E.H. BLUM, Austria
DR. ELMER BORNEMISZA, Costa Rica
DR. LUIS ALFREDO DE LEON, Colombia
DR. HARI ESWARAN, USA
DR. ANTHONY FISCHER, Australia
DR. JUAN F. GALLARDO LANCHO, España
DR. RENATO GREZ Z., Chile
DR. ALBERTO HERNANDEZ, Cuba
DR. JOSE M. HERNANDEZ MORENO, España
DR. ERIC S. JENSEN, Dinamarca
DR. WALTER LUZIO LEIGHTON, Chile
DR. JOHN T. MORAGHAN, USA
DR. HECTOR J. M. MORRAS, Argentina
DR. CHRISTIAN PRAT, Francia
DR. PARKER F. PRATT, USA
DR. PAUL QUANTIN, Francia
DR. JOSE RODRIGUEZ, Chile
DR. CARLOS ROQUERO, España
DR. KARL STAHR, Alemania
DR. RAFAEL VILLEGAS, Cuba
DR. EDUARDO ZAFFARONI, Brasil

CUERPO EDITORIAL ADMINISTRATIVO

M.C. ROBERTO QUINTERO LIZAOLA,
Distribución
SRA. MARCELINA ESPEJEL E.,
Producción

"TERRA", Registro en Trámite. Organó científico de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.

Volumen 13-2, abril-junio 1995.

ISSN 0187-5779

Los artículos publicados son responsabilidad absoluta de los autores. Se autoriza la reproducción parcial o total del contenido de esta revista, citándola como fuente de información.

Las contribuciones a esta revista deben enviarse, en original y dos copias, redactadas conforme a las Normas para Publicación en la Revista TERRA, al: Editor de la Revista TERRA, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Apartado Postal 45, 56230 Chapingo, Edo. de México, México.

Oficinas: Edificio del Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México.

Teléfono: (595) 4-22-00, ext. 5237.

INDICE

EDITORIAL

Trabajo Invitado

Enseñanza para facilitar la indagación y el aprendizaje conjuntas: una evaluación del papel cambiante de la educación agrícola. P. G.H. ENGEL. 111

Artículos Científicos

División I: Diagnóstico, Metodología y Evaluación del Recurso Suelo

Variabilidad espacial de la conductividad eléctrica en un suelo del este de Cuba. I. Análisis estadístico exploratorio. A. UTSET S., M.E. RUIZ P. y J.HERRERA P. 126

División II: Relación Suelo-Clima-Biota

Acolchado plástico y disponibilidad de nutrimentos del suelo en el cultivo de pepino. MA. R. QUEZADA M., J.P. MUNGUIA L. y C. LINARES. 136

Ajuste de los coeficientes de desarrollo del cultivo de tomate para sus diferentes etapas fenológicas cultivado en condiciones de acolchado con plástico negro. L. IBARRA J., G. NUÑEZ P. y J. FLORES V. 148

Diseño del riego de la alfalfa mediante simulación matemática. E.A. CATALAN V. y MA. M. VILLA C. 155

Función de producción y eficiencia en el uso del agua para ocho cultivos de vid en la Comarca Lagunera. MA. V. HUITRON R. y C. GODOY A. 165

Respuesta del melón acolchado al régimen de riego en el valle de Apatzingán. L.M. TAPIA V., J.J. ALCANTAR R. y A. VEGA P. 174

División III: Aprovechamiento del Recurso Suelo

Estructura de la capa arable analizada mediante el método del perfil cultural. F. DE LEON G. 185

División IV: Educación y Asistencia Técnica

Uso de medios de información por los productores de cacao de Tabasco, México. G. GALINDO G. 191

Comentarios y Cartas al Editor

Comentario sobre uso correcto de palabras. J. ALVARADO L. 203

EDITORIAL BOARD

DR. JORGE D. ETCHEVERS B.,
Editor-in-chief
DR. JAVIER Z. CASTELLANOS,
Associate editor
DR. ANDRES AGUILAR SANTELISES,
Technical editor
DRA. KLAUDIA OLESCHKO,
Technical editor
DR. JUAN JOSE PEÑA CABRALES,
Technical editor
M.C. JORGE ALVARADO LOPEZ,
Style editor

NATIONAL ASSOCIATE EDITORS

DR. NICOLAS AGUILERA HERRERA, Mexico
DR. GABRIEL ALCANTAR GONZALEZ, Mexico
DR. MANUEL ANAYA GARDUÑO, Mexico
DR. JESUS CABALLERO MELLADO, Mexico
DR. LENOM J. CAJUSTE, Mexico
DR. RONALD FERRERA CERRATO, Mexico
DR. BENJAMIN FIGUEROA SANDOVAL, Mexico
M.C. MARGARITA E. GUTIERREZ RUIZ, Mexico
DR. REGGIE J. LAIRD, Mexico
DR. ANGEL MARTINEZ GARZA, Mexico
DR. ROBERTO NUÑEZ ESCOBAR, Mexico
DR. JOSE LUIS OROPEZA MOTA, Mexico
M.C. CARLOS ORTIZ SOLORIO, Mexico
DR. ALEJANDRO VELAZQUEZ MARTINEZ, Mexico
DR. ENRIQUE PALACIOS VELEZ, Mexico
DR. OSCAR L. PALACIOS VELEZ, Mexico
DR. BENJAMIN V. PEÑA OLVERA, Mexico
DR. ANTONIO TURRENT FERNANDEZ, Mexico

INTERNATIONAL ASSOCIATE EDITORS

DR. EDUARDO BESOAIN M., Chile
DR. WINFRIED E.H. BLUM, Austria
DR. ELMER BORNEMISZA, Costa Rica
DR. LUIS ALFREDO DE LEON, Colombia
DR. HARI ESWARAN, USA
DR. ANTHONY FISCHER, Australia
DR. JUAN F. GALLARDO LANCHO, Spain
DR. RENATO GREZ Z., Chile
DR. ALBERTO HERNANDEZ, Cuba
DR. JOSE M. HERNANDEZ MORENO, Spain
DR. ERIC S. JENSEN, Denmark
DR. WALTER LUZIO LEIGHTON, Chile
DR. JOHN T. MORAGHAN, USA
DR. HECTOR J. M. MORRAS, Argentina
DR. CHRISTIAN PRAT, France
DR. PARKER F. PRATT, USA
DR. PAUL QUANTIN, France
DR. JOSE RODRIGUEZ, Chile
DR. CARLOS ROQUERO, Spain
DR. KARL STAHR, Germany
DR. RAFAEL VILLEGAS, Cuba
DR. EDUARDO ZAFFARONI, Brazil

EDITORIAL STAFF

M.C. ROBERTO QUINTERO LIZAOLA,
Distribution
SRA. MARCELINA ESPEJEL E.,
Production

"TERRA", Registration pending. Scientific publication of the Mexican Society of Soil Science.

Volume 13-2, April-June 1995.

ISSN 0187-5779

The authors take full responsibility for the articles published. Partial or total reproduction of the content of this journal is authorized, as long as this publication is cited as the information source.

When submitting articles to this journal, an original and two copies must be sent to: Editor de la Revista TERRA, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C., Apartado Postal 45, 56230 Chapingo, Edo. de México, México.

Office address: Edificio del Departamento de Suelos, -Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México.

Telephone: 52-595-42200, ext. 5237.

INDEX

EDITORIAL

Invitational Paper

From teaching to facilitating joint inquiry and learning: an appraisal of the changing role of agricultural education. P. G.H. ENGEL. 111

Scientific Articles

Division I: Diagnosis Methodology and Evaluation of the Soil Resource

Spatial variability of electrical conductivity in a soil of east Cuba. A. UTSET S., M.E. RUIZ P. y J.HERRERA P. 126

Division II: Soil-Climate-Biota Relationship

Plastic mulching and availability of soil nutrients in cucumber crop. MA. R. QUEZADA M., J.P. MUNGUIA L. y C. LINARES. 136

Adjustment of the crop coefficients for different phenologic stages of tomato with black plastic mulching. L. IBARRA J., G. NUÑEZ P. y J. FLORES V. 148

Alfalfa irrigation design with mathematical simulation. E.A. CATALAN V. y MA. M. VILLA C. 155

Production function and use efficiency of water by eight grape cultivars at Comarca Lagunera. MA. V. HUITRON R. y C. GODOY A. 165

Mulched melon cantaloupe response to water regime in the valley of Apatzingan, Mich. L.M. TAPIA V., J.J. ALCANTAR R. y A. VEGA P. 174

Division III: Use of the Soil Resource

The structure of tilled layer analyzed through the method of "Cultural Profile". F. DE LEON G. 185

Division IV: Education and Technical Assistance

Use of the information media by cocoa growers from Tabasco, Mexico. G. GALINDO G. 191

Comments and Letters to the Editor

Comment about correct use of words. J. ALVARADO L. 203

EDITORIAL

Los responsables de la actividad editorial en la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (SMCS), se propusieron hace años crear un foro escrito que permitiese a los socios y profesionales del agro en general, enterarse y divulgar los resultados de las investigaciones en edafología y disciplinas afines; así nació la revista TERRA. Con el paso del tiempo TERRA se ha convertido en un órgano indispensable para los especialistas en suelos de México. El esfuerzo realizado por el grupo editorial de la SMCS ha permitido que la revista haya sido aceptada en la lista de publicaciones científicas de excelencia, de CONACYT. Además, los que hacemos TERRA nos sentimos orgullosos de mantenerla totalmente al día en su aparición.

Cumplida la tarea editorial mencionada, misma que llevó 12 años de arduo trabajo, hemos retomado la idea de fortalecer la publicación de una serie, esta vez de libros, destinada a satisfacer necesidades específicas de los especialistas. El primer título se publicó en 1987 y versó sobre los análisis químicos empleados en la evaluación de la fertilidad del

suelo. Recientemente (en junio de 1995) hemos lanzado el segundo título, el cual trata de la redacción y preparación del artículo científico. Esperamos que le sigan muchos más y muy pronto. Este documento, disponible en las oficinas de la Sociedad, viene a llenar una sentida necesidad de contar con un manual que contribuya a mejorar la calidad de los escritos enviados a TERRA, tema que ha sido motivo de editoriales pasados. Esperamos que el compromiso de revitalizar la serie de publicaciones especiales, cuente con el apoyo decidido de los socios y lectores, tanto para alimentar al Comité Editorial de la SMCS con escritos originales, textos de estudio, monografías, libros, etc., como para adquirir y difundir entre colegas, estudiantes y público interesado estos materiales. Los manuscritos que se reciban serán sometidos a revisión antes de decidir sobre su posible publicación. Sólo con el esfuerzo conjunto de los responsables de la publicación y de ustedes podremos continuar con el plan de satisfacer la necesidad de contar con revistas y libros de gran calidad, escritos en nuestro idioma, para la Ciencia del Suelo en México.

El editor.

FROM TEACHING TO FACILITATING JOINT INQUIRY AND LEARNING: AN APPRAISAL OF THE CHANGING ROLE OF AGRICULTURAL EDUCATION

Enseñanza para Facilitar la Indagación y el Aprendizaje Conjuntos:
una Evaluación del Papel Cambiante de la Educación Agrícola

Paul G.H. Engel

Dept. of Communication & Innovation Studies, Wageningen Agricultural University,
6706 NK Wageningen, Holanda

Index words: Social learning, Social organization, Innovation, Knowledge and information systems, Agriculture, Rural development, Rural business development, Professional education, Educational practices, Training methods.

Palabras clave: Aprendizaje social, Organización social, Innovación, Sistemas de conocimiento e información, Agricultura, Desarrollo rural, Desarrollo de empresas rurales, Educación profesional, Prácticas educativas, Métodos de entrenamiento.

ABSTRACT

Modern agriculture requires an innovative capacity which goes far beyond the individual farmer, researcher, industrialist, trader or adviser, even beyond the abilities of any one of their organizations or institutions. To face the challenges of today's societies and markets - natural resource management,

environmental quality and sustainability, economic competitiveness, social justice, to name just a few - technical and administrative training is not nearly enough anymore. In order to flourish, agricultural sectors need to learn from what they are doing permanently and to innovate their practices accordingly. A joint capacity for innovation is one of the pillars successful performance in agriculture rests upon today. To meet this challenge requires rethinking education and the formation of agricultural professionals. To contribute to it, in this paper I briefly introduce a new perspective to explore such situations, the 'knowledge and information systems perspective' and analyze some of the fundamental causes behind the current shift in emphasis in agricultural innovation. The institutional response to these shifts I illustrate with a brief description of recent changes in agricultural education in the Netherlands. Then I draw some conclusions as to the consequences of all this for institutional management and training approaches. I conclude by suggesting that a number of 'alternative systems of inquiry' could prove extremely useful. These

Recibido 3-95.

methodologies, created and tested in rural and industrial development practice over the last two decades, might well be the key to restructuring curricula and adapting training methodologies to the demands of the twenty first century.

RESUMEN

La agricultura moderna requiere de una capacidad innovadora que vaya más allá del agricultor, del investigador, del industrial, del comerciante o del consultor individual; y aun más allá de las habilidades de cualquiera de sus organizaciones o instituciones. Para enfrentar los retos de las sociedades y mercados del presente (manejo de los recursos naturales), de la sustentabilidad y la calidad del medio ambiente, de la competencia económica y de la justicia social, por mencionar sólo algunos, ya no basta con el entrenamiento técnico y administrativo. Para que los sectores agrícolas florezcan, necesitan aprender permanentemente de lo que están haciendo e innovar sus prácticas. Una capacidad colectiva para la innovación, es uno de los pilares sobre los que actualmente descansa una actividad agrícola exitosa. Para resolver este reto se requiere reconsiderar la educación y la formación de los profesionistas agrícolas. Como una contribución a esto, en este documento se introduce brevemente una nueva perspectiva para explorar tales situaciones, la "perspectiva de los sistemas de conocimiento e información" y se analizan algunas de las causas fundamentales del actual cambio de énfasis en innovación agrícola. Se ilustra la respuesta institucional a estas variaciones con una breve descripción de los cambios recientes en la educación agrícola en los Países Bajos. Enseguida se generan algunas conclusiones sobre las consecuencias de todo esto para la

dirección institucional y para los enfoques en entrenamiento. Se concluye sugiriendo que algunos "sistemas alternativos de escrutinio" podrían ser extremadamente útiles. Estas metodologías, creadas y sometidas a prueba en la práctica del desarrollo rural e industrial durante las dos últimas décadas, podrían ser la llave para reestructurar las curricula y para adaptar las metodologías de entrenamiento a las demandas del siglo veintiuno.

INTRODUCTION

Agricultural institutions are in a flux. The relatively stable, straightforward institutional development they have known during the decennia that followed World War II seems to have come to an end. No longer do they automatically form part of the mainstream of technological developments in agriculture. Besides, technical solutions are no longer sufficient. The further development of rural areas, including a responsible management and use of natural resources, requires social, economic and organizational solutions as well. If that were not enough, shrinking government budgets and privatization policies affect the institutions' resource base and their accountability vis-à-vis their clients, sponsors and society at large is questioned frequently. Institutions for agricultural education are no exception.

This brief, and hence, overly simplistic sketch of the context in which agricultural institutions find themselves today, may suffice to illustrate why in so many countries a thorough reappraisal of their role is underway. It is from such reviews that proposals for new approaches to educating professionals in agriculture emerge. Some of these new approaches are rooted in new perspectives,

new ways of looking at the role of education in rural development. In this paper I intend to offer a very brief introduction to one of these new perspectives, knowledge systems thinking.. After illustrating some of the reasons why I feel traditional notions with regard to agricultural innovation have to be replaced, I will sketch the contours of this approach to studying innovation as a social process rather than as a technological achievement alone.

Next, I will review the most important issues which affect the social organization of innovation in agriculture today and, as an illustration, show how the response of agricultural education institutions in the Netherlands makes sense within this context. This allows me to illustrate some of the main elements new approaches to the formation of professionals for rural development are to include, in order to provide us with effective answers. The main point I make is that institutions for agricultural education¹ are to restructure themselves and shift their focus from teaching technical agriculture to facilitating joint inquiry and learning for rural (business) development. Not because technical knowledge and skills have become less important, but because joint problem-oriented inquiry and learning have become the backbone of the continuous practical and professional innovation required in rural development today. Finally, I will introduce briefly a number of approaches to joint inquiry and learning which have been developed in practice. These, I suggest, can contribute to curriculum reform, particularly in terms of introducing new approaches to facilitating learning.

¹I take 'education' to refer to the activities of schools, colleges and universities which specialize in training professionals. I will use 'formation' to refer to the professional learning trajectory as a whole, extending far beyond the school's borders.

Agricultural innovation as a social learning process

Agricultural innovation has long been seen as a process in which researchers develop new technologies, while industry and advisors transfer these to farmers as artefacts, techniques and recommendations, and farmers, if they are at all innovative, adopt them to improve their on-farm productivity. Researchers would of course seek feedback from innovative farmers to close the innovation cycle. This limited theoretical perspective had two important negative consequences. It positioned farmers at the 'receiving end' of technological developments, as mere users, or even worse, recipients of goods and services developed by others. As a result, it blocked from our view the innovative strength and dynamism inherent in farming itself. And, secondly, it led us to believe that extension is an institution which merely channels knowledge from one to the other without adding new value to it, while agricultural education was almost completely lost from the view. If at all, its role was perceived as technical instruction and disciplinary training rather than the development of innovative attitudes in agricultural managers and professionals.

Fortunately, this perspective can no longer be held. In the first place because an increasing amount of empirical evidence has forced us to recognize (a) that farmers are an active part of any solution proposed for agricultural development today (Chambers, 1983; Chambers *et al.*, 1986) and (b) that innovation is a much more complex, social process of interaction between relevant stakeholders than the 'linear model' of thinking about innovation led us to believe (Engel,

1990²; Röling, 1988). In the second place because, given the increasing environmental, social, economical and political demands upon agriculture, agricultural productivity is not the only standard anymore by which to measure 'innovative performance'. As a result, agricultural science is not the only source of knowledge and information relevant to agricultural innovation anymore (Engel, 1994).

To adequately describe and understand the complexities involved in agricultural innovation, rather than thinking in terms of a transfer of ideas, knowledge and artefacts from research to farmers, it seems better to view agricultural innovation as a continuous learning process between social actors from different relevant agricultural and non-agricultural practices (Engel, 1994). Box 1 illustrates this point for the introduction of chemical fertilizer.

Box 1: The introduction of chemical fertilizer required the transformation of many practices³ besides farming: the world-wide introduction of chemical fertilizers in agriculture over the last five decades has shown beyond any reasonable doubt that in order to achieve successful innovation considerable transformations were necessary in a large variety of practices which went far beyond farmers learning how to buy and throw some handfuls of chemicals or researchers finding out what chemicals are most beneficial to what crops. It depended upon enormous shifts in agricultural as well as commercial, industrial, financial and political practices. Infrastructural and marketing arrangements have to be made to achieve a reliable and timely delivery of fertilizer. This might imply dramatic shifts in 'delivery practices' when the supplied volume of fertilizer is limited and/or subsidies are involved. Also the market is to ready itself to channel the increased production volume. Generally, seasonal credits have to accompany the use of fertilizer by smaller producers. Banking practices have to be

adapted to that. The local use of fertilizers has to correspond to local conditions, so national research programmes have to be financed, or even installed, to produce adjusted recommendations. Sometimes, farmers have to learn to adjust long-lasting beliefs that guided them through difficult times for ages, such as the "law of the limited good" (Foster, 1965) explaining structural increases in the production of one farmer as causing the suffering and decreased production by others. As a consequence enormous investments in extension are required. Moreover, national politicians have to get accustomed to the fact that as a result of introducing chemical fertilizer use, a large part of the country's foreign exchange has to be dedicated permanently to buying it on the international market, even if the eventual agricultural produce is not (yet) intended for export. The list of transformations in practices could be extended almost indefinitely. Obviously, technical improvements at the farm level are a necessary yet not a sufficient condition for widespread agricultural innovation (Engel, 1994).

A horticulturalist in the Westland Glasshouse District, used a more empirical way to make the same point (Box 2). Innovation is much too complex to picture it as the transfer of knowledge from one group (researchers) to another (farmers) by some intermediary (extension). Instead, we need to focus on the way learning for innovation is organized socially between people and organizations from different practices relevant to agricultural development.

³The terms 'social practice' needs clarification. The concept of a 'practice' stems from schön (1983). In a technical practice, according to Gremmen (1993), large series of competent performances are planned and executed in which the course of certain socio-natural processes is steered in a desired direction. Farming is such a technical practice. Agronomy can be characterized as a practice as well. Practitioners through communicative interaction develop standards for gudin performance. Institutions play an important role in consolidation and reinforcing such standars (i.e. professional organizations of agronomists). But many processes remain informal. To be a 'good practitioner' requires recognition as such by fellow practitioners and other relevant social actors. This is similar for many practices which are not necessarily technical or scientific ones, like marketing, trading, educating, etc. Therefore, I have introduced the term 'social practice' to include both technical and other relevant practices which relate to agricultural innovation (Engel, 1994, in prep.).

²One of the first who called attention to the fact that 'extension' as channelling knowledge from one to the other was a misconception, was Paulo Freire, in his brilliant essay 'Comunicación o Extensión', published by ICIRA, Santiago de Chile.

Box 2: "You don't believe that yourself, do you": Attending a meeting with Dutch glasshouse farmers in the famous Westland Glasshouse District, I once listened to a deputy research director explaining how it is the researcher's job to produce agricultural knowledge, to be transferred to the farmer by extension, so that the latter may apply it on his or her farm. At some point during his speech, one of the farmers stood up and asked: "you don't believe that yourself, do you" And he continued to explain that it could not be true that only researchers produce knowledge. At the research station including extension staff, he calculated, some 200 - very! - intelligent people are actively involved in generating agricultural knowledge. While on the other hand, at some 6 000 odd farms in his region, he said, some 25 000 intelligent people are engaged in experimenting, adapting and developing knowledge as well, so that they could run their farms and improve their outputs. What he expressed was a firm reproof of the official who, in spite of intensive interaction between farmers themselves, and between farmers, researchers and extensionists in horticulture in the Netherlands (Grooters, 1990), still dared to present the linear model as the motor for innovation (adapted from: Engel, 1990).

We have learned that the capacity to permanently and adequately innovate agriculture far exceeds the individual competences of researchers, educators, extensionists, industrialists, farmers or their organizations separately. It can better be viewed as a *social competence* carried jointly, but definitely not always in harmony, among many relevant individuals, organizations, companies and institutions. Depending upon the way these organize their innovative efforts the latter will be more or less effective in promoting the changes required. Such a view has far-reaching consequences for the way we conceive, plan and execute extension, education and research for rural development. It has fundamental implications for the approaches and methodologies we choose as well. Røling (1994) has elaborated upon the consequences for agricultural extension and natural resource management. In my own

contribution to this debate, I argued that a paradigm shift in extension will be needed. The focus of extension professionals should shift from technology transfer to facilitation of social learning processes (Engel, 1993).

In this paper I want to argue some of its considerable implications for education. If agricultural education is to contribute effectively to a much needed continuous innovation or even reconversion of agricultural and rural practices, it is to define its role as a facilitator of innovative interaction among the many (new) agencies, organizations, institutions and rural practitioners that play a role in shaping (business) activities in rural areas. This will require a fundamental change in output profile, institutional management and educational practices.

The KIS perspective: understanding the social organization of innovation

To study the social interaction for innovation, at the Department of Communication and Innovation Studies, Wageningen Agricultural University, we developed the Knowledge and Information Systems perspective (Engel, 1990; Røling, 1988; Røling and Engel, 1991). A participatory action-research methodology for diagnosing the social organization of innovation in practical situations, RAAKS, has been developed as well (Engel and Salomon, 1994). The perspective and methodology are based upon 'soft systems thinking' (Checkland and Scholes, 1990), that acknowledges the appreciative character of system models: boundaries are not a given, they are bound to vary with the function or purpose each respective analyst has in mind for the system to perform.

Our approach takes as a point of departure that not one stakeholder alone can achieve wide-spread innovation of agricultural practices, and that they know it. As a result, social actors⁴ in complex innovation theaters actively build and maintain relationships with those others they appreciate as being relevant to their concerns. Over time, this leads to the development of a variety of relatively stable patterns of interactive relationships, or networks. A knowledge and information system (KIS) may be defined as *an articulated set of social actors, individuals, organizations or institutions, that emerges as a result of networking for innovation*. It can be expected, or indeed managed to work synergically to effectively support learning for innovation (cf. Røling, 1992).

Networking for innovation includes the building and management of relationships with other actors to enhance interactive probing, reflection and decision-making about relevant intentions, alternative (technical) options and contextual factors related to particular concerns. It is a social process and as such, largely self-guiding. Intensive communication between actors leads to a narrowing down of views and opinions and eventually to coalitions of actors who agree to pool their resources to implement certain solution strategies. Therefore, the key to successful innovation is in the quality of the networking processes it emerges from. Successful innovators capitalize upon existing diversities by developing and maintaining multiple relationships.

Box 3: Innovative Rose growers learn from experience and by networking intensively...: A recent study amongst innovative Rose growers in the

Netherlands described the innovative grower as follows: successful performance often depends upon types of knowledge and skills, very different from the ones that are included in curricula and study profiles at agricultural education institutions. An innovative grower needs above all knowledge from direct experience. Theoretical insights only acquire relevance within the context of one's own professional practice. Standard techniques are not applied just like that, but continuously tried, evaluated and discussed. An innovative cultivator needs to be informed of what scientific research is up to and tries to influence collective decision-making in the sector. Mostly they are busy 'doing things' but also they consciously build in moments of reflection and dare to take calculated risks. Innovative growers engage in a large variety of interactive relationships with both institutions and individual persons (Adolfse and De Koning, 1994).

An appraisal of current issues affecting the social organization of innovation in agriculture

We may now ask ourselves which are the most important issues affecting the social organization of innovation in agriculture today. Before summarizing which ones I consider most relevant, I will offer two similar appraisals by others than myself within different context. The first one is the selection of 'hot topics' the organizers of a recent workshop on agricultural extension in Africa decided to dedicate their attention to. Policy makers, extension, research and education specialists from both government and non-government organizations, concentrated on the following themes: alternative strategies for financing agricultural institutions, in view of the intentions expressed by international and national bodies to phase out their support; the coordination with research and training; the role of farmers and farmers' knowledge; the role of women; monitoring and evaluation of extension programmes; and the need for more intensive exchange of experiences between

⁴Following Long (1992), I use the concept 'social actor' to refer to individuals or collectivities capable of learning, experimenting and formulating and carrying out decisions.

countries with respect to the management of extension services (CTA Workshop on Agricultural Extension in Africa, January 1994, Yaoundé, Cameroon).

The second one was expressed by six national research teams who had just finished doing case studies in 14 grain producing areas in their respective Central American countries. They proposed a number of issues to deserve particular attention (Box 4).

Box 4: Summary of recurrent issues with respect to the social organization of innovation in basic grains producing areas in six Central American countries (Workshop MSICA II, PRIAG, 1992):

- *Interinstitutional coordination and adjustment:* coordination lacks between government institutions as well as with agro-industries, commercial companies and non-governmental organizations.
- *Integration between producers' and scientific knowledge:* indigenous and local knowledge is not taken seriously enough; producers lack organization; peasants are to play a more active role in the generation, validation and communication of technology; local empirical knowledge networks are to be taken into account.
- *Differentiation of technical recommendations:* technologies are not tailored to the specific needs and circumstances of different categories of farmers; non-commercial farmers lack institutional effective support.
- *Diversification of alternative production strategies offered to producers:* alternatives, besides grains, have to be offered for the majority of grain producers to be able to survive.
- *The effects of structural adjustment and market liberalization:* the transfer of the initiative in technology generation from the government to the market; privatization of technology generation, validation and transfer; the strong influence of donors/international financial institutions, and agro-commercial organizations.
- *The role of women in the (management of) knowledge and information concerning basic grains:* division of labour at the farm level; knowledge networks among rural women; exchange of knowledge and its relation to gender.
- *Natural resources, basic grains and sustainability:* basic grains production and diversification have to be looked at from an ecological point of view as well, not only economical.

The above examples illustrate that a number of recurrent issues affect the way innovation is socially organized at this moment. The first is the *lack of efficiency and mutual adjustment among different social actors* concerned with agricultural development. Their activities must be taken as interdependent and complementary. Innovation demands ever shorter time frames for research and development. Flexibility to timely and effectively address current issues is required. Secondly, *privatization policies affect government research, advisory services (including extension) and marketing.* Generally, agricultural education seems less affected, but the resulting commercialization of knowledge and information will eventually have consequences for education as well. Thirdly, *new non-traditional stakeholders appear.* Non-governmental organizations often took over where Governments withdrew from or failed to provide direct support to mostly resource-poor sectors. On the other hand, private companies have appeared more emphatically, attending those sectors which directly or indirectly are able to finance their services. This multiplication of actors brings coordination problems of its own. Fourthly, *rural women and men, their knowledge and innovative capacities have been overlooked far too long.* They are to play an active role in innovation. Scientific insights can contribute to the development of effective solutions only

if embedded in actual farming practices. Fifthly, *globalization* affects the generation and exchange of knowledge and information significantly. The production, trade and processing of agricultural produce leads to agro-industrial chains some of which span the entire globe. The exchange of agricultural knowledge and information follows this trend.

Last but not least, our understanding of rural and agricultural development has changed. In view of the need for natural resource management, diversification or even reconversion of agricultural production, and to enhance rural employment, we need more technical options and alternatives. As a consequence of the relatively straightforward development agricultural science has known over the last decades, we now recognize that our *technical recommendations lack differentiation and diversity*. The packages developed by agricultural institutions and industry suit the needs and circumstances of a limited number of (industrial/commercial) farmers only. Additional efforts are needed to develop technologies to suit the needs of other categories of farmers as well as non-agricultural rural entrepreneurs. The offering should provide rural people with a choice of options to develop situation-specific production and/or survival strategies. Van den Bor (1995) points at a new form of dichotomisation in agriculture in Western Europe. Of the 9 million so-called farms, 17% produce approximately 84% of the agricultural product. The vast majority of land holders, he argues, produce very little in terms of agricultural production, but are 'needed' for resource management purposes, for sustaining rural communities and for various forms of rural business enterprise. As a consequence, agencies promoting change in agriculture,

including government institutions, will have to cater to their needs as well.

The response of agricultural education: the case of the Netherlands

What do these general trends mean for agricultural education? As just one example and without pretending to treat even this example exhaustively, I will review some recent studies in the Netherlands to look for answers. The most important developments in higher agricultural education, have been summarized by Dellaert (1993). She points at fundamental shifts in task and organization, clients and the relationship between educational institutions and private industry. While before their task was mostly to educate future producers or farm, forest or reclamation managers and workers, during the last two decades or so, they have extended their scope to include future professionals in agribusiness, food and luxuries industries, nature, tourism and environmental development and the organizations and companies related to these sectors.

The claims laid to agricultural education centers, on the part of students and of society at large, have increased considerably over the last few years. Students have added non-technical subjects to their claims. They require their education to provide them with a relational network, a culture in which to develop personal and social skills and attitudes to match the demands of modern society, up-to-date knowledge in their field of specialization and a good chance to establish themselves in private business. Society requires agricultural education to instill a balanced personal and professional development in its students, to contribute to

diminishing current unemployment levels, to participate in innovation networks with private companies to adapt scientific and technological developments to practical use and to incorporate relevant scientific, technological and societal developments in their activities (Dellaert, 1993). Both the development of an international training curriculum and active participation in international professional networks are required as well.

Meanwhile, during the last five to ten years the institutions have been consolidated into larger management units and, in general, subsidies per student have been diminished. However, their autonomy to respond to demands from the 'field' has been increased and the scope and possibilities for contract research has been widened (Dellaert, 1993). The decentralization of administrative control and decision-making to allow agricultural education centers to position themselves more effectively within regional and local networks. 'Remote governance', Van den Bor (1995) argues, facilitates flexibility in curriculum development, greater influence of users through interactive development and management of educational activities, and greater opportunity for educational centers to liaise with local farmers, other institutions and organizations who serve local and regional interests. He also points at the threats of remote governance. A decrease in central coordination may result in lack of quality control, overlap in curricula and competition between neighbouring institutions. Long term vocational training, the development of inquisitive attitudes in young adults and the attention to normative and ethical questions might receive less attention. A regional focus might also turn into provincialism, lacking a general perspective in terms of national and international development.

The above illustrates that Dutch agricultural education is busy to develop a dynamic response to some of the central issues presented above, particularly during the last decade or so. The recent development imply two fundamental shifts: one, from preparing farmers, farm managers of related technical specialists to equipping students to acquire a place as professionals in rural business management, including agriculture; and two, from preparing technical specialists to the formation of innovation specialists, able to continuously innovate their practices in response to new challenges and/or restrictions. The institutions themselves make a turn from almost one hundred percent policy-driven towards at least partly, market-driven. Problem-oriented rather than technology-centered training is required in flexible, diversified curricula integrated closely into local and regional developments. As institutions, agricultural education centers are shifting from solely training to 'networking institutions', who maintain a variety of contacts at the national and international level while claiming a place of their own in regional and local learning for innovation.

Shifts in institutional management and approaches to professional education

Within the above context, the 'agricultural school' restructures itself to become an interactive learning environment, forming and integral part of rural (business) activities in its area. This way they provide their students with the opportunity to develop the knowledge and skills needed to (net) work for innovation effectively. Also, agricultural education ceases to be a government service necessarily. During the last decennia, we have seen the rise of many non-governmental,

private and independent agencies who contribute significantly to the formation of professionals in rural development. In Chile, as elsewhere, non-governmental organizations play an extremely important role in the formation of agricultural professionals, not only through providing them with on-the-job training, but also by offering specialized courses directed at national and regional audiences. The ATEPC, a yearly course for training professionals in methods of technical and economic support to small-holder production, organized by AGRARIA, a Chilean NGDO, in combination with CIRAD (France) and INIA (Chile) is a good example of such a development. Yearly, about half of 20-25 participants are Chilean, the other half arrives from other Latin American countries. It illustrates how international exchange of views, approaches and experiences has become a necessary element of the formation of professionals in agriculture.

As part of the new approach to professional education, the institution takes part actively in communication and cooperation for innovation at the local and regional level and participates in national and international networks. Clearly, according to the nature of the institution (school, technical college or university) such interaction and participation will take place at different levels and include different stakeholders. A university may probably have more international contacts than a provincial college, although, when the latter is internationally reknown in a particular field of specialization, the opposite may be true. Also, colleges and universities will normally insert themselves into local and national activities differently. In the Netherlands, however, the impression is that the increased applied research activities of higher colleges of agricultural education have caused a degree of

competition with the universities in their region. Probably to the benefit of agricultural and agro-industrial practitioners.

Another consequence is that agencies dedicated to professional education move to play a more explicit role in post-school professional formation. Educational establishments are more in touch with ongoing practice and may therefore pool their resources with expert practitioners to offer tailor-made training in particular fields. This way their contribution is extended beyond initial training and development to facilitating continued professional formation. The more active educational establishments are in this respect, the better one may expect the feedback to be they receive from ex-students and other professionals as to the relevance of their programmes.

The educational approaches and practices that emerge in such a context emphasize 'experiential learning' (Kolb, 1986), 'discovery learning' (Van den Bor, 1995) and a problem-oriented rather than a disciplinary approach to acquiring professional knowledge and skills. Moreover, they underscore the relevance of helping students to develop an innovative attitude and networking skills.

Box 5: Learning to be innovative at school: The Advisory Council for Education (ARO), in its advise on future schooling of middle level professionals, speaks of 'stimulating innovative talent' and 'learning to be innovative at school'. Government and educational institutions have to invest in several types of learning. The first is directed at helping students to achieve a solid grasp of relevant principles from different disciplines and to develop their capacity to apply such principles to new situations. The second aims at developing in the learner the capacity to reflect upon and learn from what he or she is doing. The student is helped to take time to reflect upon, challenge and discuss known solutions and routine behaviour and to

review alternative ways of defining or performing tasks. The third helps the students to develop network-learning skills. It aims at helping the student to develop the necessary social and communication skills to be able to weave and maintain problem-oriented nets of relationships with relevant practitioners. Finally, experimental skills are to be stimulated. Teachers are to encourage students to express new ideas, to take calculated risks and to learn how to deal with resistance on the part of others and possible disappointment. At the moment, learning activities are mostly directed at uniformity and avoiding the risk of expressing difference. 'You may not fail' is a common dictum. A cultural change is required. This may be accomplished by using more open-ended learning activities which emphasize interaction, trial and reflection (extracted from: ARO, 1994).

As a consequence, teaching and training methods will have to change dramatically, Van den Bor (1995) calls for more learner-centered, interactive ways of teaching which create room for the learner to develop a personal learning style which in turn helps them to shape their professional life according to their specific personal talents. Discovery learning is increasingly important, he adds, as future professionals in rural settings will have to find meaningful work through a process of exploration of existing and emerging opportunities within a continuously changing labour market. Moreover, he argues 'modes or delivery' will have to be more dualistic, balancing the practice-theory ratio, more flexible and problem-oriented, more directed towards 'learning to learn' and 'learning to shape oneself as a professional' and will have to tap into external sources of knowledge and expertise much more often. A further integration of agricultural education in local business networks will also provide new opportunities for postgraduate courses and the support of professional innovation strategies. Box 6 summarizes this shift in learning practices.

Box 6: A fundamental shift in teaching/learning practices (after: Van den Bor, 1995).

FROM:	TO:
Teacher centered	learner centered
consumptive learning	discovery learning
theory dominated learning	dual learning
discipline orientation	problem orientation
content oriented learning	learning oriented learning
staff based learning	external source input
initial professional training	permanent learning support

The above shifts will eventually lead to the formation of a different type of professional development. No less knowledgeable or skilled technically, but far more able to exploit these assets in a particular social context; able also to comprehend and facilitate sector-wide innovation, identifying opportunities and eliminating constraints to relevant social interactions; catalysts in the process of purposive change required in rural (business) development today. He or she will have acquired considerable communication and networking skills, and will know how to learn from and learn with local practitioners, specialists, policy makers and with the help of external sources as well. He or she will be "...thoroughly at ease in the management of the conflicts, social dilemmas, and opportunities for agreement that arise..." (Röling, 1994). In other words, a professional who combines considerable process-oriented knowledge and skills with a firm grasp of relevant local and external technological options. A professional who is trained to look for and create new opportunities, not just new technologies.

Alternative systems of inquiry and learning

The shift in role of agricultural education towards facilitating learning for innovation suggests that educational institutions may use to their advantage some of the participatory action-research methodologies which have been developed for joint inquiry and learning in rural development practice. In the first place as 'subject-matter' in their curricula. But even more important it would seem to integrate such methodologies in their approaches to teaching. Therefore, I will dedicate the last part of this paper to introducing very briefly a number of such approaches. These I know are presently used in agronomy education, or I feel could be adapted to suit such a purpose. I do not pretend a comprehensive review. I draw upon my own professional and research experience instead. As an initial contribution to our discussion of alternative approaches towards the formation of professionals in agronomy, this seems justifiable.

The approaches I want to propose and discuss fall within an emerging tradition which can be characterized, as Pretty (1994) has done, as 'alternative systems of inquiry'. Pretty points out that, despite their enormous variety, these have a number of principles in common: (1) a defined methodology and systemic learning process, (2) the use of multiple perspectives - seeking to explore diversity rather than to characterize complexity in terms of average values -, (3) insistence upon group inquiry, (4) context specificity in methodological design, (5) facilitating experts and stakeholder participation, and (6) a focus on designing and implementing sustained action. A number of advantages of such approaches have been discussed in the literature. I will just collect a few examples

here they contribute to overcoming single-discipline limitations and to giving a voice to the subjects of our inquiries (Foot Whyte, 1991); they provide an alternative to positivist research paradigms to address sustainability issues (Pretty, 1994); and they provide us with a way of researching which combines finding out about complex and dynamic situations with taking action to improve these (Koelen and Vaandrager, 1994).

When these systems of inquiry are adapted to education, the traditional teacher-in-front-of-the-class disappears. Teachers participate as co-researchers and facilitators who take first responsibility for the quality of the researching, communication and learning processes. As much as possible, they make the participants responsible for the inquiry in terms of collecting, organizing and interpreting information and also for group dynamics and internal and external communication. At the International Agricultural Center, Wageningen, where we have worked since many years with similar methods of inquiry during the International Course on Rural Extension, we commonly refer to such a teacher as 'workshop leader'. Their responsibility for the process and quality of group interaction and learning exceeds in importance the expert knowledge they bring into the process as well.

With the use of such methods in training, the relationship of the students vis-à-vis other actors on the rural scene changes fundamentally as well. Relevant farmers, traders, industrialists, advisers, researchers take part in the learning process, not only by providing information to the students but eager to benefit from its results as well. As consequence, students are obliged to integrate more and to be more accountable to the subjects of their investigation. A participatory

inquiry of the production-oriented knowledge and information system in the Tree Growing Sector in the Netherlands, done by foreign M.Sc. students in 1993, provoked such enthusiastic reactions from the sector itself that the farmers' union asked the university to send a new group next year to study the exchange of commercial information and to suggest improvements. On the other hand, the development of such activities places the university or college in a vulnerable spot. It has to safeguard the quality of the inquiry while at the same time leaving it as much as possible in the hands of the students themselves to increase its learning effect. Educational institutions who use such approaches, therefore are to make sure the learning purpose of the exercise is clear and agreed upon beforehand with the stakeholders involved.

According to my experience, both in development and education, at least the following methodologies of inquiry have the potential to contribute significantly to the renewal of training curricula for rural (business) education. All of them are based on (soft) system thinking, take diversity to be an asset as well as a challenge, take participation and indigenous knowledge very seriously and try to arrive at situation-specific solutions to problems recognized locally. As a learning experience, they provide facilitators, students and stakeholders with the opportunity to inquire into, and jointly learn from diverse interpretations of local events and ideas. They explicitly aim at integrating scientific insights into practical real life solutions. All may be designed to include experimentation with new technological options or new modes of organization as well. The differences between them lay in the domain of inquiry they focus upon. PTD addresses the identification, development, use and evaluation of useful

technological options, PRA focuses attention upon local farming and livelihood systems and the enabling and constraining conditions which affect these, SSM helps study, debate and improve industrial and organizational practices and RAAKS guides an inquiry into the social organization of innovation in order to enhance innovative performance.

PTD, participatory technology development. A flexible approach towards creating a process of purposeful and creative interaction between local community members and outside facilitators to gain a joint understanding of the main characteristics and changes of a particular agroecological system; to define priority problems; to experiment locally with a variety of options derived both from indigenous and from scientific sources; and to enhance the community members' experimental capacities and farmer-to-farmer communication. The implementation of PTD 'walks on two legs': it aims at the development of technologies for improving the agroecological system as well as the development of the capacity of the local community to sustain the technology development process (Reijntjes *et al.*, 1992). Very similar approaches have been developed in francophone and spanish speaking countries, known as 'recherche-développement' and 'investigación-desarrollo' respectively. In each of the various traditions a large variety of field research methods and analytical instruments have been developed (see for example: Haverkort *et al.*, 1991). An example of such instruments are the 'farmer field schools' used in the Indonesian IPM programme (Van der Fliert, 1993). Many of these methods and instruments are easily adaptable to use in educational programmes as well.

PRA, participatory rural appraisal. Generally speaking, PRA concentrates upon analyzing local farming and livelihood systems and the conditions enabling and/or constraining their development. A great number of experiences and adaptations of the methodology have emerged since 1977 when it was first conceived as Rapid Rural Appraisal. RRA began and continues as a better way for outsiders to learn. It seeks to enable outsiders to gain information and insight from rural people and to do this in a cost-effective manner. Yet, since the late 1980ties, it has been criticized frequently for its extractive, elicitive character. In RRA insiders are not co-researchers but merely sources of information. Therefore, in *participatory rural appraisal* the focus has remained the same, but the outsiders' role has become that of a facilitator and local people become active participants in information gathering, analysis and use of the results (Chambers, 1992). Depending upon the actors, the circumstances and the purpose of the exercise, PRA can either be rapid or relaxed. Again, many research methods and analytical instruments have been developed which could be adapted for educational purposes. In fact, many schools and universities already include PRA in its curriculum.

SMM, soft systems methodology. Soft systems methodology focuses on 'human activity systems', carefully built models of systems to carry out purposeful activity. The basic shape of the approach is to formulate some models which seem relevant to the situation under scrutiny and use them by setting them against the perceptions relevant stakeholders have in a process of comparison. The process itself is designed as a cyclic learning system. The systems models are used to initiate and orchestrate the debate about

meaningful change. Its output are improved practices (Checkland and Scholes, 1990). The approach has been developed over the last two decades by Peter Checkland and his colleagues at the University of Lancaster, United Kingdom, for use in industrial environments mostly. At Hawkesbury University, Australia, its use for agriculture and rural development has been initiated and developed (Bawden and Macadam, 1991; Sriskandarajah *et al.*, 1989; Bridge, 1992). Wilson and Morren (1990) documented its design and use in agriculture and resource management for university students. At the University of Wageningen, Communication and Innovation Studies Department, soft systems thinking has been further developed to inquire into complex social interaction for development (Engel, 1994; Röling and Engel, 1991). In the Netherlands, the Van Hall Institute for higher professional education in agriculture and rural development in the North of the country is presently adapting soft systems methodology for educational purposes.

RAAKS, Rapid (and Relaxed) Appraisal of Agricultural Knowledge System. RAAKS is a participatory action-research methodology based upon the knowledge systems perspective and a further elaboration of soft systems thinking towards studying, debating and improving social interaction for innovation in complex situations. It helps specialists and stakeholders to perform a strategic diagnosis of the way they interact for innovation. It focuses the attention on how relevant stakeholders in innovation processes actually relate to each other and take part in probing, weighing and decision-making with respect to relevant ideas, alternative propositions and solution strategies. It helps identify constraints and opportunities for improvement. Rather than to support the generation of specific solutions, it helps raise

the quality of strategic decision-making, communication and cooperation among stakeholders themselves. Outputs are specific adjustments, communication and/or cooperation strategies agreed upon between relevant stakeholders to improve collective innovative performance. The methodology has been developed at the Department of Communication and Innovation Studies, Wageningen University (Engel and Salomon, 1994). It has been used successfully as a basis for designing action-oriented learning experiences for professionals and students, at the University and the IAC, Wageningen, as part of the Regional Programme for Strengthening Agronomic Research on Grains in Central America (CORECA/CEE/IICA) in San José, Costa Rica, and at the International Course for Research in Agriculture, CIRAD Montpellier, France.

REFERENCES

- ARO. 1994. *Leren innoveren op school en in beroep* (learning to innovate at school and professionally). ARO (Advisory Council for Education). Utrecht, the Netherlands.
- ADOLFSE, L. and DE KONING, P. 1994. *In de roos* (communication, learning and innovation in the rose growing sector). ARO. Utrecht, The Netherlands.
- BAWDEN, R. and R. MACADAM. 1991. *Action researching systems - Extension reconstructed*. Workshop *Agricultural Knowledge Systems and the Role of Extension*. University of Hohenheim, 21-25 May, 1991. Stuttgart.
- BRIDGE, P.L. 1992. *Managing change in community based action groups*. Mc. Thesis, University of Western Sydney. Hawkesbury.
- CHAMBERS, R. 1983. *Rural development, putting the last first*. Longman. London/New York.
- CHAMBERS, R. 1992. *Rural appraisal: rapid, relaxed and participatory*. IDS Discussion Paper. London.
- CHAMBERS, R., A. PACEY, and L.A. THRUPP (eds). 1989. *Farmer first, farmer innovation and agricultural research*. Intermediate Technology Publications. London.
- CHECKLAND, P., and J. SCHOLLES. 1990. *Soft systems methodology in action*. John Wiley & Sons. Ltd. Chichester.
- DELLAERT, L. 1993. *Landbouwonderwijs en kennis en informatie systemen (KIS)*. In: *Met Stem en Pen*. 'S-Gravenhage: LNO Zuid-Holland.
- ENGEL, P.G.H. 1990. *Two ears one mouth: participatory extension or why people have two ears and only one mouth*. In: A.T. Source 18(4): 2-5.
- ENGEL, P.G.H. 1990. *Knowledge management in agriculture: building upon diversity*. In: *knowledge in Society*. The International Journal of Knowledge Transfer. 3: 28-35.
- ENGEL, P.G.H. 1993. *Networking for sustainability: towards a new paradigm for extension?* Working Group on Agricultural Extension and Knowledge Systems of the XVth European Congress of Rural Sociology. 2-6 August. Wageningen.
- ENGEL, P.G.H. 1994. *Facilitating innovation*. Agricultural University of Wageningen: PhD. Dissertation (forthcoming), Wageningen.
- ENGEL, P.G.H., and M. SALOMON. 1994. *RAAKS, a participatory action-research approach to facilitating social learning for sustainable development*. International Symposium on *Systems-Oriented Research in Agriculture and Rural Development*, 21-25 November, Montpellier, France.
- FOOT WHYTE, W. (ed.) 1991. *Participatory action-research*. Sage Publications. California.
- GREMME, B. 1993. *The mystery of the practical use of scientific knowledge*. University of Twente, Ph.D. Dissertation. Enschede.
- GROOTERS, W. 1990. *The role of growers and pig farmers in the programming of adaptive agricultural research in the Netherlands*. Agricultural University of Wageningen. unpublished M.Sc. thesis. Wageningen.
- HAVERKORT, B., J. VAN DER KAMP, and A. WATERS-BAYER. 1991. *Joining farmers' experiments, experiences in participatory technology development*. Intermediate Technology Publications. London.
- KOELEN, M., and L. VAANDRAGER. 1994. *Health promotion requires innovative research techniques*. The Health in Cities Conference: *Research and Change in Urban Community Health*. Liverpool University, Department of Public Health/WHO, 20-24 March. Liverpool.
- LONG, N., and A. LONG. (eds). 1992. *Battlefields of knowledge*. Routledge. London/New York.
- PRETTY, J. 1994. *Alternative systems of inquiry of a sustainable agriculture*. In: *IDS Bulletin* 25(2): 37-47.
- REIJNTJES, C., B. HAVERKORT, and A. WATERS-BAYER. 1992. *Farming for the future, and introduction to low-external-input and sustainable agriculture*. Macmillan/Ileia. London/Leusden.
- RÖLING, N. 1988. *Extension, Science, Information Systems in Agricultural Development*. Cambridge University Press. Cambridge.
- RÖLING, N. 1994. *The changing role of agricultural extension*. In: *Proceeding of the Workshop on Agricultural Extension in Africa*, 24-28 January. Ministry of Agriculture/CTA. Yaoundé, Cameroon.
- RÖLING, N. 1994. *Communication support for sustainable natural resource management*. In: *IDS Bulletin* 25(2): 125-133.
- RÖLING, N. and P.G.H. ENGEL 1991. *The development of the concept of agricultural knowledge information systems: Implications for Extension*. In: *Agricultural Extension, Worldwide Institutional Evolution and Forces for Change*. Elsevier Science Publishers. Amsterdam.
- SCHÖN, D. 1983. *The reflective practitioner: How professionals think in action*. New York: Basic Books.
- SRISKANDARAJAH, N., R.J. BAWDEN, and R.G. PACKHAM. 1989. *Systems agriculture - A Paradigm for Sustainability*. Paper presented at the Ninth Annual Systems Research/Extension Symposium, Fayetteville: University of Arkansas, October 9-11. 18 pp.
- VAN DER FLIERT, E. 1993. *Integrated pest management: farmerfield schools generate sustainable practices*. Wageningen. Agricultural University, Ph. D. Thesis. 304 pp.
- VAN DEN BOR, W. 1995. *Rural communication and renewed institutional management*. In: Bryden, J., Fuller, A.M. and Van den Bor, W. *Re-thinking Rural Information, Education and Training in a Time of Global Restructuring*. David Fulton Publishers, forthcoming.

VARIABILIDAD ESPACIAL DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN UN SUELO DEL ESTE DE CUBA. I. ANALISIS ESTADISTICO EXPLORATORIO

Spatial Variability of Electrical Conductivity in a Soil of East Cuba.
I. Exploratory Statistical Analysis

Angel Utset Suástegui¹, María Elena Ruiz Pérez¹ y Julián Herrera Puebla²

¹Departamento de Física, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana, Apartado Postal 18, San José de las Lajas, 32700, La Habana, Cuba

²Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD), Apartado Postal 6090, Habana 6, La Habana, Cuba

Palabras clave: Salinidad, Vertisol, Halosol.

Index words: Salinity, Vertisol, Halosol.

RESUMEN

La conductividad eléctrica en una parcela del Valle del Cauto, Cuba, se midió en el laboratorio a partir de muestras tomadas en cuadrículas y a 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 y 80-100 cm de profundidad. Se encontró que la variabilidad de este parámetro se ajusta a una distribución lognormal de probabilidades, con altos coeficientes de variación. Los histogramas reflejaron una bimodalidad que se relacionó con la heterogeneidad de la parcela. Los valores medios de la conductividad eléctrica disminuyeron con la profundidad, lo que indica la influencia del acuífero en la salinización.

Recibido 4-94.

SUMMARY

The electrical conductivity in a plot at Cauto Valley, Cuba, was laboratory-measured from soil samples taken in a grid at 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 and 80-100 cm depth. The variability of this parameter was found to be adjusted to a lognormal probability distribution, with larger coefficients of variation. The histograms reflected a bimodality, related to the plot heterogeneity. Electrical-conductivity mean values decrease with depth due to water table influence.

INTRODUCCION

La salinidad de los suelos es uno de los principales problemas de la agricultura cubana actual. De acuerdo con Ortega *et al.* (1986), en el país existen más de 600 000 ha de suelos salinos. Entre las regiones más afectadas por la salinidad se encuentra el Valle del Cauto, al este de la isla, donde 43% del área agrícola se encuentra salinizada en uno u otro grado

(Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, 1990). Esta salinidad se encuentra fundamentalmente en los suelos de arcillas expandibles (Ortega *et al.*, 1986).

Los estudios de suelos salinos son muy costosos, debido a la gran cantidad de muestras de suelo que se requieren para determinar la conductividad eléctrica (CE), por lo que resulta útil cuantificar previamente la variabilidad de la CE y seleccionar las mediciones estrictamente necesarias para caracterizar este parámetro en una zona dada.

Con este fin pueden utilizarse métodos estadísticos convencionales (Warrick y Nielsen, 1980). No obstante, un enfoque más adecuado es considerar a las propiedades del suelo como variables regionalizadas (Journel y Huijbregts, 1978; Warrick *et al.*, 1986) y emplear métodos geoestadísticos. De cualquier manera, la utilización de la estadística convencional debe realizarse siempre en forma de análisis exploratorio (Myers, 1991; Vauclin, 1982). En particular, resulta de gran importancia determinar la distribución de frecuencias a que se ajusta la variación de la propiedad (Myers, 1991).

El presente trabajo tiene por objeto determinar la variabilidad de la conductividad eléctrica en una parcela del Valle del Cauto, a través de un análisis estadístico exploratorio.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en una parcela de 33 ha, en las coordenadas 20°46'06" N y 76°37'36" O. Esta zona se encuentra en la porción noreste del Valle del Cauto entre las cotas altimétricas de 38 a 40 m.

El clima es el característico del Valle del Cauto y se clasifica como tropical de sabana, con verano caluroso húmedo e invierno templado y seco. El promedio anual de precipitaciones entre 1974 y 1989 fue de 996.9 mm mientras que el promedio anual de la evaporación en esos años resultó 2338.9. Durante el período húmedo se registran 82.7% de las precipitaciones, con valores máximos entre mayo y septiembre, el mes de diciembre es el más seco con sólo 2.4% del total de precipitaciones (Bernal y Ramírez, 1990).

En la Figura 1 se ofrece un esquema topográfico de la parcela, basado en el mapa a escala 1:10 000.

Según el mapa a escala 1:25 000, el suelo de la parcela se clasifica como oscuro plástico gleyzoso (Instituto de Suelos, 1980). Sin embargo, un estudio a escala 1:2 000 (Herrera *et al.*, 1991) arrojó la presencia en la parcela de dos suelos diferentes: Vertisol y Halosol (FAO-UNESCO, 1988), distribuidos de acuerdo con el microrrelieve. El Vertisol (vegetación no tolerante a la salinidad), por encima de 39.5 m de altitud y el Halosol (vegetación halófito), por debajo de esa cota (Figura 1).

En el Cuadro 1 se ofrecen algunas propiedades fisico-químicas de los suelos detectados en la parcela.

El contenido de materia orgánica es mayor de 2% para el Vertisol hasta 80 cm de profundidad y para el Halosol en el horizonte superficial

De acuerdo con la CE expresada en el Cuadro 1, puede señalarse que el perfil del Vertisol se presenta como no salino hasta 80 cm y ligeramente salino a partir de esta

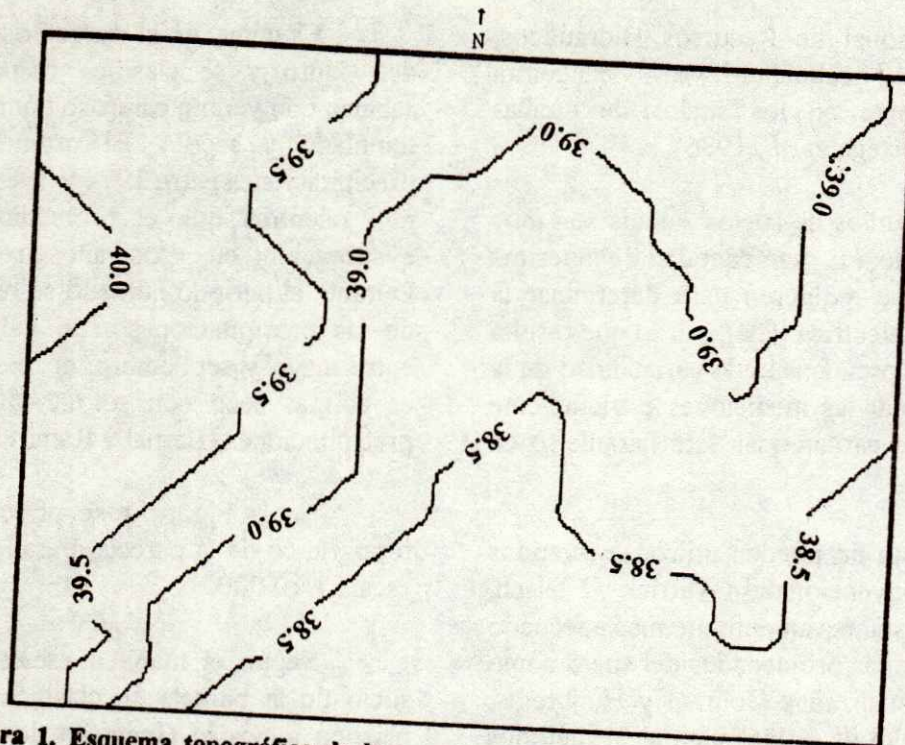


Figura 1. Esquema topográfico de la parcela; curvas de nivel de 38.5 a 40 m (el Vertisol se encuentra por encima de 39.5 m de altitud y el Halosol por debajo de esa cota).

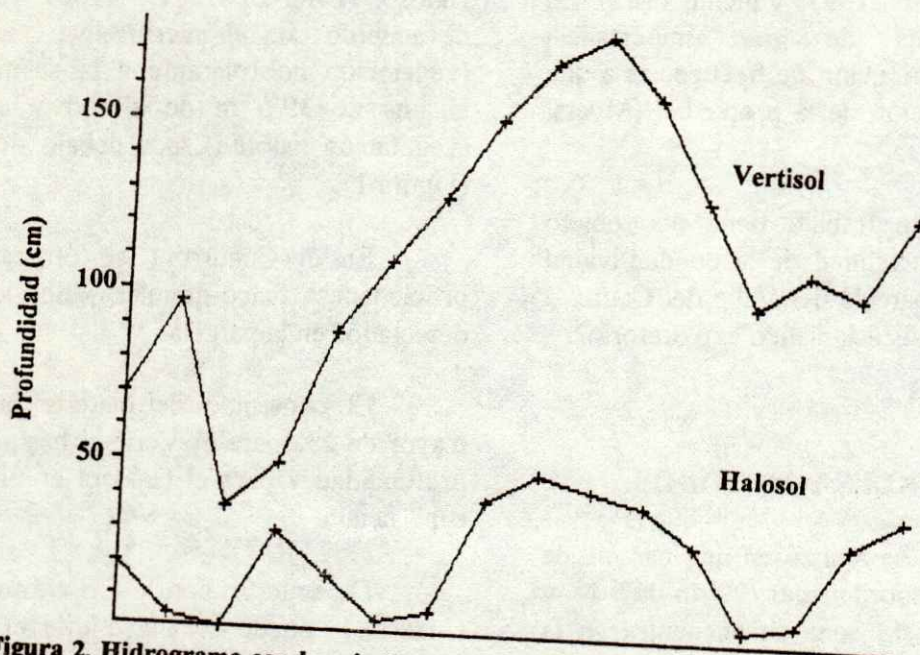


Figura 2. Hidrograma con los niveles del acuífero en pozos de observación en cada uno de los suelos detectados en la parcela, desde septiembre de 1988 hasta diciembre de 1989.

Cuadro 1. Algunas propiedades físico-químicas de los perfiles de las unidades de suelo.

Prof. cm	M.O. %	CE dS/m	PSI %	Bases cambiables	
				Na ⁺	Ca ²⁺
-----cmol/kg-----					
Vertisol					
0-80	2.31	0.29	2.55	1.31	36.70
18-55	2.36	0.34	6.32	3.25	31.70
55-81	2.56	0.56	15.72	7.96	22.20
81-130	0.65	0.29	22.12	10.45	16.90
130-162	0.57	1.88	26.58	10.32	9.30
>162	0.40	2.02	24.00	10.36	12.90
Halosol					
0-14	1.51	6.17	36.9	17.00	15.45
14-25	1.45	6.15	34.5	15.75	15.37
25-50	0.48	1.50	15.8	7.54	28.33
50-90	0.64	0.86	11.9	6.42	22.55
90-118	0.49	5.85	11.9	5.09	25.33
>118	0.38	5.29	13.2	5.45	23.44

M.O. = Materia orgánica; CE = Conductividad eléctrica; PSI = Por ciento de sodio intercambiable.

profundidad, mientras que para el Halosol debe considerarse salino todo el perfil.

El Vertisol, hasta 80 cm de profundidad, es rico en calcio intercambiable, el cual resulta en estos horizontes el catión predominante.

El contenido de sodio y porcentaje de sodio intercambiable (PSI) son altos en el Halosol y también en el Vertisol, a partir de 80 cm de profundidad.

En la Figura 2 se ofrece el hidrograma de los niveles del acuífero en cada uno de los suelos de la parcela, para el período de septiembre de 1988 a diciembre de 1989. En la figura puede notarse que en el Halosol el acuífero se mantiene a menos de 50 cm, mientras en el Vertisol está a más de 1 m casi todo el año. Este acuífero se encuentra altamente mineralizado, con cantidades de sales

que oscilan entre 2 y 7 g/L (Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, 1990).

Para el estudio de variabilidad espacial se tomaron muestras de suelo en cuadrículas de 10 filas y 12 columnas, cada 50 m y a 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 y 80-100 cm de profundidad. A las muestras se les determinó la CE en el laboratorio, en solución suelo-agua de 1:5.

Para el análisis estadístico exploratorio se calcularon las medidas de tendencia central y de dispersión y se ajustó la variación de la CE a cada profundidad a una distribución de probabilidades, a través de histogramas.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 3 se muestran los histogramas de la conductividad eléctrica (CE) en dS/m, medida en cada una de las

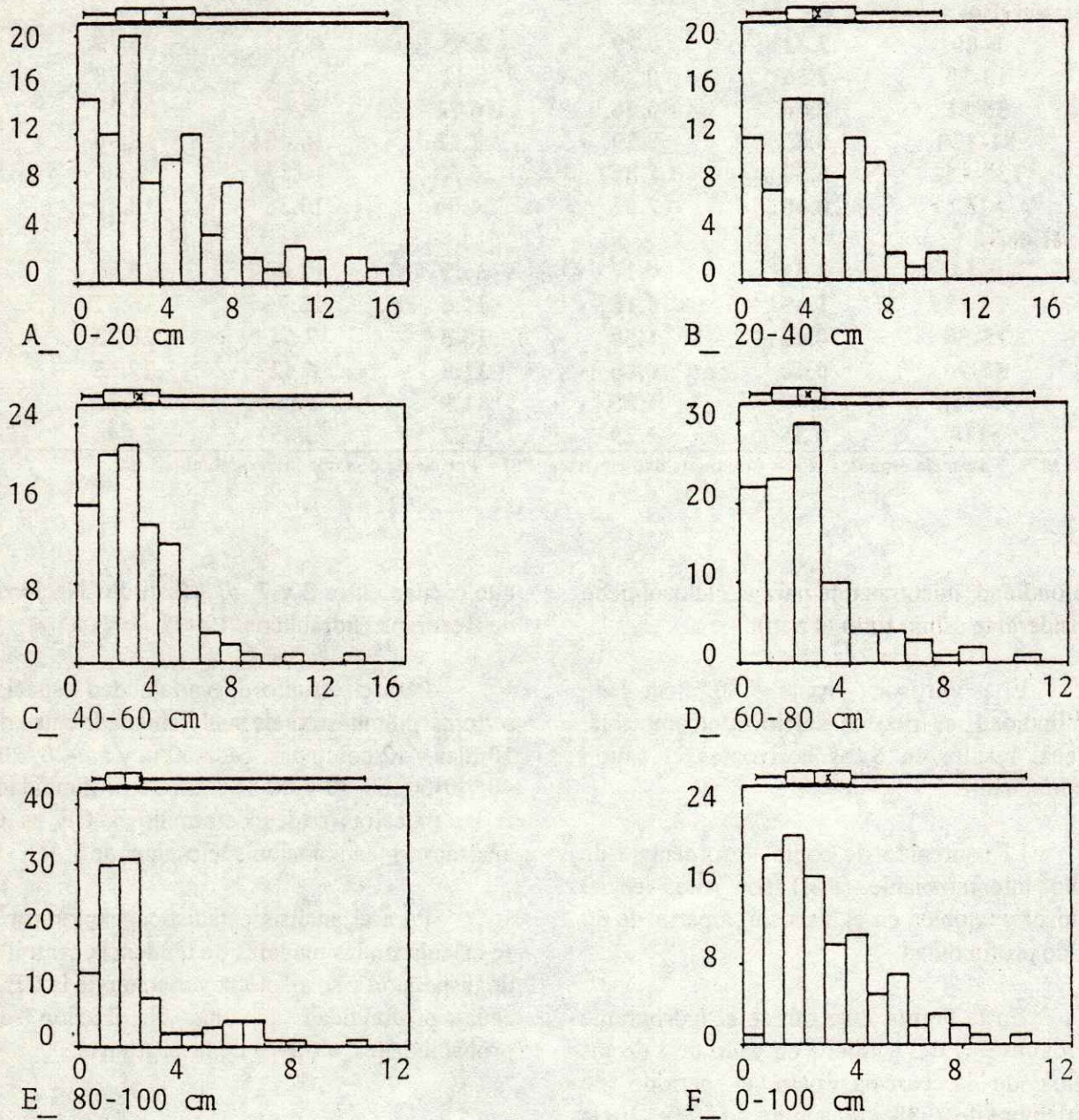


Figura 3. Histogramas de la conductividad eléctrica medida a cada profundidad en la parcela, así como el promedio del perfil.

profundidades consideradas, así como el promedio de la CE en cada punto, correspondientes a 0-100 cm.

En los histogramas de la Figura 3 se observa que las menores CE son más frecuentes que las mayores. Esta asimetría positiva es una característica típica de la distribución lognormal de probabilidades (Warrick y Nielsen, 1980).

Si la CE cumple con una distribución lognormal entonces el logaritmo de la CE se ajusta a una distribución normal de probabilidades. Es por eso que en la Figura 4 se ofrecen los histogramas del logaritmo de la CE medida a cada profundidad y el promedio del perfil.

En el histograma de la Figura 4A, correspondiente al logaritmo de la CE medida

a 0-20 cm de profundidad, para los logaritmos de la CE mayores que cero (conductividades mayores de 1 dS/m) la forma de la distribución de frecuencias es aproximadamente acampanada, con las mayores frecuencias hacia el centro de ese intervalo. Esta es la forma típica de la distribución normal de probabilidades (Warrick y Nielsen, 1980). Similar análisis puede hacerse para el resto de los histogramas de la Figura 4.

En el Cuadro 2 se ofrecen la asimetría y la curtosis de los histogramas correspondientes a las Figuras 3 y 4, a cada una de las profundidades y el promedio del perfil. Para la CE (Figura 3), la asimetría es positiva en todos los casos y oscila de 1.14 a 2.23, mientras que la curtosis varía de 4.06 a 13.74. Para el logaritmo de la CE, sin embargo, la menor asimetría es -0.93 y la mayor 0.43, con valores positivos y negativos. La curtosis oscila de

Cuadro 2. Medias aritméticas y geométricas, desviaciones típicas, coeficientes de variación, asimetría y curtosis de la CE y del logaritmo de la CE.

Profundidad cm	Media ² ----- dS/m -----	σ	Coeficiente de variación %	Asimetría	Curtosis
Conductividad eléctrica (CE).					
0-20	4.22	3.29	77.92	1.14	4.06
20-40	3.68	2.66	72.38	2.29	13.74
40-60	3.08	2.25	73.03	1.66	7.08
60-80	2.53	1.90	74.86	1.78	6.78
80-100	2.27	1.90	83.92	1.89	6.45
0-100	3.14	1.98	63.00	1.20	4.29
Logaritmo de la conductividad eléctrica (ln CE).					
0-20	2.91	2.66	80.85	-0.71	2.87
20-40	2.77	2.34	87.97	-0.93	3.64
40-60	2.36	2.19	97.33	-0.51	3.17
60-80	1.99	2.02	101.50	0.02	2.48
80-100	1.74	2.03	116.72	0.43	2.65
0-100	2.59	1.88	72.59	-0.11	2.45

²) Media aritmética para conductividad eléctrica y media geométrica para logaritmo de la conductividad eléctrica.

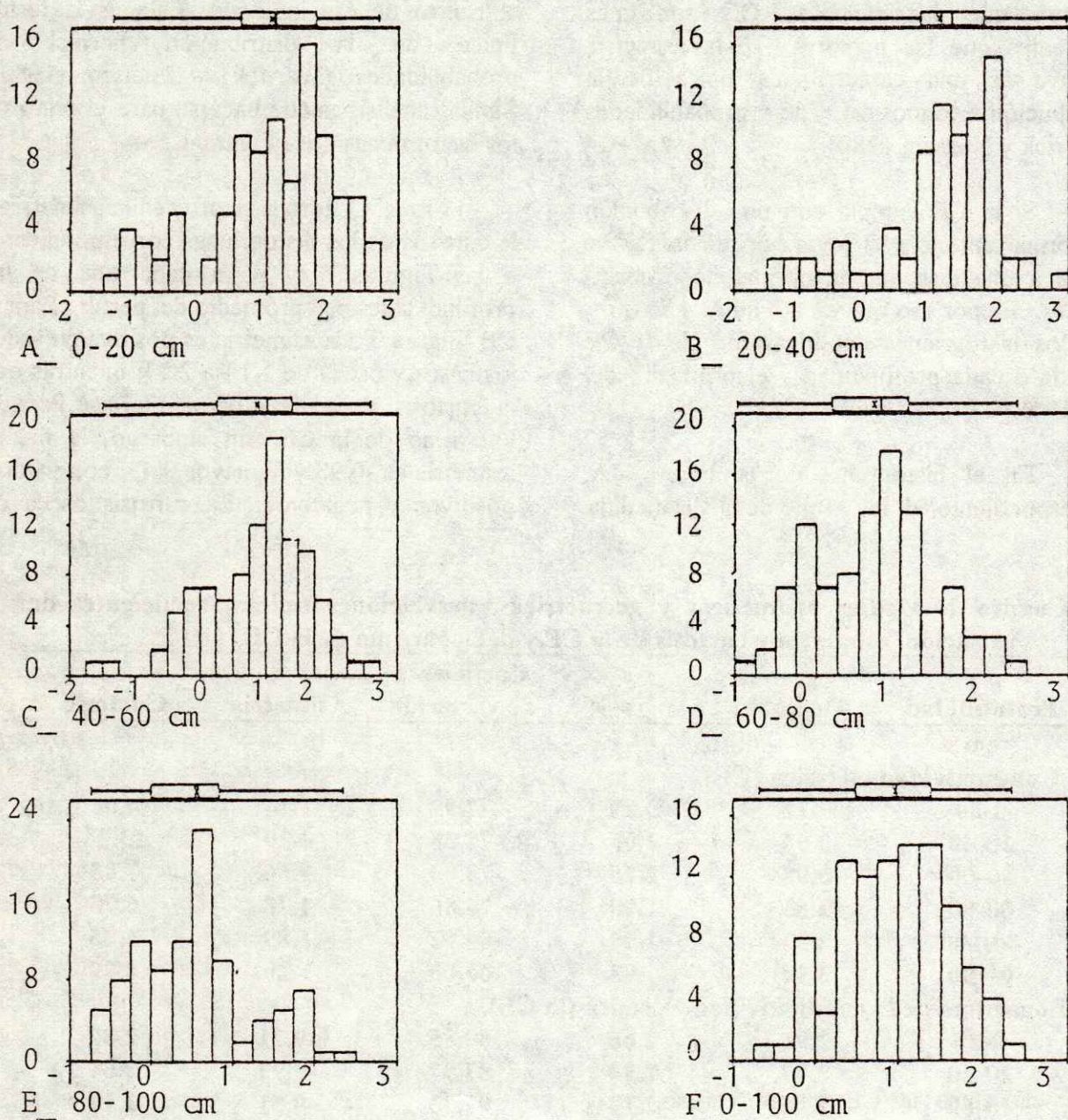


Figura 4. Histogramas del logaritmo de la conductividad eléctrica medida a cada profundidad de la parcela, así como el promedio del perfil.

2.45 a 3.64. Los resultados ofrecidos en el Cuadro 2 confirman que la CE se ajusta mejor a una distribución lognormal de probabilidades, lo cual concuerda con lo encontrado anteriormente por Vauclin (1982).

En el histograma de la Figura 4A se nota que no existe una sola distribución de frecuencias, sino dos: una para las CE mayores de 1 dS/m (logartimos de CE mayores que cero) y otra para las CE menores de ese valor. Esta dualidad de distribuciones se conoce como bimodalidad, según Freeze (1975) y Vauclin (1982), indica heterogeneidad en la variación de la propiedad analizada, lo cual se corresponde con una heterogeneidad de medio estudiado.

La heterogeneidad encontrada se relaciona con la variación de la salinidad en la parcela y con la presencia de los suelos señalados anteriormente.

La Figura 4B (20-40 cm) puede considerarse similar a la Figura 4A, y también la Figura 4C, aunque en esta última las menores CE poseen muy bajas frecuencias.

En la Figura 4D (60-80 cm) no es evidente la bimodalidad, al igual que en el histograma correspondiente al promedio del perfil (Figura 4F).

Los cambios en los histogramas de la Figura 4 se corresponden con las variaciones de la salinidad a lo largo del perfil en los suelos estudiados. A 0-20 cm hay una notable diferencia entre la CE en el Vertisol y el Halosol. Sin embargo, esta diferencia disminuye con la profundidad ya que, de acuerdo con lo mostrado en el Cuadro 1, la CE aumenta notablemente en el Vertisol a partir de 80 cm. Es por eso que en el histograma de la

Figura 4D no se observa bimodalidad. Por otra parte, al calcular el promedio del perfil se obvian las diferencias entre las profundidades por lo que en el histograma a 0-100 cm (Figura 4F) tampoco se observa bimodalidad.

En la Figura 4E (80-100 cm) existen dos distribuciones diferentes pero, en contraste con la Figura 4A, las menores conductividades son más frecuentes que las mayores. Si observamos el hidrograma de la Figura 2, notaremos que el acuífero se encuentra en casi toda la parcela a menos de 100 cm de profundidad, por lo cual el ascenso capilar a esta profundidad no es significativo.

La bimodalidad encontrada en los histogramas de la Figura 4 debería implicar que la parcela se dividiera en sub-poblaciones o estratos, para caracterizar la variabilidad espacial de la CE en cada uno de ellos. Sin embargo, esto no es factible, ya que la bimodalidad es diferente a cada profundidad. Por otra parte, en el promedio del perfil (Figura 4F) no es evidente la presencia de bimodalidad, lo que indica que la CE en el perfil de la parcela posee una sola distribución de probabilidades, por lo que la misma puede considerarse una unidad homogénea.

En el Cuadro 2 se ofrecen las medidas aritméticas y geométricas, calculada esta última como el antilogaritmo de la media de los logaritmos de la CE; así como la desviación típica y el coeficiente de variación de la CE y del logaritmo de la CE medida a cada profundidad.

Del Cuadro 2 puede notarse la diferencia entre las medias aritmética y geométrica, que ya fue señalada por Warrick y Nielsen (1980). La media geométrica es menor que la media aritmética, lo que la hace más

representativa del valor esperado o más probable pues, de acuerdo a los histogramas de la Figura 3, las menores CE son más frecuentes que las mayores.

Los coeficientes de variación (CV) obtenidos son muy altos, lo que reafirma lo encontrado anteriormente para esta propiedad (Vauclin, 1982; Warrick y Nielsen, 1980; Wilding, 1984).

De acuerdo con lo expresado en el Cuadro 2, la CE es mayor en la superficie y disminuye con la profundidad. Este comportamiento, según FAO (1987), denota la influencia del acuífero en la salinización de la parcela, lo cual se corresponde con lo reflejado en la Figura 2 y en el Cuadro 1. Por lo tanto, como promedio, puede considerarse a toda la parcela afectada por el ascenso capilar de las sales. Esto también concuerda con la unimodalidad del histograma del logaritmo de la CE en el promedio del perfil (Figura 4F).

La desviación típica disminuye con la profundidad pero, debido a la disminución de la CE, los CV aumentan. A 0-20 cm, sin embargo, el CV es mayor que a 20-40 cm, y aumenta a partir de esta profundidad. El menor CV corresponde al promedio del perfil.

La variación es alta en la superficie porque hay zonas salinas y no salinas, de acuerdo con los suelos encontrados. Esto coincide con la bimodalidad reflejada en el histograma de la Figura 4A. Por otra parte, al calcular el promedio del perfil la variación de la CE disminuye pues la salinización es más uniforme, es por eso que el CV a 0-100 cm es el menor y en el histograma de la Figura 4F no se muestra la bimodalidad encontrada a otras profundidades.

CONCLUSIONES

La variabilidad espacial de la conductividad eléctrica en la parcela estudiada se ajusta a una distribución lognormal de probabilidades con altos coeficientes de variación. Como promedio, puede considerarse a toda la parcela afectada por una salinización relacionada con la ascensión del acuífero y con la microtopografía. En los histogramas se observa una marcada heterogeneidad en la distribución espacial de la conductividad eléctrica, que se corresponde con los diferentes niveles de salinidad encontrados en la parcela. La heterogeneidad cambia con la profundidad, según la altura que alcanza el acuífero. No obstante, al considerar todo el perfil del suelo no se observa la heterogeneidad señalada anteriormente, ya que en ese caso toda la parcela está afectada por la salinidad.

LITERATURA CITADA

- BERNAL, P. Y E. RAMIREZ. 1990. Climatología del Valle del Cauto. *In: Memorias de Coloquio Internacional sobre Vertisuelos*. Bayamo, Granma, Cuba.
- FAO-UNESCO. 1988. Soil maps of the world. World Soil Resources Report 60. Roma, Italia.
- FAO. 1987. La calidad del agua en la agricultura. Estudio Riego y Drenaje 29. Roma, Italia.
- FREEZE, R. 1975. A stochastic-conceptual analysis of one dimensional groundwater flow in non-uniform homogeneous media. *Water Resour. Res.* 11: 725-741.
- HERRERA, J., G. CID, A. UTSET, J. PANEQUE, M. HERRERA, E. PIÑERO, Y. CABIDOCHÉ, J. FAVROT, R. BOUZIQUÉZ y P. LAGACHERIE. 1991. Informe de caracterización hidropedológica de la parcela experimental de drenaje "La Yolanda". IIRD, MINAG.
- INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDRAULICOS (INRH). 1990. Situación actual de los trabajos para el estudio del Valle del Cauto. La Habana, Cuba.
- INSTITUTO DE SUELOS. 1980. Clasificación genética de los suelos de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba. La Habana, Cuba.
- JOURNEL, A.G., and CH. HUIJBREGTS. 1978. Mining geostatistics. Academic Press, Londres, England.

- MYERS, D. 1991. Interpolation and estimation with spatially located data. *Chemomet. Inf. Lab. Sys.* 11: 209-228.
- ORTEGA, F., J. PEÑA y N. CASTILLO. 1986. La salinidad de los suelos de Cuba. Aspectos económicos globales. *Cienc. de la Agric.* 27: 137-144.
- VAUCLIN, M. 1982. Méthodes d'étude de la variabilité spatiale des propriétés d'un sol. En *Memorias de: Variabilité spatiale des processus de transfert dans les sols.* Avignon, France.
- WARRICK, A.W., and D. R. NIELSEN. 1980. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: D. Hillel (ed.). *Applications of soil physics.* Academic Press. New York, U.S.A.
- WARRICK, A.W., D.E. MYERS, and D.R. NIELSEN, 1986. Geostatistical methods applied to soil science. *Agronomy Monograph No. 9.* Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, U.S.A.
- WILDING, L. 1984. Spatial variability: Its documentation, accommodation and implication to soil surveys. In: *Soil spatial variability.* Las Vegas, U.S.A.

ACOLCHADO PLASTICO Y DISPONIBILIDAD DE NUTRIMENTOS DEL SUELO EN EL CULTIVO DE PEPINO

Plastic Mulching and Availability of Soil Nutrients in Cucumber Crop

Ma. Rosario Quezada M., Juan P. Munguía L. y Clemente Linares

Centro de Investigación en Química Aplicada.
Saltillo, Coahuila

Palabras clave: Acolchado, Temperatura, Disponibilidad de nutrimentos.

Index words: Mulching, Temperature, Nutrient availability.

RESUMEN

El acolchado de suelos es una técnica de la agroplasticultura que permite incrementar los rendimientos, mejorar la calidad de la producción, anticipar las cosechas, ahorrar agua y controlar malezas principalmente. Estos beneficios se atribuyen en parte al incremento de la temperatura del suelo, que tiene como consecuencia una mayor disponibilidad de nutrimentos, por modificar los procesos físico-químicos del suelo. Con el fin de evaluar el efecto del acolchado en la disponibilidad de nutrimentos del suelo y su efecto sobre el rendimiento, se llevó a cabo una evaluación con película negra,

transparente y suelo desnudo, en donde se determinó el desarrollo del cultivo, rendimiento y nutrimentos disponibles a tres profundidades del suelo en tres muestreos durante el ciclo del cultivo. Se encontró que aunque no hubo marcadas diferencias en el desarrollo del cultivo entre los tratamientos evaluados, el acolchado de suelos provocó un incremento sobre el rendimiento, de 20 a 26 t/ha más que el testigo no acolchado, así mismo el comportamiento y disponibilidad de los nutrimentos en el suelo se vieron modificados con el uso del acolchado plástico, principalmente en los elementos Mg y Na.

SUMMARY

Plastic mulching is a technique that favors yield increases, improves the quality of the produce, enhances earliness and controls weeds. These benefits are attributed in part, to the increase of soil temperature which in turn increases the availability of nutrients due to a

Recibido 3-93.

modification of the soil's physico-chemical processes. With the purpose of evaluate the effect of plastic mulching on nutrients availability and the crop yield, an evaluation using black and tranlucid plastic, and bare soil, was conducted measuring crop development and yield, and nutrients availability at three soil depths through three samplings during crop cycle. It was development among the evaluated treatments, plastic mulching of the soil produced an increase in yield of 20-26 t/ha over the control without mulching; furthermore, plastic mulching caused modifications of nutrient availability and performance, particularly those of Mg and Na.

INTRODUCCION

El constante aumento de la población requiere de un incremento permanente y continuo de la producción agrícola, el cual es difícil de lograr con las técnicas tradicionales. Diferentes instituciones del país y del extranjero, involucradas en el sector agropecuario, han buscado una serie de alternativas que permitan encontrar soluciones a problemas tan diversos como: bajos rendimientos, precocidad, calidad de la producción, control de plagas y malezas, y el de optimar los recursos. El uso de los plásticos en la agricultura, con técnicas como el acolchado de suelos, microtúneles, invernaderos, cubiertas flotantes, riego por goteo, etc., pueden jugar un papel importante para resolver algunos de los problemas mencionados (Ibarra y Rodríguez, 1991; Robledo y Vicente, 1988).

Numerosos estudios sobre acolchado de suelos con películas plásticas han mostrado resultados positivos de esta técnica sobre el desarrollo de los cultivos, sin embargo, uno de los aspectos menos estudiados en los acolchados de suelo, pero de gran importancia, es el comportamiento de los nutrimentos del suelo y su disponibilidad. Las investigaciones sobre fertilidad del suelo han recibido atención especial en todas las regiones del país, en atención a su influencia directa, sobre la expresión del rendimiento (Martínez *et al.*, 1990), de ahí que sea importante conocer el manejo de las fertilizaciones bajo técnicas como el acolchado de suelos, para poder hacer una dosificación correcta y un uso más eficiente de estos insumos.

La temperatura del suelo es uno de los principales factores que se ven modificados por la acción directa del acolchado plástico, y del calor almacenado en el suelo dependerá la velocidad de los procesos fisiológicos más importantes para las plantas, como son la absorción del agua, translocación de nutrimentos, respiración y producción de sustancias hormonales del crecimiento y desarrollo (Salisbury y Ross, 1978).

El grado de calentamiento del suelo dependerá tanto del color de plástico usado, como de las condiciones climáticas de cada región, principalmente de la radiación incidente. En condiciones de verano, las máximas temperaturas del suelo y las mayores profundidades de calentamiento se alcanzan con plástico transparente (entre 12 a 19 °C más altas que en el suelo sin acolchar), mientras que la temperatura alcanzada con plástico negro es de 7 a 11 °C más alta (Andrew *et al.*, 1976; Horowitz y Herlinger, 1983).

Bajo condiciones de acolchado de suelos con películas plásticas y en diferentes texturas de suelo, ocurren grandes alteraciones de los parámetros físico-químicos como resultado del calentamiento del suelo. Los cambios más notorios son en la concentración de nitratos, incrementándose grandemente, los iones amonio también se incrementan pero en menor cuantía que los nitratos, ocurre así mismo una mayor descomposición de materia orgánica, lo que justifica el aumento en la concentración de nitratos y amonio. Incrementos considerables en la concentración de K^+ , Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} y Cl^- , ocurren en suelos acolchados, esto indica que al aumentar la temperatura del suelo, la solubilidad de los cationes y aniones aumenta y presentan mayor disponibilidad para las plantas (Chen y Katan, 1980).

Por lo anteriormente expuesto y en función de la poca información que existe sobre el efecto del acolchado de suelos sobre la movilización y disponibilidad de los nutrimentos del suelo, que permita determinar fertilizaciones adecuadas a los cultivos desarrollados bajo esta técnica y un uso más eficiente de los fertilizantes, el objetivo de este trabajo es conocer ese comportamiento y la disponibilidad de los nutrimentos cuando se utiliza acolchado de suelos con película negra y transparente.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se desarrolló en el Campo Experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), localizado al noroeste de la ciudad de Saltillo, Coah., con un clima semidesértico, temperatura media anual de 18 °C, precipitación media

anual de 365 mm y evaporación promedio mensual de 178 mm.

El trabajo de investigación se realizó durante el ciclo agrícola primavera-verano de 1991, en un invernadero tipo capilla con un área de 180 m², con cubierta de polietileno de larga duración calibre 800; se utilizó el cultivar de pepino "Raider". El diseño experimental utilizado fue en bloques al azar con tres tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron: acolchado con polietileno transparente calibre 150 (AT), negro calibre 150 (AN) y sin acolchado (T).

Los elementos evaluados durante la investigación fueron: nitrógeno, en muestras de suelo tomadas a profundidades de 15, 30 y 45 cm, por el método de Kjeldahl.

Potasio, calcio, magnesio y sodio se evaluaron en muestras de la solución del suelo, extraída con tubos de acceso a la solución del suelo "Modelo SSAT" de Irrometers Co., a 15, 30 y 45 cm de profundidad, y se determinaron por absorción atómica. En estas mismas soluciones se determinó la conductividad eléctrica, con ayuda de un puente de Wheatstone. Los muestreos para los análisis se realizaron a los 60, 92 y 119 días después de la siembra.

Además, se evaluó: rendimiento, altura de planta, diámetro de tallo basal, número de hojas y área foliar. Para la cuantificación del área foliar, se utilizó la ecuación de Maeda (1987): $AF = 4.5296 (L \times A)^{0.67349}$, donde: AF = área foliar en cm², L = longitud de la hoja en cm y A = ancho de la hoja en cm.

Cada tratamiento comprendió cuatro camas de 3.3 m de largo y 0.80 m de ancho,

con una distancia entre líneas de 1.2 m y una distancia entre plantas de 0.3 m.

El sistema de riego fue por goteo, con cinta de riego T-Tape con goteros a 0.3 m de distancia y con un gasto de 380 litros por hora por cada 100 m y para una presión de 8 PSI. La cantidad de agua aplicada fue igual para los tres tratamientos.

Se utilizó la misma fertilización para todos los tratamientos y se aplicó en una sola dosis al inicio del cultivo. La fórmula de fertilización se determinó en función de las necesidades nutrimentales del pepino, con base en:

a) Extracción de nutrimentos del cultivo de pepino, para obtener una producción calculada de 100 t/ha (Maroto, 1989):

N, 235 kg; P₂O₅, 67 kg; K₂O, 324 kg; CaO, 173 kg; MgO, 44 kg.

b) Relación entre los nutrimentos extraídos por el cultivo:

N (0.72): P (0.20): K (1.0): Ca (0.53): Mg (0.13)

c) Contenido de nutrimentos del suelo en donde se estableció la investigación (kg/ha):

N, 106: P, 112: K, 421: Ca, 1667: Mg, 1226
(0.25) (0.26) (1) (3.95) (2.91)

La dosis de fertilización que se determinó para el experimento, tratando de mantener las necesidades de extracción del cultivo y la relación establecida por Maroto (1989), entre el nitrógeno, fósforo y potasio, y en función de la cantidad de elementos presentes en el suelo fue (kg/ha):

N, 305: P, 112.5: K, 421: Ca, 1667: Mg, 1226
(0.72) (0.26) (1) (3.95) (2.91)

Según el análisis de suelo, el único elemento que estaba por debajo de las necesidades de extracción del cultivo era el nitrógeno, por lo que solamente éste se aplicó en una dosis de 248 kg/ha, para completar las necesidades del cultivo, más 25% por pérdidas por lixiviación y gasificación.

Se hace la aclaración de que no se consideró el Ca y el Mg para establecer la relación entre todos los elementos, por encontrarse en concentración muy alta en el suelo, lo que nos llevaría a elevar exageradamente las cantidades de N, P y K, lo cual no es recomendable por posible toxicidad.

Las labores culturales y el control fitosanitario se realizaron durante todo el ciclo del cultivo y fueron las mismas para los tres tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Variables del desarrollo

Los análisis de varianza para las variables altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas y área foliar (Cuadro 1) no mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, sin embargo, puede observarse que el diámetro de tallo de las plantas bajo acolchado de suelos fue visiblemente mayor que el de las plantas sin acolchado; la altura también fue mayor en las plantas con acolchado negro, pero en el acolchado transparente fue menor que en el testigo y, contrariamente, el número de hojas y área foliar fue superior en el acolchado

Cuadro 1. Medias de las variables del desarrollo a los 90 días después de siembra y rendimiento del cultivo de pepino, con acolchado de suelos y bajo cubierta de invernadero

Trat.	Altura de planta	Diámetro de tallo	Número de hojas	Area foliar	Rendimiento
	----- cm -----			cm ²	t/ha
AT	265.7	1.46	30.8	8513	221
AN	273.8	1.59	29.2	7803	227
T	271.0	1.34	30.5	7922	201
Sig.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
C.V.	5.9	8.4	8.4	7.4	12.9

AT = Acolchado transparente; AN = Acolchado negro; T = Sin acolchado; Sig. = Significancia estadística; C.V. = Coeficiente de variación

transparente y menor en el acolchado negro, al final fue el testigo.

A pesar de que no se presentó una consistencia de superioridad de todas las variables fenológicas en cualquiera de los dos acolchados, el desarrollo general de las plantas en los acolchados fue mejor que en el de los no acolchados. Se piensa que no se tuvo una mejor respuesta en los acolchados debido a daños que se presentaron en estos tratamientos, por efecto de altas temperaturas generadas bajo el plástico (56 °C en el transparente y 50 °C en el negro); de no haber sido así, el desarrollo de los cultivos con acolchado de suelos hubiera sido significativamente mayor que en suelo sin acolchar, dado que se ha encontrado que el acolchado negro promueve la altura de planta y número de hojas en el cultivo de pepino (Narro, 1989). Martínez y Villa (1982) e Ibarra y Rodríguez (1991) mencionan que con el uso de acolchado se promueve el desarrollo del diámetro de tallo, altura de planta y cobertura en los cultivos de melón, sandía y pimiento morrón.

Rendimiento

La cosecha se inició a los 54 días después de la siembra y al mismo tiempo en los tres tratamientos, por lo que no se observó adelanto de cosecha para los tratamientos acolchados. El periodo de cosecha fue de 65 días y se suspendió a los 119 días después de la siembra.

Los resultados de los análisis de varianza para el rendimiento total (Cuadro 1) no muestran diferencias significativas entre tratamientos. Aunque los tratamientos presentan un comportamiento estadístico igual, los tratamientos con acolchado negro y transparente superan al testigo con 27 y 20 toneladas (13% y 10%), respectivamente.

Según Petkeviniene (1977), con el uso de acolchados y bajo invernadero se incrementa la producción total en 15 a 25% con relación al testigo no acolchado en el cultivo de pepino. El efecto del acolchado de suelo, bajo cubierta de invernadero, se ve disminuido por el efecto de invernadero; si el acolchado de suelo se realiza como una técnica

independiente, las diferencias en rendimiento con respecto al testigo serían mayores como se observa en los trabajos realizados por Lira (1988), quien obtuvo 193% de incremento en el rendimiento del cultivo de pepino con acolchado de suelo con respecto al testigo (no acolchado), y por Ibarra y Rodríguez (1991) en el cultivo de calabacita acolchado con plástico negro y transparente, con rendimientos mayores que el testigo del orden de 185 y 170%.

Pudo observarse que a pesar de los daños causados por quemaduras en las plántulas de los tratamientos acolchados al inicio del cultivo, éstas lograron recuperarse y superar al testigo en rendimiento.

Se podría esperar que al evitar los daños causados por exceso de calor con un plástico para acolchado que disipe más el calor, el desarrollo y rendimiento de los cultivos acolchados fue muy superior que en los no acolchados.

Comportamiento del nitrógeno

En los tres tratamientos hay más nitrógeno disponible a menos profundidad del suelo (Figura 1), ésto puede ser más benéfico para las plantas bajo acolchado de suelo, ya que su sistema radicular tiende a ser más superficial que el de las plantas en suelos sin acolchado (Robledo y Vicente, 1988), por lo tanto las plantas con acolchado de suelo tienen más nitrógeno disponible para su desarrollo.

Sin embargo, también puede verse que en los tratamientos acolchados, especialmente en el acolchado negro, hay un consumo de nitrógeno por las plantas en los inicios de la cosecha y posteriormente un incremento en la disponibilidad del elemento, sobre todo a

mayores profundidades que en el suelo desnudo. Esto pudo deberse a que los acolchados provocan mayor calentamiento en el suelo y a mayores profundidades, lo que puede influir positivamente en el proceso de nitrificación, dado que en el Manual de California Fertilizer Association (1980) se menciona que la nitrificación puede complementarse en una o dos semanas a 24 °C, mientras que a 11 °C tarda doce o más semanas y a 3 °C es mínima. Por otro lado Chen y Katan (1980) observaron incrementos de nitratos y amonio y mayor descomposición de materia orgánica en los suelos acolchados. La mayor disponibilidad de nitrógeno en los suelos acolchados pudo ser una de las causas de los incrementos en los rendimientos encontrados en este trabajo.

Comportamiento del potasio

En lo referente a potasio (Figura 2) se encontró en los tres tratamientos un considerable incremento en la disponibilidad de este ion con respecto al tiempo (en el testigo incrementos desde 170 a 230% y en los acolchados desde 120 a 376%), solo que en los acolchados la disponibilidad se incrementó por igual en los tres estratos evaluados y en el testigo la disponibilidad fue mayor en el primer estrato (15 cm) y disminuyó a mayores profundidades. Es lógico suponer que si los acolchados promueven un calentamiento del suelo a mayores profundidades como lo menciona Andrew *et al.* (1976), y que según Chen y Katan (1980) al aumentar la temperatura del suelo, la mayoría de los cationes y aniones se disuelven en la solución del suelo y quedan más disponibles para las plantas, esto fue lo que provocó que el potasio en los tratamientos acolchados estuviera igualmente disponible en los tres estratos evaluados, lo que se tradujo en una mejor

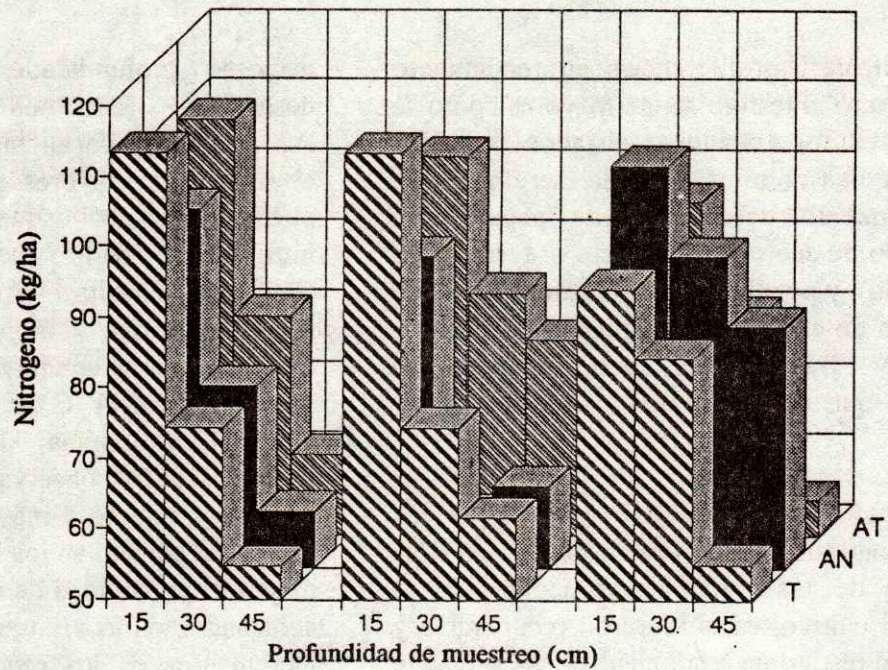


Figura 1. Nitrógeno aprovechable en el suelo a los 60, 92 y 119 días después de siembra en suelos acolchados con plástico transparente (AT), plástico negro (AN) y sin acolchar (T).

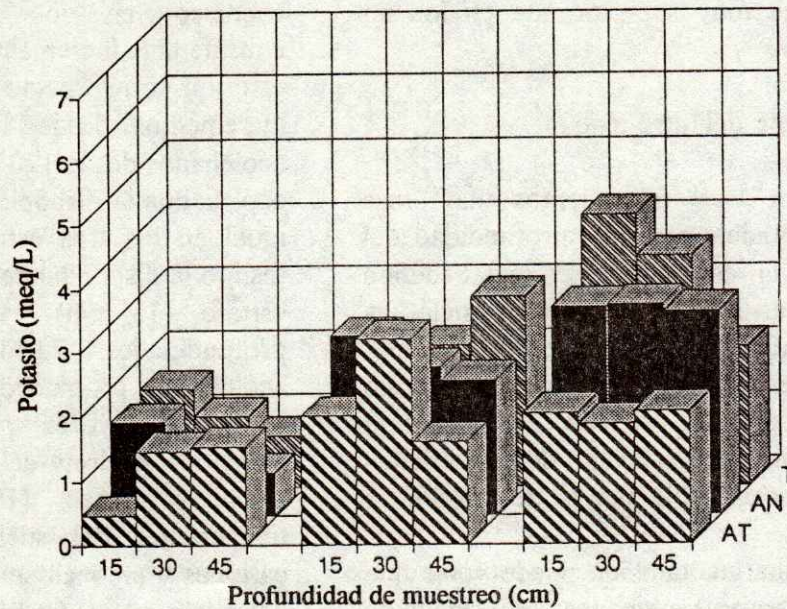


Figura 2. Concentración de potasio en el suelo a los 60, 92 y 119 días de siembra en suelos acolchado con plástico transparente (AT), plástico negro (AN) y sin acolchar (T).

nutrición de las plantas acolchadas y, por lo tanto, en mayor rendimiento.

Comportamiento del calcio

La disponibilidad de calcio con respecto al tiempo en los tres tratamientos aumentó (Figura 3), pero también se observa un efecto del acolchado de suelo sobre su disponibilidad, ya que en los tratamientos acolchados el aumento fue en todos los estratos evaluados mientras que en el testigo la mayor disponibilidad ocurre en la parte superficial del suelo (15 cm), como pasó con el potasio. Esto confirma nuevamente que la temperatura es la responsable del incremento en la disponibilidad de los iones, como ya lo habían mencionado Chen y Katan (1980) al encontrar incrementos considerables en la concentración de calcio disponible en suelos acolchados de regiones semiáridas de Israel y atribuir este incremento al aumento de la temperatura del suelo por efecto del acolchado plástico.

Comportamiento del magnesio y sodio

Estos dos iones tuvieron un comportamiento similar. Se muestra en las Figuras 4 y 5 que los acolchados promovieron con el tiempo una mayor disponibilidad de Mg y Na con respecto al suelo no acolchado, aunque también puede observarse que el comportamiento de estos iones fue totalmente diferente en suelos acolchados y en el suelo no acolchado, ya que aumentos considerables (197% en Mg y 102% en Na) se encontraron en suelos no acolchados a profundidades menores (15 cm), sin cambio a mayor profundidad, mientras que en los suelos acolchados los incrementos en la disponibilidad fueron del orden de 140 a 260% en el Mg y de 140 a 200% en Na, pero estos

incrementos ocurrieron a mayor profundidad (45 cm), contrariamente a lo detectado en suelos no acolchados, lo que nos demuestra que el acolchado de suelos sí influye en el comportamiento y disponibilidad de los nutrientes del suelo. En el caso del sodio, tal vez no sea una ventaja que el acolchado promueva la solubilidad del ion, ya que es un elemento que a ciertas concentraciones causa problemas en el desarrollo de los cultivos y en las propiedades físicas del suelo, pero al ocurrir esta solubilidad preferentemente a mayores profundidades nos puede permitir eliminarlo por medio de lavados con mayor facilidad que en el suelo no acolchado, donde su disponibilidad es mayor en la parte superficial del suelo. Incrementos considerables en la concentración de sodio en suelos acolchados ya habían sido reportados por Chen y Katan (1980), solo que no mencionan en qué estratos detectaron esto o si había un comportamiento diferente entre el suelo acolchado y el no acolchado.

Conductividad eléctrica

Los valores de conductividad eléctrica del suelo pueden observarse en la Figura 6. Tanto en los dos acolchados como en el testigo la conductividad se incrementó con relación al tiempo, en congruencia con el aumento en el contenido de iones en la solución, como se observó en las figuras anteriores. La conductividad en los tres tratamientos es mayor a menor profundidad y disminuye al aumentar ésta, esto no concuerda en los acolchados ya que la conductividad debería ser mayor a más profundidad que es donde se presentó mayor disponibilidad de varios de los iones evaluados. Además, la conductividad fue ligeramente mayor en el testigo, que en los acolchados, y debió ser lo contrario ya que en

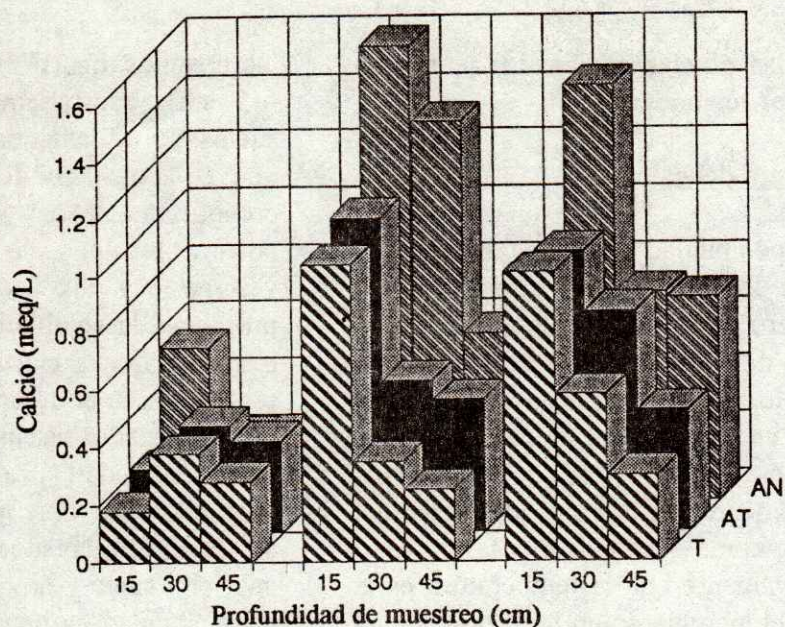


Figura 3. Concentración de calcio en la solución del suelo a los 60, 92 y 119 días de siembra en suelos acolchados con plástico transparente (AT), plástico negro (AN) y sin acolchar (T).

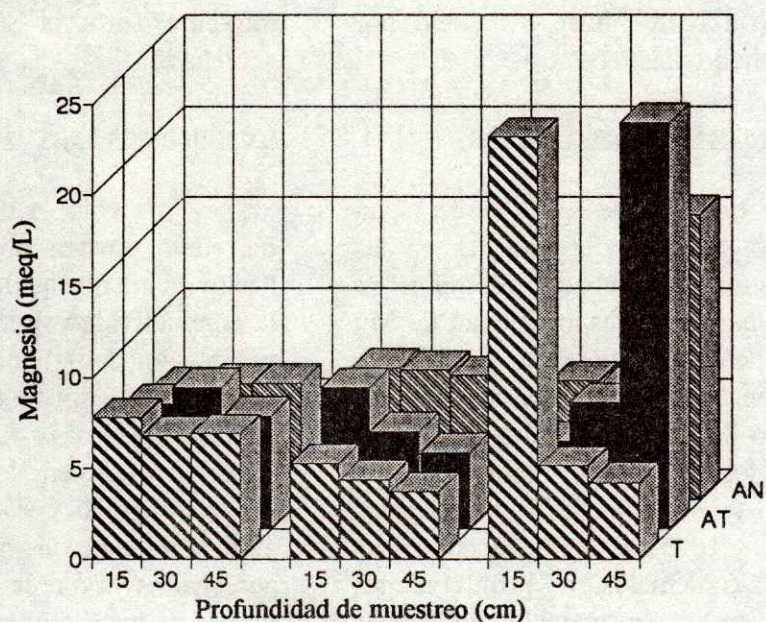


Figura 4. Concentración de magnesio en la solución del suelo a los 60, 92 y 119 días de siembra en suelos acolchados con plástico transparente (AT), plástico negro (AN) y sin acolchar (T).

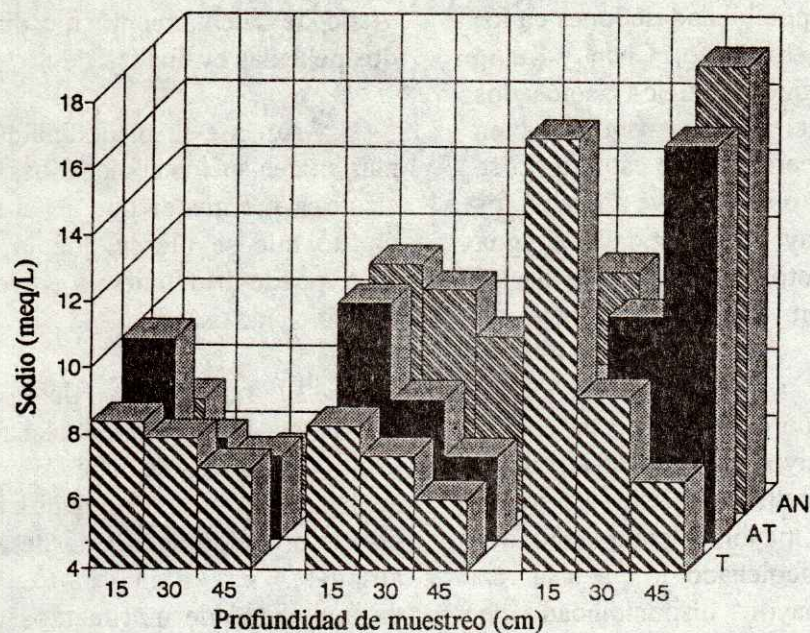


Figura 5. Concentración de sodio en la solución del suelo a los 60, 92 y 119 días de siembra en suelos acolchados con plástico transparente (AT), plástico negro (AN) y sin acolchar (T).

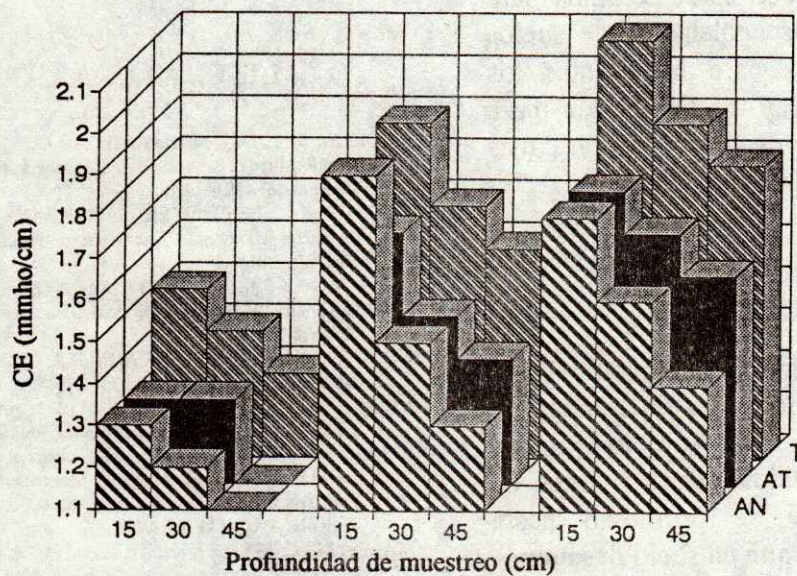


Figura 6. Conductividad eléctrica en la solución del suelo a los 60, 92 y 119 días de siembra en suelos acolchados con plástico transparente (AT), plástico negro (AN) y sin acolchado (T).

general hubo más disponibilidad de iones en los acolchados que en el testigo. Chen y Katan (1980) encontraron que en suelos acolchados la conductividad eléctrica fue mayor que en suelos sin acolchar, pero en este estudio no se observó lo mismo; esto se atribuye a que en los suelos acolchados hay más cantidad de agua disponible, por lo tanto mayor dilución de las sales del suelo, con lo cual disminuye la concentración.

Se ha visto que el acolchado de suelos tiene un efecto positivo sobre el desarrollo y rendimiento de los cultivos. Este efecto se atribuye en parte al mayor calentamiento del suelo causado por el acolchado, lo que a su vez influye en una mayor disponibilidad de nutrimentos para el cultivo. En este trabajo el acolchado provocó un comportamiento diferente de los iones del suelo con respecto al testigo, aunque no puede concluirse claramente que el acolchado influyó en una mayor disponibilidad de todos los iones, por lo que se recomienda continuar con estos estudios para poder asegurar que los acolchados de suelos hacen más disponibles para las plantas los nutrimentos del suelo y partir de ahí para formular las dosis de fertilización más adecuadas para los cultivos acolchados.

CONCLUSIONES

En todos los tratamientos la disponibilidad de los iones se incrementó a través del tiempo, aunque en los suelos acolchados la disponibilidad de los iones en general fue mayor y se promovió hasta profundidades mayores que en suelo desnudo.

El color de las películas parece no tener efecto importante sobre la disponibilidad y comportamiento de los iones, a pesar de que el

grado de calentamiento fue diferente entre las dos películas evaluadas.

Aunque la disponibilidad de iones fue más alta en suelos acolchados, la conductividad eléctrica fue menor que en el suelo desnudo, por lo que se piensa que la salinización del suelo puede disminuirse o prevenirse con el uso de acolchados.

El rendimiento de los cultivos fue mayor en los suelos acolchados que en el testigo a pesar de que las plantas de los acolchados presentaron daños por quemaduras en sus primeras etapas de desarrollo; esto se atribuye, en gran parte, a la mayor disponibilidad de nutrimentos para las plantas en los suelos acolchados.

Posiblemente los resultados obtenidos fueron influenciados por el efecto del invernadero donde se llevó a cabo el trabajo.

LITERATURA CITADA

- ANDREW, R.H., D.A. SCHLOUGH, and G.H. TEMPAS. 1976. Some relationships of a plastic mulch to sweet corn maturity. *Agronomy Journal* 68: 422-425.
- CALIFORNIA FERTILIZER ASSOCIATION. 1980. *Western Fertilizer Handbook*. The Interstate Printers & Publishers, Inc. Danville, Illinois.
- CHEN Y., and J.KATAN. 1980. Effect of solar heating of soils by transparent polyethylene mulching on the chemical properties *Soil Science* 130: 271-277.
- HOROWITZ, M. and R.G. HERLINGER. 1983. Solarization for weed control weed. *Weed Science* 31: 170-179.
- IBARRA J., L. y A. RODRIGUEZ P. 1991. Acolchado de suelos con películas plásticas. Editorial Limusa, México.
- LIRA S., R. 1988. Desarrollo, precocidad y productividad de los cultivos con arropado plástico. *Memorias del curso: Uso de las películas de plástico como arropado del suelo para la producción agrícola*. PRONAPA-SARH.
- MAEDA M., C. 1987. Evaluación del cultivo de pepino en invernadero. Informe de Investigación. SARH-PRONAPA.
- MAROTO B., J.V. 1989. *Horticultura herbácea especial*. Ed. Mundiprensa, Madrid, España.
- MARTINEZ P., R., L.F. FLORES L. Y L.J. MALDONADO. 1990. Conservación, utilización y restauración de los recursos naturales de las zonas áridas y semiáridas de México: Enfoque del sistema de Investigación - SARH. *Terra* 8: 127-136.

- MARTINEZ S., J. y M. VILLA. 1982. Producción de lechuga por transplante con y sin acolchado total de plástico. Informe de Investigación PRONAPA-SARH.
- NARRO C., A. 1989. Acolchado de suelos, fertilización y programas de riego en el cultivo de pepino Pickles (*Cucumis sativus* L.) Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Buenavista, Saltillo, Coah., México.
- PETKEVINIENE, I. 1977. The effect of mulch cucumbers in unhected polyethylene house. Horticultural Research Station 2: 125-129.
- ROBLEDO P., F. DE y L.M. VICENTE. 1988. Aplicación de los plásticos en la agricultura. Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España.
- SALISBURY, F.B. and C. ROSS. 1978. Plant physiology. Wadsworth Publishing Co.

AJUSTE DE LOS COEFICIENTES DE DESARROLLO DEL CULTIVO DE TOMATE PARA SUS DIFERENTES ETAPAS FENOLOGICAS CULTIVADO EN CONDICIONES DE ACOLCHADO CON PLASTICO NEGRO

Adjustment of the Crop Coefficients for Different Phenologic Stages of Tomato with Black Plastic Mulching

L. Ibarra J., G. Núñez P., J. Flores V.

Centro de Investigación en Química Aplicada,
Apartado Postal 379, Saltillo, Coahuila, México

Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"
Buenavista, Saltillo, Coahuila

Palabras clave: Acolchado, Irrigación, *Lycopersicon esculentum* Mill, Caracteres agronómicos.

Index words: Plastic mulching, Irrigation, *Lycopersicon esculentum* Mill, Agronomic characters.

RESUMEN

Entre estudio se llevó a cabo en invernadero, en 1989, para estimar los coeficientes de desarrollo del cultivo (kc) de tomate en condiciones de acolchado. Los tratamientos fueron: a) riego del testigo (no acolchado) con los kc tradicionales; b) riego del suelo acolchado con los mismos kc del testigo; c) reducción en los kc por efecto del acolchado; y d) riego del suelo acolchado para deducir los coeficientes de cultivo. Los

tratamientos estudiados fueron estadísticamente diferentes en los caracteres diámetro de tallo, inicio de cosecha, altura de planta, índice de área foliar y rendimiento.

Los resultados mostraron una reducción en los kc de 4% (0.50 vs 0.48) en la etapa inicial del cultivo, de 8.7% (0.80 vs 0.73) en la etapa final del cultivo; y de 19% (1.25 vs 1.05) en la mitad del período de desarrollo. En la etapa final del cultivo se registró un incremento de 4.4% (0.90 vs 0.94 por efecto de acolchado plástico.

SUMMARY

This study was carried out in the greenhouse during 1989 to estimate the values of the Crop Development Coefficients (kc) in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) using plastic mulching. The treatments were: a) watering the control (no mulching) with the traditional kc; b) watering of mulched soil with the same kc as the control; c) reduce kc

Recibido 10-92.

through the effect of mulching, and d) watering of the mulched soil to deduce the crop coefficients. There were statistical differences among treatments for stem diameter, harvest initiation, plant height, leaf area index, and yield.

The results showed a reduction in kc of 4.0% (0.50 vs 0.48) during the initial stage of development; of 8.7% (0.80 vs 0.73) during the full development stage, and of 19.0% (1.25 vs 1.05) for half of the period of development. At the final stage of the crop, the kc showed an increase of 4.4% (0.90 vs 0.94).

INTRODUCCION

Los principales beneficios tecnológicos del uso de invernaderos son: incremento en la producción hasta 200%, obtención de productos en épocas no factibles y con mayor uniformidad y tamaño (Rodríguez e Ibarra, 1991).

Con relación al acolchado plástico, los principales beneficios tecnológicos son: anticipación a cosecha hasta de 15 días, supresión total de "aporques", evitar el desarrollo de malezas en la franja acolchada y ahorrar agua. En relación con el último de los beneficios, (Guariento, 1983) menciona que el acolchado plástico crea una barrera antievaporativa de la humedad entre la atmósfera y el suelo.

En cuanto al suministro de agua, se ha observado durante catorce años de investigación ininterrumpida en el Centro de Investigación en Química Aplicada, que el hecho de utilizar procedimientos de suministro de agua tradicionales ocasiona un gran número de enfermedades de tipo fungoso, debido a la

conservación de la humedad que crea el acolchado plástico. En tal período también se ha encontrado que uno de los procedimientos que hacen más eficiente el uso del agua es el uso del dispositivo de tanque evaporómetro clase "A", y que es necesario retrasar el momento del riego por efecto de cobertura plástica del suelo. Al respecto, es necesario aclarar que se desconocen los coeficientes de cultivo (kc) para suelo acolchado bajo invernadero, que son dos técnicas de agroplásticos que pueden conjuntarse para optimizar la producción, por lo anterior se propuso como objetivo del presente estudio ajustar los kc para suelo acolchado en el cultivo de tomate y su relación en los caracteres agronómicos en condiciones de invernadero.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se realizó en el Campo Experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada en Saltillo, Coahuila, México, cuyas coordenadas geográficas son 25° 27' de latitud norte y 101° de longitud oeste del meridiano de Greenwich y a una altitud de 1610 m.

El experimento se llevó a cabo en un invernadero tipo capilla sin climatización artificial. Los tratamientos de estudio fueron:

a) Testigo (no acolchado) con coeficientes de cultivo (kc) tradicionales (TKscT), kc = 0.5, 0.8, 1.25 y 0.9 (Doorenbos y Kassam, 1979).

b) Acolchado con kc tradicionales (Aksct), que significa regar por exceso por la condición de utilizar acolchado plástico.

c) Acolchado con k_c disminuidos (AKscD) en 20% con relación al testigo, sugerido por Veschambre y Vaysse (1980), $k_c = 0.4, 0.64, 1.00$ y 0.72 .

d) Acolchado para ajustar los coeficientes de cultivo (APAksc), que significa regar el suelo acolchado al mismo contenido de humedad del suelo que el testigo.

La duración de cada k_c estuvo comprendida en cuatro etapas fenológicas: inicial de cultivo, de desarrollo de cultivo, de mediados de período y final del cultivo (Doorenbos y Kassam, 1979).

La determinación de la evapotranspiración potencial (Etp) se obtuvo a partir de la siguiente relación:

$$Etp = E_o \times k_T$$

donde:

Etp = Evapotranspiración potencial (mm)

E_o = Evaporación registrada en un tanque evaporímetro clase "A".

k_T = Coeficiente del evaporímetro, el cual se considera con viento débil y humedad relativa alta (Doorenbos y Pruitt, 1976).

La determinación de la evapotranspiración real (Etr) se calculó con la siguiente fórmula:

$$Etr = Etp \times k_T \times k_c$$

donde:

Etr = Evapotranspiración real (mm)

k_T = Coeficiente de tanque

k_c = Coeficientes de cultivo

Los coeficientes de cultivo (k_c) se calcularon con la siguiente relación:

$$k_c = Etr/Etp$$

donde:

k_c = Coeficientes de cultivo

Etr = Evapotranspiración real (mm), calculada midiendo el cambio del contenido de humedad del suelo en un intervalo de tiempo, medido por el método gravimétrico.

Etp = Evapotranspiración potencial (mm).

A fin de contabilizar la evaporación diaria, dentro del invernadero se colocó el evaporímetro de tanque clase "A". La cubierta empleada en el invernadero fue de polietileno con un espesor de 150 micras. La película empleada en acolchado fue de dimensiones 1.20 m de ancho y 37.5 micras de espesor, con coloración negro-opaco. La distribución de los tratamientos se hizo siguiendo una distribución de bloques al azar, con cuatro repeticiones. Cada parcela experimental estuvo formada por tres surcos de 5.50 m de largo y una separación de 1.10 m y 0.40 m entre plantas, lo que generó una densidad de 2.3 plantas por metro cuadrado, densidad sugerida para cultivos de tomate en invernadero. Se utilizó la variedad de tomate Floradade, de crecimiento determinado, en la cual se podaron los brotes existentes por debajo del primer racimo floral. Posteriormente, solamente se eliminaron los brotes con hojas seniles. Debido al hábito de crecimiento determinado de cultivo, las plantas se condujeron en vertical. Cada unidad experimental recibió la fertilización inicial 67-400-00 de NPK y como complemento 133 unidades de N al inicio de la floración, para completar un total de 200 unidades.

La toma de datos ocurrió al siguiente día de establecido el cultivo, se tomaron las lecturas diarias en el evaporímetro en tanque clase "A" para realizar el balance hídrico en

cada tratamiento, en el tratamiento APAksc no se realizó lo anterior, solamente se efectuaron muestreos de humedad del suelo, cuyos contenidos de humedad se compararon con los del tratamiento testigo para ajustar los kc en suelo acolchado. El suelo donde se efectuó el presente ensayo es areno-limoso de 0 a 30 cm de profundidad y arcillo-limoso de 30 a 60 cm. Se utilizó agua de calidad C₃ S₁. El análisis de crecimiento del cultivo se inició 23 días después de la plantación, tiempo en el que algunos tratamientos iniciaron la floración, dato obtenido cuando 50% de las plantas en cada parcela útil mostraron botones florales abiertos, el diámetro de tallo se midió en la parte basal. Para la medición de altura de planta e índice de área foliar (área foliar por unidad de superficie), se tomó como base que en cada tratamiento se hubiese iniciado la recolección, para proporcionar una igualdad en la fase fenológica, ya que el acolchado anticipa la producción.

RESULTADOS Y DISCUSION

Desarrollo y Rendimiento en los Criterios de Riego

En el Cuadro 1 se muestran los cuadrados medios de los análisis de varianza. Los caracteres diámetro de tallo, altura de planta e índice de área foliar, mostraron diferencias significativas a 0.01 de probabilidad. Los caracteres inicio de cosecha y rendimiento mostraron diferencias significativas a 0.05, lo que significa una respuesta del estudio al suministro de agua y al acolchado de suelos. Solamente el carácter inicio de floración no presentó diferencia a los niveles de probabilidad mencionados.

En el Cuadro 2 se presentan los valores medios de cuatro repeticiones de los caracteres mencionados en los análisis de varianza. En dicho cuadro se aprecia que los caracteres diámetro de tallo y altura de planta están mutuamente asociados; por ejemplo, los menores valores de diámetro de tallo los registró el tratamiento testigo con 1.14 cm y fue a su vez el que registró la menor altura de planta con 0.91 m. En cambio el tratamiento AkscT registró los mayores valores de diámetro de tallo y altura de planta con 1.32 cm y 1.11 m, respectivamente. Lo anterior era de esperarse ya que ambos tratamientos poseen los mismos kc y, por tanto, un mismo calendario de riegos, pero difieren en que poseen o no acolchado, esa misma tendencia de asociación entre diámetro de tallo y altura de planta se registró entre los tratamientos acolchados AkscD y APAksc.

La anticipación a floración e inicio de cosecha promedio de los tres tratamientos acolchados con relación al testigo fue de un día (22 vs 23) y (58 vs 69) en ambos caracteres. Aunque cabe destacar que el tratamiento AkscT registró un día adicional a cosecha (70 vs 69) en relación con el testigo, lo que significa que el hecho de utilizar acolchado plástico no siempre es un índice de anticipación a cosecha. No anticipación a cosecha, por efecto de acolchado en tomate en invernaderos, es reportada por Torres (1991).

Al analizar los caracteres índice de área foliar y rendimiento se observa que siguieron la misma tendencia que altura de planta y diámetro de tallo. El menor valor de índice de área foliar lo registró el tratamiento testigo con 0.92 m² y a su vez fue el que registró el menor rendimiento con 14.295 kg/m²; en cambio, los mayores valores en tales caracteres los registró

Cuadro 1. Análisis de varianza y cuadrados medios de algunos parámetros estudiados en el cultivo de tomate con acolchado bajo invernadero.

Fuente de Variación	GL	Diámetro tallo	Inicio floración	Inicio cosecha	Altura planta	Índice área foliar	Rendimiento
Cuadrados Medios							
Tratamientos	3	0.0287**	1.33 NS	9.00 *	0.152 **	0.282950 **	1.73 *
Bloques	3	0.0004 NS	0.66 NS	2.50 NS	0.001 NS	0.000008 NS	0.32 NS
Error Exp.	9	0.0002	0.66	2.06	0.001	0.000129	0.52
CV (%)		1.02	3.63	2.10	3.06	0.88	4.66

NS = No significativo

* = Significativo al 0.05

** = Significativo al 0.01

Cuadro 2. Valores medios de algunos caracteres agronómicos del cultivo de tomate en condiciones de invernadero en suelo con y sin acolchado.

Tratamientos	Diámetro tallo	Inicio floración	Inicio cosecha	Altura planta	Índice área foliar	Rendimiento
	cm	----- días -----		m	m ²	kg/m ²
TKscT	1.14	23	69	0.91	0.92	14.295
AKscT	1.32	23	70	1.11	1.51	16.286
AKscD	1.31	22	67	1.05	1.27	15.503
APAKsc	1.30	22	67	1.03	1.44	15.580
DMS (0.05)	0.02	NS	2.10	0.05	0.02	1.15

TKscT = Testigo con coeficientes de cultivo tradicionales.

AKscT = Acolchado con coeficientes de cultivo tradicionales.

AKscD = Acolchado con coeficientes de cultivo disminuidos.

APAKsc = Acolchado para ajustar los coeficientes de cultivo.

el tratamiento AkscT con un incremento de índice de área foliar y rendimiento sobre el testigo de 0.59 m² (64.1%) y 1.991 kg/m² (13.9%), y, de acuerdo con Guariento (1983), podrían atribuirse al efecto del acolchado sobre la temperatura del suelo, la mayor disponibilidad de nutrimentos, el control de malezas y el mejoramiento de la estructura del suelo, ya que la diferencia entre los tratamientos referidos se debe únicamente a la condición de cobertura plástica del suelo. Incluso, el tratamiento con kc disminuidos, pero con acolchado, superó al testigo en 0.35 m² y 1.208 kg/m² en índice de área foliar y rendimiento, respectivamente, no obstante de haber aplicado una menor lámina de agua. El hecho de reducir los valores de kc en 20%

(AKscD), sugerido por Veschambre y Vayasse (1980), cuando se utilizó el acolchado plástico, no siempre es una indicación de suministrar el agua a un mismo contenido de humedad que en el testigo, como tampoco se sugiere utilizar los kc tradicionales en suelo acolchado (AkscT). Al respecto fueron computados los coeficientes de determinación (r²) con los contenidos de humedad (datos no mostrados) entre riegos, para los tratamientos testigo - AkscT y testigo - AkscD, cuyos valores de r² fueron 0.02 y 0.38 considerados estadísticamente no significativos. Por lo que para una más confiable utilización de los resultados se obtuvieron los kc en suelo acolchado.

Comparación entre los Tratamientos testigo y APAksc.

En el Cuadro 2 se encuentran las medias de los caracteres de los tratamientos testigo y APAksc que difieren únicamente en que poseen o no cobertura plástica. La diferencia en días a inicio de floración y cosecha se redujeron en uno y dos días por efecto de acolchado (23 vs 22) y (69 vs 67). Tales valores, aunque pequeños, reflejan la influencia positiva del acolchado en la anticipación a cosecha.

Los caracteres diámetro de tallo, altura de planta e índice de área foliar mostraron mayores valores en el tratamiento APAksc que en el testigo, con incrementos de 0.16 cm (14.0%), 0.12 m (11.6%) y 0.52 m² (56.5%), respectivamente. Tales resultados soportan los obtenidos por Torres (1988) en tomate en condiciones de invernadero, quien encontró mayores valores en tales caracteres en suelo con acolchado. En cuanto al ahorro de agua neto al utilizar el tratamiento APAksc, la diferencia fue de 49.37 mm en relación con el testigo (Cuadro 3), el valor registrado en el último de los tratamientos fue de 568.99 mm. La razón para tal diferencia la constituye la barrera anti evaporativa de humedad que crean los plásticos, Rodríguez e Ibarra (1991) reportan la misma tendencia en los cultivos de tomate y calabacita.

En cuanto a rendimiento se observa que el tratamiento acolchado superó al testigo en 1.285 kg/m² (9.0%), el valor registrado en el testigo fue de 14.295 kg/m². Los resultados presentados reflejan que el rendimiento se incrementa por el acolchado de suelos. Resultados de estudios con tomate en invernadero muestran una tendencia similar en acuerdo con Torres (1991), quien menciona

que es un cultivo que responde favorablemente a los aporques. En el presente estudio el tratamiento testigo recibió un total de dos aporques, en suelo acolchado no se llevó a cabo ninguno. Posiblemente eso explica el ligero aumento en favor del acolchado.

En el Cuadro 3 se encuentra la información necesaria para ajustar los coeficientes de cultivo; se deduce que en la etapa inicial del cultivo, primeros 30 días del cultivo, el valor de kc se redujo por efecto de acolchado en 0.02 (0.50 vs 0.48), en la etapa de desarrollo del cultivo, 31 a 70 días en la tercera etapa, 71 a 110 días, se presentó un decremento por el mismo efecto de 0.07 (0.80 vs 0.73) y 0.20 (1.25 vs 1.05) unidades, respectivamente. Tales valores representan decrementos en los consumos de agua netos de 3.23, 11.76 y 39.90 mm al emplear acolchado de suelos; en cambio, en la etapa final del cultivo, de los 111 a los 139 días, el consumo neto fue superior en suelo acolchado con 4.52 mm, el valor de kc en el testigo fue de 0.90 en suelo con cobertura plástica fue de 0.94. El mayor consumo de agua en la última etapa pudo deberse a que el último tratamiento produjo plantas con mayor diámetro de tallo, altura de planta e índice de área foliar y mayor rendimiento. Los resultados del presente estudio confirman los obtenidos por Munguía (1985) en el cultivo de espinaca, que dedujo que al utilizar los mismos kc en suelo acolchado y testigo, el contenido de humedad antes de cada riego fue superior en el primer tipo de suelo, especialmente en las primeras etapas de desarrollo vegetal. Resultados de menor consumo de agua en promedio, al utilizar acolchado de suelos se han encontrado por Ibarra y Márquez (1991) en el cultivo de pimiento, por lo que concluyen que el acolchado hace posible un mayor ahorro de

Cuadro 3. Evapotranspiración real, evapotranspiración potencial y coeficiente de cultivo, deducidos para cuatro etapas del cultivo de tomate en suelo con y sin acolchado.

Periodo días	Etr ^z		Etp ^z		Kc	
	Testigo	Acolchado	Testigo	Acolchado	Testigo	Acolchado
1 - 30	69.58	66.35	139.11	139.11	0.50	0.48
31 - 70	141.25	129.49	176.65	176.65	0.80	0.73
71 - 110	247.22	208.32	198.48	198.48	1.25	1.05
111 - 139	110.94	115.46	123.43	123.43	0.90	0.94
	568.99	519.62	637.67	637.67	kg = 0.89	0.81

z) Etr = Evapotranspiración real; Etp = Evapotranspiración potencial.

agua en períodos frecuentes que en períodos retardados de suministro.

1.44 m²) y 9.0% (14.295 vs 15.580 kg/m²) en diámetro de tallo, altura de planta, índice de área foliar y rendimiento, respectivamente.

CONCLUSIONES

Al utilizar acolchado los valores de kc disminuyeron en relación con el testigo en 4.0% (0.50 vs 0.48), 8.7% (0.80 vs 0.73) y 19.0% (1.25 vs 1.05) en la etapa inicial de cultivo, de desarrollo del cultivo y mitad de período, respectivamente, en la etapa final se incrementó en 4.4% (0.90 vs 0.94) por el mismo efecto. El consumo neto de agua se redujo en 49.37 cm por efecto de acolchado.

Cuando se compararon los tratamientos que difieren únicamente en que no poseen cobertura plástica, se observó un aumento por efecto de acolchado de 14.0% (1.14 vs 1.30 cm) 13.2% (0.91 vs 1.03 cm), 56.5% (0.92 vs

LITERATURA CITADA

- DOORENBOS, J. y O.W. PRUITT. 1976. Las necesidades de agua de los cultivos. Roma, Italia.
- DOORENBOS, J. y A.H. KASSAM. 1979. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO: Riego y Drenaje, Roma, Italia.
- GUARIENTO, M. 1983. El acolchado en diversas situaciones agroclimáticas. pp. 313-320. Memorias del XII Congreso Internacional de Agricultura con Plásticos, Guadalajara, Jalisco, México.
- IBARRA, L. y G. MARQUEZ. 1991. Efecto de la irrigación sobre caracteres agronómicos del pimiento morrón con acolchado plástico. Terra 11: 67-72.
- MUNGUÍA, J. 1985. El acolchado de suelos y la práctica de riego en el cultivo de espinaca. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Saltillo, Coahuila, México.
- RODRIGUEZ, A. y L. IBARRA. 1991. Semiforzado de cultivos mediante el uso de plásticos. Editorial Limusa. México, D.F.
- TORRES, J. 1991. El cultivo de tomate con acolchado en: invernadero, túnel y cielo abierto. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Saltillo, Coahuila, México.
- VESCHAMBRE, D. et L. VAYASSE. 1980. Memento goutte a goutte. Centre Technique Interprofessions des fruits et légumes. Paris, France.

DISEÑO DEL RIEGO DE LA ALFALFA MEDIANTE SIMULACION MATEMATICA

Alfalfa Irrigation Design with Mathematical Simulation

Ernesto Alonso Catalán Valencia y Ma. Magdalena Villa Castorena

CENID-RASPA INIFAP-SARH Apartado Postal 41, Cd. Lerdo, Dgo.

Palabras clave: Riego por superficie, Eficiencia, Productividad.

Index words: Surface irrigation, Efficiency, Productivity.

RESUMEN

Se aplicó un modelo para diseñar los riegos del cultivo de alfalfa con el propósito de evaluarlo y demostrar que mediante el diseño adecuado es posible superar los niveles de eficiencia y productividad obtenidos en la Región Lagunera. Los datos predichos por el modelo fueron similares a los datos medidos en campo. Los niveles de rendimiento y productividad resultantes fueron similares a los logrados en estudios experimentales de la respuesta de este cultivo al déficit hídrico. La eficiencia de aplicación y la uniformidad de los riegos diseñados fueron superiores a noventa por ciento.

Recibido 2-93.

SUMMARY

A model for alfalfa irrigation design was applied in order to evaluate it and to demonstrate that with a suitable irrigation design it is possible to improve the crop yield and water productivity obtained in the Lagunera Region. There was close agreement between model predictions and field measurement data. Crop yield and water productivity levels were similar to those obtained in alfalfa response to water stress studies. Application efficiency and uniformity of the irrigations designed were higher than ninety percent.

INTRODUCCION

La eficiencia de aplicación del riego parcelario en México es relativamente baja, con un valor medio aproximado de 60% debido a pérdidas de agua por percolación profunda o escurrimiento, originadas por el diseño y manejo inadecuado de los sistemas de riego por superficie (Comisión Nacional del Agua, 1991).

El diseño del riego consiste en seleccionar los parámetros propios del sistema

con el propósito de mejorar en lo posible sus niveles de eficiencia y productividad. Esta selección se realiza con base en un estudio hidráulico, cuya complejidad característica se debe a la gran dinámica de los procesos involucrados. El uso de la simulación matemática permite el análisis continuo de los procesos y una mayor reproductividad de resultados, por lo que es posible utilizar los modelos disponibles como herramientas confiables para el diseño de los sistemas de riego.

En este estudio se utilizó la alfalfa por ser el principal cultivo forrajero de la Región Lagunera, ya que ocupa una superficie aproximada de 22 000 ha, regadas con el sistema de riego de melgas rectas. De acuerdo con el trabajo realizado por Inzunza (1989), se requiere de una lámina de riego anual de 1.85 m para producir 115 t ha⁻¹ de forraje verde, mientras que el productor aplica una lámina de 2.7 m y obtiene un rendimiento de 70 t ha⁻¹.

Lo anterior indica que el agricultor alcanza un nivel de productividad de 2.6 kg m⁻³ de agua aplicada, 42 por ciento del potencial logrado en el estudio antes referido; muestra también que utiliza su sistema de riego con una eficiencia de aplicación de 68% en promedio. También es posible inferir que a nivel regional se aplica un volumen de agua en exceso de 187 millones de metros cúbicos por año, de los cuales aproximadamente 85% proviene del acuífero subterráneo, por lo que se estima que la alfalfa contribuye con 29% al problema de la sobreexplotación de éste, estimada en un volumen de agua anual de 550 millones de metros cúbicos.

OBJETIVOS

1. Aplicar y evaluar el modelo propuesto como herramienta para el diseño del riego por melgas.
2. Mostrar que mediante el diseño adecuado del riego de la alfalfa es posible superar los niveles de eficiencia y productividad que actualmente se logran con dicho cultivo en la Región Lagunera.
3. Estimar el potencial de recuperación del acuífero de la región como consecuencia del riego eficiente de la alfalfa.
4. Promover el uso de la simulación como técnica de investigación de los procesos hidráulicos del riego parcelario.

METODOLOGIA

El presente estudio se inició en diciembre de 1990 en el campo experimental del CENID-RASPA de Gómez Palacio, Durango. Como parte de la metodología general del mismo, primeramente se preparó y niveló una parcela experimental de 50 x 160 m, dentro de la cual se construyeron cinco melgas; después se sembró y estableció el cultivo en un lapso de tres meses y medio, período durante el cual se realizó la caracterización hidrodinámica del suelo del lote experimental. Posteriormente se inició con el diseño y la aplicación de los riegos, con base en el modelo SIRMOD desarrollado en la Universidad de Utah (Utah State University, 1989); se evaluaron un total de cuatro riegos, uno por cada corte o cosecha, según lo establecido por Inzunza (1989).

Nivelación del lote experimental y trazo del experimento

La parcela experimental se niveló con una pendiente longitudinal de 0.00024 y una pendiente transversal nula, dentro de la cual se trazaron cinco melgas de 4.37 x 160 m.

Establecimiento del cultivo

La siembra de la alfalfa se efectuó el 16 de diciembre de 1990, en seco y mecánicamente, con una densidad de 35 kg ha⁻¹. Se utilizó la variedad Moapa, cuya semilla se inoculó para la fijación del nitrógeno atmosférico y se fertilizó únicamente con fósforo (240 kg de P₂O₅ ha⁻¹). Durante los primeros tres meses y medio se aplicaron riegos ligeros para lograr el establecimiento del cultivo.

Caracterización hidrodinámica del suelo

Esta práctica consistió en determinar las ecuaciones o relaciones características entre el potencial mátrico del suelo (h) y la conductividad hidráulica (K) con el contenido volumétrico de humedad (θ). Para representar estas relaciones se adoptaron las ecuaciones propuestas por Van Genuchten (1980) y Averyanov (citado por Poluvarinova-Kochina, 1962):

$$\theta(h) = \frac{\theta_s}{\left[1 + \left[\frac{h}{hg}\right]^n\right]^m} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$K(\theta) = K_s \left[\frac{\theta}{\theta_s}\right]^\phi \quad (\text{Ecuación 2})$$

donde θ_s y K_s son el contenido volumétrico de humedad y la conductividad hidráulica en condiciones de suelo saturado, respectivamente; hg, n y m = 1 - 1/n y φ = 2/m + 1/2 son parámetros empíricos.

De acuerdo con lo anterior, la caracterización hidrodinámica del suelo consistió en determinar los valores de θ_s, K_s, hg y m. Para esto, se determinó la densidad aparente del suelo en seis sitios igualmente espaciados a través de la longitud de riego, entre las melgas dos y tres, en las capas de 0 a 30 y 30 a 60 cm de profundidad. En cada sitio se realizó una prueba de infiltración de 24 horas de duración con el infiltrómetro de doble cilindro, con carga hidrostática constante y con determinación previa del contenido de humedad inicial en las capas del suelo antes referidas, así como la granulometría del suelo en las mismas capas, con base en el procedimiento de análisis mecánico combinado de suelos descrito por Bowles (1982).

El valor de θ_s se estimó con la relación propuesta por Rogowski (1971):

$$\theta_s = 0.9 \left[1 - \frac{Da}{Dr}\right] \quad (\text{Ecuación 3})$$

donde Da es la densidad aparente y Dr la densidad de sólidos o densidad real del suelo.

Los parámetros hg y m de la Ecuación 1 se estimaron por medio de un método predictivo desarrollado por Fuentes *et al.* (1986), basado en la curva granulométrica o distribución de las partículas del suelo por tamaño F(D):

$$F(D) = \frac{1}{\left[1 + \left[\frac{Dg}{D}\right]^{\frac{1}{1-(1+p_c)^m}}\right]^m} \quad (\text{Ecuación 4})$$

donde F es la frecuencia con base en el peso de las partículas de suelo de diámetro igual o menor que D ; Dg y $P_t = m^{\alpha}-1$ son dos parámetros empíricos con $\alpha = 1/2$.

Los valores de m y Dg se obtuvieron mediante un ajuste por mínimos cuadrados de los datos experimentales de F vs D según la Ecuación 4, luego se estimó el valor de hg con la siguiente expresión:

$$hg = \frac{0.149}{Dg} \sqrt{\frac{6(1-\epsilon)}{\theta_s}} \left[\frac{18(\delta-1)m^{\alpha}}{Dr \Pi Dg^3 2^m [(\delta-1)m^{\alpha} + 1 - m^{\alpha}]} \right]^{\delta-1} \quad (\text{Ecuación 5})$$

donde $\epsilon = 1 - Da/Dr$ es la porosidad total y además:

$$\delta = \frac{6 - 5m - 2m^{1-\alpha}}{6 - 4m - 3m^{1-\alpha}} \quad (\text{Ecuación 6})$$

El parámetro K_s se determinó a partir de los datos experimentales de infiltración acumulada (I) y tiempo (t), por ajuste de mínimos cuadrados a la función de infiltración de Green y Ampt (1911). Por otra parte, el modelo SIRMOD incluye una rutina para el cálculo de la infiltración a partir de la función potencial de Kostikov modificada:

$$I = at^b + ct \quad (\text{Ecuación 7})$$

en la cual a , b y c son constantes empíricas de ajuste. Sin embargo, con el propósito de darle un sentido físico a la descripción de dicho proceso y utilizar a la vez una estructura matemática similar, se adoptó la función de Philip (1957), de tal manera que "a" puede identificarse como la sorbilidad o capacidad del suelo para absorber agua por capilaridad (S); $b = 0.5$ y c es aproximadamente $2/3 K_s$, de acuerdo con la solución de Green y Ampt (1911).

En cada riego se calculó el valor de S con el fin de considerar el efecto del contenido de humedad inicial del suelo (θ_0) sobre la infiltración. Para esto se integró numéricamente la ecuación de Philip y Knight (1974):

$$S_1 = \left[2 \int_{h_0}^0 \frac{\theta(h) - \theta_0}{f(h)} K(h) d(h) \right]^{1/2} \quad (\text{Ecuación 8})$$

donde h_0 es la presión efectiva del agua correspondiente a θ_0 según la Ecuación 1 y además:

$$f(h) = \frac{2[\theta(h) - \theta_0]}{\theta_s + \theta(h) - 2\theta_0} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Descripción del modelo de riego

El modelo SIRMOD simula el flujo de agua del riego por gravedad con base en la solución numérica de las ecuaciones del flujo hidráulico no establecido (ecuaciones de Saint-Venant), tanto en la versión hidrodinámica completa, como en las simplificadas de "cero inercia" y de "onda cinemática". Se puede aplicar al riego por surcos, por melgas, así como a las variantes de gasto continuo, pulsado y con o sin escurrimiento aguas abajo.

Manejo de los riegos

Después de la etapa de establecimiento del cultivo se aplicaron y evaluaron cuatro riegos, uno por corte o cosecha de acuerdo con lo establecido experimentalmente por Inzunza (1989), el 17 de mayo, 15 de junio, 20 de julio y 14 de agosto de 1991; los cuales coincidieron con el período de mayor producción.

Inmediatamente después de cada corte y antes de la aplicación de cada riego, se hizo

un muestreo gravimétrico de la humedad del suelo en ocho sitios igualmente espaciados a través de la longitud de la melga bajo control, en capas de suelo de 30 cm hasta la profundidad de 120 cm. Con estos muestreos se calcularon las láminas y volúmenes de riego como sigue:

$$Lr = (\theta_{cc} - \theta_0) * Pr \quad (\text{Ecuación 10})$$

$$Vr = Lr * A * L \quad (\text{Ecuación 11})$$

donde Lr es la lámina de riego, θ_{cc} el contenido volumétrico de humedad a capacidad de campo, θ_0 el contenido volumétrico de humedad promedio antes del riego, Pr la capa de suelo por humedecer, Vr el volumen de riego, A y L el ancho y longitud de la melga, respectivamente.

El gasto de riego se seleccionó con base en el volumen de riego y en el resto de las variables de diseño con el auxilio del modelo SIRMOD, mediante simulaciones sucesivas hasta encontrar un gasto que permitiera distribuir lo más uniformemente posible la lámina de riego a lo largo de la melga; una vez seleccionado, se aplicó al cultivo con sifones previamente calibrados.

Durante cada riego se midió el avance y la recesión, después de cada uno de ellos se hizo un muestreo de la humedad del suelo similar al muestreo previo a los riegos, con el propósito de determinar, mediante un balance, la lámina de agua infiltrada a lo largo de la melga y los índices de eficiencia de aplicación y uniformidad del riego. La eficiencia de aplicación se calculó como la proporción entre el promedio de las láminas de agua aplicadas, menores o iguales que la lámina de riego y la lámina de riego programada. La uniformidad de riego se calculó con base en el coeficiente de uniformidad de Christiansen (Utah State

University, 1989). En los resultados se comparan estos datos con los simulados por el modelo.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se presentan los valores de los parámetros resultantes de la caracterización hidrodinámica del suelo, de los cuales hg , m y θ_0 representan el promedio de las capas de suelo de 0 a 30 y 30 a 60 cm de profundidad; también se presentan los valores promedio a través de la distancia y los coeficientes de variación correspondientes. Para el caso de la conductividad hidráulica a saturación se presentan dos columnas de valores, los mayores se obtuvieron a partir de las primeras pruebas de infiltración realizadas sobre suelo recién preparado; mientras que los valores menores corresponden a pruebas de infiltración subsecuentes hechas en los mismos sitios sin mover los cilindros infiltrómetros, lo que indica una reducción de la conductividad hidráulica de 40% en promedio por efecto del sellado del suelo.

Con los valores medios del Cuadro 1 y con el valor de θ_0 promedio registrado antes de cada riego, se calculó la sorbilidad y con esto los coeficientes de la función de infiltración (Ecuación 7). Se utilizó el valor de K_s menor por representar mejor las condiciones del suelo durante el ensayo de los riegos. En el Cuadro 2 se muestran los valores de θ_0 y de S por riego, los cuales fueron muy similares.

En el Cuadro 3 se presentan los incluidos en el modelo para la simulación de los riegos. Las láminas de riego aplicadas se calcularon para reponer la humedad del suelo a capacidad de campo en los primeros 75 cm de profundidad.

Cuadro 1. Resultados de la caracterización hidrodinámica del suelo.

Distancia	hg	m	θ_s	K_s	K_s'
m	cm		cm^3/cm^3	cm/h	cm/h
10	66.71	0.1066	0.4947	0.220	0.144
20	66.40	0.1219	0.4981	0.920	0.480
40	71.06	0.1116	0.4778	0.506	0.368
80	69.93	0.1170	0.4992	0.270	0.198
120	81.91	0.1068	0.4665	0.300	0.150
150	93.70	0.0978	0.4574	0.275	0.160
Media	74.95	0.1103	0.4823	0.415	0.250
C.V.(%)	14.39	7.73	3.90	64.20	56.25

hg = parámetro empírico

m = conductividad hidráulica en suelos saturados.

θ_s = contenido volumétrico de humedad en suelo saturado.

K_s = conductividad hidráulica en suelo saturado

K_s' = conductividad hidráulica en suelo después de varias corridas.

Cuadro 2. Humedad inicial registrada y sorbilidad calculada en cada riego.

Riego	Humedad inicial	Sorbilidad
	cm^3/cm^3	$\text{cm}/\text{h}^{1/2}$
Primero	0.1542	4.2913
Segundo	0.1626	4.1115
Tercero	0.1573	4.2122
Cuarto	0.1732	3.9812

Como información de salida el modelo proporciona la evolución en el tiempo y la distancia del tirante y la lámina de agua infiltrada en las cuatro fases del riego que son: avance, almacenamiento, consumo y recesión; proporciona también la evolución en tiempo y espacio del frente de corriente durante el avance y la recesión, las láminas infiltradas finales a través de la distancia, así como la eficiencia de aplicación y la uniformidad del riego.

En el primer riego se realizó la calibración del modelo, la cual consistió en determinar el valor del coeficiente de rugosidad n (Cuadro 3) de la ecuación de Manning que representara mejor las curvas de avance y recesión medidas en campo. La estimación de este valor se comprobó a través de los riegos con base en mediciones del tirante realizadas durante la fase de avance en las distancias 0, 10, 30 y 50 m, con el propósito de estimar un tirante normal promedio y deducir el valor de n según la ecuación antes mencionada.

Cuadro 3. Datos de diseño y de suelo incorporados al modelo para la simulación de los riegos.

Variable	1er riego	2do. riego	3er. riego	4to. riego
Longitud de melga (m)	160.0	160.0	160.0	160.0
Ancho de melga (m)	4.37	4.37	4.37	4.37
Pendientes (%)	0.024	0.024	0.024	0.024
Coef. de rugosidad	0.12	0.12	0.12	0.12
Gasto (l/seg)	12.5	10.0	10.0	9.0
Tiempo de riego (min)	167.0	201.0	206.0	213.0
Lámina de riego (cm)	18.0	17.3	17.7	16.5
a (S), (cm/h ^{1/2})	4.2913	4.1115	4.2122	3.9812
b	0.5	0.5	0.5	0.5
c (2/3 ks), (cm/h)	0.1667	0.1667	0.1667	0.1667

El diseño del resto de los riegos, o sea, la selección del gasto y tiempo de riego se hizo mediante simulaciones sucesivas, proporcionando al modelo los datos de entrada del Cuadro 3, variando los valores de gasto y tiempo hasta conseguir la mayor eficiencia de aplicación y uniformidad posibles.

Los gastos y tiempos de riego seleccionados fueron similares debido a que los índices de rugosidad y humedad inicial del suelo casi no variaron a través de los riegos, de tal manera que el comportamiento hidráulico del sistema fue prácticamente el mismo. Consecuentemente sólo se discutirán en detalle los resultados obtenidos en el cuarto riego.

En las Figura 1 y 2 se puede notar una gran similitud entre las curvas de avance y recesión simuladas con las observadas en

campo o reales, lo que muestra la gran capacidad predictiva del modelo. En la Figura 3 se comparan los valores simulados y observados de las láminas de agua infiltradas a través de la distancia, los cuales resultaron también similares.

Como índice de evaluación del riego, en el Cuadro 4 se muestran los valores reales y simulados de la eficiencia de aplicación y la uniformidad de riego, superiores a 90% en ambos casos. En lo que respecta a la respuesta del cultivo, se tuvo un rendimiento de forraje verde promedio por corte de 13 t ha⁻¹, 88% del valor medio de 14.8 t ha⁻¹ obtenido experimentalmente por Inzunza (1989) en los cuatro cortes de mayor producción, con una eficiencia de uso de agua promedio por corte de 7.5 kg/m³, el 86% del valor medio de 8.7 kg/m³ alcanzado a nivel experimental.

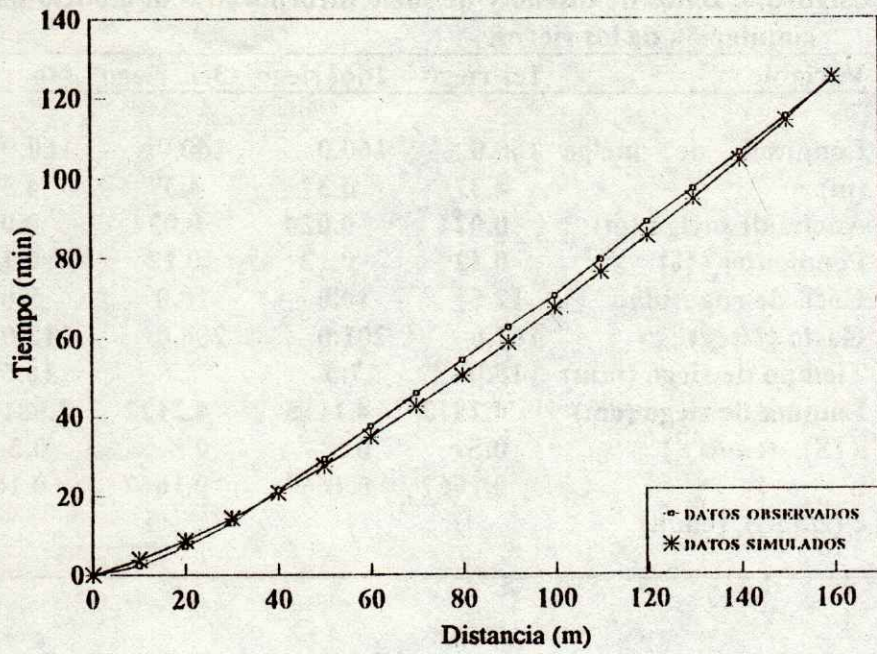


Figura 1. Avance observado y avance simulado por el modelo.

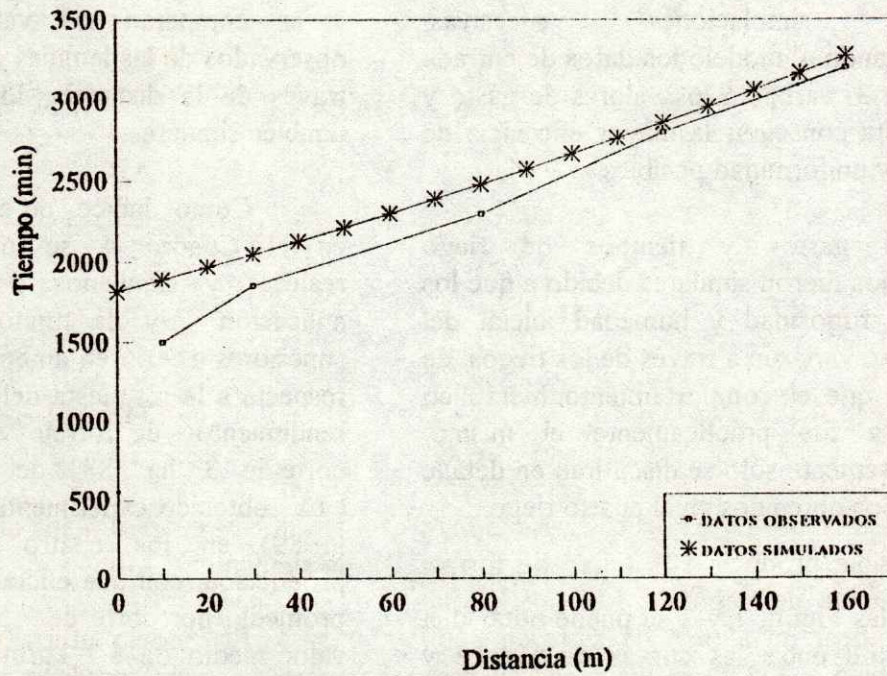


Figura 2. Recesión observada y recesión simulada por el modelo.

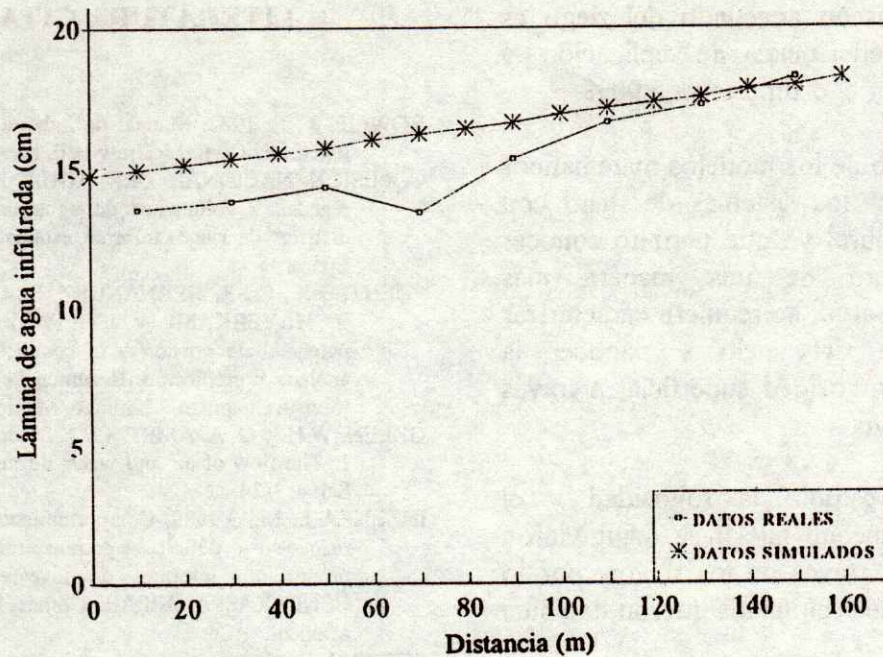


Figura 3. Distribución espacial de las láminas de riego reales y simuladas.

Cuadro 4. Índices de evaluación del cuarto riego.

Fuente	Ef. de aplicación	Unif. de aplicación
	-----%	
Datos reales	91	90
Datos simulados	97	94

Al comparar los niveles de producción y productividad promedio de la Región Lagunera con los resultados obtenidos en este estudio y con los resultados experimentales, se infiere que es posible producir 101 t ha^{-1} de forraje con una lámina de riego de 1.89 m; lo que podría significar un ahorro de agua de $8100 \text{ m}^3/\text{ha}$ o bien, 178.2 millones de metros cúbicos a nivel regional, el 32% del volumen anual sobreexplotado del acuífero.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

El modelo utilizado mostró una gran precisión para predecir el comportamiento hidráulico del sistema en los cuatro riegos evaluados.

Con el diseño adecuado del riego es posible lograr eficiencias de aplicación y uniformidades de riego superiores a 90%.

Con el uso de los modelos matemáticos es posible diseñar los sistemas de riego con menor incertidumbre, ya que permite conocer su funcionamiento de una manera más dinámica; sin embargo, se requiere caracterizar la hidrodinámica del suelo y conocer la evolución de la rugosidad superficial a través del ciclo del cultivo.

En este estudio la rugosidad y el contenido de humedad inicial se mantuvieron casi invariables a través de los riegos, por lo que los gastos seleccionados fueron también similares.

Los rendimientos y las láminas de agua aplicadas en los cuatro eventos riego-cosecha evaluados fueron similares a los obtenidos experimentalmente, de tal manera que al comparar los resultados obtenidos, los resultados de experimentos previos y los datos promedio de la región, se infiere que es posible producir 101 t ha^{-1} de forraje verde por año y ahorrar al mismo tiempo un volumen de agua de $8100 \text{ m}^3/\text{ha}$. A nivel regional esto representa un ahorro de 178.2 millones de metros cúbicos, así como un beneficio potencial del acuífero a través de la reducción, en 27%, del volumen anual extraído en exceso.

LITERATURA CITADA

- BOWLES J., E. 1982. Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil. McGraw-Hill. México.
- COMISION NACIONAL DEL AGUA. 1991. Superficies regadas y volúmenes de agua distribuidos en los distritos de riego. Informe estadístico 1, 2 y 4, 2a. Epoca.
- FUENTES R., C., R. HERNANDEZ, S., O. PALACIOS V., R. HAVERKAMP y J.Y. PARLANGE. 1986. El potencial de presión y la conductividad hidráulica: análisis y predicción. Resumen de tesis profesional. Revista Chapingo. Chapingo, México.
- GREEN, W.H. y G. A. AMPT. 1911. Studies on soil physics, 1. The flow of air and water through soils. J. Agric. Sci. 4: 1-24.
- INZUNZA I., M.A. 1989. Comportamiento de la alfalfa en respuesta al déficit evapotranspirativo en la fase de producción. Informes de Investigación 3: 31-71. CENID-RASPA INIFAP. Gómez Palacio, Durango, México.
- PHILIP, J.R. 1957. The theory of infiltration: 4. Sorptivity and algebraic infiltration equations. Soil Sci. 84: 257-264.
- PHILIP, J.R. y J.H. KNIGHT. 1974. On solving the unsaturated flow equation: 3. New quasi-analytical technique. Soil Sci. 117: 1-13.
- POLUVARINOVA-KOCHINA P. 1962. Theory of groundwater movement. Princenton Univ. Press. Princenton, N.J., USA.
- ROGOWSKI A.S. 1971. Watershed physics: model of the soil moisture characteristic. Water Resources Res. 7: 1575-1578.
- UTAH STATE UNIVERSITY. 1989. SIRMOD. Surface Irrigation Simulation Software. Department of Agricultural and Irrigation Engineering. Utah State University. Logan, Utah, USA.
- VAN GENUCHTEN, M.T. 1980. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 44: 892-898.

FUNCION DE PRODUCCION Y EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA PARA OCHO CULTIVARES DE VID EN LA COMARCA LAGUNERA

Production Function and Use Efficiency of Water by
Eight Grape Cultivars at Comarca Lagunera

Ma. Victoria Huitrón R. y Claudio Godoy Avila

ITA No. 10, Apartado Postal 3-F, Zona Industrial, Torreón, Coah.

Palabras clave: Función de producción, Eficiencia en el uso del agua, Evapotranspiración real, Sonda de neutrones.

Index words: Production function, Water use efficiency, Real evapotranspiration, Neutron probe.

(EUA) para fruto, feminelas, hojas y total fue de 0.14, 0.24, 0.53, 0.58 y 1.39 kilogramos de materia seca por metro cúbico de agua, respectivamente, es decir, el valor de EUA fue mayor y más cercano al encontrado para las especies C₃ a medida que se considera la mayor parte de la planta.

RESUMEN

Durante 1991 se realizó un estudio en ocho cultivares de vid, cuyo objetivo principal fue el de encontrar la relación entre los kilogramos de materia seca y la evapotranspiración real (Etr) con la finalidad de hacer una predicción más cuantitativa de la producción en este cultivo. Para la determinación de la Etr se usó la sonda de neutrones; mientras que la materia seca total se obtuvo al colocar las muestras de la planta en una estufa a una temperatura de 70 °C. Los resultados muestran que la eficiencia en el uso del agua

SUMMARY

In 1991, a study was conducted using eight grape cultivars, with the main objective being to find the relation between the kilograms of dry matter and real evapotranspiration (Etr) in order to make a quantitative prediction of the yield in this crop. The real evapotranspiration was calculated using the neutron probe, and the total dry matter was obtained placing plant samples in an oven at 70 °C. It was found that water use efficiency for fruit, regrowth, leaves and the total were 0.13, 0.24, 0.53, 0.58, and 1.39 kilograms of dry matter per cubic meter of water used, respectively. That is, the water use efficiency value was higher and closer to that

Recibido 1-93.

found in C_3 species, as a larger portion of the plant was considered.

INTRODUCCION

La limitada disponibilidad de agua de riego, aunada al desconocimiento que se tiene de la respuesta de los cultivos a diferentes consumos de agua, hacen indispensable conocer en forma más precisa la relación entre la evapotranspiración real y los kilogramos de la parte económica o materia seca total de la planta, con la finalidad de hacer una predicción más cuantitativa de la producción de los cultivos. La relación existente entre el rendimiento de un cultivo, expresado ya sea como kilogramos de la parte económica o como materia seca, y el consumo de agua, se denomina función de producción, y se conoce también como eficiencia en el uso del agua (Fisher y Turner, 1978). Existen bases físicas y fisiológicas que consideran que dicha relación es de tipo cuadrático cuando se relaciona la producción de la parte económica y la Etr (Chang, 1968; Howe y Rhoades, 1955; Robins y Domingo, 1953), y de tipo lineal (De Witt, 1958; Vaadia, 1986) cuando se considera la producción de materia seca total y la transpiración de la planta, ya que estos dos últimos procesos son altamente regulados y aunque se mejoren las prácticas de manejo como fertilización, riegos, mejoramiento genético o existan deficiencias hídricas, nutricionales o de salinidad, dicha relación no se modifica (Vaadia, 1986). Para establecer dicha relación es necesario conocer la tasa evapotranspirativa, así como la producción de materia seca del cultivo sobre un amplio intervalo de condiciones de humedad del suelo (Downey, 1972). En la vid no existen estudios tendientes a obtener esta relación usando varios cultivares; existe un trabajo (Van

Rooyen, 1980) en el que se menciona haber obtenido correlación entre el consumo de agua y la producción de materia seca en la vid, sin embargo, no se menciona ningún detalle de esta relación.

El objetivo de este trabajo fue encontrar la relación existente entre los kilogramos de materia seca y la evapotranspiración real (Etr) en diferentes cultivares de vid, que pueda utilizarse para establecer programas de riego en este cultivo y así alcanzar una distribución más efectiva del recurso agua e incrementar la eficiencia en su uso.

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se realizó durante el año de 1991 en el Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (CIFAP) de la Comarca Lagunera. El estudio se manejó bajo un diseño completamente al azar con ocho tratamientos, los cuales fueron los ocho cultivares cuyos nombres, así como algunas características de ellos, se muestran en el Cuadro 1. Las repeticiones usadas fueron cuatro plantas de cada tratamiento. La separación entre hileras fue de 3.25 m y entre plantas de 1.80 m. En cada una de las plantas se colocaron tubos de aluminio para el acceso de la sonda de neutrones, los cuales estuvieron separados a 50 cm del tronco y sobre la hilera de plantas. Para la calibración de la sonda de neutrones, se tomaron lecturas en los treinta y dos tubos de aluminio y a las tres profundidades, posteriormente se procedió a tomar muestras de suelo para la determinación de la humedad expresada con base en el peso seco y, mediante un análisis de regresión, se encontraron los parámetros del modelo de ajuste así como su coeficiente de

Cuadro 1. Cultivares de vid y algunas de sus características. CIFAP-Comarca Lagunera.

Variedad	Inicio de brotación	Fecha de maduración	Sist. de conducción	Uso de la uva
Málaga roja	3a. de Marzo	1a. de agosto	Bilateral	Fresco
Cardin	2a.-3a. de marzo	4a. de junio	Bilateral	Fresco
Queen	2a. de marzo	4a. de julio	Bilateral	Fresco
Tokay	3a. de marzo	1a. de agosto	Bilateral	Fresco
Grenache	3a. de marzo	4a. de julio	Bilateral	Vinificación
Carignane	3a. de marzo	4a. de julio	Bilateral	Vinificación
Feher Szagos	2a. de marzo	4a. de julio	Bilateral	Vinificación
Flame Seedless	1a. de marzo	4a. de julio	Bilateral	Fresco

determinación. A continuación se muestran dichos parámetros:

Estrato	a	b	r ²
00-30	-5.62817	8.440216	0.9383
30-60	-5.30221	7.980002	0.9291
60-90	-2.50639	7.72245	0.7924

La determinación del contenido de humedad se hizo tres veces por semana a tres profundidades y con intervalos de 30 cm.

La evapotranspiración real (Etr) se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$Etr = (A_1 - A_2) (Da) (Pr)$$

donde:

Etr = Evapotranspiración real (cm)

A₁ = Humedad anterior (%)

A₂ = Humedad actual (%)

Da = Densidad aparente (g/cm³)

Pr = Profundidad radicular (cm)

Se aplicaron cinco riegos, cuyas fechas de aplicación fueron 22 de marzo, 17 de abril, 20 de mayo, 15 de junio y el de postcosecha el 25 de agosto.

Para la determinación de la materia seca total aérea, así como para cada uno de sus componentes se siguió la siguiente metodología: las hojas y feminelas se recolectaron en dos etapas; en la primera, que fue después de la cosecha, se tomaron las de la parte basal de los brotes hasta aproximadamente un tercio de la longitud de éstos. Lo anterior se hizo así para evitar una posible rebrotación. En la segunda etapa, en el mes de noviembre y antes de la caída natural de las hojas, se recolectaron las hojas y feminelas restantes en el brote. Todo el material recolectado se colocó en bolsas de papel para introducirlas en una estufa de aire forzado a una temperatura de 65 a 70 °C durante el tiempo suficiente hasta que su peso fuera constante. La recolección del fruto se llevó a cabo durante la segunda semana de julio se registraron los kilogramos de uva en fresco. Posteriormente se realizó el secado de la misma forma que se hizo con las hojas y feminelas. Durante la poda realizada al año siguiente (enero de 1992), se recolectó la madera, la cual se pesó y el peso seco se estimó

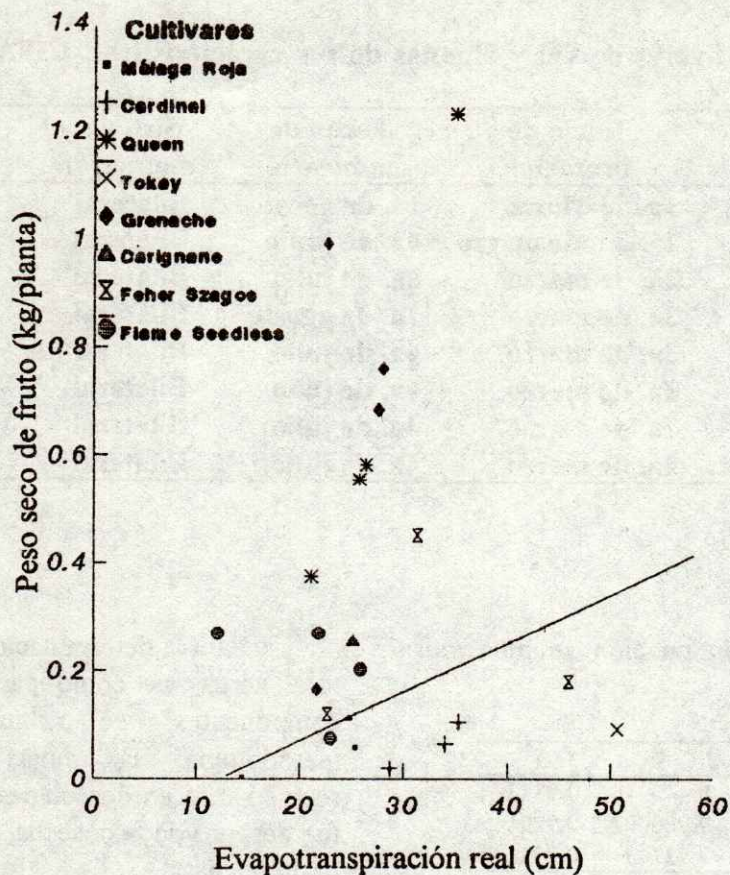


Figura 1. Relación entre peso seco de fruto y evapotranspiración real de ocho cultivares de vid.

utilizando la relación obtenida por Godoy y López en 1990, que establece lo siguientes:

$$Y = -0.00467 + 0.5312 (X)$$

donde:

Y = peso seco de la madera (kg)

X = peso de la madera en el momento de la poda (kg).

RESULTADOS Y DISCUSION

En las Figuras 1, 2, 3, 4 y 5 se muestra la relación entre el peso seco del fruto,

feminelas, madera, hojas y total y la evapotranspiración real. Las relaciones anteriores se ajustaron a un modelo de regresión lineal cuyas constantes, así como los coeficientes de determinación, se muestran en el Cuadro 2.

La relación lineal entre la biomasa de la vid y el consumo estacional de agua (Cuadro 2) expresa en el valor de α la contribución de la evaporación directa (E_o) en la Etr. Para el caso del peso seco de feminelas, madera y total, la E_o estimada fue de 10, 7 y 3 cm. Como puede observarse, un valor de α más negativo (Cuadro 2; Figuras 2, 3 y 5) indica un

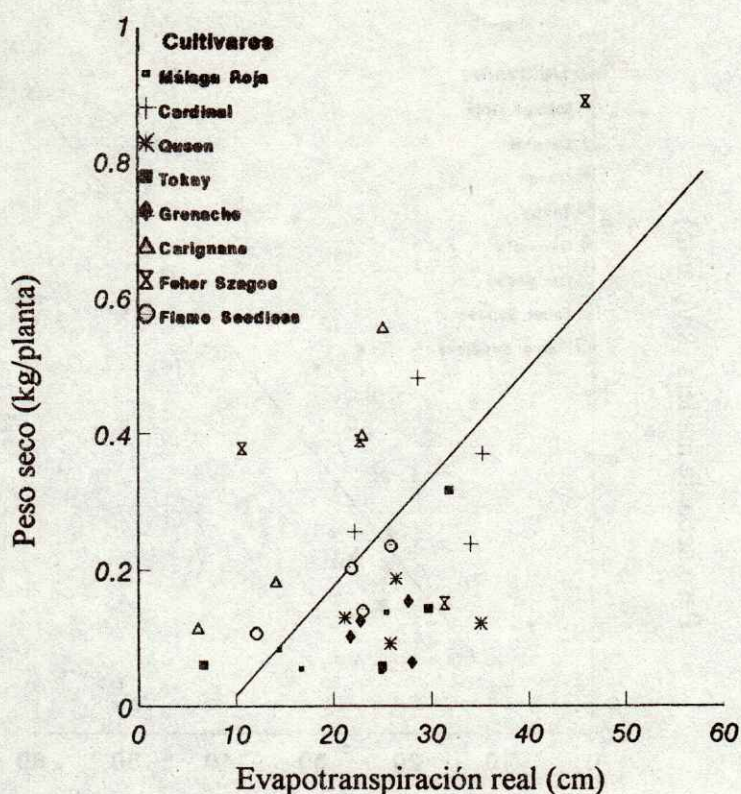


Figura 2. Relación entre peso seco de feminelas y evapotranspiración real en ocho cultivares de vid.

Valor más alto de E_o . Lo anterior indica que la evapotranspiración en el campo pudiera ser apreciable cuando la producción de materia seca de la parte económica (fruto) sigue siendo cero. En estudios realizados en lisímetros y en varios cultivos (Allison *et al.*, 1958) se encontró que los primeros 45 cm de agua evapotranspirada fueron requeridos sólo para la supervivencia de la planta y el incremento de materia seca fue casi lineal con el incremento en la cantidad de agua consumida entre 45 y 81 cm. En trigo y sorgo (Hanks y Rasmussen, 1982) se encontró una relación igual a la del presente estudio, con una alta correlación entre la producción y la

evapotranspiración para muchas localidades, pero los valores a y b fueron distintos en las diferentes localidades. El valor de a siempre fue negativo, al igual que el encontrado por Allison *et al.* (1958), y por Godoy y López (1990), y, como ya se mencionó, en el presente estudio el valor de a fue negativo para peso seco de feminelas, madera y total. Para el caso del peso seco de fruto y hojas, el valor de a fue positivo o mayor de cero, lo cual se considera irreal, ya que para que se produzca cualquier cantidad de materia seca en la planta, se requiere que ésta consuma agua, ya sea por transpiración o por la evaporación directa del suelo.

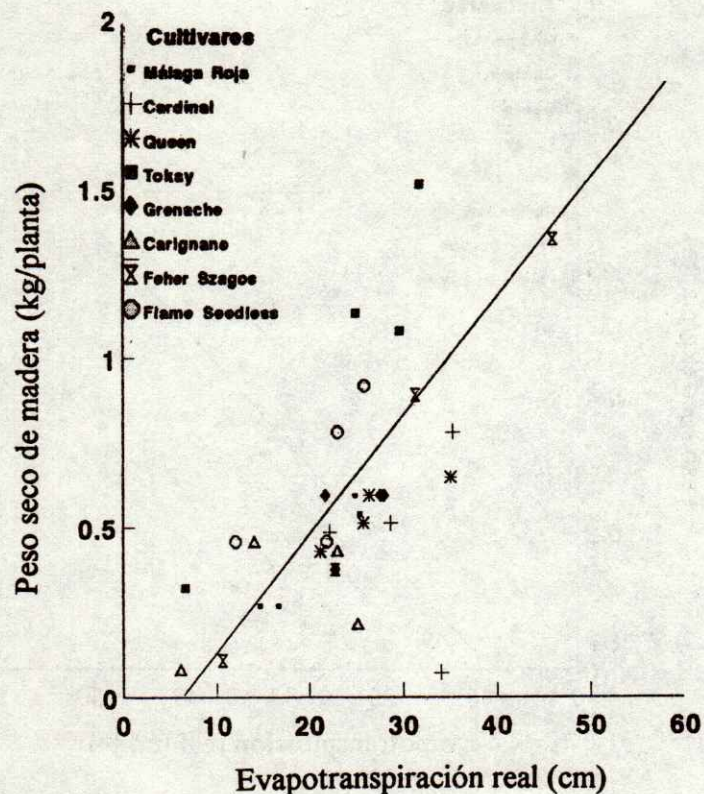


Figura 3. Relación entre peso seco de la madera y evapotranspiración real en ocho cultivares de vid.

Cuadro 2. Parámetros del modelo de regresión lineal para las relaciones entre los kilogramos de los diferentes componentes de la vid y la evapotranspiración real. 1991.

Componente	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>r</i> ²
Fruto	0.11	0.009	0.078
Feminelas	-0.145	0.016	0.48
Madera	-0.22	0.035	0.71
Hojas	0.106	0.038	0.80
Total	-0.120	0.092	0.95

Por otro lado, el coeficiente de regresión expresa la cantidad de agua que pasa por la planta durante el proceso de la

fotosíntesis y el cociente de ambos se denomina eficiencia en el uso del agua (EUA) o eficiencia de la transpiración y está representado por el parámetro *b* del modelo de regresión lineal. En el presente estudio se encontró que la eficiencia en el uso del agua para la vid fue de 0.14, 0.24, 0.53, 0.58 y 1.39 kilogramos de materia seca por metro cúbico de agua consumida para fruto, feminelas, madera, hojas y total, respectivamente. Se han calculado valores medios de EUA de 1.5 kg/m³ para la especie C₃, a la cual pertenece la vid (De Witt, 1958; Vaadia, 1986). Este mismo valor de EUA para la especie C₃ fue

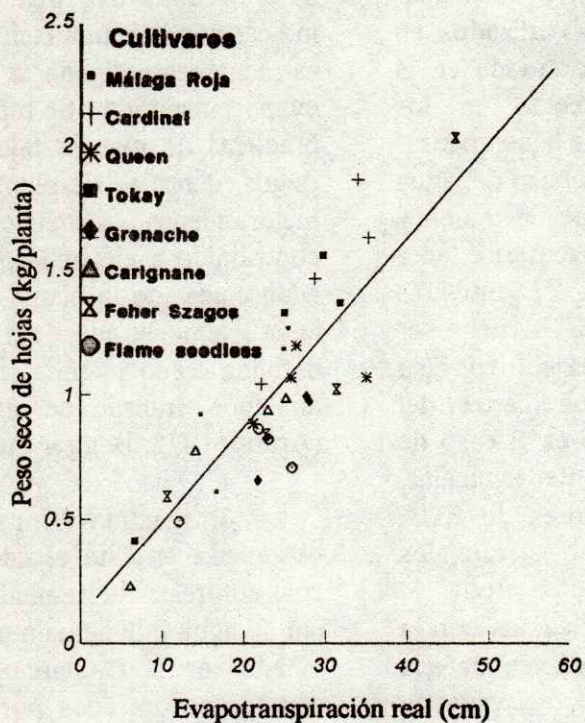


Figura 4. Relación entre peso seco de hojas y evapotranspiración real en ocho cultivares de vid.

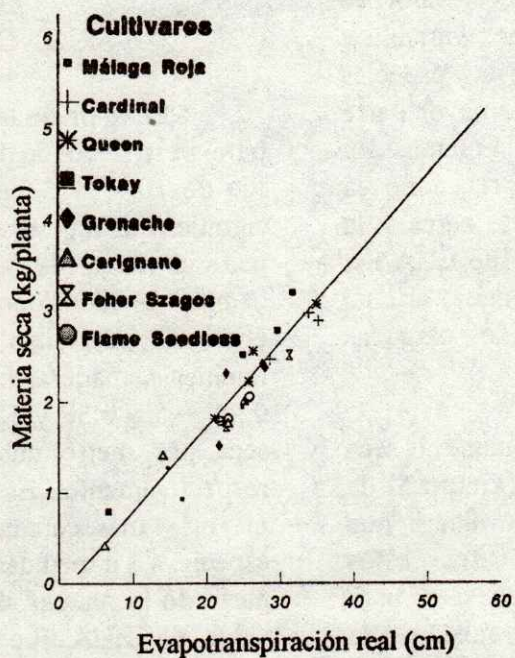


Figura 5. Relación entre materia seca total aérea y evapotranspiración real en ocho cultivares de vid.

encontrado por Downes (1969), al reagrupar datos de muchos experimentos realizados en lisímetros. Los resultados encontrados en el presente estudio y lo establecido en los estudios arriba mencionados, nos hacen pensar que el concepto de eficiencia en el uso del agua puede ser visto o definido desde muchos niveles y por esta razón es necesario tener mucho cuidado en definir su uso. En cultivos bajo condiciones de campo, la EUA debe ser integrada sobre el ciclo total del cultivo y su valor se determinará sin excluir partes del cultivo, ya que al hacerlo, como es el caso de cuando se consideran únicamente feminelas, fruto, madera y hojas, los valores de EUA serán más bajos y más variables que los encontrados cuando se considera toda la materia seca de la planta y se relaciona con la cantidad de agua perdida por toda esa materia seca producida. En otras palabras, el valor de EUA es incorrecto y más variable cuando lo calculamos usando un solo componente de la materia seca aérea y el total del agua evapotranspirada. Por otro lado, el valor de EUA va siendo más exacto, menos variable y más cercano al encontrado para las especies C_3 , a medida que consideramos la mayor parte de la materia seca producida por la planta. En el presente estudio, cuando se relacionó la materia seca producida en la parte aérea y la Etr (Figura 5; Cuadro 2), el valor de EUA fue de 1.39 kg por metro cúbico de agua, el cual está muy cercano al ya definido para las especies C_3 .

En la relación entre la materia seca aérea y el agua evapotranspirada (Figura 5) de los ocho cultivos de vid, es evidente que existe una alta correlación entre estos parámetros aun cuando los datos sean para diferentes cultivos, es decir, se ajustan a la misma línea recta e indican un valor de eficiencia en el uso del agua constante. Lo

anterior constituye una buena evidencia para indicar que la acumulación de materia seca está estrechamente ligada a la cantidad de agua evapotranspirada. Se menciona que el mejorar prácticas de manejo tales como: fertilización, riego, densidad de plantación, etc., aunado al mejoramiento genético de plantas, ha contribuido a elevar la producción de la parte económica de la planta (fruto) por unidad de agua suministrada, sin embargo, la EUA definida como materia seca total por cantidad de agua transpirada no se ha modificado (Arnon, 1972; Begg y Turner, 1976).

El máximo valor de evapotranspiración observado en este estudio fue de 50 cm. Lo cual contrasta fuertemente con el valor de 158 cm de agua que actualmente se le aplican a los viñedos en la Comarca Lagunera y coincide con los encontrados por otros investigadores (Fregoni, 1977; Van Rooyen, 1980; Van Zyl y Van Huyssteen, 1980).

CONCLUSIONES

El valor de la evaporación directa (E_o) para peso seco de feminelas, madera y total, fue de 10, 7 y 3 cm, respectivamente. Esto significa que a pesar de no haber producción de materia seca, la evapotranspiración en el campo es considerable; por otro lado, la eficiencia del uso del agua para fruto, feminelas, madera, hojas y total, fue de 0.14, 0.24, 0.53, 0.58 y 1.39 kilogramos de materia seca por metro cúbico de agua consumida, respectivamente. Es decir, el valor de EUA es mayor y más cercano al encontrado para las especies C_3 a medida que se considera la mayor parte de la planta. En el presente estudio, el valor de EUA fue de 1.39 kilogramos de materia seca total por metro cúbico de agua evapotranspirada, valor que está muy cercano y

un poco por debajo del encontrado para las especies C₃, debido a que no se consideró el peso seco de las raíces.

LITERATURA CITADA

- ALLISON, F.E., C.S. YOCUM, and E.R. LENON. 1958. Relationship between evapotranspiration and yield of crops grown in lysimeters receiving natural rainfall. *Agron. J.* 50: 505-511.
- ARNON, I. 1972. Crop productivity in dry regions. Vol. 1. Background and principles. Hill, London, England.
- BEGG, J.E., and N.C. TURNER. 1976. Crop water deficits. *Adv. Agronomy* 28: 161-217.
- CHANG, J.H. 1968. Climate and Agriculture. Aldine Publ. Co. Chicago, Illinois. Pp. 150-160.
- DE WITT, C.T. 1958. Transpiration and crop yield. *Versl. Landbouwk Onderz (Agric. Research. Rep.)* 98: 107-115.
- DOWNES, R.W. 1969. Differences in transpiration rates between tropical and temperate grasses under controlled condition. *Planta* 88: 261-273.
- DOWNEY, L.A. 1972. Water yield relations for non forage crops. *J. Irrig. and Drainage Div. Proc.* 98: 107-115.
- FISHER, R.A., and N.C. TURNER. 1978. Plant productivity in the arid and semiarid zones. *Ann. Rev. Plant Physiology* 29: 277-317.
- FREGONI, M. 1977. Irrigation des vignobles. Problem de physiologie, de biochimie, de génétique, de agronomie, de technologie, et de économie. *Bulletin de l'O.I.V.* 50(551): 3-19.
- GODOY A., C. y M.I. LOPEZ. 1990. Relación entre la producción y consumo de agua en combinaciones de 24 portainjertos y dos cultivares de vid (*Vitis vinifera* L.). *ITEA*. 86(1): 25-35.
- HANKS, R.J., and V.P. RASMUSSEN. 1982. Predicting crop production as related to plant water stress. *Adv. Agron.* 35: 193-215.
- HOWE, O.M., and H.F. RHOADES. 1955. Irrigation practice for corn in relation to stage of plant development. *Proc. Soil Sci. Am.* 19: 94-98.
- ROBINS, J.S., and C.E. DOMINGO. 1953. Some effects of severe soil moisture deficits at specific growth stages in corn. *Agron. J.* 45: 618-621.
- VAADIA, J. 1986. The impact of plant stresses on crop yield. Pp. 38-42. *In: Memorias del Simposio Sobre Sequía México-Israel.* Pabellón, Aguascalientes, México.
- VAN ROOYEN, F.C. 1980. The water requirements of table grapes. The deciduous fruit grower. *March*: 100-105.
- VAN ZYL, J.L., and L. VAN HUYSSTEEN. 1980. Comparative studies in wine grapes on different trellising systems. I. Consumptive water use. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 1: 7-14.

RESPUESTA DEL MELON ACOLCHADO AL REGIMEN DE RIEGO EN EL VALLE DE APATZINGAN

Mulched Melon Cantaloupe Response to Water Regime in the Valley of Apatzingán, Mich.

L. M. Tapia Vargas, J. J. Alcántar Rocillo y A. Vega Piña.

CIR Pacífico Centro INIFAP. Apartado Postal 41,
Apatzingán, Mich.

Palabras clave: Melón acolchado, Régimen de riego, Producción

Index words: Mulched cantaloupe, Water response, Yield.

RESUMEN

En febrero de 1991 se estableció un experimento con melón reticulado *cv.* Top Mark, en Antúnez, municipio de Parácuaro, Mich., con objeto de evaluar la respuesta del cultivo de melón a diferentes esquemas de manejo de agua con relación al rendimiento y la calidad del fruto. Se evaluaron ocho calendarios de riego con intervalos de 10 y 15 días, a partir del "riego de asiento", por lo que el número de riegos varió de cuatro a siete durante el ciclo de cultivo del melón. Los resultados obtenidos indican que la lámina de riego que produjo el más alto rendimiento de fruto de exportación fue de 480 mm, que corresponde al calendario

con cinco riegos, 0-45-10-10-10, en días desde la siembra del cultivo, sin embargo, la concentración de sólidos solubles se incrementó con el castigo de agua, ya que el tratamiento con cuatro riegos produjo los frutos con mayor concentración de azúcar (9.1 °Brix).

SUMMARY

In February 1991, an experiment with cantaloupe melon *cv.* Top Mark was conducted at Antúnez, Municipality of Parácuaro, Mich., with the purpose of evaluating the yield and fruit quality response of the crop, under different water regimens. Eight watering calendars were evaluated at 10 to 15 days intervals, starting from the stablishment irrigation. The number of irrigations varied from four to seven during the crop cycle. The results indicated that the optimum amount of water that produced the highest yield of exportable fruit was 480 mm, corresponding to the five irrigations calendar at 0-45-10-10-10 days after planting. Nevertheless, the concentration of soluble solids increased with some restriction in the amount of water, since the

Recibido 10-93.

treatment with only four irrigations produced fruit with a higher sugar concentration (9.1° Brix).

INTRODUCCION

El valle de Apatzingán se distingue a nivel nacional por la elevada producción de melón para el mercado de exportación, sin embargo, la productividad ha disminuido a raíz del efecto perjudicial que las enfermedades transmitidas por áfidos ocasionan al cultivo.

Una alternativa al daño por virus es realizar el cultivo bajo acolchado plástico, el cual ha demostrado que provee un medio efectivo de control mecánico al ataque de áfidos transmisores de la virosis en melón (Arias, 1994; Munro *et al.*, 1994).

La implementación de esta práctica requiere un manejo diferente al cultivo en relación con el efectuado sin acolchado plástico, dentro de las prácticas de manejo, el riego es esencial para el logro de alta productividad del cultivo.

En el valle de Apatzingán, es común realizar de siete a 10 riegos en este cultivo sin acolchado plástico, aunque la práctica de acolchado no se ha generalizado en el Valle, se ha demostrado que con este sistema, es la única forma de lograr producción comercial de fruto, por lo que el Campo Experimental Valle de Apatzingán ha efectuado investigación para integrar el paquete completo con este sistema de producción, en cuanto a fertilización, combate de plagas y enfermedades, riegos, etc.

Con estas consideraciones los objetivos de este trabajo fueron:

1. Determinar el calendario de riego aplicable al melón con acolchado plástico.
2. Evaluar el efecto de la frecuencia y la cantidad de riego en la calidad y rendimiento de fruto producido.

REVISION DE LITERATURA

En los estados del norte de México, el uso de películas plásticas en acolchado al suelo ha incrementado la producción de granos, hortalizas y frutales. Ibarra y Rodríguez (1991) determinaron incrementos en el rendimiento desde 50 hasta 200% en la producción de tomate, pepino, sandía y algodón, así como mayores márgenes de ganancia en la redituabilidad económica del cultivo, con incrementos de 100 hasta 600%.

Otro beneficio que aporta el uso de acolchado en los cultivos del norte de México, es la menor pérdida de agua del suelo, ya que proporciona una barrera que limita la acción de los agentes evaporantes; radiación solar, viento y temperatura sobre el suelo (Bravo, 1992; Martínez, 1991). También existe modificación del microclima a nivel planta; Ramos (1988) y Cox *et al.* (1992) mencionan que la temperatura se incrementa por el uso de acolchado, lo cual acelera el crecimiento y desarrollo del cultivo para adelantar la cosecha.

Lamont (1993) explica que este fenómeno ocurre debido a que el suelo tiene mayor conductividad térmica que el aire por lo que el suelo puede incrementar la temperatura hasta 5 °C, en comparación con el suelo desnudo, esta propiedad se aprovecha en la mayor parte de los sistemas de producción de hortalizas de E.U.A.

En el valle de Apatzingán, el uso del acolchado con plástico transparente se ha implementado, de acuerdo con Munro *et al.* (1991), por otros motivos: se proporciona un sustrato a la raíz que en los primeros 20 cm del suelo está libre de patógenos, malezas y plagas que pueden afectar a la plántula desde la nacencia hasta el aclareo del cultivo. Javier (1990) indica que los pulgones pierden el sentido de la orientación del cultivo debido al albedo del plástico, lo que impide la transmisión de virosis al cultivo en las etapas tempranas de desarrollo.

Munro *et al.* (1994), reportan que el rendimiento de melón de exportación, al utilizar el acolchado plástico, se incrementa en más de 300%, mientras que los costos de producción sólo se incrementan en 30%; asimismo, bajo limitada disponibilidad de agua, el uso de plástico puede disminuir el número de riegos que se proporcionan al cultivo, en comparación con el melón sin acolchar.

Un manejo adecuado del agua de riego en melón es indispensable para obtener alta producción en cantidad y calidad de fruto. Fersini (1976) y Tamaro (1981) mencionan que el melón requiere un mínimo de irrigación y con una buena preparación del terreno, puede prescindirse de esa labor. Gaskell (1993) informa que debe haber suficiente humedad durante la formación de fruto, pero al acercarse la cosecha es importante reducir el agua para evitar que los frutos sean blandos y el contenido de azúcares se reduzca. Cox *et al.* (1992) indican que el exceso de agua produce mal desarrollo del sistema radicular, formación defectuosa de la red y bajos contenidos de azúcar.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se estableció en el Campo Experimental "Valle de Apatzingán", el 14 de febrero de 1991. Las condiciones ecológicas del valle que favorecen al cultivo son: clima cálido seco, sin lluvias invernales. El suelo del sitio experimental es arcilloso, con pH de 7.8, de 50 a 60 cm de profundidad y 176 mm de capacidad de almacenamiento de agua, topografía plana.

Tratamientos

Se evaluaron ocho calendarios de riego derivados de un experimento efectuado en 1990, en el que se evaluaron tratamientos de riego a 2, 4 y 6 atmósferas de tensión. Los tratamientos se presentan en el Cuadro 1.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Cada parcela constó de cinco camas de 10 m largo por 1.4 m ancho, como parcela útil se tomó la cama central, en la cual se eliminó 1.0 m de cada cabecera.

Actividades de campo

Durante el transcurso del experimento se efectuaron las siguientes actividades:

- Trazo de riego y melgas

Con objeto de evitar encharcamientos o arrastre de suelo se hizo un levantamiento altimétrico y se diseñaron las melgas en dirección SE - NW, con una pendiente de 0.6%. El criterio para aplicar el riego fue aplicar láminas de riego ligeras hasta alcanzar 0.5 de la capacidad de campo, ya que como lo argumentan Fersini (1976) y Tamaro (1981), los riegos en este

Cuadro 1. Calendarios de riego evaluados durante el ciclo del cultivo del melón. 1991.

Tratamiento	Calendario (días)							Observaciones
2	0	- 25	- 10	- 10	- 10	- 10	- 10	Húmedo
6	0	- 25	- 15	- 15	- 15			Semihúmedo
3	0	- 35	- 10	- 10	- 10	- 10	- 10	Testigo
7	0	- 35	- 15	- 15	- 15	- 15		Intermedio 1
4	0	- 45	- 10	- 10	- 10			Intermedio 2
1	0	- 45	- 15	- 15	- 15			Semiseco 1
5	0	- 55	- 10	- 10	- 10			Semiseco 2
8	0	- 55	- 15	- 15				Seco

Testigo: sugerido a este sistema con acolchado.

cultivo deben ser muy ligeros ya que un exceso conduce a la aparición de problemas de la raíz y frutos insípidos, para este propósito, se utilizó la información generada en el muestreo gravimétrico de la humedad del suelo.

- Aplicación de herbicida

Previo a la solarización, se aplicó el herbicida treflán, en dosis de 1.5 L/ha, y se incorporó mediante rastreo mecánico al suelo.

- Fertilización

Al centro de la cama se aplicó la fórmula 120-80-100 (kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente), a chorrillo.

- Solarización

Este período abarcó 20 días; se colocó el plástico transparente (calibre 80) sobre el suelo experimental, al mismo tiempo se sembró en forma mecánica el cultivo barrera (maíz), alrededor de la parcela experimental, acto seguido se procedió a regar tanto el cultivo barrera como el suelo en solarización.

- Siembra

La siembra se efectuó el 14 de febrero de 1991, al centro de la cama con 30 cm de separación entre plantas; se agujeró el plástico con un bote de 10 cm de diámetro, se regó en forma general y se aclaró a los 20 días de nacida la planta, se dejó una planta por golpe.

- Prevención y combate de plagas y enfermedades

Se realizaron cinco aplicaciones fitosanitarias al follaje, dos al suelo y dos al fruto, durante el ciclo de cultivo, lo que demuestra las buenas condiciones sanitarias del cultivo, ya que en esta región suelen hacerse hasta 15 aplicaciones fitosanitarias al follaje en melón sin acolchado plástico.

Toma de Datos

Se evaluaron las siguientes variables:

- Variables del clima

Se registró la temperatura y la evaporación en la estación climática distante 50 m del experimento.

- Humedad del suelo

Gravimétricamente se muestreó el suelo al centro del camellón en dos puntos por parcela útil y en dos profundidades: 0-25 y 25-50 cm, antes y después de cada riego.

- Rendimiento de fruto

En cada parcela útil experimental, se efectuó la cosecha y clasificación de fruto en tres calidades: exportación (Bruce), nacional y pachanga. La primer calidad se clasificó en los números 9, 12, 15, 18 y 23; la segunda en 36, 45, 56 y 64. En cada calidad se contó el número de frutos y se pesó en báscula de tripié.

La concentración de sólidos solubles se midió con base en un refractómetro de mano de lectura directa, para el melón Bruce exclusivamente.

Análisis de Datos

La información generada en el experimento se procesó para obtener:

- Análisis de varianza para rendimiento comercial y grados Brix.
- Lámina de riego.
- Transpiración del cultivo: debido al acolchado plástico las láminas de agua consumida se consideraron como agua perdida a través de la planta, se despreció la pérdida de agua por el suelo.
- Eficiencia de uso de agua: Jasso y Luna (1990) indican que es la relación rendimiento de fruto (kg)/ agua aplicada (m^3), en este caso se aplicó sólo al melón Bruce.
- Análisis Económico.

De acuerdo con la técnica de presupuesto parcial y análisis de dominancia (Harrington y Tripp, 1984), se obtuvo el tratamiento óptimo económico para este sistema de producción con las siguientes variables, con precios actualizados a (1995):

- Jornales: cada evento de riego ocupa 2 jornales/ha a un costo de N\$50.00 el jornal.
- Costos variables: la suma del costo del agua (N\$ 0.067/metro³, Bonilla, 1994), multiplicado por el volumen aplicado (m^3 /ha), más los jornales empleados.
- Beneficio bruto: el rendimiento obtenido (cajas/ha), multiplicado por el valor unitario del melón Bruce (US \$3.50/caja; precio conservadoramente bajo y a una paridad de N\$ 6.50 = US \$1.00).
- Beneficio neto: la diferencia del beneficio bruto menos los costos fijos y los costos variables.
- Costos fijos: este sistema de producción requiere una inversión actualizada de N\$ 10 200.00/ha en la región.
- Tasa marginal de retorno: ordenados los costos variables de menor a mayor, es la relación de las diferencias de los beneficios netos y los costos variables del tratamiento de más bajo costo y el siguiente tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 2 se muestra la oportunidad del riego de "asiento", o primer riego después de la siembra, para el cual no existe un criterio definido para efectuarlo en la región, se presenta la evaporación acumulada del tanque "A", para los tratamientos de 25, 35, 45 y 55 días después de la siembra, así como la fase de crecimiento del cultivo.

Cuadro 2. Fase de desarrollo del cultivo y evaporación del tanque "A" acumulada al efectuar el riego de "asiento" en melón. Parácuaro, Mich. 1991.

Tratamiento	D.D.S.	Evaporación Tanque "A"	Fase de desarrollo	Lámina aplicada
		cm		cm
2	25	26.9	Inicio floración masculina	16.6
3	35	38.9	Floración femenina	20.1
4	45	51.8	Frutos cuajados (2 cm)	22.0
8	55	65.5	Frutos en desarrollo (5 cm)	22.0

D.D S. Días después de la siembra.

El espaciamiento en tiempo para el primer riego ocasionó, que mientras el tratamiento más húmedo reciba el agua al inicio de la floración masculina, el intermedio esté en floración femenina y el más seco ya tenga frutos en formación de 5 cm de diámetro, sin embargo, esta diferencia en tiempo para este primer riego tuvo efecto significativo en el rendimiento y en la concentración de azúcar del fruto, como se discute más adelante.

Destaca también el hecho de que a medida que se recorrió el tiempo del primer riego, la lámina aplicada se incrementó. Así, para el tratamiento más húmedo fue necesario aplicar 16 cm de lámina, cantidad que se incrementó a 20, 22 y 22 cm para los tiempos de 35, 45 y 55 días al primer riego, respectivamente.

En el Cuadro 3 se presentan los resultados obtenidos para rendimiento en cajas de exportación y nacional, lámina de riego, evapotranspiración real, concentración de sólidos solubles (°Brix) y eficiencia en el uso de agua, por tratamiento y por repetición. En el Cuadro 4 se muestran los cuadrados medios y la significancia

estadística para cada variable evaluada en este trabajo. Se aprecia, de acuerdo con los análisis de varianza efectuados, diferencia estadística en los efectos de los tratamientos de las variables cajas de exportación, lámina de riego aplicada y por ciento de sólidos solubles. Existe un efecto de la frecuencia y cantidad de riego en las variables rendimiento y calidad del fruto, que son, a fin de cuentas, las perseguidas por el productor regional.

La prueba de medias efectuada a cada variable (Cuadro 5) indica que en este sistema de producción fue mejor retrasar la aplicación del primer riego de asiento, hasta los 45 días cuando existen ya frutos cuajados de 2 cm de diámetro (Tratamiento 4), para obtener óptima producción (1104 cajas Bruce/ha) este primer riego puede adelantarse hasta los 35 días (Tratamiento 3), con un rendimiento menor (988 cajas Bruce/ha) aunque estadísticamente igual al del Tratamiento 4. Un adelanto o retraso mayor a 35 ó 45 días redujo el rendimiento de fruto Bruce (Cuadro 5). Los riegos a partir de este punto pueden efectuarse cada 10 días para un óptimo rendimiento.

Cuadro 3. Variables registradas en melón acolchado por tratamiento y repetición. Parácuaro, Mich. 1991.

Trata- miento	Repeti- ción	Cajas Bruce	Trans- piración	Lámina de riego	Cajas Nacional	Grados Brix	Eficiencia de uso de agua
			mm	mm		%	kg/m ³
7	1	1114	245	710	80	8.1	2.068
5	1	579	199	639	193	7.7	1.241
1	1	697	170	639	180	7.7	1.503
8	1	791	157	355	163	8.8	3.241
4	1	1504	207	472	222	8.0	4.052
2	1	1331	134	830	190	7.0	1.864
3	1	1214	216	1027	173	7.0	1.368
6	1	761	210	550	217	7.3	1.789
6	2	850	254	468	255	6.8	2.475
3	2	570	332	705	155	7.2	1.159
8	2	1106	124	322	122	8.7	4.633
4	2	670	249	568	179	6.7	1.579
2	2	509	253	724	241	8.3	0.932
7	2	741	193	928	294	7.9	1.111
5	2	690	213	561	286	8.4	1.669
1	2	317	316	673	236	8.4	0.672
6	3	745	245	515	206	7.9	1.895
8	3	723	178	534	221	9.2	1.976
7	3	1087	266	483	158	7.2	3.138
3	3	1135	204	1496	179	7.6	1.061
1	3	698	216	741	243	8.5	1.348
2	3	926	203	845	249	7.2	1.456
5	3	1064	158	742	254	8.9	1.850
4	3	1021	157	479	304	7.0	2.816
3	4	1035	112	891	309	6.5	1.648
5	4	655	198	652	136	9.1	1.436
1	4	723	178	847	209	8.6	1.124
2	4	736	243	745	316	8.2	1.478
6	4	849	272	566	212	7.7	2.495
7	4	821	267	625	344	7.4	1.803
8	4	634	256	454	166	9.8	1.966
4	4	1223	219	402	344	7.3	3.869

Cuadro 4. Análisis de varianza de los tratamientos de las variables registradas en melón acolchado bajo diferentes esquemas de manejo de agua. Parácuaro, Mich. 1991.

Variable	Cuadrado Medio	F calculada	C.V. %
Cajas Bruce	94 035	3.04*	25.7
Cajas Nacional	3 220	0.83	28.4
Transpiración	2 079	0.77	28.3
Lámina de riego	152 960	6.52**	23.1
Grados Brix	1.90	7.08**	6.7
Ef. uso agua	0.58	3.81**	38.5

* Significativo a 0.05 de probabilidad.

** Significativo a 0.01 de probabilidad.

Cuadro 5. Respuesta del melón acolchado a las variables evaluadas por tratamiento de riego¹. Parácuaro, Mich. 1991.

Tratamiento	Bruce cajas/ha	Nacional cajas/ha	E.U.A. ² g/L	Transpiración mm	Lámina aplicada mm	°Brix %	
4	1104 a	262 a	3.08 a	20.8 a	48	7.2	d
3	988 a	249 a	1.31 b	21.6 a	102	7.1	d
7	941 ab	219 a	2.03 ab	24.2 a	68	7.6	cd
2	875 ab	249 a	1.43 b	20.8 a	78	7.7	cd
8	813 ab	167 a	2.95 a	17.8 a	41	9.1	a
6	801 ab	222 a	2.16 ab	24.5 a	52	7.4	cd
5	747 ab	217 a	1.55 b	19.2 a	64	8.5	ab
1	608 b	217 a	1.16 b	22.0 a	72	8.3	bc
DMS 5%	325	92	1.11	7.6		0.78	

1) Valores seguidos por la misma letra son estadísticamente iguales.

2) E.U.A.: Eficiencia de uso de agua. DMS: Diferencia mínima significativa.

Estos resultados prueban lo reportado por Fersini (1976), Tamaro (1981) y Contreras *et al.* (1981), en el sentido de que el melón no

requiere grandes cantidades de agua para mostrar altos rendimientos (Tratamientos 2, 3 y 7), un exceso en el riego es mas bien perjudicial al

cultivo, así como un castigo exagerado (Tratamientos 5 y 8), ya que se inhibe el rendimiento y la calidad del fruto (Cuadro 5).

La producción media regional sin acolchado es de 400 cajas Bruce/ha (Munro *et al.*, 1994), producción menor a la obtenida con cualquiera de los tratamientos evaluados, por lo que se confirma lo reportado por Cox *et al.* (1992), con relación al incremento de la producción mediante el uso de acolchado plástico al suelo.

Las láminas de riego aplicadas fluctuaron entre 70 y 102 cm para los tratamientos más húmedos y entre 40 y 60 para los más secos. La transpiración fue semejante en todos los tratamientos, independientemente de la lámina de riego aplicada, con valores de 18 a 24 cm, ésta lámina es la que el cultivo consume en forma efectiva ya que no existió evaporación directa del suelo por el acolchado plástico (Cuadro 5).

El incremento del riego afectó la concentración de azúcares en el fruto, los Tratamientos 2, 3 y 7, con mayor número de riegos, produjeron los valores más bajos de azúcar (7.7, 7.6 y 7.1%, respectivamente), mientras que los tratamientos más secos (5 y 8) lograron los niveles más altos de azúcar (9.1 y 8.5%), esta tendencia concuerda con lo asentado por Cox *et al.* (1992) y Gaskell (1993), en el sentido del incremento de azúcar en melón por efecto de reducir el riego al cultivo.

La producción de calidad nacional fue igual en todos los tratamientos, con valores de 170 a 260 cajas nacional. Los Tratamientos 3, 7 y 2, a los cuales se les aplicó el mayor número de riegos con seis y siete eventos, presentaron las

menores eficiencias de uso de agua con menos de 2 kg de fruto Bruce por metro cúbico de agua suministrado. Esta eficiencia de uso de agua puede incrementarse a más de 3 kg/m³ con la reducción a sólo 5 ó 4 eventos de riego, como fue el caso de los Tratamientos 4 y 8 del experimento (Cuadro 5).

Para este sistema de producción, el calendario sugerido actualmente al productor de melón del valle de Apatzingán es el del Tratamiento 3, que como lo muestra el Cuadro 1, requiere siete riegos durante el ciclo y la mayor lámina de riego, lo que en las zonas meloneras con riego por bombeo, como fue el caso de este trabajo, encarece el costo del cultivo. En el Cuadro 6 se muestran los resultados del análisis económico efectuado para este trabajo.

El análisis económico (Cuadro 6) demuestra que el incremento en el número de riegos en este cultivo, y bajo este sistema de producción aumentó los costos y no se reflejó en un incremento significativo del rendimiento. El Tratamiento 4, con cinco riegos, fue el óptimo económico con tasas de retorno superiores a 450% sobre el Tratamiento 8, con menor número de riegos, asimismo, domina al resto de los tratamientos con hasta seis y siete riegos aplicados.

CONCLUSIONES

1. El incremento del número de riegos en melón ocasiona mayor costo de producción y menor eficiencia de uso de agua, más no tiene efecto directo en el incremento del rendimiento de melón Bruce.

Cuadro 6. Análisis económico de los tratamientos de melón acolchado bajo diferentes esquemas de riego. Parácuaro, Mich. 1991.

Tratamiento	Volumen aplicado	Costo de Agua	Jornales	Beneficio bruto
	m ³	NS/ha ^z	NS/ha	NS/ha ^y
1	7200	482	500	13 832
2	7800	522	700	19 906
3	10020	671	700	24 477
4	4800	322	500	25 116
5	6400	429	500	16 994
6	5200	348	500	18 223
7	6800	456	600	21 407
8	4100	275	400	18 495

z = Costo del agua 1994 = NS\$ 0.067/m³

y = Valor caja Bruce en 1991-1994 = US\$ 3.50/caja.

- Cinco riegos efectuados en el calendario 0-45-10-10-10 es el óptimo agronómico y económico para mayor producción de fruto de exportación, en el tipo de suelos predominantes en el valle de Apatzingán.
- En este sistema de producción con acolchado, el riego de asiento, primero después de la siembra, no debe efectuarse en menos de 35 días ni retrasarse en más de 45 días, so perjuicio del rendimiento de melón Bruce.
- Un efecto directo en el incremento en el número de riegos, es la reducción de la concentración de sólidos solubles en el fruto, lo cual se invierte con la reducción de la lámina y número de riegos.

LITERATURA CITADA

- ARIAS S., F. y H. RICO P. 1994. Híbridos de melón redado de alta productividad para el Valle de Apatzingán. SARH-INIFAP. Folleto Técnico 23. Apatzingán, Mich., México.
- BONILLA V., S. 1994. Factibilidad económica de cinco componentes de labranza de conservación en maíz de temporal del Valle de Apatzingán. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Apatzingán, Mich., México.
- BRAVO L., G.A. 1992. Estudio para el establecimiento de vid con aguas de escurrimiento y acolchado de suelo. *Terra* 10: 43-50.
- CONTRERAS M., C., S. MARTINEZ A., J. JAVIER M., F. ORDAZ O. y E. PIMIENTA B. 1981. Tecnología de producción de melón para el Valle de Apatzingán. SARH-INIA. Folleto Técnico 2. Apatzingán, Mich., México.
- COX, E.L., B.J. MORAGHAN y R.C. BOWERS. 1992. Informe sobre manejo de cantaloupe. Informe de Investigación. Asgrow. Kalamazoo, MI. USA.
- FERSINI, A. 1976. Horticultura práctica. Ed. Diana, México, D.F.
- GASKELL, M. 1993. El manejo del riego afecta la calidad de las hortalizas. *Productores de Hortalizas* 9:16-17.
- HARRINGTON, L.W. y R. TRIPP. 1984. Dominios de recomendación: un marco de referencia para la investigación en fincas. CIMMYT. México, D.F.
- JASSO L. R. y E. LUNA D. 1990. Alternativas tecnológicas para un uso eficiente de agua. P. 153-168. *In: Aprovechamiento del agua y los fertilizantes de las regiones áridas de México.* Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Comarca Lagunera, México.
- IBARRA J., L. y A. RODRIGUEZ P. 1991. Validación de acolchado plástico en tomate, pepino, sandía y algodón en el noroeste de México. *Terra* 9: 150-156.
- JAVIER J., M. 1990. Determinación de un modelo de predicción de áfidos en melón. Informe de Investigación. INIFAP-CNPH. Celaya, Gto., México.
- LAMONT, W.J. 1993. Plásticos agrícolas. *Productores de Hortalizas* 9: 8-9.
- MARTINEZ G., M.A. 1991. Respuesta de maíz H-204 al acolchado en un segundo ciclo de cultivo bajo condiciones de temporal en aguascalientes. *Terra* 9: 145-149.
- MUNRO O., D., A. VIDALES F., A. VEGA P., M. JAVIER J., F. ARIAS S. y J. ALCANTAR R. 1991. Consideraciones sobre el control de malezas y enfermedades del suelo mediante el uso de energía solar en cultivos hortícolas. INIFAP. Publicación Especial 2. Apatzingán, Mich., México.

- MUNRO O., D., E. VARGAS G., C. TREVIÑO F., J. JAVIER M., F. ARIAS S., J. ESPINOZA A. y A. VEGA P. 1994. Nuevas alternativas para producir melón en el Valle de Apatzingán, Mich. SARH-INIFAP. Folleto Técnico 27. Apatzingán, Mich., México.
- RAMOS 1985. Acolchado de sandía *Citrullus lannatus* E. en microtúneles e intemperie y su influencia en el consumo de agua. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Saltillo, Coah., México.
- TAMARO, D. 1981. Horticultura. Ed. G. Gili. México, D.F.

ESTRUCTURA DE LA CAPA ARABLE ANALIZADA MEDIANTE EL METODO DEL PERFIL CULTURAL

The Structure of Tilled Layer Analyzed through the Method of "Cultural Profile"

F. de León González

Depto. de Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, 04960 México, D.F.

Palabras clave: Capa arable, Estructura del suelo, Morfología, Perfil cultural.

Index words: Cultural profile, Morphology, Soil structure, Tilled layer.

RESUMEN

Se presenta una síntesis del desarrollo reciente de la metodología del perfil cultural, la cual se ha diseñado para estudiar en campo la estructura física de la capa arable. El método se basa en descripciones de tipo morfológico en tres niveles de organización. Se definen los principales términos empleados por la metodología y se discuten las posibilidades de su aplicación. Se enfatiza la necesidad de complementar las descripciones morfológicas con la medición de propiedades físicas de los elementos de la capa arable.

Recibido 1-93.

SUMMARY

A summary of the "Cultural Profile" method is presented. Developed a few years ago, this method is useful in the study of the physical structure of the tilled layer. Based on morphological descriptions of the soil, it aims to establish relationships between agricultural operations and changes in soil structure. The terms and basic principles of the method are defined. The uses of the method are discussed. It is emphasized that the morphological descriptions should be complemented with quantitative measurements of the physical properties of the tilled layer.

INTRODUCCION

En un ciclo agrícola la capa arable del suelo sufre fuertes modificaciones en su estructura debido al efecto de eventos climáticos y de prácticas de labranza, en interacción con el tipo de textura del suelo (Manichon, 1987).

El trabajo de Henin, Grass y Monnier (1972) ha servido de base para el desarrollo de una metodología centrada en la descripción de los rangos morfológicos de los elementos que componen la capa arable y en la apreciación de algunas características físicas de dichos elementos, como son resistencia mecánica, densidad aparente y rugosidad (Manichon, 1987). Esta metodología se ha propuesto para mostrar el impacto que tienen las prácticas de labranza sobre la estructura del suelo.

Esta nota tiene como objetivo principal presentar en forma sintética esta metodología y discutir sus posibles aplicaciones en campo. Por su carácter sintético, se ha optado por una presentación de los aspectos considerados como más relevantes. El trabajo de Gautronneau y Manichon (1987) constituye la principal referencia en lo relativo a procedimientos detallados del método.

Sobre la apertura y observación de los perfiles culturales conviene apuntar lo siguiente: a) pueden realizarse en cualquier momento del ciclo del cultivo o en épocas de descanso; b) los perfiles deben abrirse perpendicularmente a la dirección de las operaciones agrícolas, con el fin de poder cubrir toda la heterogeneidad creada por el paso de maquinaria; c) la estratificación principal del perfil es descubierta con la ayuda de un cuchillo de campo, siguiendo un escalonamiento; y d) la información generada durante la lectura del perfil, así como los datos disponibles sobre las operaciones culturales, se registra en una ficha especial.

EL METODO DEL PERFIL CULTURAL

La estructura de la capa arable de suelos cultivados bajo sistemas mecanizados

presenta una organización estratificada y heterogénea. Para analizar esta estructura, el perfil cultural propone un análisis de tres niveles de organización de los elementos estructurales del perfil: los estratos creados por la labranza y las prácticas culturales, las unidades morfológicas al interior de los estratos y el estado interno de los terrones (Gautronneau y Manichon, 1987).

a) Estratos de la capa arable

En este nivel se reconocen dos tipos de estratos: uno horizontal y otro vertical (Figura 1). La estratificación horizontal resulta de las operaciones sucesivas de labranza y de cultivo. En caso de no haber un subsoleo reciente, el horizonte más profundo corresponde al barbecho y por convención se identifica como H5. Las operaciones secundarias como el rastreo, la nivelación, la siembra, las escardas mecánicas, crean otros horizontes culturales, los cuales son identificados en forma descendente respecto a H5.

La estratificación vertical se produce principalmente por el paso de las llantas del tractor sobre la superficie del suelo, lo cual provoca una compactación diferenciada en el perfil. Al respecto, el método tipifica tres estratos verticales (L1, L2 y L3). L1 corresponde a una zona que sufrió recientemente (respecto a la fecha de observación del perfil) el efecto del paso de las llantas del tractor. Este paso se evidencia por la presencia de huellas de las llantas sobre la superficie del suelo. L2 es una zona compactada por las llantas del tractor dentro del ciclo pero durante una de las primeras operaciones agrícolas, de tal modo que con las operaciones secundarias se borran las huellas de las llantas en superficie. L3 es una zona

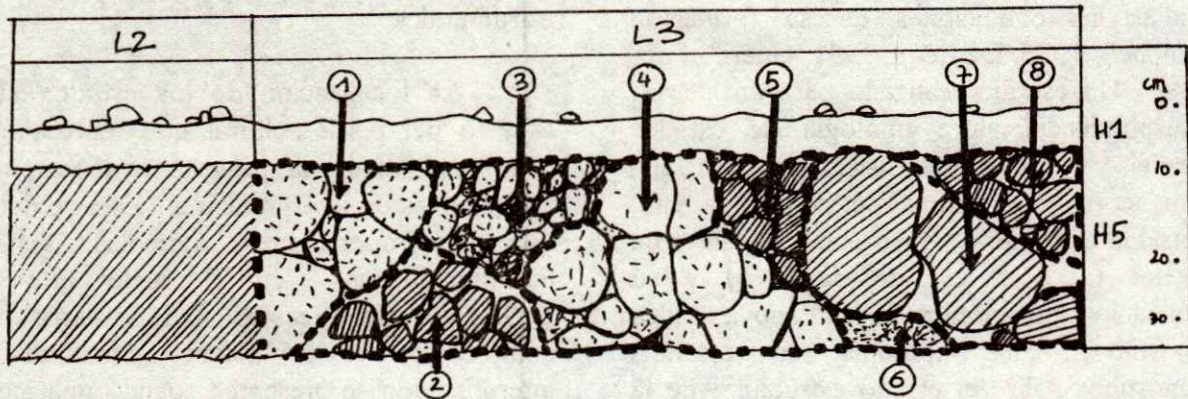


Figura 1. Representación esquemática de la estratificación horizontal y vertical, y de unidades morfológicas de un perfil cultural. Modificado de Gautronneau y Manichon (1987).

libre de la compactación creada por las llantas del tractor (Figura 1).

b) Unidades morfológicas al interior de los estratos

Las unidades morfológicas son zonas que al interior de cada estrato horizontal presentan características homogéneas en su estructura. Las zonas pueden ser masivas (M) cuando existe un sólo elemento estructural, o fragmentarias (F) cuando se presentan varios elementos (terrones). Las unidades fragmentarias muestran dos variantes de acuerdo con el grado de cohesión: cuando los elementos están muy juntos y los puntos de unión se aprecian con dificultad se tiene una unidad *Fsd* (fragmentaria con puntos de unión o "solduras" difícilmente distinguibles). Cuando los elementos están más sueltos y los puntos de unión son fácilmente distinguibles se tiene *Fsf*. En la Figura 1 se muestra un ejemplo de un horizonte H5 con ocho unidades morfológicas, todas de carácter fragmentario

(F) y con uniones entre terrones fácilmente distinguibles.

c) Estado interno de los terrones.

El estado interno es la apreciación de la porosidad visible y de la resistencia mecánica que el observador realiza sobre un terrón roto a la mano. Manichon (1987) propuso tres estados internos de referencia, los cuales denominó Δ , Γ y Φ . Un terrón Δ es un elemento que presenta una estructura masiva, sin porosidad visible y con alta resistencia mecánica; Γ es un terrón con estructura muy porosa, compuesta por agregados muy finos y con muy baja resistencia mecánica y Φ es una estructura masiva que por el efecto de las heladas presenta fisuras. La representación esquemática de la tipología de terrones ya se ha reportado (De León y Guérif, 1993; Guérif *et al.*, 1994).

Los terrones compactos constituyen el principal estado de referencia dentro de la

tipología morfológica. De ahí el interés por estudiar las condiciones de su formación (Campbell, 1976; De León, 1991; Guérif *et al.*, 1994). Un estudio realizado para analizar la correspondencia entre tipología de estados internos y propiedades físicas, mostró una buena correlación entre densidad aparente, porosidad estructural y resistencia mecánica de terrones (3 a 5 cm de diámetro) y su clasificación morfológica, lo cual apoya la idea de utilizar esta tipología en estudios diagnósticos sobre el estado estructural de la capa arable, pues ello representa un ahorro considerable en tiempo de mediciones de laboratorio como densidad aparente y porosidad estructural, a las cuales no siempre puede tenerse acceso. Se requiere de todos modos verificar que esta buena correlación es estable para una gama amplia de texturas (De León y Guérif, 1993).

DISCUSION

El perfil cultural permite apreciar en cualquier momento del ciclo productivo el estado estructural de la capa arable. Esta apreciación puede realizarse en uno o más niveles de organización, de acuerdo con los fines particulares de la investigación. El análisis más detallado de la estructura de la capa arable se compone del estudio de tres niveles: los estratos horizontales y verticales, la ubicación y naturaleza de las unidades morfológicas en cada estrato y el estado interno de los terrones. Enseguida se discute sobre los posibles errores en la identificación y clasificación de los elementos estructurales, así como los campos de aplicación del perfil cultural y su relación con necesidades de medición de propiedades físicas.

a) Dificultades de identificación de elementos estructurales

La localización de los estratos es el aspecto del perfil cultural que representa la menor dificultad y la que está menos expuesta a problemas de interpretación. Esto se debe a que las operaciones agrícolas generan discontinuidades en el suelo que son fácilmente identificables. Los casos más complejos y de mayor dificultad de interpretación se presentan cuando una misma operación de labranza se aplica en varios sentidos (cruza, por ejemplo). En estos casos es recomendable abrir una fosa que permita observar perpendicularmente los dos sentidos del paso de la maquinaria (Manichon, 1987).

La identificación de unidades morfológicas homogéneas y la clasificación del estado interno de los terrones ocupa el mayor tiempo y es una etapa que requiere de una gran experiencia en la observación de perfiles y en la evaluación de la porosidad visible de los terrones. En este caso, las posibilidades de error y de dificultades de interpretación son mucho mayores en comparación con la identificación de los estratos. Para facilitar el trabajo en esta etapa se recomienda: buscar en primer término la presencia de zonas masivas y compactas en los estratos, continuar con la búsqueda de zonas en bloques y dejar al final las zonas más complejas formadas por la combinación de terrones.

La clasificación de los estados internos de los terrones es la última etapa del análisis y requiere de una constante comparación de la porosidad visible de toda la gama de terrones presentes en la capa arable (Manichon, 1987).

b) Aplicaciones de campo del perfil cultural y necesidades de mediciones físicas

La utilidad de la información proporcionada por el perfil cultural y la necesidad de acompañar esas observaciones con mediciones de propiedades físicas, depende del tema y del contexto en que se esté trabajando. Enseguida se discuten tres modalidades de análisis que pueden realizarse mediante el perfil cultural, con sus posibles aplicaciones en campo.

Análisis de la estratificación en la capa arable. Este es el caso más simple de aplicación del perfil cultural, en el cual el interés se centra en determinar la profundidad real a la cual están trabajando los implementos de labranza, así como la localización de pisos de arado. Otra aplicación de este análisis es el estudio de la frecuencia de la compactación generada por el paso del tractor. La localización de los estratos puede ir acompañada con información sobre las dimensiones del ancho de los estratos y de la profundidad de las heterogeneidades que resulten importantes (pisos de arado, por ejemplo). En estudios de compactación se requiere contar con perfiles antes y después del proceso, y conocer la humedad del suelo en el momento del paso del tractor.

Análisis de la estratificación y de las unidades morfológicas. Al igual que en el caso anterior, este tipo de análisis se centra en la estructura del suelo, pero el detalle de la observación es más complejo. Su aplicación principal es en el estudio del efecto de los implementos de labranza y de cultivo en la estructura del suelo. Los fabricantes y usuarios de implementos agrícolas, así como investigadores pueden tener interés en evaluar cuál es el efecto de un implemento sobre la estructura para

determinadas texturas y humedades del suelo. Esta evaluación toma en cuenta la profundidad resultante a la que trabaja el implemento y también el grado de fragmentación producida, la cual puede determinarse midiendo la distribución del calibre de terrones y agregados, antes y después de la operación (Barthélémy, 1987). Para este tipo de estudios se requiere conocer la humedad en el suelo en el momento de la operación y la textura con la que se está trabajando, así como la velocidad de avance del tractor (Manichon, 1987).

Otro ejemplo de aplicación de esta modalidad de análisis es el estudio del efecto de otras operaciones agrícolas que pueden resultar degregantes, por ejemplo la cosecha mecanizada en condiciones húmedas (Boizard *et al.*, 1994), las rotaciones de cultivos (De Battista, 1984) o las prácticas de labranza de conservación sobre la estructura del suelo.

Análisis de las heterogeneidades estructurales y sus consecuencias sobre el cultivo. Este tipo de investigación es mucho más compleja que las dos anteriores pues el interés se centra en la respuesta de la planta al carácter heterogéneo de la estructura de la capa arable. Dentro de la perspectiva del perfil cultural, Tardieu (1988) se interesó por estudiar la respuesta del desarrollo de raíces del maíz a estados estructurales contrastantes. Se demostró que las estructuras compactas (Δ) impiden el desarrollo normal de las raíces y modifican radicalmente el transporte de agua, lo cual se traduce en una reducción importante del desarrollo del cultivo. Resultados similares han reportado Van Ouwkerk y Van Noordwijk (1991).

BIBLIOGRAFIA

- BARTHELEMY, P. 1987. Choisir les outils de travail du sol. ITCF. Paris.
- BOIZARD H., G. RICHARD, J. GUERIF, and J. BOIFFIN. 1994. Effects of harvest and tillage operations on soil structure. Proc. 13th Conf. Int. Soil Tillage Res. Org. (ISTRO), Aalborg, Denmark.
- CAMPBELL, D.J. 1976. The occurrence and prediction of clods in potato ridges in relation to soil physical properties. *J. Soil Sci.* 27: 1-9.
- DE BATTISTA, J.J., A.E. ANDRIULO, M.C. FERRARI, and C.A. PECORARI. 1994. Evaluation of the soil structural conditions under various tillage systems in the Pampa Humeda (Argentina). Proc. 13th Conf. Int. Soil Tillage Res. Org. (ISTRO), Aalborg, Denmark.
- DE LEON, F. 1991. Morphologie, propriétés physiques et conditions de formation des éléments structuraux de la couche labourée. Contribution à l'interprétation du profil cultural. Tesis de Doctorado. INA PG, Paris.
- DE LEON, F. Y J. GUERIF. 1993. Relación entre características morfológicas y propiedades mecánicas de terrones y cilindros compactados. *Terra*, Vol. 11, No. 1.
- GAUTRONNEAU, Y. y H. MANICHON. 1987. Guide méthodique du profil cultural. CEREF-GEARA, Paris.
- GUERIF, J. 1994. Effects of compaction on soil strength parameters. Pp. 23. In: B.D. Soane and C. Van Ouwerkerk (eds.), *Soil Compaction in Crop Production*. Elsevier, Amsterdam.
- GUERIF, J., F. DE LEON GONZALEZ y P. STENGEL. 1994. Variability of internal structure of clods in relation to soil conditions prior compaction, effect on soil strength. Proc. 13th Conf. Int. Soil Tillage Res. Org. (ISTRO), Aalborg, Denmark. Vol. 1: 543-548.
- HENIN, S., R. GRAS y G. MONNIER. 1972. El perfil cultural. Mundi Prensa, Madrid.
- MANICHON, H. 1987. Observation morphologique de l'état structural et mise en évidence d'effets de compactage des horizons travaillés. pp. 39-52. In: G. Monnier and M.J. Goss (eds.) *Soil compaction and regeneration*. Balkema, Rotterdam, Netherlands.
- TARDIEU, F. 1988. Effect of the structure of the ploughed layer on the spatial distribution of root density. Vol. 1: 153-157. Proc. 11th Conf. Int. Soil Tillage Res. Org. (ISTRO), Edinburg, UK.
- VAN OUWERKERK, C. and M. VAN NOORDWIJK. 1991. Effect of traffic intensity on soil structure and root development in a field experiment on a sandy clay loam in the Netherlands. Proc. 11th Conf. Int. Soil Tillage Res. Org. (ISTRO), Ibadan, Nigeria.

USO DE MEDIOS DE INFORMACION POR LOS PRODUCTORES DE CACAO DE TABASCO, MEXICO

Use of the Information Media by Cocoa Growers from Tabasco, Mexico

Guillermo Galindo González

Campo Experimental Calera. INIFAP. SAGDR.
Apartado Postal 18
Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México
CP 98500

Palabras clave: *Theobroma cacao* L., Difusión de tecnología.

Index words: *Theobroma cacao* L., Diffusion of Technology.

RESUMEN

En Tabasco se cultivan aproximadamente 40 mil ha de cacao (*Theobroma cacao* L.), con un rendimiento promedio de 730 kg de grano seco/ha, el cual puede incrementarse hasta en 50% si se aplican las tecnologías generadas por el Campo Experimental Huimanguillo; sin embargo, no se tiene conocimiento de los medios de comunicación por medio de los cuales los productores de este cultivo reciben información, para así poder instrumentar una estrategia de difusión de las innovaciones generadas por la investigación, razón por la cual se realizó el presente estudio. Para lograr lo anterior, se aplicó un cuestionario a una muestra

integrada por 124 productores seleccionados aleatoriamente, dentro del área productora de este grano. Los resultados mostraron que la radio, la televisión y los folletos agropecuarios son los principales medios de comunicación que emplean los productores; además, se determinó que la escolaridad y el nivel de tecnología están asociados significativamente con la exposición a medios de comunicación.

SUMMARY

In the State of Tabasco are grown approximately 40 000 hectares of cocoa (*Theobroma cacao* L.) with a production per hectare of about 730 kg of grain. This yield could be increased in 50%, if the technology developed by the Huimanguillo Experiment Station were applied. However, it was not known through which means of communication most growers could receive the information that will permit to establish a strategy for the transference of the innovations generated by our research. The purpose of this work was to find that out. A questionnaire was used with a random

Recibido 2-94.

sample of 124 producers and the results showed that television, radio, and agricultural pamphlets were the main sources of information reaching the farmers. It was also found that the level of literacy and the type of technology, were clearly associated with the benefits derived from the means of communication.

INTRODUCCION

El cacao (*Theobroma cacao* L.), "alimento de los dioses", es una planta originaria del trópico americano y constituye una fuente de materia prima para las industrias que elaboran chocolates, confites, jabones y cosméticos, entre otros.

En México se cultivan aproximadamente 70 mil ha de cacao, distribuidas en los estados de Tabasco y Chiapas, con una producción de 40 mil t de grano seco/año. En el estado de Tabasco, el cultivo del cacao es fuente de ingreso de alrededor de 16 familias y se cultivan aproximadamente 40 mil ha; el rendimiento medio que se obtiene en el estado es de 730 kg/ha de grano seco/año (Carrasco y Ramírez, 1992; López, 1987), aunque éste ha disminuído paulatinamente, ya que en la actualidad los rendimientos reportados son de aproximadamente 550 kg/ha (Moreno, 1994).

Con el propósito de generar tecnología para aumentar la producción y productividad agropecuaria y forestal en Tabasco, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), dependiente de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGDR), estableció a partir de 1977 el Campo Experimental Huimanguillo (CEHUI), el cual cuenta con diferentes programas de investigación, entre los cuales destaca el Programa de Cacao.

La estrategia de investigación del CEHUI considera de importancia la difusión de los resultados de sus investigaciones a los productores agropecuarios y forestales, entre otros. Para el caso del cacao, no se ha difundido y adoptado en su totalidad la tecnología generada por la investigación, debido, en parte, a que no se conocen los medios de comunicación que utilizan los productores para recibir información de tipo agropecuaria y forestal, así como las variables que influyen para la menor o mayor exposición a los medios de comunicación.

De acuerdo con lo señalado en el párrafo anterior se desarrolló el presente estudio, el cual tuvo los siguientes objetivos: a) conocer la exposición de los productores de cacao a la variable exposición a los medios de comunicación; b) caracterizar a los productores de cacao de acuerdo con las variables: edad, escolaridad, tiempo de vivir en la zona, años de cultivar cacao, tamaño de la parcela, superficie cultivada con cacao, producción de cacao/ha y nivel de tecnología; c) determinar la relación existente entre las variables mencionadas; d) conocer directamente de los productores de cacao sus necesidades de información sobre este cultivo; y e) generar recomendaciones para diseñar una estrategia de difusión de innovaciones que responda a las necesidades reales de los productores de cacao del estado.

Sobre la comunicación, se menciona que ésta consiste en transferir ideas de una fuente generadora de información, a fin de modificar la conducta de los receptores; la difusión es el proceso por medio del cual las innovaciones se extienden a los miembros de un sistema social.

Los medios de comunicación son canales por los cuales viajan los mensajes desde la fuente a su destino (el receptor), proporcionan un

conducto para producir comunicación de una persona a otra; los medios masivos acusan mayor importancia relativa dentro de la función de conocer dentro del proceso de decisión de innovar, mientras que los interpersonales son más importantes en la de persuasión (Rogers y Shoemaker, 1974). Dentro de la difusión, los medios de comunicación masivos juegan un papel importante, ya que informan acerca de qué cambios pueden ocurrir, de las posibles alternativas y de los métodos, medios y beneficios al adoptar alguna innovación; además facilitan una actividad de cambio, paso previo para la adopción de alguna innovación, y enseñan habilidades necesarias para que los cambios tengan éxito (IICA, 1989).

Por comunicación masiva se entiende la transmisión de mensajes a través de los medios masivos, que permite a uno o varios individuos llegar a un auditorio de muchas personas; éstos se distinguen de los grupales e interpersonales por: a) el tamaño potencial mayor del auditorio simultáneo que se puede alcanzar; b) la comunicación entre la fuente y el receptor mediante un instrumento; c) la posibilidad de una demora en la recepción; d) la dificultad de obtener respuesta de los receptores; y e) la ausencia de una vigilancia mutua entre la fuente y el receptor (Rogers, 1979). Beltrán (1971) señaló que no existe un medio óptimo de comunicación superior a todos los demás, ya que su eficiencia depende de circunstancias variables, esto es, quién desea comunicar qué, para quién, dónde, cuándo y para qué, por lo cual se concluye que cada canal tiene ciertas ventajas y limitaciones. Por su parte Quiroz *et al.* (1989) indicaron que todo medio de comunicación es efectivo, dependiendo de para qué se utilice.

Algunos estudios afirman que en el medio rural, el 100% de sus habitantes tienen el hábito

de exponerse a la radio entre 6 y 8 de la mañana (Carbonell, 1978; Gutiérrez, 1989; Naranjo *et al.* 1978; Sosa, 1979;), y que este medio brinda más oportunidad que ningún otro canal de comunicación para llegar a casi todo el público (Cohen, 1992). En cuanto al uso de la prensa en el medio rural, ésta es un medio poco utilizado en programas que emiten información al medio rural (Méndez, 1979); la principal fuente por la cual los productores reciben información agropecuaria es mediante el contacto directo con los extensionistas (Díaz, 1985; Galindo, 1992). Por otra parte, las demostraciones agropecuarias son un excelente medio utilizado por los productores para recibir información (Chávez, 1987); la televisión es utilizada por casi 50% de los receptores en el medio rural y su frecuencia de uso es diario por la noche (Gutiérrez, 1989). Sobre los folletos, Galindo (1992) determinó en el estado de Zacatecas, que es casi nulo su uso por parte de los productores agropecuarios. Canizales y Myren (1967) concluyeron, en el noroeste de México, que los agricultores con mayor nivel de vida eran más expuestos a revistas y folletos agropecuarios.

METODOLOGIA

La investigación se llevó a cabo en la región productora de cacao del estado de Tabasco, la cual comprende los municipios de Cárdenas, Comalcalco, Jalpa de Méndez, Nacajuca, Paraíso, Huimanguillo, Teapa y Tacotalpan.

Para recopilar la información sobre las variables establecidas se empleó un cuestionario, integrado por un total de 82 preguntas de tipo cerradas y abiertas; las preguntas cerradas se formaron por diferentes alternativas de respuesta, las abiertas fueron útiles para ampliar la información sobre algunas preguntas de tipo

cerrado. El cuestionario se probó previamente y se hicieron las adecuaciones necesarias antes de su aplicación formal, la cual fue por medio de la entrevista personal. Se utilizó una escala de medición ordinal y de proporción.

Como marco de muestreo se consideró un padrón de productores de cacao elaborado en 1986 por la Unión Nacional de Productores de Cacao que existe en la entidad. Este padrón considera una población de 12 400 cacaoteros. De este total se tomó una muestra aleatoria de 124, por medio de un muestreo de estratificación con asignación proporcional, tomando como criterio de estratificación la superficie en hectáreas que cada productor cultiva con cacao. Los estratos establecidos fueron: Estrato I, comprende 10 800 productores propietarios de 0.1 a 5 ha; Estrato II, incluye 1100 productores dueños de 5.1 a 10 ha; por último, el Estrato III, con 500 cacaoteros que tienen de 10.1 ha en adelante (éstos se clasifican como pequeños, medianos y grandes productores). Los entrevistados se seleccionaron con base en números aleatorio, para que todos los elementos muestrales tuvieran la misma probabilidad de ser seleccionados.

El procesamiento de los datos obtenidos se realizó mediante un análisis estadístico simple y de carácter descriptivo. Para conocer el grado de asociación entre las variables, se aplicó el coeficiente de correlación de Spearman (r_s), el cual es una medida de correlación no paramétrica empleada para conocer el grado de relación existente entre dos variables y que requiere, cuando menos, una escala de medición ordinal (Hernández *et al.*, 1991; Infante, 1980). Siegel (1975) indicó que para calcular r_s se hace una lista de los N sujetos, después de registrado cada uno, se anota su rango en la variable X y en la variable Y ; se determinan a continuación los distintos valores de d_i (la diferencia entre los

rangos); se eleva al cuadrado cada d_i , y se suman todos los valores de d_i^2 para obtener

$$\sum_{i=1}^n d_i^2$$

se sustituye este valor y el de N (número de sujetos) directamente en la fórmula siguiente:

$$r_s = \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{N^3 - N}$$

El mismo Siegel (1975), señaló que cuando el valor de N es de 10 o mayor, la significancia de una r_s obtenida conforme a la hipótesis de nulidad (la cual supone que las dos variables en estudio no están asociadas) puede probarse por:

$$t = r_s \sqrt{\frac{N-2}{1-r_s^2}}$$

El valor definido por la fórmula anterior está distribuido por la t de Student con $gl=N-2$, por lo tanto, la probabilidad asociada conforme a H_0 de cualquier valor tan extremo como un valor observado de r_s puede determinarse con el cálculo de la t asociada con ese valor.

RESULTADOS Y DISCUSION

Edad

En lo referente a la edad, 44% de los productores son mayores de 50 años, de ese total 19% tiene más de 61; se determinó que son menores de 35 años solamente 12% de la población estudiada y 44% de la población tienen entre 36 y 50 años. Lo anterior permite establecer que la población de estudio no se

refiere a un grupo de productores relativamente joven, sino que está integrado por personas de edad avanzada, (media aritmética de 52 años), lo cual coincide aproximadamente con la edad que tienen los productores del estado de Durango (Gutiérrez, 1989), de la región central del estado de Veracruz (Pérez, 1987) y de la región de Valles de Iguala, Guerrero (González, 1987); lo anterior posiblemente se deba a que la población joven no se inclina por dedicarse a actividades del campo en general, y emigra hacia otras fuentes de empleo u ocupaciones.

En el Cuadro 1 se observa que no existe una correlación significativa entre la variable edad y la exposición a medios de comunicación y, aunque la asociación es muy débil, es posible pensar que la edad influye negativamente sobre la exposición a los medios, según lo han demostrado otras investigaciones (Galindo, 1992; Nava, 1983); además, al aumentar la edad disminuye la escolaridad, lo cual coincide con lo determinado por Lastra *et al.* (1974). También se encontró asociación positiva entre la variable edad y años de cultivar cacao, tiempo de vivir en la zona, tamaño de la parcela y superficie cultivada con cacao.

Escolaridad

Con respecto a la escolaridad, 43% de la población estudiada cursaron menos del segundo año de educación primaria, 37% cursaron del segundo al cuarto año y solamente 17% terminó su educación primaria. De acuerdo con lo anterior, es posible afirmar que más de 50% de los entrevistados son analfabetos o tienen una gran dificultad para leer e interpretar textos escritos, lo que dificulta su contacto con medios de comunicación impresos; esto se debe a que, en la época que deberían haber cursado su educación

primaria la mayoría de los productores, Tabasco era un estado marginado y la población se encontraba dispersa en la selva, lo cual posiblemente dificultó su alfabetización.

En el Cuadro 1, se muestra que existe una asociación positiva y significativa entre la escolaridad y la exposición a medios de comunicación, lo cual indica que al aumentar la escolaridad de los productores se incrementa el uso de los medios informativos, lo anterior coincide con lo determinado por Gouveia (1980) y Colvará (1980). También se encontró una correlación negativa entre la escolaridad y las variables tiempo de vivir en la zona y años de cultivar cacao, y una correlación positiva entre la escolaridad y la producción de cacao por ha y el nivel de tecnología; esta última correlación es clara y significa que al aumentar el grado de escolaridad se incrementa el nivel de tecnología, debido a una mayor exposición a medios de comunicación, lo que se refleja en una mayor producción de cacao. Similares resultados obtuvieron Mendoza (1979) y Alvarez *et al.* (1985).

Tiempo de vivir en la zona

En cuanto al tiempo que tienen de vivir los entrevistados en la zona productora de cacao del estado de Tabasco, se encontró que 60% de éstos tienen más de 40 años, 28% de 21 a 40 y 12% menos de 21 años, por lo cual se afirma que la mayoría de los productores son originarios de esta área. En el Cuadro 1 se observa una correlación significativa entre esta variable y los años de cultivar cacao, tamaño de la parcela, edad, escolaridad y superficie cultivada con cacao; por lo que respecta a la relación entre el tiempo de vivir en la zona y la exposición a los medios de comunicación, el coeficiente de correlación no fue significativo.

Años de cultivar cacao

Con respecto al número de años que tienen los productores de cultivar cacao, se observó que 60% de éstos tiene menos de 30 años de cultivarlo y 40% tiene más de 30, esto significa que la mayoría de las plantaciones se establecieron en la década de los 60's y que actualmente se encuentran en plena producción. También se encontró que la variable años de cultivar cacao no está correlacionada con la variable exposición a medios de comunicación, pero sí con las variables: tamaño de la parcela, superficie cultivada con cacao, edad y, en forma negativa, con la escolaridad (Cuadro 1).

Tamaño de la parcela

En términos generales, 37% de los productores tienen como parcela una superficie total de 3 ha, 27% de 4 a 6, 15% de 7 a 9, 7% de 10 a 12, 5% de 13 a 15 y 9% más de 15 ha; 9%; la media de la población fue de 4.7 ha. Se determinó que el tamaño de la parcela está asociada significativamente con las siguientes variables: edad, tiempo de vivir en la zona, años de cultivar cacao, superficie cultivada con cacao y producción de cacao/ha, pero no con la variable exposición a medios de comunicación (Cuadro 1). Además, 70% de los productores tienen acceso a la tierra por medio del régimen de la pequeña propiedad y 30% por la vía de la tenencia ejidal.

Superficie cultivada con cacao

Veinte por ciento de los entrevistados cultivan menos de 1.4 ha con cacao, 39% de 1.5 a 3.4, 29% de 3.5 a 5.4 ha, y 2% más de 5.4; la superficie media fue de 2.3 ha, lo cual indica que los productores siembran aproximadamente 50% de su parcela con cacao

y el resto lo dedican a otros cultivos, entre los que destacan los pastos. La correlación entre la superficie con cacao y la exposición a medios de comunicación no fue significativa, pero sí con la edad, tiempo de vivir en la zona, años de cultivar cacao y tamaño de la parcela.

Producción de cacao/ha

El rendimiento promedio de grano seco de cacao que obtienen por ha los productores entrevistados es de 750 kg/ha; sin embargo, 40% de los productores obtienen rendimientos por abajo de este promedio. Cabe mencionar que, tanto la productividad de estos cacaotales como la calidad son susceptibles de mejorarse al aplicar el paquete tecnológico generado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (Carrasco y Ramírez, 1992). Se determinó que existe una correlación significativa entre esta variable y la escolaridad y el tamaño de la parcela (Cuadro 1).

Es importante destacar que el cultivo del cacao es absolutamente de temporal y se desarrolla bajo la sombra de algunas especies leguminosas (chipilco, erithrina y samán), frutales (aguacate, coco, plátano y zapote mamey) y maderables de importancia económica, lo cual permite a los productores vender algún producto del mismo cacaotal. Además, 60% de los productores se dedican a otras actividades, entre las que destacan: siembra de otros cultivos, cría de ganado y comercio.

Nivel de tecnología

Ochenta por ciento de los productores entrevistados utilizan drenes en su plantación para desalojar el agua. Con respecto a las plagas, las principales que se combaten son:

Cuadro 1. matriz general de valores de "t" calculada para la prueba de correlacion de spearman. (n = 124).

	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	Z ₇	Z ₈
Z ₂	-2.828*							
Z ₃	9.786*	-2.267*						
Z ₄	7.862*	-2.599*	6.240*					
Z ₅	3.130*	-1.290	4.414*	6.175*				
Z ₆	4.222*	-0.675	4.019*	6.062*	14.533*			
Z ₇	-0.178	1.964*	-0.320*	1.122	2.009*	1.346		
Z ₈	-0.265	2.056*	1.166	1.839	0.508	0.530	1.448	
Y	-0.864	2.962*	-0.365	-0.265	0.764	1.110	0.519	2.999*

* Significativo al nivel de probabilidad de error de 0.05; t = 1.960

Z₁ = Edad

Z₂ = Escolaridad

Z₃ = Tiempo de vivir en la zona

Z₄ = Años de cultivar cacao

Z₅ = Tamaño de la parcela

Z₆ = Superficie cultivada con cacao

Z₇ = Producción de cacao /ha

Z₈ = Nivel de Tecnología

Y = Exposición a medios de comunicación

hormigas (41%), trips (37%), salivazo (32%) y chinches (25%), entre otras. En cuanto a las enfermedades que controlan, destacan: la mancha negra de la mazorca (87%), el chamusco (16%) y la antracnosis (6%); la primera de estas enfermedades causa pérdidas hasta en 30% de la producción y es el principal problema que limita el rendimiento de este cultivo.

Se encontró también que la mayoría de los productores (92%) aplican fertilizantes al suelo, como la urea (50%), 17-17-17 (43.5%) y 18-9-18 (13%) y al follaje como Floren (20%), Gro Green (8.8%), Gravulín (1%), Nitrosol (7%) y Crescal (3%); algunos

productores aplican fertilizantes al suelo y al follaje.

Además, se encontró que la exposición a los medios de comunicación está asociada con el nivel de tecnología empleado por los productores (Cuadro 1), lo cual indica que quienes tienen un nivel tecnológico más alto, son quienes tienen un contacto mayor con los medios de comunicación. En un estudio efectuado en la región del Bajío, México, se observó también que el uso de tecnología estaba determinado por el uso de medios de comunicación (Martínez, 1964); en Tlaxcala, los productores que aplican la tecnología adecuada son los que tienen crédito, cuentan

con mayores facilidades de almacenamiento y acceso a la asistencia técnica, y también son los más jóvenes (Reyna *et al.*, 1981).

Exposición a medios de comunicación

Sesenta y tres por ciento de los entrevistados señalan no leer periódicos, las principales razones fueron: no saben leer y escribir, no tienen dinero para comprarlos y no les gusta leer; del resto, que señaló leer periódicos, su frecuencia de exposición es baja (semanal, quincenal o mensual), y lo compran generalmente cuando salen de su comunidad a las cabeceras municipales, ya que ninguno de éstos cuenta con suscripción. Los periódicos más leídos fueron *El Presente* (editado en la ciudad de Villahermosa, Tabasco, con una distribución estatal), y *El Chompite* (editado en la ciudad de Comalcalco, Tabasco, y circula a nivel regional). Se ha demostrado que los productores utilizan más de este medio informativo, a medida que aumenta su extensión de terreno (Canizales y Myren, 1967). Un estudio efectuado sobre "el alcance e impacto de la página agrícola del periódico *El Dictamen de Veracruz*", mostró que la gran mayoría de los lectores eran propietarios de las tierras que trabajan, la extensión era mayor que para la generalidad de los agricultores y ganaderos, el 60% de los lectores asociaban sus actividades agropecuarias con otras ocupaciones, y su nivel de escolaridad era mucho más alto que el promedio para Veracruz (Martínez y Myren, 1964), características diferentes a las que presentan los productores de cacao en Tabasco.

Del total de la población estudiada, 95% de los productores manifestaron no leer revistas agropecuarias, debido a que no saben donde se adquieren y a que son analfabetos, principalmente; es importante señalar que éstas

se distribuyen solamente en las ciudades de Villahermosa, Cárdenas, Comalcalco, Paraíso y Huimanguillo, del estado de Tabasco.

Por lo que respecta a la exposición a folletos agropecuarios, 53% de los productores de cacao afirman leer este tipo de publicaciones, las cuales les son proporcionadas por la Unión Nacional de Productores de Cacao (32%), la SAGDR (90%), Fertilizantes Mexicanos (2%) y el CEHUI (1%).

Se encontró que 100% de los productores escuchan regularmente la radio, lo cual coincide con lo determinado por Sosa (1979) en la región central del estado de Veracruz, en su estudio sobre la radiodifusión y los ejidatarios de esta zona, y con los estudios efectuados por Naranjo *et al.* (1978) y Carbonell (1978).

Gutiérrez (1989) concluyó, en su estudio efectuado en el estado de Durango, que la radio es uno de los medios preferidos por los productores del medio rural para recibir información de tipo agropecuario. Además, concluyó que 100% de los productores entrevistados cuentan con aparato receptor (80% de luz eléctrica y 20% de baterías). Las estaciones más escuchadas son: XEVA Radio Núcleo de Oro (de Villahermosa, Tab.), XEVX (de Comalcalco, Tab. y XEJAC Radio Tropical, de Cárdenas, Tabasco). Respecto al lugar donde los productores escuchan la radio, 76% indicó hacerlo en su casa y 1% en su parcela, principalmente, entre 5 y 8 de la mañana.

Por lo que respecta a la televisión, se determinó que 70% de los productores tienen televisor el cual funciona con luz eléctrica o acumulador, al cual se exponen diariamente

por la noche y su estación preferida es el Canal 9 de la ciudad de Villahermosa, Tab., y el canal 2 de la Ciudad de México, D.F. Este porcentaje de productores que se expone a este canal de comunicación, es relativamente menor al registrado en el sur del estado de Sonora, en donde 100% de los productores se exponen a la televisión (González, 1985). Es posible que en Tabasco no exista un uso generalizado de este medio, debido a que en muchas comunidades no se cuenta con servicio de energía eléctrica.

Sobre las demostraciones agropecuarias, 90% de los entrevistados señalaron no haber asistido a este tipo de eventos, debido a que nadie los invita; el resto (10%) señaló haber asistido por lo menos en una ocasión. Lo anterior muestra que este medio de comunicación no es utilizado de manera frecuente, a pesar de ser uno de los más eficientes para transferir tecnología a los productores rurales (Chávez, 1987).

Cuarenta y uno por ciento de los entrevistados indicaron haber asistido a observar alguna exposición agropecuaria, principalmente a las ferias regionales de las ciudades de Villahermosa y Comalcalco, Tabasco.

En cuanto a los audiovisuales agropecuarios (películas, video cassette y serie de transparencias con grabación), 20% de los entrevistados observó algún audiovisual sobre temas agropecuarios, y esto lo hicieron en ciudades localizadas dentro del área cacaotera.

Finalmente, se determinó que es bajo el contacto que tienen los productores con los extensionistas, ya que solamente 44% de los entrevistados ha recibido asistencia técnica de algún agente de cambio (principalmente de la

SAGDR). Sobre la asistencia técnica que se brinda en las regiones cacaoteras del Soconusco, Chiapas, esta es ocasional e insuficiente y las visitas de los técnicos a las plantaciones varían y se enfocan al establecimiento y manejo de viveros, poda de árboles de cacao y de sombra, y combate de enfermedades (López *et al.*, 1988).

Necesidades de información

Los principales problemas que indicaron se les presentan a los productores de cacao dentro de su plantación y de los cuales requieren información son: control de plagas y enfermedades, mantenimiento de la sombra y dosis adecuadas de fertilización.

Es importante destacar que los productores mencionaron desconocer cuales dependencias o instituciones les pueden ofrecer información para el mejoramiento de sus plantaciones; por citar un ejemplo, de los 124 entrevistados ninguno había tenido contacto con personal del CEHUI y la mayoría no tenía conocimiento sobre su localización. Además, no estaban en relación con ninguna institución que prestara sus servicios al medio rural, solamente con personal de la Unión Nacional de Productores de Cacao.

CONCLUSIONES

- Los productores de cacao son personas de edad avanzada y existe un alto grado de analfabetismo entre éstos; 60% tiene más de 40 años de radicar en la zona productora de cacao y menos de 30 de cultivar cacao.
- Dentro de los productores, el régimen predominante es el de la pequeña propiedad con un promedio de 4.7 ha en total y 2.3 ha

sembradas con cacao, ya que esta actividad la asocian con la siembra de otros cultivos u otras ocupaciones.

- El rendimiento promedio que obtienen de grano seco de cacao/ha es de 750 kg, el cual es posible incrementar al aplicar las tecnologías generadas por el INIFAP.

- En cuanto al uso de los medios de comunicación, destacaron la radio, la televisión y los folletos agropecuarios, sin embargo, no se recibe información agropecuaria por ninguno de los dos primeros canales de comunicación, a pesar de que éstos si transmiten dentro del área de estudio.

- La exposición a los medios de comunicación está asociada con la escolaridad y el nivel tecnológico de los productores. Además, la edad se asocia con la escolaridad, el tiempo de vivir en la zona, los años de cultivar cacao, el tamaño de la parcela, y la superficie cultivada con cacao; también se encontró relación entre la escolaridad y el tiempo de vivir en la zona, los años de cultivar cacao, la producción de cacao/ha y el nivel de tecnología; por lo que respecta a la variable tiempo de vivir en la zona, mostró relación con las siguientes : años de cultivar cacao, tamaño de la parcela y superficie cultivada con cacao. En lo que toca a los años de cultivar cacao se asocia con el tamaño de la parcela y la superficie cultivada con cacao. Finalmente, la variable tamaño de la parcela esta asociada con la superficie cultivada con cacao y la producción de cacao/ha.

- Es necesario que exista una coordinación adecuada entre las diferentes instituciones que tienen algo que ofrecer a los productores de cacao (SAGDR, CEHUI y Secretaría del Desarrollo Rural del Gobierno del Estado,

entre otras), con la finalidad de que los productores reciban servicios más eficientes y oportunos, y partan bajo una estrategia definida para el desarrollo rural.

- Debido a que los productores tienen un bajo grado de escolaridad, es recomendable transmitir información a los cacaoteros por medio de la radio y la televisión. Se recomienda que se establezca un programa radiofónico para los cacaoteros que tenga una duración no mayor de 30 minutos diariamente y se transmita en las mañanas en cualquiera de las siguientes radiodifusoras: XEVA, XEVX y XEJAC del estado de Tabasco, con la finalidad de transmitir recomendaciones para este cultivo, así como mensajes de interés para los productores. También debe implementarse la transmisión (por las noches principalmente) de mensajes por medio del canal 9 de la ciudad de Villahermosa, Tabasco. Además, debe emplearse el video, o series de transparencias con narración, ya que estos medios no requieren que el auditorio sea alfabeto.

- Deben seguirse publicando y distribuyendo folletos con un alto grado de legibilidad a los productores, para que los mensajes transmitidos puedan ser decodificados e interpretados por éstos.

-También es necesaria la asistencia técnica interpersonal, por que ésta, dentro del proceso de adopción, juega un papel importante ya que los medios masivos solamente tendrían como función informar a los productores sobre nuevas innovaciones.

- Es necesario intensificar el uso de las demostraciones de métodos y resultados, que son estrategias de extensión para mostrar la conveniencia de la aplicación de una práctica o grupo de prácticas, cuya ventaja ha sido

previamente probada en los campos experimentales.

- Debe evaluarse el efecto del uso de los medios de comunicación para corregir fallas y aprovechar aciertos.

LITERATURA CITADA

- ALVAREZ G., V., G. MARTINEZ V., y H. DIAZ C. 1985. La utilización de la tecnología en dos comunidades del Plan Mixteca Alta, estado de Oaxaca; el caso de las recomendaciones para el maíz de temporal. *Agrociencia*. 61:13- 23.
- BELTRAN R., L. 1971. Radioforum y radio escuelas rurales en la educación para el desarrollo. Material de Enseñanza en Comunicación N° 25. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA (IICA). Perú.
- CANIZALES, A., y T. MYREN, T. 1967. Difusión de información agrícola en el Valle del Yaqui. Folleto Técnico N° 51. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México.
- CARBONELL A., M. 1978. El radio como medio de información; un caso en el municipio de Xochiapulco, Puebla, México. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- COLVARA R., R. 1980. Efecto de una historia ilustrada sobre la retención de información por pequeños productores agrícolas. Folleto de Investigación No. 60. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. México.
- CHAVEZ C., H. 1987. La parcela de validación; un proceso de comunicación para la transferencia de tecnología agrícola. Tesis Profesional. Universidad del Valle de Atemajac. México.
- CARRASCO L., L., y F. RAMIREZ D. 1992. La agroindustria cacaoera mexicana ante el tratado trilateral de libre comercio. pp. 135-136. In: L. Tress V. (ed). La agricultura mexicana frente al tratado trilateral del libre comercio. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- COHEN DOROTHY. 1992. Publicidad comercial. Trad. de la 2a. ed. en inglés por A. Ma. Mateo. Diana, México.
- DIAZ C., H. 1985. El proceso de adopción de tecnología de producción entre agricultores de subsistencia en áreas de temporal; el caso del Plan Puebla. Cuaderno CEDERU. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- GOUVEIA P., J. 1980. Algunos factores que influyen en la comprensión de los mensajes escritos dirigidos a los agentes de cambio. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- GALINDO G., G. 1992. La comunicación agropecuaria entre los ejidatarios del ejido El Mezquite, Zacatecas. *Fitotécnica* 15: 193-196.
- GONZALEZ C., M. 1987. El cultivo de la sandía *Citrulus lanatus* T. bajo condiciones de "sereno" en la región Valles de Iguala, Guerrero. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. (Informe Interno), México.
- GONZALEZ R., A. 1985. Alcance del programa de televisión con temas agrícolas "La hora del CIANO", entre ejidatarios del sur de Sonora. pp. 173-179. In: Experiencias metodológicas de la difusión de tecnología en el INIA. Publicación Especial N° 20. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México.
- GUTIERREZ G., R. 1989. Los medios de comunicación, su uso y preferencia por agricultores de Durango. Folleto Misceláneo N° 1. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Campo Experimental Valle del Guadiana. México.
- HERNANDEZ S., R., C. FERNANDEZ C., y P. BAPTISTA L. 1991. Metodología de la investigación. McGraw-Hill, México.
- INFANTE G., S. 1980. Métodos estadísticos no paramétricos. Colegio de Postgraduados. México.
- INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA (IICA). 1989. Comunicación para el desarrollo. Costa Rica. (Mimeografiado).
- LASTRA R., O., E. NIÑO V. y G. MARTINEZ V. 1974. Factores que influyen en la comprensión de las películas educativo-agrícolas. *Agrociencia* 15: 35-47.
- LOPEZ B., O., Y. SANDOVAL G. Y J. SOTO R. 1988. Sistemas de producción de cacao en la región del Soconusco, Chiapas, México. Folleto de Investigación N° 70. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. México.
- LOPEZ A., P. 1987. Control de la mancha negra de la mazorca del cacao en Tabasco. Desplegable para Productores N° 6. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, México.
- MARTINEZ R., J. 1964. Factores sociales y económicos que influyen en la difusión y adopción del maíz híbrido en el Bajío. pp. 247-251. In: Myren, D. T. (ed). Primer Simposium Interamericano de las Funciones de la Divulgación en el Desarrollo Agrícola. Secretaría de Agricultura y Ganadería, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México.
- MARTINEZ, V. y T. MYREN. 1964. Alcance e impacto de la página agrícola de "El Dictamen de Veracruz". Folleto Técnico N° 47. Secretaría de Agricultura y Ganadería, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, México.
- MENDEZ A., M. 1979. La prensa en las zonas rurales de México. Terras Didácticas. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, México.
- MENDOZA M., S. 1979. Rendimientos de cultivos y necesidades de información técnica de ejidatarios, colonos y pequeños propietarios del Valle del Yaqui, Sonora. México, Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- MORENO, C. 1994. Evaluación fenotípica de árboles de cacao provenientes de cruzamientos interzonales para clones de alto rendimiento. p. 149. In: Memorias del 11° Congreso Latinoamericano de Genética y XV Congreso de Fitogenética. Sociedad Mexicana de Fitogenética, México.
- NARANJO C., M. GRIJALVA y N. TRUFIÑO. 1978. Los medios de comunicación y la difusión en el sector agrícola. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador.
- NAVA V., L. 1983. La exposición y los factores que influyen en la percepción de problemas técnico-agrícolas en maíz por los productores del Distrito de Riego N° 18 del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- PEREZ L., E. 1987. Comprensión de palabras técnicas por ejidatarios del municipio de Cotaxtla, estado de Veracruz. Folleto de Investigación No. 68. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, México.
- REYNA C., E., M. PORTILLO V. y J. SANCHEZ C. 1981. Adopción de tecnología agrícola para el impulso de la producción de maíz de temporal en el estado de Tlaxcala, México. Folleto de Investigación No. 61. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, México.

- ROGERS, M., and F. SHOEMAHER. 1974. *Communication of innovations, a cross cultural approach*. The MacMillan Co., U.S.A.
- ROGERS, M. 1979. *Modernization among peasants, the impact of communication*. Rinehart and Winston, U.S.A.
- SOSA M., Y. 1979. *La radiodifusión y los ejidatarios de la zona central del estado de Veracruz*. Folleto de Investigación No. 59. SIEGEL, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, México.
- SIEGEL, S. 1975. *Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta*. Trillas, México.
- QUIROS D., E., V. TELLEZ S., V. AGUDELO, E. PLAZA M. 1989. *Guía para la selección de producción de medios para la transferencia de tecnología agropecuaria*. Boletín Técnico No. 183. Ministerio de Agricultura, Instituto Colombiano Agropecuario. Colombia.

COMENTARIOS Y CARTAS AL EDITOR

Comentario sobre el uso correcto de algunas palabras

Deseo comentar en esta segunda ocasión acerca del uso correcto de algunas palabras en los artículos científicos en español.

Con frecuencia se emplean palabras que no significan realmente lo que quiere expresarse, es decir, se utilizan de manera incorrecta. En ocasiones la palabra utilizada no es la mejor selección para representar aquello que se quiere. Por último, existe una tendencia a "crear" palabras, por ejemplo: hacer verbos a partir de otras formas gramaticales. A continuación comentaré algunos casos:

Avocado: a veces se emplea incorrectamente con el sentido de "dedicado", por ejemplo: "El Dr. Juan Pérez está avocado a investigar los suelos ácidos".

Factible: no debe confundirse con "posible" ni con "susceptible", como en el siguiente ejemplo:

"Es factible concluir la investigación antes de diciembre".

Evento: es común el abuso de esta palabra cuyo significado es "cosa que sucede". Suele emplearse para sustituir a un sinfín de palabras (congreso, reunión, concierto, conferencia, festival, partido de fútbol, etc.) que resulta que "todo" es un evento. Se recomienda utilizar la palabra más precisa para cada caso.

Nivel: en los artículos científicos se utiliza mucho en el sentido de "dosis", "cantidad", por ejemplo: "Se aplicaron tres niveles de fertilización...". En tal caso sería mejor sustituir niveles por dosis. También suele emplearse incorrectamente para ubicar algún medio, por ejemplo:

Hay serios problemas de sequía a nivel nacional.

En este caso sería mejor decir:

Hay serios problemas de sequía en el país.

Consistente: es común que se emplee esta palabra con el sentido de "estable" "constante", lo cual es incorrecto, por ejemplo:

Los resultados fueron consistentes en las últimas observaciones.

También se emplea mal cuando quiere señalarse similitud, por ejemplo:

Los resultados fueron consistentes con los publicados por Armenta (1960).

Elevar: con frecuencia se utiliza este verbo con el sentido de "incrementar", "aumentar", "acrecentar", como en el siguiente ejemplo:

El rendimiento se elevó en 50% con la aplicación de cal.

Lo correcto sería:... incrementó...

Instrumentar: este giro verbal a veces se emplea incorrectamente con el sentido de “aplicar”, “organizar”, “ejecutar”. Por ejemplo:

Para instrumentar el siguiente proyecto se propone:...

Finalmente, existe una tendencia a “inventar” palabras a partir de otras. Los siguientes son ejemplos de palabras que se utilizan frecuentemente, aunque no aparecen en el Diccionario de la Real Academia Española:

Se usa	Debe usarse
Calendarizar	Hacer un calendario
Eficientizar	Hacer eficiente algo
Priorizar	Definir prioridades
Dimensionar	Establecer dimensiones
Muestrear	Hacer un muestreo
Regionalizar	Definir regiones
Concientizar	Concienciar
Aclimatización	Aclimatación

BIBLIOGRAFIA

- COHEN, S. 1994. Redacción sin dolor, aprenda a escribir con claridad y precisión. Planeta, México, D.F.
- LUGO P., E. 1992. Preparación de originales para publicar, manual del autor de textos científicos y educacionales. Trillas, México, D.F.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. 1992. Diccionario de la lengua española. 21a. edición. Espasa-Calpe, Madrid, España.
- SECO, M. 1986. Diccionario de dudas y dificultades de la lengua española. Espasa-Calpe, México, D.F.

Jorge Alvarado López

DIVISION II

Respuesta del melón acolchado al régimen de riego en el valle de Apatzingán.

**L.M. TAPIA V.,
J.J. ALCANTAR R. y
A. VEGA P. 174**

DIVISION III

Estructura de la capa arable analizada mediante el método del perfil cultural.

F. DE LEON G. 185

DIVISION IV

Uso de medios de información por los productores de cacao de Tabasco, México.

G. GALINDO G. 191

**COMENTARIOS
Y CARTAS
AL EDITOR**

Comentario sobre el uso de algunas palabras.

J. ALVARADO L. 203