

V REUNION NACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTACION DE LLUVIA

MEMORIA



26 al 28 de Octubre de 1998
Oaxaca, Oax. México



IICA
BIBLIOTECA VENEZUELA
26 JUL 1999
RECIBIDO

V REUNION NACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTACION DE LLUVIA

26 AL 28 DE OCTUBRE DE 1998



PUBLICADO EN 1998 POR:

**SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO
COLEGIO DE POSTGRADUADOS EN CIENCIAS AGRICOLAS**

COPYRIGHT 1998

IMPRESO EN MEXICO/PRINTED IN MEXICO

MEMORIAS DE LA V REUNION NACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTACION DE LLUVIA (26 AL 28 DE OCTUBRE DE 1998. OAXACA, OAX. MEXICO). EDITADO POR DR. MANUEL ANAYA GARDUÑO, INSTITUTO DE RECURSOS NATURALES, COLEGIO DE POSTGRADUADOS EN CIENCIAS AGRICOLAS. MONTECILLO, EDO. DE MEXICO. ING. JAIME TREJO MANCILLAS, UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO.

**P.
ISBN: 968 6201-44-0**

NOTA: LOS TRABAJOS PUBLICADOS EN ESTAS MEMORIAS SE PRESENTARON BAJO ABSOLUTA RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES Y COAUTORES

00007452

11CA

P10

34

COMITÉ ORGANIZADOR NACIONAL

MANUEL ANAYA GARDUÑO
COLEGIO DE POSTGRADUADOS

JULIAN RUBEN RIOS ANGELES
COMISION NACIONAL DEL AGUA

VICTOR M. ORDAZ CHAPARRO
SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO A.C.

BENJAMIN PEÑA OLVERA
COLEGIO DE POSTGRADUADOS

HECTOR PEDRAZA OLGUIN
COMISION NACIONAL DE ZONAS ARIDAS

JESUS TAKEDA INUMA
FIDEICOMISO DE RIESGO COMPARTIDO

JAIME TREJO MANCILLAS
UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

COMITÉ ORGANIZADOR LOCAL

CARLOS TORRES AVILES
SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA Y DESARROLLO RURAL

GERARDO NIVON CRUZ
SRIO. DE SEDAF, GOBIERNO DEL ESTADO DE OAXACA

HECTOR RENÉ BECERRIL TORAL
COLEGIO DE INGENIEROS AGRONOMOS DE OAXACA

SALVADOR ANTA FONSECA
SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA, OAXACA.

CIRENIO ESCAMIROSA TINOCO
CIDIIR-INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ALBERTO SANCHEZ LOPEZ
CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

FERNANDO GUTIERREZ VALLADOLID
ASOCIACION NACIONAL DE EGRESADOS DE CHAPINGO, OAXACA

JUAN IGNACIO MUÑOZ SOTO
COMISION NACIONAL DEL AGUA

SALVADOR LOZANO TREJO
INSTITUTO TECNOLOGICO AGROPECUARIO DE OAXACA

HECTOR AGUILAR REYES
COMISION OAXAQUEÑA DE DEFENSA ECOLOGICA

PREFACIO

La desertificación y la sequía son problemas de carácter global, afectan a más de 100 países y a más de 1,000 millones de habitantes y requieren de soluciones locales, considerando los aspectos sociales, culturales, económicos y ambientales; estos problemas acumulativos y crecientes repercuten negativamente sobre el desarrollo sustentable.

Las diversas sociedades humanas han luchado por su sobrevivencia durante varios milenios bajo diversas condiciones ecológicas, dando especial atención al recurso agua. En muchas regiones del mundo se cuenta con tecnología autóctona y tradicional heredada por las diversas culturas, las cuales han dejado verdaderas obras de ingeniería agrícola e hidráulica relacionada con la conservación y manejo de los recursos agua, suelo y planta.

En la mayor parte de las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, la precipitación pluvial generalmente es insuficiente para satisfacer las necesidades de agua de los cultivos; es por ello, la urgente necesidad de establecer programas masivos sobre sistemas de captación de agua de lluvia.

En la declaración de París, generada en la Conferencia Internacional “Agua y Desarrollo Sostenible” que tuvo lugar del 19 al 21 de marzo de 1998, se establece que la cuarta parte de la población mundial no tiene acceso al agua potable, más de la mitad de la humanidad carece de un saneamiento adecuado del agua, su mala calidad y la falta de higiene figuran entre las principales causas de enfermedad y muerte, así como la escasez de agua, las crecientes inundaciones y sequías, la pobreza, la contaminación, el tratamiento inadecuado de los desechos y la insuficiencia de infraestructura plantean serias amenazas al desarrollo económico y social, la salud humana, la seguridad alimentaria mundial y el medio ambiente. Si se mantienen los planes actuales de utilización de los recursos naturales, casi las dos terceras partes de la humanidad corren el peligro de sufrir una escasez de agua antes del año 2005.

Lo anterior requiere de la formulación de programas de rescate de tecnología autóctona y tradicional, la cual combinada con el conocimiento moderno, generará paquetes tecnológicos

sobre captación y aprovechamiento del agua de lluvia, base para la tecnificación de la agricultura de temporal y transición hacia el desarrollo sostenible en diversas regiones del mundo donde las prioridades son: disponibilidad de agua, producción de granos básicos y producción de forrajes, necesarios para mejorar la producción de leche, carne y huevo y por ende, la alimentación del millones de seres humanos.

Es indispensable el manejo y la utilización racional de las diversas fuentes de agua: ríos, lagos, manantiales, acuíferos, neblina y agua de lluvia involucrando a los tomadores de decisiones, a los profesionales y a los usuarios; ¡urge!, reforzar las acciones para lograr una verdadera *cultura del agua*.

Es necesario enfatizar sobre la necesidad de contar con una Base de Datos relativa a los diversos sistemas de captación de agua de lluvia y una Red que enlace personas e instituciones con el objeto de promover la aplicación masiva de estas técnicas, así como la generación y el desarrollo de nuevas tecnologías. En breve, México solicitará a la Asociación Internacional de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia la sede para la Décima Reunión Internacional, la cual tendrá lugar en el año 2001.

La Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C. ha realizado cuatro reuniones nacionales sobre Sistemas de Captación de Agua de Lluvia, la primera en la ciudad de Zacatecas, Zac. en septiembre de 1990. La segunda, en la ciudad de Torreón, Coah. en agosto de 1994. La tercera en la ciudad de San Luis Potosí, S.L.P, en septiembre de 1996. La cuarta en la ciudad de Torreón, Coah. en octubre de 1997. La quinta tendrá lugar en la ciudad de Oaxaca, Oax., del 26 al 28 de octubre de 1998.

Las memorias de la V Reunión Nacional Sobre Sistemas de Captación de Lluvia tienen como objetivo principal el aporte de información técnica y científica relacionada con el tema, preparada por especialistas en la materia, esperando sea de utilidad a profesionales, técnicos, productores y todas aquellas personas involucradas en la planeación y desarrollo integral sostenible.

Finalmente, se desea hacer patente un profundo agradecimiento a los autores y coautores de los artículos publicados en la memoria de este evento así como, a todas aquellas personas involucradas en el comité organizador y demás comisiones que hicieron posible que se llevara a cabo esta importante reunión sobre sistemas de captación de agua de lluvia, en “La Muy Noble y Leal, Ciudad de Oaxaca”, patrimonio cultural de la humanidad.

**Dr. Manuel Anaya Garduño
Coordinador de la V Reunión Nacional
Sobre Sistemas de Captación de Lluvia**

INDICE

RAINWATER CATCHMENT IN A SYSTEMS PERSPECTIVE	1
<i>Richard J. Heggen</i>	
DESERTIFICACIÓN EN EUROPA	7
<i>Jose L. Rubio y Luis Recatalá</i>	
EL INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA (IICA) EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE	18
<i>Juan José Salazar Cruz</i>	
EVALUACION DE LOS EFECTOS DE LA SEQUIA QUE SE PRESENTO EN MEXICO EN 1998. I. PRIMER ANALISIS.	20
<i>Abel Muñoz Orozco, J. L. Jaramillo y R. Barraza M.</i>	
CLIMA, SUELOS Y RENDIMIENTOS DE MAIZ DE TEMPORAL EN LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA.	25
<i>Jaime Ruiz Vega, Fernando Arce González y David Martínez Sánchez</i>	
COMPARACION DE TRES SISTEMAS DE LABRANZA CON RESPECTO AL CICLO DEL NITROGENO, HUMEDAD Y TEMPERATURA DEL SUELO EN AVENA (<i>Avena sativa</i>)	34
<i>Antonino Amador Machado y Enrique Salazar Sosa</i>	
LINEAMIENTOS ESTRATEGICOS SOBRE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO	40
<i>Manuel Anaya Garduño</i>	
CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO. UNA OPCION REAL EN EL ESTADO DE OAXACA, PARA LOCALIDADES DISPERSAS Y CON ESCASEZ DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO.	53
<i>Julián Ruben Rios Angeles</i>	
COLECCIÓN DE AGUA DE LLUVIA: UNA ALTERNATIVA PARA LA DOTACION DE PEQUEÑAS COMUNIDADES RURALES MENORES DE 500 HABITANTES	62
<i>Martín D. Mundo Molina, Romeo Ballinas Avendaño, Polioptro Martínez Austria, Leonardo Hernández Barrios, Miguel Raúl Ponce Martínez, Edgar Rafael Ferrer Penagos</i>	

INTEGRACION DEL AGUA DE LLUVIA A SISTEMAS LOCALES PARA SUMINISTRO A LAS CASAS CON AGUA POTABLE	73
<i>Dietmar Rössel, Hipolito Ortiz Laurel</i>	
RETENCION DE AGUA DE LLUVIA MEDIANTE CORTINAS DE FERROCEMENTO	84
<i>Caballero Aquino Tertuliano, Jiménez Ruiz Tobias y Ortiz Guzmán M</i>	
DIMENSIONAMIENTO ÓPTIMO DE CISTERNAS PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN ZONAS URBANAS	93
<i>Miguel A. Domínguez Cortazar</i>	
SISTEMA DE CAPTACIÓN PLUVIAL <i>IN SITU</i> PARA COMUNIDADES RURALES. CASO: LOCALIDAD DEL BARRIO DE SANTA CLARA, MPIO. TEQUILA VER.	102
<i>Horacio Rubio Gutierrez</i>	
CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA EL GANADO	111
<i>Elco S. Blanco Madrid</i>	
LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE LLUVIA PARA LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y SU ENSEÑANZA EN LA UAM- XOCHIMILCO, UNA PROPUESTA PARA LA AGRICULTURA DE TEMPORAL EN MÉXICO.	119
<i>Andrés Fierro Alvarez</i>	
CULTIVOS DE COBERTERA Y SU IMPORTANCIA EN EL MANEJO INTEGRAL DE MICROCUENCAS	123
<i>Gil Loeza Ramirez</i>	
SELECCION DE GENOTIPOS DE MAIZ EN CONDICIONES LIMITADAS DE HUMEDAD.	129
<i>José Dimas López-Martínez., Jesús Martínez-Trujillo y Román González-Pérez</i>	
TECNOLOGIAS PARA FORTALECER EL SISTEMA TRADICIONAL DE MAIZ DE TEMPORAL EN LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA	137
<i>Carlos Arredondo Velázquez</i>	

EL USO DEL ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO COMO COBERTERA ORGANICA, EN EL CULTIVO DEL NOPAL (<i>Opuntia ficus-indica</i>) EN LA REGION DE MILPA ALTA, D.F.	145
<i>Andrés Fierro Alvarez y María Magdalena González López</i>	
ESTABLECIMIENTO DEL NOPAL RASTRERO (<i>Opuntia rastrera</i>) EN LA ISLA DE FERTILIDAD DE LA “GOBERNADORA”	157
<i>Victor Manuel Rodríguez Carreón, Myrna Julieta Ayala Ortega, y Juan José López González</i>	
POTENCIAL ECOLÓGICO, FORRAJERO Y ECONÓMICO DE LA COQUIA EN LAS ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS DE MÉXICO	163
<i>Jaime Trejo Mancillas</i>	
ANTOLOGÍA DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE LLUVIA CON FINES REFORESTIVOS	177
<i>Luis Pimentel Bribiesca</i>	
CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA Y REFORESTACIÓN DE SUELOS CALCAREOS EROSIONADOS DEL DISTRITO DE COIXTLAHUCA, OAXACA.	186
<i>Baldomero H. Zaráte N., Gabino A. Martínez G., Ma. Luisa Domínguez H. y Manuel R. E.</i>	
LAS TERRAZAS INDIVIDUALES Y CONTROL DE EROSION EN PLANTACIONES DE CAFETALES Y MARAÑON EN LA COSTA DE CHIAPAS.	194
<i>Sebastián González Dávila</i>	
ESTUDIOS, PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE PEQUEÑOS BORDOS DE ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA USO AGRÍCOLA Y ABREVADERO	208
<i>Pérez Nieto, S.; Sánchez Bravo, J. R. y Hernández Saucedo, F. R.</i>	
LA PARTICIPACION COMUNITARIA: UN ESTILO EMERGENTE DE SOBERANIA Y SUSTENTABILIDAD DE USO DE AGUA, FRENTE A UN DESARROLLO TURISTICO	215
<i>Francisco Marini Zúñiga, Gisela Judith Flores Leyva y Carlos Antonio Paillés Bouchez</i>	

EL IMPACTO SOCIOCULTURAL DE LAS CORTINAS RETENEDORAS DE AGUA DE LLUVIA DEL CIIDIR-IPN-OAXACA	226
<i>Griselle Velasco Rodríguez</i>	
SISTEMA PRODUCTIVO DE ASOCIACION GIRASOL (<i>Helianthus annuus L.</i>) Y MAÍZ (<i>Zea mays L.</i>) COMO ALTERNATIVA ECONOMICA EN LA COMARCA LAGUNERA CON RESISTENCIA A SEQUIA	231
<i>Santiago Valenzuela Rey, Rodolfo Zamora Núñez Enrique Salazar Sosa y Emeterio Lira Cortés</i>	
COMPETITIVIDAD AGRICOLA Y USO RACIONAL DEL AGUA DE GRAVEDAD, ESTRATEGIAS PARA UN DESARROLLO SUSTENTABLE	239
<i>Fortis Hernández, M; Leós Rodríguez, J.A; Salazar Sosa, E</i>	
FACTORES QUE INCIDEN EN LA ADOPCIÓN DE SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA.	259
<i>Adriana Robino Rossi</i>	
ADMINISTRACION DE LAS ACTIVIDADES AGROPECUARIAS EN EL EJIDO SEIS DE ENERO, DGO. EN BASE A LA OPTIMIZACION. UNA PROPUESTA	264
<i>Serrato Sánchez Raúl y Castro Moreno Miguel Angel</i>	
LA SEQUIA: SUS EFECTOS, CAUSAS Y POSIBLE SOLUCION	269
<i>Sergio Prieto Gamboa</i>	
ABASTO SUSTENTABLE DE AGUA PARA EL MUNICIPIO DE XALAPA	277
<i>Jesús Dorantes López y Raúl Alvarez Oseguera</i>	

Summary

The systems challenges are not trivial. They cannot be resolved in isolation. Investigators must draw upon ongoing developments in engineering, the natural sciences and the social sciences. Not just design engineers, but community organizers, health workers, builders, farmers, financiers and educators have roles in defining the system. As that definition improves and the strength of the systems perspective is applied, RWCS will remain a viable, growing endeavor.

Introduction

Early mankind impounded rainfall in rock caverns for consumptive needs. The first farmers situating plots below slopes from where runoff could be diverted. Like the log canoe, the woven mat or the clay pot, rainwater catchment was an early step in pursuit of sustenance and comfort.

What is ancient in one respect, however, remains new in another. Rainwater catchment is today employed worldwide for potable and agricultural water supply. Technology is advancing in roofing, guttering and storage, water quality protection and distribution. Catchments abound in both developing and economically advanced nations. Applications include both low-technology adaptations to traditional dwellings and computerized water harvesting incorporated into modern architecture

Fundamentally more changed than developments in technology or application, however, is the viewpoint from which rainwater catchment can be evaluated. Rainwater catchment is seen from a systems problem, as a collection of interactive components best understood not as parts, but in their interrelationship. So viewed, a rainwater catchment system (RWCS) merits consideration as a component of large-scale water resource development. This paper reviews several challenges of the systems perspective applied to RWCS.

1. The Conjunctive Challenge

RWCS are a conjunctive water source, complementary with surface or groundwater utilization. A user need not forego pumping from a well, diverting from a stream or tapping a public water line because he or she also has a rainbarrel. More than one water source may provide reliable supply and let the user draw upon the least costly alternative.

* Professor of Civil Engineering. University of New Mexico. Albuquerque, NM USA.

In ecology, organisms find their niche in the ecosystem. In economics, a firm seeks its niche in the supply sector. Reverse osmosis desalination, wastewater recycling, a billion cubic-meter reservoir and RWCS likewise each has a niche in water provision.

Unlike the desalination, recycling or reservoir, however, RWCS can find multitudes of conjunctive niches in many environments. Unlike the larger projects, RWCS generally have only small economies of scale. Individuals can implement RWCS as cheaply as the government. The RWCS niche is often in the corners, beyond the effective scope of larger projects and authorities.

Water supply problems (like many other problems of development) are best addressed by conjunctive strategies. There is not the "best" fish for the sea. RWCS may rarely in itself satisfy a broad water need, but it may efficiently satisfy the bulk of select particular needs.

2. The Scale Challenge

RWCS are not simply a small-scale water supply alternative. Large-scale solutions in water resources engineering tend to be erroneously thought of as physically large structures -- reservoirs, waterways, levees, treatment plants, etc. If, on the other hand, scale is appraised by impact, large-scale solutions can also be achieved by dispersed, less obtrusive measures. RWCS become a potential large-scale technology for regional water development. In the order of 100,000,000 persons utilize RWCS for water supply. These consumers deserve well thought-out systems, not trial-and-error implementation.

The potentials for both good and bad consequences of rainwater utilization are large. The consequences of under design can be catastrophic. The consequences of over design can impose undue costs on economically marginal communities. To the one who drinks the rainwater, what the rainbarrel provides is no small-scale issue.

On one side of modern technologists are those who equate smallness with unimportance, a hindrance to pursuing a mega-solution. On the other side are those who reject bigness as inhuman, an invitation to disaster. It is time to move past large-scale vs. small-scale divisiveness. RWCS is both.

2. The Pricing Challenge

Classical microeconomic price elasticity of demand is a measure of sensitivity. If price change is positive, consumption response tends to be negative. If water price rises 10 percent and demand falls 20 percent, water demand is said to be elastic. If demand falls only 5 percent (more likely the case), water demand is said to be inelastic. If demand does not change at all, it is said to be perfectly inelastic.

Price elasticity explains how consumers and producers interact until an equilibrium of supply and demand is achieved. Were water just another interchangeable commodity, its price should optimally regulate its allocation. Water development is, however, more than a pricing problem. Water is rarely a good satisfying idealized free market commodity criteria. Some would maintain that pricing is even a counterproductive consideration. None-the-less, water must be priced if the development infrastructure is to be activated.

Water pricing imposes a formidable challenge that must be addressed if RWCS is economically justified. Some price estimates measure effort expended in securing alternative water supply. Women-hours hauling water from a distant source is a classic (and perpetually unsettling) survey. Pipeline cost to remote dwellings is straightforward engineering economics.

Any endeavor to further RWCS development will be enhanced by even rudimentary analysis of the water's economic value. In the vast majority of cases, the answer falls on the favorable side of RWCS.

4. The Modeling Challenge

Engineers in most nations are computationally and systematically competent. Consumers in no nation, rich or poor, comprehend the analytic basis for much of their infrastructure. The engineers in every society, therefore, shoulder the task of understanding technical complexities. RWCS are complex, analytically paralleling the techniques employed in "bigger" studies. There is no justification for looking at RWCS otherwise. A RWCS sized by a back-of-envelope calculation is like a bridge beam selected by kicking the available stock of steel.

Mathematical modeling is an appropriate technology for insight into complex systems. Reservoirs are modeled. Pipe networks are modeled. Irrigation systems are modeled. A RWCS study that does not use some degree of modeling is suspect.

RWCS computer modeling is straightforward. Realistic simulation is feasible. Computers are an appropriate technology. RWCS simulation is not complex, but it can be lengthy. An 8086 machine is enough to look at the data. Whether it takes 4 seconds or 40 minutes to get useful output is inconsequential.

Modeling reveals the influences of rainfall pattern, catchment area, storage capacity and demand on system performance. The value of such knowledge outweighs the costs of the modeling effort.

5. The Optimization Challenge

RWCS design is an optimization problem in terms of both inputs and outputs. At its simplest, an optimization challenge exists relating the area of the catchment to the volume of the cistern. While a household roof provides a first cut estimate of catchment area, that size is by no means an appropriate size a family. More or less catchment may be needed for reliable and sufficient supply. If less is needed, the design problem may be moot. If more is required, catchment extension may be justified.

Storage volume requirement obviously increases with both the length of dry durations and the assurance expected of the RWCS. The "more is better" approach, however, is fundamentally no more wise than it would be if applied to atomic power. The RWCS challenge relates to the efficient allocation of resources, balancing marginal costs and benefits.

RWCS development should be viewed in terms of optimal investment, determining the system sizes that most efficiently balance the results.

6. The Uncertainty Challenge

Water projects of any scale that work well "on the average" may work poorly in an uncertain world. Rainfall has randomness. Demands have random aspects as well. RWCS analysis can consider such uncertainties.

While few engineers enjoy randomness in their calculations, it is part of good design. Given even a rough knowledge of historical rainfall, the probability of drought over a certain period can be approximated. Unlike flood control, where system design might address some yet-to-be-seen statistical event, RWCS are more likely sized in relation to a weather pattern that occurs perhaps every few years, on the average. Statistically, the challenge is not overwhelming.

Any system carries with it some aspect of risk. Incorporating randomness into RWCS analysis is in effect an up-front admission that the system will not satisfy its demand at all times. This is a failing only if expectations are otherwise. By considering the consequences of uncertain behaviors, RWCS can be realistically understood and appropriately relied upon.

7. The Data Challenge

Rainfall data is nearly always obtainable in some form. Every RWCS project has at least a minimally-literate person in the field with access to a tin can and ruler. Although the resulting rainfall data may be less than rigorous, it is an adequate start. Even if no data has been formally acquired, residents know the weather. If data is missing, a nearby raingage might be employed with some adjustment for topography. Again, even a crude guess is instructive.

One-hundred years of unbroken data can still miss some extreme possibilities. Many substantial water development projects are sized on 20-40 year records. A RWCS can probably be accurately assessed from five years of data, but even a single years record is likely to reveal useful insight.

Unlike more massive water supply alternatives, RWCS remain relatively expandable over time. If the planning data overestimated the rainfall, RWCS catchment area can be added over time. More than most data in the world, rainfall data is easily taken, estimatable by common experience, and understandable. Data is a small expense for good RWCS development.

8. The Demand Challenge

No human simply needs some given amount of water per day. Demand relates to price, consequence of failure, risk, and human nature. While a RWCS might be built to provide X liters of water per capita per day, it will never do that. If water seems to be available, the user may take 2X. If things are looking dry, the same user may take X/2.

Demand is a function, not a number. Because the status of a RWCS tends to be immediately apparent to a consumer, and because the consequence of an empty cistern tends to be personal to that consumer, RWCS usage provides a clear view of that function. While water rationing or wasting may have a theoretical basis, the behaviors are best revealed by watching at the tap.

RWCS design can incorporate water demand into analytic consideration not just as a target, but as a function that itself changes with the situation. So doing, the RWCS is better understood in its human dimension.

9. The Impact Challenge

Good RWCS design respects, and should take advantage of cultural, ecological and economic systems. RWCS can be sensitive to such constraints. Conflict between such constraints and RWCS stems from the narrowest imposition of engineering.

There are no compelling reasons why water supply systems must do anything except provide water. Additional impacts are negotiable tradeoffs. Cultural impacts might be good or bad. Disrupting a stable pattern of socializing at the village pump would be unfortunate, but freeing children from water bearing might allow them time for school. Environmental consequences might be good or bad. An open cistern might foster mosquito larvae, but the cistern water may no longer be contaminated with feces. Economics might be good or bad. Subsidized tin roofing for a region may be at

the short-term expense of better roads, but the tin roofs might encourage local manufacturing. The challenge of RWCS is not finding the "everything is better" solution, but pursuing possibilities with net-beneficial multi-objective tradeoffs.

Not all RWCS need look alike, use the same materials, satisfy the same cultural constraints, or have the same outcome. An appropriateness of RWCS is, in fact, how different they can be. The differences usually reflect the cultural, the ecological and the economic environments.

10. The Learning Challenge

Good design sharpens both the skill and, perhaps what is more important, the creativity of the analyst. RWCS analysis draws upon, and contributes to, understanding the realities of water supply. The engineer becomes more observant, less prone to unquestioningly rely on the computer screen. Good design is fun. To make things that work is not the goal of engineering. To make things that work well is.

RWCS work is satisfying because it makes a difference. It is vital and engaging. The challenge makes it worth it.

DESERTIFICACIÓN EN EUROPA

José L. Rubio y Luis Racatalá*

Introducción

La amenaza de desertificación está considerada en la actualidad como uno de los más graves problemas medioambientales a escala mundial. Afecta a las zonas áridas de los cinco continentes y está íntimamente relacionada con el cambio climático y la pérdida de biodiversidad, mediante procesos de retroalimentación. Según la convención de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (PNUD, 1995) "los países de las zonas áridas y semiáridas, o las zonas afectadas por las inundaciones, la sequía y la desertificación son particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático". Los cambios en la temperatura, la evaporación y las lluvias pueden agravar la desertificación en las regiones más críticas. Además, la desertificación influye a la vez en los cambios climáticos al modificar el ciclo hidrológico (humedad, lluvias, evapotranspiración,...) de las áreas afectadas. Por otra parte, la desertificación conduce a un descenso en la biodiversidad de los ecosistemas afectados por los procesos de degradación. De hecho, los ecosistemas mediterráneos amenazados por la desertificación se caracterizan por presentar una gran riqueza de especies, que disminuye drásticamente cuando empiezan a actual los procesos de degradación.

Las siguientes cifras y datos enmarcan la dimensión global y el alcance de los procesos de desertificación.

- 900 millones de personas afectadas. En el peor de los casos, las personas afectadas por la desertificación pierden su tierra y sus recursos naturales y se ven obligados a emigrar a otras áreas para sobrevivir.
- Los procesos de desertificación afectan al 70% del total mundial de zonas áridas. De hecho, las zonas áridas de todos los continentes están afectadas por procesos de degradación que conducen a la desertificación. Esto indica que la desertificación es un importantísimo problema que se debe evaluar a escala mundial.
- ¼ de la superficie mundial (o lo que es lo mismo, 360 millones de hectáreas) están afectadas por la desertificación, lo que permite visualizar la relevancia de la desertificación en relación con la pérdida de productividad biológica y económica a escala mundial.
- 99 países afectados: 81 de ellos subdesarrollados y 18 desarrollados, lo que nos indica claramente que no es únicamente un problema de los países subdesarrollados. De hecho, los países del Tercer Mundo afectados por la desertificación, con la ayuda de los países desarrollados también afectados por el proceso, durante la Conferencia de Naciones Unidas, celebrada en Río de Janeiro en junio de 1992, lograron el compromiso de la elaboración de un Convenio Internacional de Lucha contra la Desertificación, que más adelante detallaremos.

Actualmente, la desertificación es un tema crucial en Europa que requiere un importante esfuerzo para intentar controlar y remediarla, no en vano este continente tiene la más alta tasa de áreas áridas susceptibles de desertificación, en comparación con los restantes continentes. Los procesos de desertificación afectan entre el 8 y el 10% del territorio total europeo, incluyendo distintos grados y rangos de degradación. Especialmente, la Región Mediterránea Europea es particularmente sensible a los procesos de desertificación debido a sus frágiles condiciones medioambientales. Por otra parte, algunos países del este europeo están igualmente afectados por los procesos de desertificación. En conjunto, estos países son: España, Grecia, Portugal, Italia, Francia, Croacia, Bosnia-Herzegovina, Servia-Montenegro, Albania, Malta, Chipre, Bulgaria, Ucrania, Armenia, Turkmenistan, Kazakhtan y Uzbekintan.

* Centro de Investigaciones sobre Desertificación CIDE. (CSIC, Universidad de Valencia, Generalitat Valenciana). Camí de la Marjal, s/n. Aàrtado Oficial 46470. Albal (Valencia), España. Tel: 34-96-126 01 26, Fax: 34-96-126 39 08

Un primer esfuerzo para afrontar la desertificación debe orientarse hacia la necesidad de adquirir información relevante acerca de los procesos de desertificación y sus implicaciones medioambientales, por lo que estas líneas nos ocuparemos de ofrecer una primera revisión del concepto, su percepción, evaluación y alcance a escala europea.

¿Qué entendemos por desertificación?

El término desertificación no es un concepto nuevo. Las primeras referencias aparecen en el Código del emperador Teodosio (438 d.C.) con numerosas citas sobre los agri deserti o zonas abandonadas bien por su escasa productividad o bien como consecuencia de campañas militares.

A nivel científico fue utilizada por primera vez por Aubreville (1949) en relación a procesos de degradación del suelo en zonas tropicales húmedas. Sin embargo el concepto no alcanzó una difusión mundial hasta la celebración de la Conferencia de Naciones Unidas sobre Desertificación (UNCOD) en Nairobi (Kenia) en 1977, organizada por el Programa de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (UNEP). Esta conferencia y la publicación del Mapa Mundial de Riesgo de Desertificación (UNEP et al., 1977), constituyeron el detonante y la voz de alarma sobre la extensión y las consecuencias, a escala mundial, de los procesos de desertificación. En Valencia (España), diez años después (1987), se celebró un conferencia internacional sobre el tema auspiciada por la CEE, la Generalitat Valenciana y el CSIC: *Strategies to Combat Desertification in Mediterranean Europe* (Rubio y Rickson, 1990). Previamente, en 1982, se inició el ambicioso programa de investigación LUCDEME (Lucha contra la Desertificación en el Mediterráneo) coordinado y financiado por ICONA y en el que colaboran numerosas universidades y centros del CSIC.

Para los organismos de la ONU (UNEP, UNCOD, 1977) desertificación es el “proceso de conversión a desierto de las zonas que climáticamente no son desiertos” o bien “la disminución progresiva o destrucción del potencial biológico del suelo que en sus últimas instancias puede conducir a condiciones de desierto”. Esta definición amplia, sin restricciones geográficas ni bioclimáticas y sin especificar causas y procesos involucrados, ha sido, la más utilizada por su carácter sintético y por su facilidad en transmitir un mensaje de alarma y concienciación capaz de movilizar a los organismos internacionales, la comunidad científica y al ciudadano en general, y que ha generado importantes recursos para abordar la lucha contra el proceso.

Sin embargo, la escasa precisión de esta definición ha dado lugar a que se haya producido cierto confusiónismo y también a la proliferación de otras muchísimas definiciones y enfoques distintos sobre el concepto de desertificación. Recientemente el UNEP redefinió su versión inicial sobre desertificación en el sentido de considerarla como “la degradación de tierras (land degradation) en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas como resultado, fundamentalmente, de actuaciones humanas adversas” (UNEP, 1991). En esta definición “tierra” (land) incluye el suelo, los recursos hídricos locales, la superficie del terreno y la vegetación natural. “Degradación” implica la reducción del potencial de recursos por uno o varios procesos combinados que actúen sobre la tierra. Los procesos que se incluyen son: erosión hídrica y sedimentación, reducción a largo plazo de la cantidad y diversidad de la vegetación natural o disminución apreciable de la producción de los cultivos, y salinización y sodificación del suelo.

Más recientemente, y como resultado del compromiso adoptado en la Conferencia de Río de Janeiro (junio, 1992) por la Asamblea de Naciones Unidas, se aprobó en París, en octubre de 1994, el “Convenio Internacional de Lucha contra la Desertificación de los Países Afectados por Sequía Grave o Desertificación, en particular en África”. Este Convenio sobre Desertificación, que junto con los de Biodiversidad y Cambio Climático establecen el marco internacional de las Naciones Unidas para abordar los mayores problemas medioambientales de nuestro tiempo, incluye una nueva definición adoptada

por consenso entre más de cien países, que establece un mejor marco conceptual. Esta definición determina que por desertificación se entiende “la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas como resultado de diversos factores tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas”. Con relación a la definición de 1991, se introduce el importante matiz de considerar las “variaciones climáticas” como uno de los factores claves en el desencadenamiento de los procesos de desertificación, ligado de esta manera la problemática de degradación de las tierras áridas a la problemática de los cambios climáticos.

En el convenio de Desertificación se define el concepto “tierra” como “el sistema bioproductivo terrestre que comprende el suelo, la vegetación, otros componentes de la biota y los procesos ecológicos e hidrológicos que se desarrollan dentro del sistema”. A su vez, la problemática de “degradación de las tierras” se define como “la reducción o la pérdida de la productividad biológica o económica y la diversidad de las tierras agrícolas de secano, las tierras de cultivo de regadío o las dehesas, los pastizales, los bosques y las tierras arboladas, ocasionada, en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, por los sistemas de utilización de la tierra o por un proceso o una combinación de procesos, incluidos los resultantes de actividades humanas y pautas de poblamiento, tales como:

- la erosión del suelo causada por el viento o el agua,
- el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas o de la productividad del suelo,
- la pérdida duradera de vegetación natural”.

Zonas áridas, semiáridas y seco subhúmedas significa “áreas, diferentes de las regiones polares y sub-polares, en las cuales la ratio de precipitación anual a la evapotranspiración potencial se sitúa dentro del rango de 0,05 a 0,65”.

La convención distingue claramente entre desertificación y sequía como dos procesos diferentes para la Convención según significa: “los fenómenos naturales que se producen cuando la precipitación es significativamente inferior a los niveles históricos normales, causantes de serias desproporciones hidrológicas que afectan adversamente a los sistemas de producción de recursos de la tierra.

La Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y el Anexo para el Mediterráneo Norte

La Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (UNCED), celebrada en Río de Janeiro en Junio de 1992, estableció el paradigma sobre la necesidad de un tratamiento global para abordar algunos problemas medioambientales. Del mismo modo, puso de manifiesto que debía adoptarse una nueva responsabilidad por parte de todos los países de cara a afrontar un desarrollo sostenible a escala internacional. Una de las principales aportaciones de la conferencia fue el plan de acción para el siglo XXI, conocido como Agenda 21. Esta Agenda, la Declaración de Principios sobre los Bosques y la Conferencia misma, contienen estrategias y medidas integradas para combatir la degradación medioambiental y para promocionar el desarrollo sostenible en todos los países (UNCED, 1992).

Aunque la Desertificación se tuvo implícitamente en cuenta por la Conferencia tanto en la declaración de intenciones, como en la formulación de estrategias orientadas a la gestión de recursos, en el establecimiento de medidas para la conservación de la naturaleza y en la lucha contra la degradación medioambiental, éstas no alcanzaron el énfasis y la atención dados a la convención de Biodiversidad y a la del Cambio Climático. No obstante, los países africanos afectados por la desertificación, apoyados por los países desarrollados afectados por los mismos problemas medioambientales, urgieron a la Conferencia la elaboración de un convenio Internacional para combatir la desertificación en aquellos países afectados por

sequías serias y/o desertificación, particularmente en África. Este Convenio se firmó en París en octubre de 1994, y entró en vigor en febrero de 1997, tras haber sido ratificado por más de 50 países. Actualmente existe una Secretaría Permanente del Convenio situada en Roma. se ha celebrado la Primera conferencia de las Partes (Roma, julio de 1997), y en los próximos meses de noviembre-diciembre de 1998 se celebrará la Segunda Conferencia de las Partes de Dakar (Senegal).

Para la elaboración del convenio de Desertificación (CD), la Asamblea de Naciones Unidas creó un Comité Intergubernamental que celebró cinco sesiones de trabajo.

La primera reunión tuvo lugar en Nairobi (Kenia) del 24 de mayo al 3 de junio de 1993, y en su primera parte se dedicó principalmente a exponer la situación de los países afectados por los procesos de desertificación en todos los continentes. Este análisis permitió conocer la dimensión del problema en términos globales, así como su variabilidad alrededor del mundo. En cuanto a los países desarrollados afectados por los procesos de desertificación se presentó la particular situación de Estados Unidos, Australia y España. En la segunda parte de la reunión, se realizó un plan de trabajo preliminar para el desarrollo de convenio, así como también se analizaron las dificultades acerca de ofrecer prioridad a los países africanos. finalmente, se alcanzó el consenso acerca de la prioridad de acción en los países africanos, sin detrimento de que fueran también consideradas propuestas de acciones dirigidas a otros países y regiones afectados por los procesos de desertificación.

La premisa de la primera reunión concerniente a “la acción prioritaria en Africa pero sin olvidar a otras regiones” fue seguida igualmente en las reuniones siguientes, celebradas respectivamente en Ginebra (del 13 al 24 de septiembre de 1993), Nueva York (del 17 al 28 de enero de 1994), y en Ginebra (del 21 al 31 de marzo de 1994).

La quinta reunión tuvo lugar en París del 6 al 17 de junio de 1994, en donde se aprobó el texto del convenio así como cuatro Anexos: Anexo I (Anexo de Implementación Regional para Africa), Anexo II (Anexo de Implementación Regional para Asia), Anexo III (Anexo de Implementación Regional para América Latina y El Caribe) y Anexo IV (Anexo de Implementación Regional para el Mediterráneo Norte). El convenio fue firmado oficialmente en París los días 14 y 15 de octubre de 1994.

El convenio contiene 40 artículos y cuatro Anexos Regionales con el propósito de “combatir la desertificación y mitigar los efectos de la sequía” y establece una estrategia novedosa en la legislación internacional sobre el medio ambiente. El primer principio de la Convención invita a las Partes a “garantizar que las decisiones relativas a la elaboración y ejecución de programas... se adopten con la participación de la población y de las comunidades locales y que, a niveles superiores, se cree un entorno propicio que facilite la adopción de medidas a los niveles nacional y local”.

El segundo principio establece que “las Partes, en un espíritu de solidaridad y asociación internacionales, deben mejorar la cooperación y la coordinación a niveles subregional, regional e internacional, y encauzar mejor los recursos financieros, humanos, de organización y técnicos donde se necesiten”.

El tercer principio dice que “las Partes deben fomentar, en un espíritu de asociación, la cooperación a todos los niveles del gobierno, las comunidades, las organizaciones no gubernamentales y los usuarios de la tierra, a fin de que se comprenda mejor el carácter y el valor de los recursos de tierras y de los escasos recursos hídricos en las zonas afectadas y promover el uso sostenible de dichos recursos”.

El cuarto principio establece que “las Partes deben tener plenamente en cuenta las necesidades y circunstancias especiales de los países en desarrollo afectados que son Partes, en particular los países menos adelantados.

El Convenio enfatiza la necesidad de “adoptar una visión integrada que comprenda los aspectos físicos, biológicos y socio-económicos de los procesos de desertificación y sequía”.

Del mismo modo, el convenio incide en que hay que prestar atención a la economía ambiental, tanto a nivel internacional como en las distintas naciones, y destaca la importancia del comercio y los acuerdos de mercado que permitan luchar con efectividad contra la desertificación.

Las obligaciones generales del convenio se refieren a la importancia de la cooperación con las organizaciones intergubernamentales, con las regiones y subregiones, y a nivel internacional. Las Partes deben “promover la cooperación entre las partes de los países afectados en los campos de protección medioambiental y conservación de los recursos tierra y agua, al estar implicados en la desertificación y la sequía.

Un aspecto importante del convenio se refiere al papel sin precedentes dado a toda la sociedad (especialmente a las Organizaciones No Gubernamentales⁹ a la hora de luchar contra la desertificación. El Convenio reconoce igualmente la importancia del sector privado en este aspecto.

En relación con los esfuerzos científicos y tecnológicos para luchar contra la desertificación, el convenio enfatiza el modo en que las comunidades locales pueden hacer uso de los conocimientos científicos y contribuir a ellos. De una forma flexible, y potencialmente efectiva, revisa los mecanismos y las previsiones para asegurar la cooperación entre los distintos países y las organizaciones internacionales.

Por lo que respecta al Anexo para el Mediterráneo Norte, el artículo 2 especifica las condiciones particulares de la región como sigue:

- a) Condiciones climáticas semiáridas que afectan a grandes zonas, sequías estacionales, extrema variabilidad de las lluvias y lluvias súbitas de gran intensidad;
- b) Suelos pobres con marcada tendencia a la erosión, propensos a la formación de cortezas superficiales;
- c) Un relieve desigual, con laderas escarpadas y paisajes muy diversificados;
- d) Grandes pérdidas de la cubierta forestal a causa de repetidos incendios de bosques;
- e) Condiciones de crisis en la agricultura tradicional, con el consiguiente abandono de tierras y deterioro del suelo y de las estructuras de conservación del agua;
- f) Explotación insostenible de los recursos hídricos, que es causa de graves daños ambientales, incluidos la contaminación química, la salinización y el agotamiento los acuíferos; y
- g) Concentración de la actividad económica en las zonas costeras como resultado del crecimiento urbano, las actividades industriales, el turismo y la agricultura de regadío.

El Anexo IV establece el plan general de actuación para la cuenca Mediterránea. Un aspecto muy importante contenido en este Anexo es el compromiso de los países afectados por los procesos de desertificación a desarrollar su propio Plan Nacional de Lucha contra la Desertificación. El Anexo establece las líneas directrices para la preparación de los programas de Acción Nacional, así como las medidas que deben incluirse en estos programas. Otro aspecto importante del Anexo es la referencia a la coordinación de Programas de Acción conjunta a nivel Subregional y Regional, y la coordinación con otras

subregiones y regiones. Lo cual para el caso español establece el marco de posibles colaboraciones, especialmente con los países del Mediterráneo sur y con los países afectados de Latinoamérica y el Caribe.

Percepción de la desertificación

Actualmente todo el mundo reconoce el problema de la desertificación. sin embargo, aún siendo más palpable que el cambio Climático, el proceso para obtener una consideración adecuada del mismo ha estado sometido a periodos de avance y retroceso. Las razones de esta actitud no están claras: Algunas veces, en el curso de interminables debates académicos y discusiones, los esfuerzos no se han centrado de la forma más efectiva (p. ej., la falta de consenso en la definición de un problema no implica la inexistencia del problema).

El creciente interés por el medio ambiente que se ha producido en las últimas décadas ha mejorado la percepción de nuestro entorno y su íntima relación con las actividades humanas al igual que ha puesto de manifiesto la existencia de graves problemas de deterioro ambiental. Históricamente, los procesos de degradación de la tierra han estado situados en un segundo plano, por lo que debemos acoger con satisfacción la mejor consideración que está recibiendo en nuestros días. sin embargo, todavía se palpa el sentimiento de reserva de algunos sectores no plenamente convencidos de la existencia del problema y las consecuencias que este puede acarrear. Esta situación ha supuesto una influencia negativa en la amplia gama de esfuerzos para combatir la desertificación, incluyendo aspectos de planificación, financiación e implementación.

El propósito de estas líneas es, pues, enfatizar algunos de los factores y acontecimientos negativos que han influido en la percepción de la desertificación, así como sus consecuencias a la hora de desarrollar una actitud adecuada para hacer frente al problema.

La desertificación se sitúa en la interfase de un problema científico, medioambiental y socio-económico, nosotros nos centraremos en los aspectos científicos y humanos relacionados con la percepción de la desertificación.

Los pasos principales para solucionar todo problema científico se pueden resumir en: análisis, diagnóstico, experimentación, y aplicación del conocimiento adquirido. Un acercamiento erróneo a cualquiera de estas fases influye en los otros pasos o en el total de los esfuerzos dirigidos a solucionar con éxito el problema. En el caso de la desertificación, la fase de análisis-diagnóstico ha sido obviada debido a la falta de percepción y sensibilización que había en este campo hasta no hace mucho. No obstante esto no ha ocurrido en el caso de las zonas áridas del Tercer Mundo, donde la población percibe de forma directa el impacto múltiple de la desertificación sobre sus recursos de subsistencia esenciales.

La situación en Europa es menos dramática, pero no hay que olvidar que las civilizaciones del mundo occidental tienen antecedentes históricos de concienciación desde el inicio de las civilizaciones mediterráneas, y no ha sido hasta recientemente cuando este importante tema ha llegado al conocimiento de la opinión general y de los responsables administrativos. con anterioridad, la desertificación, desde la perspectiva europea, se entendía más como un problema de Africa o del Tercer Mundo que como un problema de los países desarrollados.

Referirse a la Conferencia de Estocolmo (Consejo de Europa, 1972), a la Cumbre de la Tierra (UNCED, 1992), y al Convenio de Lucha contra la Desertificación (UNCED, 1994) es inevitable a la hora de establecer hitos en el movimiento reciente que permite una mejor visualización de los problemas medioambientales, incluyendo las implicaciones de la desertificación a escala europea, lo que contribuirá a mejorar el proceso continuado que mejore el conocimiento científico y el diagnóstico del problema.

Si repasamos la tendencia de los últimos años, parece evidente que la transmisión de la alarma del deterioro de las áreas áridas no ha sido expuesta con claridad. Una de las causas radica en que desde el principio la aproximación al problema se ha realizado sin delimitaciones concretas, y unida a otros intereses o problemas como el desarrollo económico, el interés político, los procesos naturales versus los procesos antropogénicos, etc.

Por otro lado, existen dificultades intrínsecas en el ejercicio de diagnóstico debido a la naturaleza multifactorial, multiescala y multidisciplinario de la, debido también a la existencia de diferentes procesos implicados que presentan una variabilidad espacial y temporal. Y además, por si todo esto fuera suficiente, debemos destacar la falta de datos adecuados a la hora de cuantificar los distintos procesos involucrados.

Otra dificultad añadida es la interacción entre los aspectos socioeconómicos y humanos y los procesos biofísicos, donde se percibe todavía una carencia de metodologías integradas para evaluar correctamente el problema.

Además el concepto de desertificación se ha asociado en ocasiones a otros conceptos como sequía, aridez, deforestación,... que están relacionados pero no son suficientes por si mismos para referirse a la desertificación, lo que no beneficia a la clarificación y el análisis de las causas y a la búsqueda de soluciones.

A nivel social, las comunidades afectadas por la desertificación son la población rural, en ocasiones aisladas, con bajo nivel cultural y con escaso potencial para articular medidas de presión sobre los órganos administrativos o el poder político.

Consideramos que los puntos expuestos recogen algunas de las causas que explican la lentitud e inercia de los ciudadanos europeos a la hora de tomar conciencia de los procesos de desertificación y sus consecuencias.

Extensión en Europa

El Mapa Mundial de Riesgo de Desertificación se realizó a raíz de la conferencia de Naciones Unidas celebrada en Nairobi en 1977, con la escasa información disponible en aquellos momentos. No obstante, representó la primera aproximación de forma homogénea y global al problema de la desertificación.

Por lo que respecta a Europa, se recogió únicamente una zona con riesgo de desertificación (fig. 2), que comprende diversos sectores de la Península Ibérica; y en particular se señaló la fachada costera del Mediterráneo español como la única zona que presentaba un "alto riesgo de desertificación". Entre los principales procesos de degradación que afectaban a diversas áreas de España y Portugal se identificaron la erosión hídrica y la salinización (letras V y S de la Fig. 3), a los que se unió la presión humana en las zonas con alto riesgo de desertificación (letra H). Por lo demás no se identificaron otras áreas a nivel europeo, a excepción de las localizadas al sur de la antigua Unión soviética, que fueron clasificadas como de "moderado" o "alto riesgo" y causadas por erosión y salinización.

Se debe enfatizar la visión global de estas evaluaciones (derivadas de trabajos a pequeña escala), que, sin embargo no considera áreas de Europa y otros continentes afectados también por serios problemas de degradación. Además, quisiéramos resaltar que las predicciones hechas para España infravaloraban el actual riesgo de erosión en el país, debido a que los principales factores causantes de la desertificación se han incrementado intensamente desde que estas se realizaron. Así, por ejemplo, desde 1978 el número de incendios forestales en España se ha incrementado desde una media de 2.000 en 1977 hasta los cerca de 20.000 incendios que hubo en 1986 (ICONA).

El abandono de las tierras de cultivo en las zonas de agricultura marginal ubicadas en áreas de montaña (debido al proceso de industrialización que tuvo lugar en Europa en la década de los 50 y 60 de este siglo, y a las recientes premisas de la reforma que ha supuesto la Política Agraria común de la Unión Europea)- y el consiguiente abandono de las prácticas tradicionales de conservación de suelo y agua han supuesto igualmente un factor importante de desertificación: El desmoronamiento de las terrazas y bancales, que juegan un papel fundamental en la conservación del suelo, ha supuesto una intensificación de los procesos erosivos que pueden alcanzar magnitudes espectaculares cuando se producen lluvias torrenciales como las registradas en la comunidad Valenciana (España) en 1982 y 1987.

Estos comentarios apuntados para España son igualmente válidos para otros países del Mediterráneo Europeo.

Desde esta primera aproximación de 1977, se han realizado numerosos estudios y evaluaciones, que comentaremos brevemente, de modo sintético y global, incluyendo directa o indirectamente la situación de los países europeos. H.E. Dregne evaluó el impacto de la desertificación en Europa en su libro *desertification of Arid Lands* (Dregne, 1983), este estudio se centró en España y estimó que el área total afectada por los procesos de desertificación ocupaba unos 200.000 km². Dregne consideró que la deforestación, la pérdida de la fertilidad del suelo, los efectos de la sequía, los procesos de erosión y la salinización en las áreas de regadío, representaban las causas principales de la desertificación en el área estudiada.

Como consecuencia de las críticas que se hicieron a la escasez de datos de que dispuso la UNCOD (1977), Mabbutt publicó una reevaluación a nivel mundial de la situación y las tendencias futuras de los procesos de desertificación (Mabbutt, 1984). Este estudio ponía de manifiesto que el territorio significativamente afectado por los procesos de desertificación incluía el 75% del total mundial de regiones áridas y semiáridas, y que se podía considerar que el 30% de estas regiones estaba afectado por los procesos de desertificación. En cuanto a la Europa Mediterránea se refiere, el 30% de eriales y tierra abandonada, el 32% de la agricultura de secano y el 25% de las áreas de regadío estaban clasificadas como, al menos, moderadamente desertificadas. Estas cifras equivalen a 15, 13 y 1,6 millones de hectáreas respectivamente. En términos globales, cifró en 30 millones de hectáreas las situadas en tierras áridas y semiáridas en el Mediterráneo, lo que le llevó a considerar que en esta área el 30% del total de la tierra estaba afectada por procesos de desertificación.

Por otra parte, en 1990, el International Soil Reference and Information Centre (ISRIC) junto con la UNEP, publicó una *Mapa Mundial del Estado de Degradación del Suelo Inducido por el Hombre (GLASOD)* a una escala de 1:10 millones. Este mapa permitió establecer comparaciones entre continentes, con lo que se vio que el área más afectada era Asia, seguida gradualmente por Norte América, Europa, África, América del Sur y Australia.

En su *A new Assessment of the World Status of Desertification*, Dregne et al. (1991) publicaron cifras comparadas sobre la extensión de la desertificación en los diferentes continentes en función de los distintos usos del suelo. Considerando el total de hectáreas de las regiones áridas, semiáridas y seco subhúmedas (aproximadamente 145, 18 millones de hectáreas en Europa) se puso de manifiesto que un total de 94,28 millones de hectáreas (equivalente al 64,8%) estaban afectadas por degradación-desertificación. Se estima que las pérdidas anuales en Europa como resultado de estos procesos se cifran en 1,488 millones de hectáreas. Los autores concluyen que los procesos de desertificación no sólo no se han atenuado por el momento sino que además continúan emergiendo después de 14 años de esfuerzos por la UNCOD (1977). consideran, además, que los esfuerzos realizados hasta el momento han sido más bien modestos e, incluso en algunos aspectos, equivocados.

El recientemente publicado Atlas Mundial de Desertificación (UNEP, 1992) introduce una nueva orientación conceptual de la desertificación (UNEP, 1991), como hemos comentado anteriormente. Este Atlas insiste en la falta de datos concretos en los procesos de desertificación, en las diversas formas de manifestarse los procesos y en la necesidad, como consecuencia de los aspectos previos, de adoptar nuevas aproximaciones para evaluar el problema. Para confeccionar el Atlas se sirvieron, en concreto, de los indicadores de desertificación y los factores que les afectan, de los datos procedentes de diferentes Sistemas de Información Geográfica a escala mundial conectados a las bases de datos de la UNEP, de las tecnologías de control remoto, de bases de datos bioclimáticas, de la información del suelo suministrada por GLASOD, así como de la ayuda de sistemas expertos.

El Atlas presenta una extensa variedad de mapas, incluyendo un mapa mundial de las áreas afectadas por la degradación del suelo, un mapa de suelos susceptibles de degradación bajo climas secos, mapas donde se recogen las zonas afectadas por erosión del suelo y erosión eólica, mapas de degradación química y física, e incluso un mapa que combina distintos aspectos de degradación del suelo y vegetación.

Cada uno de los mapas del Atlas incluyen una detallada descripción (conceptos, metodología, interpretación, lectura del mapa, características más detalladas) y numerosos datos presentados en forma de tablas. Este Atlas es la mayor fuente de información actualizada a escala mundial en lo que se refiere a los problemas de la desertificación en el mundo. Las Tablas 5 y 6 contienen información sobre la extensión de los diferentes grados de los procesos de degradación-desertificación en las tierras áridas, semiáridas y seco subhúmedas en los distintos continentes en función de su grado de susceptibilidad a estos procesos. Centrándonos en esta información, se puede observar que Europa posee el área más extensa de tierras áridas susceptibles a la degradación. En concreto, el 33% de las zonas áridas Europeas se encuentran en peligro por su alto riesgo de desertificación. El Atlas indica que estas áreas se localizan en España, Sicilia, Grecia y la antigua Unión Soviética.

Aunque, como hemos comentado anteriormente, en las últimas décadas se han propuesto varios modelos para evaluar la desertificación, sigue todavía vigente la necesidad de desarrollar nuevas metodologías para evaluar con precisión los factores, causas y efectos de los procesos de desertificación en el contexto europeo.

Conclusiones

El Anexo del Convenio de Desertificación para la Región Mediterránea (Anexo IV) identifica las condiciones particulares de la región que son responsables de la amenaza de la desertificación. Entre otros, se especifican las condiciones semiáridas de los países de esta región, las sequías estacionales, la elevada variabilidad de las precipitaciones y los episodios lluviosos de alta intensidad. Igualmente menciona el desigual y accidentado relieve que favorece los procesos de desertificación, y la abundancia de suelos y litologías susceptible a los procesos de erosión. Un aspecto importante contenido en el Anexo es el acuerdo de los países afectados por los procesos de desertificación para desarrollar su propia Plan Nacional de Lucha Contra la desertificación. Otro aspecto del Anexo es la referencia a la coordinación del Programa de Acción Conjunta a nivel subregional y regional, y la coordinación con otras subregiones y regiones.

La desertificación es actualmente un problema crucial en Europa y exige una atención y esfuerzos importantes para su control y mitigación. Un primer esfuerzo se refiere a la necesidad de conseguir información relevante sobre los procesos de desertificación y sus implicaciones ambientales.

El continente europeo contiene las áreas más extensas de zonas áridas susceptibles a la desertificación en comparación con otros continentes. Los procesos de desertificación afectan entre un 8 y 10% del total de la superficie de Europa, entre los

que se incluyen desde grados bajos a altos en degradación. Concretamente, la región mediterránea es particularmente sensible a la desertificación debido a su particular fragilidad ambiental, como se ha comentado anteriormente. También algunos países del este europeo están afectados por procesos de desertificación.

Los principales factores y causas de los procesos de desertificación que afectan a Europa se refieren tanto a aspectos biofísicos, como socioeconómicos e históricos. Una geomorfología que favorece los procesos de erosión, las alteraciones en el balance hídrico, la sobreexplotación de recursos hídricos, el incremento de los incendios forestales, la intensificación agrícola, la presión demográfica, la expansión urbana e industrial, son los principales factores y causas de la desertificación en Europa.

Gran parte de los procesos actuales de desertificación son una herencia de acciones históricas. Las consecuencias de los primeros usos del suelo y sus caminos en Europa pueden servir para entender la evolución de los procesos de desertificación. Actualmente, las principales tendencias del uso del suelo en Europa, responsables de incrementar el riesgo de desertificación en Europa, son: intensificación agrícola, abandono de tierras, expansión urbana, aumento de la actividad industrial, incremento de la minería, desarrollo de infraestructuras y transporte y aumento del turismo.

Finalmente, las necesidad de enfatizar los factores ambientales y socioeconómicos en la difícil tarea de desarrollar recomendaciones adecuadas para combatir los procesos de desertificación. en este contexto, es necesario aunar estos esfuerzos para una cooperación regional y global que permita el establecimiento de estrategias para hacer compatible la conservación del medio ambiente con el progreso económico.

Table 1. Extent of desertification in irrigated areas within the drylands of the world, by continents (Dregne, 1991). ('000 ha)

Continent	Total irrigated lands	Slight-none	Moderate	Severe	Very severe
Africa	10,424	8,522	1,779	122	1
Asia	92,021	60,208	24,335	5,788	1,690
Australia	11,870	1,620	100	130	20
Europe	11,898	1,993	1,340	460	105
N. America	20,867	15,007	4,930	730	200
S. America	8,415	6,998	1,047	310	60
Total	145,945	102,348	33,531	7,540	2,076

Table 2. Extent of desertification/land degradation in rainfed croplands within the drylands of the world, by continents (Dregne, 1992)

('000 ha)

Contient	Total rainfed cropland	Slighh-none	Moderate	Severe	Very severe
Africa	79,822	30,959	43,187	5,153	535
Asia	218,174	95,890	100,638	18,578	3,068
Australia	42,120	27,800	13,900	400	20
Europe	22,106	10,525	8,538	3,227	89
N. America	74,169	62,558	10,770	721	120
S. America	21,346	14,711	5,950	561	124
Total	457,737	242,170	182,983	28,640	3,944

Table 3. Extent of desertification in rangelands within the drylands of the world, by continents. (Dregne, 1991).

('000 ha)

Contient	Total rainfed cropland	Slighh-None	Moderate	Severe	Very severe
Africa	1342,345	347,265	273,615	716,210	5,255
Asia	1571,240	383,630	485,22	691,602	10,787
Australia	657,223	295,873	277,040	55,310	29
Europe	111,570	31,053	27,372	51,937	1,208
N. America	483,141	71,987	116,102	284,458	10,194
S. America	380,901	93,147	88,007	184,431	15,316
Total	4546,420	1222,955	1267,357	1984,348	71,760

Bibliografía

- Aubreville, A. 1949. Climats, fores et desertification de l'Afrique tropicale. Soc. de Editions Geographique Martimes et Coloniales, Paris.
- Degrene, H. E. 1983. Desertification of arid lands. Texas Tech University.
- FAO. 1974. Legend, FAO/UNESCO soil map of the world, scale 1:5 000 000. Volume I. UNESCO, Paris.
- FAO and UNEP. 1977. Assesing Soil Degradation. FAO, Roma.
- FAO, UNEP, and UNESCO. 1980. Metodologia provisional para la evaluaci3n y la representaci3n cartogr3fica de la desertizaci3n. FAO. Roma.
- ICONA, 1986. Distribuci3n temporal del peligro de incendios forestales. ICONA, Madrid.
- Mabutt, J. A: 1984. A Nex Global Assessment of the status And Trends of Desertification. Enviromental Conservation, 11(2):103-113.
- UNEP, 1991. Status of desertification and implementation of the United Nations plan of action to combat desertification. UNEP. Nairobi.
- UNEP, 1992, Status of desertification. United Nations Envoroemntal Porgramme.
- UNEP and FAO. 1983. Provisional methodology for Assessment and Mapping of Desertification. Roma.
- UNEP and FAO. 1984. Map of desertification Hazards. United Nations Envoroemntal Porgramme. Rome.

Una característica que se viene presentando en todos los países de América Latina y el Caribe es el aumento de la población y su creciente urbanización, incrementando en forma importante la demanda de agua, tanto para consumo humano como para otros usos vinculados con el desarrollo de los sectores económico y social. En muchos de ellos el aprovechamiento y preservación del agua, como elemento fundamental para sus economías y para la protección del medio ambiente, viene presentando una problemática muy especial que ha llamado poderosamente la atención de sus estamentos oficiales para definir políticas y acciones estratégicas de corto plazo para su solución.

En el caso de México, “la estrategia integral definida se ha orientado a reducir el rezago en la dotación de servicios de agua potable, drenaje y saneamiento; fortalecimiento de la infraestructura, saneamiento de las cuencas hidrológicas; ampliación de la participación de los gobiernos estatales y municipales, y de los usuarios en la planeación y administración del recurso, así como en el otorgamiento de seguridad pública en el derecho al uso del agua”.

Así mismo, el país cuenta con tecnologías autóctonas, tradicionales y modernas suficientes para hacer reversibles los procesos de desertificación/degradación de la tierra; sin embargo, según algunos estudios realizados, se requiere por lo menos de cuatro décadas para que la velocidad de degradación sea igual a la de recuperación y rehabilitación de ecosistemas degradados. Por lo tanto, el problema no es de tipo tecnológico, sino de carácter económico y social, para lo cual se requiere la participación de toda la comunidad.

El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), conocedor de la problemática del deterioro de los recursos naturales, con énfasis en el agua, el suelo y la vegetación, dentro de su Plan de Mediano Plazo (PMP) 1998-2002 ha definido acciones concretas para apoyar a los Estados Miembros, a fin de lograr la sostenibilidad agropecuaria, en el marco de la integración hemisférica, y como contribución al desarrollo rural humano. En este marco de acción se tiene definida un área de Concentración sobre “Ciencia y tecnología, Recursos Naturales y Producción Agropecuaria”, la cual busca que las instituciones públicas y privadas desarrollen e incorporen respuestas tecnológicas apropiadas a las condiciones ecológicas y socioeconómicas de cada país, y además, se contempla apoyar a las instituciones nacionales, regionales e internacionales que lucha contra la contaminación ambiental y contra el deterioro de las aguas, el suelo, la flora y la fauna.

En consecuencia, la Representación del IICA en México ha venido apoyando decididamente estos temas y se hace presente en este importante evento de la “V Reunión Nacional Sobre Sistemas de Captación de Lluvia”, dado que el análisis de la problemática referida a la desertificación y a la sequía, así como las importantes conclusiones que resulten de las discusiones en las diferentes mesas de trabajo son de mucha utilidad para los países que integran la comunidad interamericana, dedicada a la agricultura y el aprovechamiento de los recursos naturales y el medio ambiente.

* Representante ACT-IICA/México

Es importante resaltar que, estaremos apoyando a la estructura institucional pública y privada y muy especialmente a las universidades y escuelas de agricultura que se dedican a la búsqueda de soluciones a los problemas que enfrenta el desarrollo agropecuario sostenible y la conservación y manejo de los recursos naturales.

Finalmente, deseamos poner a disposición de todos los científicos, profesionales especializados, técnicos, estudiantes y personas estrechamente vinculadas con el desarrollo agropecuario, la infraestructura operativa del IICA para dar a conocer sus investigaciones, trabajos científicos, publicaciones y demás material divulgativo sobre los temas que merecen ser conocidos y difundidos en el continente en materia de captación y uso del agua de lluvia.

EVALUACION DE LOS EFECTOS DE LA SEQUIA QUE SE PRESENTO EN MEXICO EN 1998. I. PRIMER ANALISIS.

Abel Muñoz O.¹, José Luis Jaramillo V.² y Ramón Barraza M.³

En nuestro país y en general en el mundo, la sequía es el factor ecológico adverso que más afecta la producción de los cultivos. En México destacan principalmente la Gran Sequía Invernal y la Sequía de Agosto o Canícula. La primera se extiende desde finales del ciclo de lluvias del año anterior (noviembre) hasta inicios del ciclo lluvioso del año en curso (abril a junio), siendo la de mayor intensidad y duración; la segunda ocurre dentro del estío y debe llamarse de manera más apropiada sequía intraestival, su intensidad y duración son variables aunque de menor magnitud que la Gran Sequía Invernal (Mosíño y García 1977).

A fines del primer quinquemestre de 1998 en el altiplano, se apreció que la Gran Sequía Invernal, mostraba una intensidad y duración mucho mayores que otros años, a juzgar por la baja ocurrencia de lluvias invernales y del inicio primaveral, ya entrado el mes de mayo. Esto significa que durante ese período, se adicionó poca agua a la humedad residual del suelo, acumulada del año anterior. Así se generó una escasez de humedad edáfica, que impidió a muchos productores de los valles altos establecer una buena proporción de las siembras de maíz, que usualmente realizan de marzo a mayo. En el trópico húmedo, la baja ocurrencia de lluvias en invierno asociadas a los nortes, causó severos efectos sobre el desarrollo y rendimiento de las siembras de tonalnil o siembras del ciclo de invierno-primavera. Los nortes son fenómenos meteorológicos originados por perturbaciones extratropicales. Cabe aclarar que los nortes de intensidad extrema, poseen mayor fuerza, lo que les permite alcanzar los valles del altiplano mexicano, causando las lluvias invernales. Estas lluvias, también son conocidas como cabañuelas, lluvias nieves o equipatas.

Ante esta situación, se consideró importante evaluar a finales del primer semestre de 1998, los efectos de dicha sequía, a través del diseño de una primera encuesta, aplicada a una muestra de productores de los estados de Chiapas, Oaxaca, Puebla y Michoacán. El análisis de los datos derivados de ella, constituye el objetivo de este primer escrito.

METODOS

El cuestionario o instrumento de evaluación, diseñado en el Campus Puebla, contuvo 43 variables. Fue aplicado en el mes de junio a 17 productores del área de influencia del Plan Comitán, Chis., a 17 del área de influencia del Plan Valles Centrales, Oax., a 27 del área de influencia del Plan Meseta Tarasca, Mich., y a 79 de los Distritos de Desarrollo Rural de Zacatlán y Teziutlán, Pue. Los Planes son unidades de investigación y servicio que el Colegio de Postgraduados tiene en varias regiones del país.

Los datos fueron concentrados en 33 tablas de frecuencias y porcentajes de las opciones de cada variable. De ellas se seleccionaron los porcentajes de ocho, para la interpretación que se consigna en este artículo. De esa forma se involucraron las siguientes variables:

Y1, ¿Se atrasó la fecha de siembra?; variantes: sí, no, indefinida.

Y2, Tiempo que se atrasó la fecha de siembra; variantes: <un mes, uno o dos meses, dos a tres meses, indefinida.

Y3, ¿Resistirá el cultivo la sequía?; opciones: sí, no, indefinida.

Y4, Existencia de cultivos alternativos; variantes: sí, no, indefinida.

Y5, Cultivos alternativos; variantes reportadas: Am, amaranto; Av, avena; Ce, cebada; Fr, frijol; Fru, frutales; Ja, jaramago,

¹ Profesor Investigador Titular, Especialidad de Genética IREGEP, Colegio de Postgraduados Montecillo Méx. 56230.

² Investigador Adjunto, Campus Puebla Colegio de Postgraduados, Km. 125.5 Carr. México-Puebla, Col. La Libertad, Puebla Pue. 72130.

³ Investigador, Campus Puebla Colegio de Postgraduados, Km. 125.5 Carr. México-Puebla, Col. La Libertad, Puebla Pue. 72130.

Le, lenteja; To, tomate; Tr, trigo; indefinida.

Y6, ¿Piensa sembrar maíz al menos para comer? Variantes: sí, no, indefinida.

Y7, ¿Ha padecido esta situación antes?; variantes: sí, no, indefinida.

Y8, ¿Realiza alguna práctica para conservar el agua del suelo?; variantes: sí, no, indefinida.

RESULTADOS Y DISCUSION

En los cuadros 1 a 3, se informan los porcentajes relativos a las variables seleccionadas. En vías de brevedad se seleccionó una, dos o más opciones dentro de cada variable. Las opciones no seleccionadas son obvias o no se consideraron necesarias o importantes para la interpretación.

En Chiapas se detectó el mayor porcentaje de casos de retraso en la siembra (94%); en los demás Estados muestreados fue del orden del 50%(Cuadro 1). En el área de Chiapas la época de siembra puede estar más relacionada con la ocurrencia de lluvias, la cual en años normales es mayor que en las demás regiones, por lo que la no ocurrencia en el presente año, pudo ser de mayores efectos que en los otros Estados y en otros años. En los lugares muestreados de los demás Estados especialmente tratándose de los valles altos (aquellos ubicados arriba de los 2000 m), el inicio de la siembra debe depender más de la humedad residual que de la ocurrencia de lluvias invernales, ya que éstas, atribuidas a los nortes de intensidad extrema, son por ello menos frecuentes. La proporción de la lluvia invernal, específicamente de las montañas del norte de Chiapas, es de 14.7%, respecto a la anual; en tanto que en las cuencas interiores de la altiplanicie mexicana, puede ser de 2.1% (García 1987, p 21), lo cual concuerda con el argumento de mayor lluviosidad en el área muestreada de Chiapas, respecto a las demás; desde luego que en años normales, llamando así a aquellos cuyas distribuciones pluviales se parecen a la distribución media. Particularmente en los valles altos, la humedad residual es mayor en los suelos profundos y planos, mismos que el productor siembra primero, siguiendo con aquellos que contienen niveles de humedad marginal, con la esperanza de que las lluvias se presenten después de la siembra. Esto se confirmó porque en los recorridos de campo, se apreció que solo una parte de las tierras se habían sembrado, y de ellas muchas mostraban nacencias irregulares y con marcados síntomas de sequía ostensibles en la primera etapa del desarrollo; lo que indica que tenían humedad, pero no suficiente para propiciar un buen desarrollo. En los casos en que no se sembró, el productor debió estimar que la humedad era tan pobre que no garantizaba la germinación. Estos mismos razonamientos, guardan cierta asociación con el comportamiento de la variable magnitud del retraso de la siembra (Y2), la cual muestra mayores frecuencias y tiempos en Chiapas, donde la no ocurrencia de lluvias debió impedir la siembra en la mayor parte de los casos, en tanto que en los demás Estados, pudo iniciarse en parte con la poca humedad residual existente y en los terrenos de mayor potencial.

Cuadro 1. Opinión de los productores entrevistados sobre el efecto de la sequía en el retraso de la fecha de siembra de sus cultivos y la capacidad de éstos para soportar dicho efecto. Ciclo PV 1998-98.

Estado	Retraso en fecha de siembra,			Capacidad del cultivo para soportar sequía, Y3				
	Y1		Magnitud del retraso, Y2			soportar sequía, Y3		
	Sí	No	<1 mes	1-2 meses	2-3 meses	Sí	No	
Chiapas	94	6	35	47	6	76	12	
Oaxaca	47	53	35	-	6	18	6	
Puebla	42	56	15	13	3	50	33	
Michoacán	48	52	22	15	-	55	15	

Volviendo a la variable Y1, los casos en que el productor manifestó no tener retraso, pueden tener diferente significado, según el Estado. En Oaxaca el límite de las siembras es hasta julio, por tanto muchas de sus siembras aún estaban a tiempo

en la época en que se hizo la encuesta. En Puebla el patrón varietal consta de variedades tardías, intermedias y precoces; estas últimas para siembras retrasadas y en los terrenos marginales, en cuyos casos aún no era tarde para sembrar. En Michoacán pudo ocurrir que el 50% de los casos en que no sembró, no fue considerado como retraso sino decisión absoluta de no sembrar; lo que indica que la variable debería haber incluido la variante ¿ya no piensa sembrar?

La variable Y3 variante no, refleja un mayor efecto de la sequía sobre el desarrollo de las siembras logradas en los lugares muestreados de los Estados de Puebla y Michoacán; lo que en cierta medida puede ser indicativo de una mayor intensidad del fenómeno en esos lugares. Esto puede ser consecuencia de la suma de los efectos de una pobre humedad residual más el efecto de la escasez de lluvias, más el intenso ataque de araña roja, a fechas tan avanzadas como fueron las de la encuesta. El ataque de dicha plaga fue constatado en las inspecciones periódicas realizadas en los valles altos.

Los datos de la variable Y4 variante si (Cuadro 2), confirman la mayor experiencia de los productores de los valles altos poblanos, en donde no solo son acosados por las sequías sino también por las heladas, lo cual los obliga con mucha frecuencia a buscar alternativas a la siembra de maíz, tratándose de la incidencia de uno u otro fenómeno o de los dos. Por su parte Y5 (Cuadro 2), denota el importante papel del frijol y de las gramíneas de grano pequeño, como alternativas para amortiguar los efectos de estos siniestros. Pero al mismo tiempo los resultados de la variante no de Y3 y Y4, reflejan la necesidad de buscar tipos aún más precoces, con mayores resistencias que los actuales, de tener reservas de semilla de ellos, de contar con fondos monetarios para estas eventualidades, así como estudios más precisos sobre las relaciones entre las fenologías y las distribuciones de las lluvias y las heladas. Todo esto porque las respuestas de la variante no alternativas, pueden estar asociadas a que las variedades disponibles no alcanzan a salir, no son suficientemente resistentes a los factores adversos, no hay semilla en el mercado, el productor no tiene recursos, y a que no se sabe que variedades y que especies pueden ajustarse fenológicamente a los regímenes del tiempo, como los del año de 1998.

Cuadro 2. La opinión de los productores sobre su estrategia para soportar los efectos de la sequía. Ciclo 1998-998

Estados	Existencia de cultivos Alternati-vos, Y4		Cultivos de alternativa, Y5										Siembra de Maíz para Autoconsumo, Y6	
	Sí	No	Am	Av	Ce	Fr	Fru	Ja	Le	To	Tr	Sí	No	
Chiapas	29	71				18	6			6		59	41	
Oaxaca	0	88										88	12	
Puebla	39	57		10	3	9					6	45	51	
Michoacán	22	63	3.7	3.7				3.7	3.7		3.7	26	56	

Las variantes de Y6 muestran dos grupos de respuestas. El primer agrupamiento está integrado por Chiapas y Oaxaca y el segundo es la integración de los valles altos de Puebla y Michoacán. Estos conjuntos guardan relaciones inversas en los comportamientos de las variantes si y no de ambos. En el primer caso las heladas tempranas no constituyen un factor limitante; no así en el segundo, donde sembrar tarde implica altas probabilidades de daño de helada y la imposibilidad de que el cultivo complete su ciclo vegetativo. Pero por sobre todos estos riesgos, subsiste la imperiosa necesidad de arriesgarse a sembrar para asegurar el sustento cotidiano, como lo reflejan los porcentajes de la variable Y6 variante si.

En Y7 (Cuadro 3), vuelven a manifestarse los dos agrupamientos de Y6. En este caso la variante no, parece indicar que la intensidad del siniestro tiene una magnitud sin precedente, en la época reciente de los valles altos, no así en el primer grupo. Y8 modalidad si (Cuadro 3), guarda asociación con las prácticas tradicionales de arroje de la humedad, que aun persisten, al parecer con mayor intensidad en Puebla que en los otros Estados. Debe tenerse en cuenta también, que la humedad residual se conserva en mayor proporción en los valles altos, en parte porque prevalecen temperaturas más bajas.

Cuadro 3. Experiencias previas sobre efectos de sequía y acciones para enfrentar éstos, según la opinión de productores entrevistados ciclo P.V. 1998-98.

Estado	¿Ha padecido antes esta situación?, Y7		¿Realiza prácticas para retener humedad?, Y8	
	Si	No	Si	No
Chiapas	75	18	47	52
Oaxaca	76	18	41	53
Puebla	40	56	57	29
Michoacán	22	67	44	52

CONCLUSIONES

En el año de 1998, de alta intensidad y duración de la gran sequía invernal, las siembras del primer quinquemestre, conexas al muestreo de Comitán, parecen depender de la incidencia de lluvias invernales, mas que de la humedad residual. Lo contrario parece ocurrir en aquellas siembras conexas a los muestreos de valles altos.

Los retrasos mas frecuentes de las siembras, fueron del orden de uno a dos meses, ocasionados principalmente por la baja precipitación invernal en el área de trabajo de Chiapas, y por ese factor más la escasa humedad edáfica en las áreas muestreadas del altiplano.

El frijol y las gramíneas de grano pequeño fueron los cultivos alternativos más considerados; sin embargo, se ve la imperiosa necesidad de investigación, para lograr variedades más precoces, más resistentes a los factores adversos, con mejor ajuste fenológico a los regímenes de estos siniestros, así como provisiones en disponibilidad de semilla, insumos y recursos económicos, entre otros.

Las prácticas de conservación de la humedad, siguen siendo un componente importante para hacer frente a estos siniestros.

En los valles altos la gran sequía invernal del 98, por su intensidad y duración no parece haber tenido precedente en la época reciente. A sus efectos se sumó el de plagas como la arafta roja.

Esta valoración da idea de la gran importancia que tienen las lluvias invernales y su ocurrencia oportuna, muchas veces menospreciadas por su relativamente reducida magnitud.

Se dan varias definiciones y se propone el término de humedad edáfica con dos componentes principales: la aportada por las lluvias invernales más la residual que se acarrea del año anterior.

Por lo introductorio de este análisis, es importante su cotejo con las distribuciones de lluvia al final del año, al menos de puntos representativos de las áreas muestreadas, así mismo con las estimaciones de rendimiento y de áreas ocupadas con maíz y cultivos alternativos, entre otras relaciones.

RECONOCIMIENTO

Los autores manifiestan su reconocimiento a los Equipos Técnicos de los Planes: Comitán, Valles Centrales, Puebla y Meseta Tarasca, al M.C. Alfredo Regalado O. e Ing. Robertino Velázquez C., Jefes de los Distritos de Desarrollo Rural de Zactlán y Teziutlán, Pue., respectivamente, de la misma manera a los productores que aportaron la información.

REFERENCIAS

García E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Kopen. Instituto de Geografía, UNAM, México. 220 p.

Mosifo, A. P. 1966. Evaluación de la Sequía intraestival en la República Mexicana. Unión Geográfica Internacional. Conferencia Regional Latinoamericana. Tomo III. Pág. 500-516.

CLIMA, SUELOS Y RENDIMIENTOS DE MAÍZ DE TEMPORAL EN LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA.

Jaime Ruíz Vega, Fernando Arce González y David Martínez Sánchez*

Resumen

Se generaron tres modelos de regresión entre los rendimientos de maíz observados en 27 sitios y sus respectivos índices de sequía, los cuales se utilizaron para estimar los rendimientos esperados con lluvia al 70 % de probabilidad en nueve estaciones meteorológicas y seis condiciones edáficas. Los rendimientos se estimaron para el período de siembra óptimo climatológico, el cual se determinó por simulación de fechas de siembra a través de balances hídricos sucesivos. Los rendimientos estimados se extrapolaron a condiciones agroecológicas similares en la región. Se determinaron ocho rangos de rendimiento, los cuales fueron reducidos posteriormente a cuatro al validarlos con rendimientos reportados por la SARH. Finalmente, se clasificaron todos los municipios de los Valles Centrales en base a los cuatro rangos de rendimiento potencial.

Introducción

En los Valles Centrales de Oaxaca, se cultivan unas 88 000 ha de maíz de temporal, estimándose que 40 000 ha tienen un riesgo alto de no producir grano debido a la alta incidencia de sequía. Esto hace necesario delimitar tales áreas y también determinar las prácticas de producción que permitan asegurar la producción al máximo. La delimitación de áreas por potencial productivo puede ser un medio para la utilización más eficiente de los recursos, especialmente si también se definen prácticas de producción como fechas de siembra, fertilización y cultivos o variedades de cultivo.

La FAO (1981) ha publicado una metodología para la zonificación agroecológica de áreas en base a la duración de períodos de crecimiento y limitantes edáficas, pero es difícil hacer los ajustes al rendimiento al no tenerse una relación adecuada entre duración de períodos de crecimiento y rendimiento. Aún cuando esta relación pudiera establecerse, sería poco confiable dadas las características de la definición del período de crecimiento. Este se define como el número de días en los que se tiene una relación precipitación/evaporación mayor de 0.50.

Shaw (1974), ha establecido un índice de sequía (I) en maíz del tipo

$$I = P/ETP$$

donde P = Precipitación, y ETP = Evapotranspiración, el que se correlaciona linealmente con los rendimientos del maíz. Este índice toma en consideración la etapa de desarrollo del cultivo en la cual la sequía ocurre, pues considera factores de ajuste basados en la susceptibilidad del cultivo y en el grado de estrés asociado a la demanda de agua y a la humedad disponible en el suelo. Con esta metodología se podrían definir funciones de producción para diferentes ambientes.

* Investigadores del CIIDIR-IPN-OAXACA, Calle Hornos 1003, Fracc. Indeco Xoxo, Santa Cruz

De acuerdo con Turrent (1977), el sistema de producción es un cultivo donde los factores inmodificables de la producción (clima y suelo), varían dentro de un rango establecido por conveniencia. Una vez estratificado el factor suelo, se puede esperar que algún factor climático sea el principal limitante. En gran parte de la zona temporalera de México lo es la sequía.

El sistema de producción podría redefinirse como "un cultivo sembrado en una condición de suelo donde el rendimiento es función del factor climático más limitativo". La definición anterior va de acuerdo con la de Laird (1966), quien considera que el sistema de producción se puede definir en términos de familias de funciones de respuesta, siendo cada familia específica para un rango definido de variación de factores inmodificables.

Frere y Popov (1979) encontraron que un índice de sequía derivado de un balance hídrico, tiene una buena correlación con los rendimientos de varios cultivos de temporal. Ruiz (1987) modificó dicho índice para incluir factores por oportunidad y persistencia de la sequía, así como para considerar la capacidad de retención de humedad del suelo.

Materiales y métodos

Los métodos empleados pueden agruparse en: estimación de las funciones de producción, determinación del período de siembra óptimo, estimación de rendimientos probables y mapeo de las zonas con diferente potencial de rendimiento.

Para la obtención de las funciones, se contó con rendimientos de maíz de 27 localidades, en las cuales también se recabaron datos sobre precipitación, evaporación, profundidad radicular, pendiente y textura del suelo.

En cada localidad se realizaron balances de humedad según Frere y Popov (1979) y Ruiz (1987), para obtener un índice de sequía (I) y un índice de sequía modificado (Im): Este último índice incluye un factor de ajuste por la etapa en la que ocurre la sequía (Kf): El Kf (Cuadro 1) depende de la ubicación del período seco en relación a la floración femenina del maíz, la cual es la etapa más sensible (Laird, 1976).

El período de siembra óptimo se determinó realizando balances de humedad sucesivos para nueve estaciones meteorológicas del área, utilizando lluvia semanal al 70 % de probabilidad de acuerdo a la distribución gamma (Thom, 1966). La semana de siembra con el menor Im, se consideró como la óptima.

Para la estimación de los rendimientos probables a largo plazo, se realizaron balances de humedad según Ruiz (1987), para el período de siembra óptimo de cada estación meteorológica y para seis condiciones de capacidad de retención de humedad del suelo frecuentes en el área (Cuadro 2). En el Cuadro 3 se presentan las características químicas de cada grupo de suelos. Una vez obtenido el Im para cada condición de suelo, se aplicaron las funciones de producción obtenidas para estimar los rendimientos asociados al índice.

La delimitación de las zonas por rendimiento potencial se realizó extrapolando los rendimientos estimados para cada condición de suelo en cada estación meteorológica, hacia zonas con suelos y régimen de lluvia similar, para lo cual se utilizaron mapas edáficos (INEGI, 1988) de isoyetas e isocuantos de evaporación. Se generaron ocho rangos de rendimiento probable o potencial.

En forma adicional, se validó la zonificación con los rendimientos de maíz de temporal reportados por la SARH (1989) para el período 1984-1988, viéndose la conveniencia de reportar menos rangos de rendimiento, por lo que finalmente se obtuvieron cuatro zonas por rendimiento potencial.

Resultados y discusión

Las funciones de producción entre rendimientos de maíz “Criollo Bolita” de temporal para dos condiciones fisiográficas y el I se muestran en el Cuadro 4. Se tiene un mayor coeficiente de determinación en los suelos de planicie, lo cual puede ser resultado de una mayor homogeneidad en el potencial productivo de estos.

Cuadro 1. Factores fenológicos (Kf) para ajuste del rendimiento por ubicación de la sequía.

Semanas Antes De Floración	Kf	Semanas Después De Floración	Kf
6	0.7	1	2.8
5	1.1	2	1.8
4	1.4	3	1.8
3	1.4	4	1.8
2	2.5	5	1.7
1	2.8	6	1.4
0	5.3	7	0.7

Cuadro 2. Capacidad de retención de humedad (CRH) en seis tipos de suelo en los Valles Centrales de Oaxaca.

Tipo	Fisiografía	Textura	Pendiente (%)	CRH (mm)
1	Lomerío	Gruesa	> 5.0	11.0
2	Lomerío	Media	> 5.0	50.0
3	Lomerío	Media	< 5.0	57.0
4	Planicie	Gruesa	> 0.5	45.0
5	Planicie	Media	< 1.5	79.0
6	Planicie	Fina	< 0.5	97.0

Cuadro 3. Características químicas de seis tipos de suelo en los Valles Centrales de Oaxaca.

Tipo	Nitrógeno (%)	Fósforo (ppm)	Potasio (ppm)	pH
1	0.042-0.049	3.1-5.2	250-364	7.2-8.1
2	0.067-0.093	2.5-3.8	493-550	6.7-8.0
3	0.099-0.113	6.8-7.3	970-1164	7.5-8.0
4	0.115-0.129	6-17	320-456	7.5-8.2
5	0.134-0.136	16-28	326-564	7.7-8.4
6	0.138-0.149	19-34	550-834	7.5-8.3

Cuadro 4. Funciones de producción entre el rendimiento (R) de maíz (kg ha⁻¹) y el I (Frere y Popov, 1979).

Suelo	n	Función	R ²
Planicie	13	$R = - 827.2 + 33.3 I$	0.77
Lomerío	14	$R = - 462.4 + 19.8 I$	0.44
Planicie+Lomerío	27	$R = - 810.5 + 29.4 I$	0.60

Para el Im, la subdivisión de los suelos de lomerío en dos grupos en base a la textura de la capa superficial, permitió la obtención de mayores coeficientes de determinación (Cuadro 5). De nuevo los suelos de planicie fueron los mas productivos, ya que con un Im = 0, se obtendrían cerca de 2480 kg/ha. Como era de esperarse, los suelos menos productivos se ubicaron en lomerío de textura gruesa.

El mayor R² observado en estos suelos indica que el grupo fue mas homogéneo. Si se combinan los tres grupos para una función general, la r² disminuye hasta 0.76, lo cual indica que el factor edáfico, particularmente textura y posición fisiográfica, debe ser uno de los principales factores para la caracterización de los sistemas de producción.

Ruiz y Laird (1979) encontraron que la variación en rendimientos de maíz de 56 sitios se explicaba en un 85.5 % por los factores sequía y pendiente.

En el Cuadro 5 se presentan los periodos de siembra óptimos para maíz “Criollo Bolita” de temporal de ciclo intermedio (4 meses), el cultivar mas frecuentemente sembrado.

Los periodos de siembra óptimos variaron desde dos semanas en la mayoría de las estaciones, hasta 4 semanas en el caso de Ocotlán y Ejutla. En un estudio previo (Ruiz, 1988), se determinó que estas dos últimas estaciones mostraban la mayor duración de estación de crecimiento y el menor número de periodos secos (P/ETP < 0.33). En la Región de los Valles Centrales se presenta aleatoriamente un periodo de sequía intraestival, el cual puede dividirse en canícula grande y canícula chica. La canícula grande comienza en promedio en la semana 28 (julio 9 a julio 15), durando de 3-7 semanas. La canícula chica comienza en la semana 32 (6 a 12 de agosto) y dura de 2 a 4 semanas. Ambos tipos de canícula son interrumpidas por las lluvias ciclónicas de septiembre (Ruiz, 1987).

Cuadro 5. Funciones de producción entre rendimientos de maíz (kg ha⁻¹) y el índice de sequía modificado (Im) para tres tipos de suelo.

Suelo	n	Función	R ²
Planicie	13	$R = - 31.4 Im + 2477.1$	0.89
Lomerío (text. rmedia)	7	$R = - 16.1 Im + 1616.3$	0.90
Lomerío (text. gruesa)	7	$R = - 15.4 Im + 1191.5$	0.98

Cuadro 6. Períodos de siembra óptimos para maíz criollo de temporal en los Valles Centrales de Oaxaca.

Localidad	Periodo óptimo
Miahuatlán	28 de mayo-17 de junio
Zimatlán	28 de mayo-17 de junio
Sn. Bartolo Coyotepec	14 de mayo-28 de mayo
Guadalupe Etlá	14 de mayo-30 de junio
Ocotlán	28 de mayo-30 de junio
Sn. Miguel Ejutla	28 de mayo-30 de junio
Santa Ana Tlapacoyan	24 de junio-8 de julio
Santo Domingo Etlá	28 de mayo-17 de junio
Tlacolula de Matamoros	11 de junio-30 de junio

En cuanto a la duración de los períodos secos dentro de la estación de crecimiento, destacan Miahuatlán y San Bartolo con nueve semanas, Tlacolula y Santa Ana Tlapacoyan con siete y ocho semanas, respectivamente, y Santo Domingo y Guadalupe Etlá con cuatro y cinco semanas, respectivamente (Ruíz, 1986).

En el Cuadro 6 se aprecia que en la mayoría de los sitios es aconsejable sembrar el maíz durante la primera quincena de junio, excepto en Santa Ana y Tlacolula de matamoros, donde es preferible la segunda quincena de junio y en San Bartolo, la segunda quincena de mayo puede ser la mas favorable.

Sí se siembra el maíz a principios de junio, el maíz estaría en floración en plena canícula grande, pero no todos los años hay canícula, de tal manera que en promedio el período canicular es uno de menor precipitación y no de ausencia total de lluvia, por lo que es posible sembrar el maíz de tal manera que las etapas críticas no coincidan con las porciones mas secas de la canícula.

En el Cuadro 7 se presentan los rendimientos de maíz esperados con la lluvia al 70 % de probabilidad en nueve localidades y seis condiciones de suelo. Las condiciones edáficas con menor valor tienen menor capacidad de retención de humedad y fertilidad nativa. Los de menores rendimientos se obtuvieron en los suelos lomerío de la condición 1 (litosoles), pero en localidades como Ocotlán y Ejutla producen rendimientos aceptables. Los mayores rendimientos se obtuvieron en suelos de las condiciones edáficas 4, 5 y 6, y también en Ocotlán y Ejutla. Pérez y Mejía (1984) coinciden en considerar estas localidades, además de Etlá, como las de mayor potencial para la producción de maíz en la región.

A fin de visualizar mejor el efecto del factor suelo en combinación con la disponibilidad de humedad se elaboró la Figura 1, donde se comparan los rendimientos de tres localidades contrastantes en cuanto a disponibilidad de humedad al variar la condición edáfica. Se observa que el cambio en rendimientos al pasar de la condición 1 a la 4 es más notorio a medida que la humedad disponible es mayor y que en las localidades con menor humedad disponible (Zimatlán y Miahuatlán), hay una menor diferencia entre los rendimientos observados entre los suelos de planicie y los de lomerío. Esto indicaría que el factor precipitación por sí sólo es más importante que el factor suelo para determinar los rendimientos en esta zona, lo cual está de acuerdo con lo señalado por Kirkby (1973). Sin embargo, el factor edáfico no deja de ser importante al determinar esta la humedad aprovechable y la cantidad de nutrientes disponibles para el cultivo.

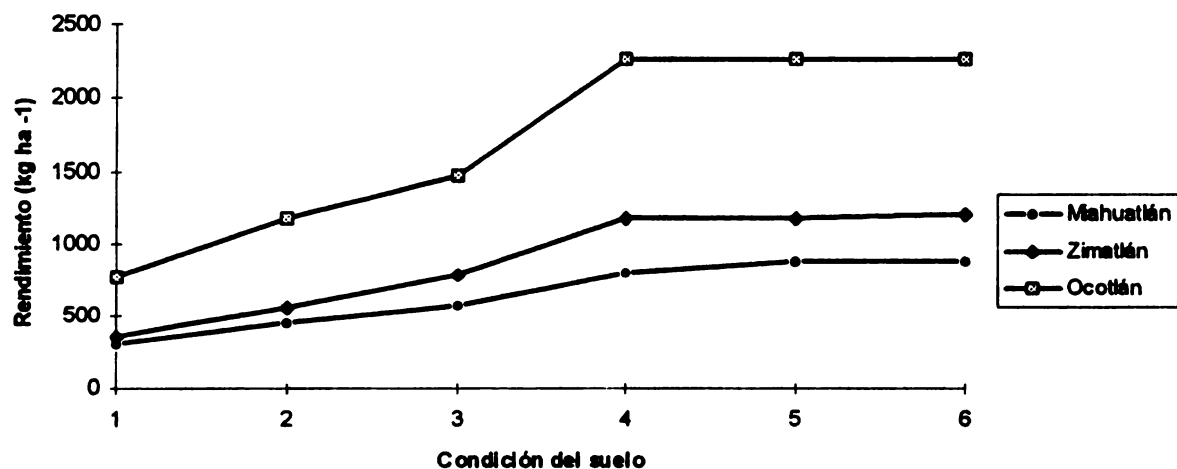


Figura 1. Cambios en el rendimiento de maíz al sembrar en la fecha óptima en seis condiciones de suelo para tres localidades contrastantes en precipitación.

Cuadro 7. Rendimientos de grano de maíz (kg ha⁻¹) esperados en nueve localidades de los Valles Centrales de Oaxaca para seis condiciones de suelo al sembrar en el período óptimo.

LOCALIDAD	1	2	3	4	5	6
Miahuatlán	296	445	573	807	879	877
Zimatlán	350	552	782	1187	1187	1215
San Bartolo	250	427	527	776	819	805
Guadalupe, ETLA	348	535	735	1126	1126	1126
Ocotlán	770	1179	1469	2252	2252	2252
San Miguel Ejutla	676	1003	1347	2064	2064	2064
Santa Ana Tlapacoyan	381	575	575	802	802	764
Santo Domingo, ETLA	320	483	512	739	739	654
Tlacolula de matamoros	281	461	489	651	651	629

Se determinaron ocho rangos de rendimientos probables a largo plazo: menores de 200, 201-400, 401-600, 601-800, 801-1000, 1001-1300, 1301-1500 y 2000-2300 kg ha⁻¹.

Se esperan rendimientos menores de 200 kg en la zona de Totolapam, debido principalmente a limitaciones severas de precipitación. Los rendimientos de 200-400 kg ha⁻¹ se esperan en suelos litosoles y suelos erosionados de los distritos Centro, Tlacolula, Miahuatlán, Zimatlán y Etlá; siendo tan limitativo el suelo como la precipitación.

Los rendimientos de 401-600 kg ha⁻¹, se esperan en áreas extensas de lomeríos de más del 5 % de pendiente en todos los distritos, excepto en Ocotlán y Ejutla; y en lomeríos de menos del 5 % de pendiente en Miahuatlán, Centro, Etlá, Santa Ana Tlapacoyan y Tlacolula. Se esperan rendimientos de 601-800 kg ha⁻¹, en litosoles de Ocotlán y Ejutla y en suelos de lomerío de menos del 5 % de pendiente en los distritos Centro y Zimatlán; pero serían más frecuentes en suelos de planicie de cualquier textura en las áreas de San Bartolo Coyotepec, Santa Ana Tlapacoyan, Santo Domingo y Tlacolula, representando los rendimientos máximos esperados en estas áreas.

Es posible obtener rendimientos de 801-1000 kg ha⁻¹ en los suelos de planicie de Miahuatlán y en los suelos de menos de 5 % de pendiente en Ejutla. Los rendimientos de 1001-1300 kg ha⁻¹ se esperan en suelos de planicie de Etlá, excepto áreas de suelos pesados en los alrededores de Santo. Domingo, y en los suelos de planicie de Zimatlán. Estos rendimientos se esperan también en suelos de lomerío de más del 5 % de pendiente en Ocotlán.

En Ocotlán y Ejutla se esperan rendimientos de 1301-1500 kg ha⁻¹ en suelos de lomerío de menos del 5 % de pendiente. Finalmente, los rendimientos de 2000-2250 kg ha⁻¹ se esperan en suelos de planicie de Ocotlán y Ejutla.

La validación de la zonificación se realizó por comparación con los rendimientos de maíz de temporal a nivel municipal reportados por la SARH (1989) para el período 1984-1988. En general, existió una buena concordancia entre los rendimientos estimados y los reportados por la SARH, excepto en Ocotlán y Ejutla, donde se tendió a sobrestimar los rendimientos. Posteriormente, se decidió reducir las ocho categorías de rendimiento a cuatro (Cuadro 8).

Cuadro 8. Categorías finales de rendimiento de maíz en los Valles Centrales de Oaxaca.

Potencial	Grano (kg ha ⁻¹)	Superficie (ha)
Bajo	< 400	12800
Mediano	401-1000	37500
Alto	1001-1500	22700
Muy alto	1501-2200	13180

Generalizando, las zonas con potencial bajo se ubicaron en suelos de baja capacidad de retención de humedad en los distritos de Tlacolula y Miahuatlán; mientras que las de potencial mediano se ubicaron en suelos con buena capacidad de retención de humedad en los mismos distritos y en suelos de baja capacidad de retención de humedad en el resto de los Valles Centrales. En los Cuadros 9 y 10 se muestran los municipios con mas potencial.

Cuadro 9. Municipios con potencial productivo alto.

Municipio	Superficie (ha)	Municipio	Superficie (ha)
Soledad Etlá	849	Sn. Miguel Ejutla	370
Reyes Etlá	254	Taniche	537
Guadalupe Etlá	155	Sta. Ana Zegache	589
Nazareno Etlá	29	Sn. Juan Chilteca	471
Zaachila	1449	Sn. Antonino C. V.	580
Trinidad Zaachila	650	Ocotlán	1307
Sta. Catarina Qiané	621	Santiago Apóstol	1138
La Ciénega	439	Sn. Dionisio Ocotlán	372
Sn. Pablo Huixtepec	731	Sn. Pedro Martir	673
Sta. Gertrudis Zim.	720		

Cuadro 10. Municipios con potencial productivo muy alto.

Municipio	Superficie (ha)	Municipio	Superficie (ha)
Sn. Agustín Yatareni	432	Huitzo	750
Sn. Agustín de las Juntas	41	Sn. Juan del Estado	221
Huayapan	579	Magdalena Apasco	1112
Sn. Antonio de la Cal	27	Sn. Juan Bautista Gelache	429
Sn. Bartolo Coyotepec	563	Sn. Pedro y Sn. Pablo	179
Cuiclapam	1780	Sn. Pablo Etlá	911
Sta. Cruz Amilpas	40	Sn. Lorenzo Cacaotep.	955
Sta. Cruz Xoxocotlán	718	Sn. Felipe Tejalapan	966
Sto. Domingo Tomaltepec	235	Sta Inés Yatzche	153
Sta Catarina Minas	264	Zimatlán de Alvarez	3266
Sn. Jacinto Amilpas	77	Sta. Martha Chichihualtepec	250
Animas Trujano	202	Sn. Martín Cansecos	178
Sta. Ma. Coyotepec	197	Sn. Andrés Zabache	175
Sta. Ma. El Tule	340	La Compañía	400
Sta. Ma. Atzompa	419	Sn. Agustín Amatengo	545
Oaxaca de Juárez	578	Sn. Vicente Coatlán	1267
Sn. Pedro Ixtlahuaca	838	Sn. Miguel Sola	2516
Sn. Raymundo Jalpan	107	Sn. Francisco Sola	290
Sn. Sebastián Tutla	164	Sn. Jerónimo Coatlán	242
Tlaxiactac de Cabrera	918	Sn. Sebastián Coatlán	230
Sta. Lucía del Camino	171	La "P"	200

Conclusiones

El factor suelo fue tan importante como la precipitación en la determinación de los rendimientos del maíz de temporal.

Las áreas con mayor potencial para la producción de maíz de temporal se ubican en suelos de planicie de los distritos de Etlá, Zimatlán y en el municipio de San Miguel Ejutla.

Los modelos generados tienen una alta confiabilidad para la estimación de rendimientos de maíz de temporal en la zona de estudio.

Bibliografía

- FAO. 1981. Report on the agroecological zones project. Vol. I. Methodology and results for South and Central America. World Soil Resources Report No. 48/3 II. Rome.
- Frere, M. y G. F. Popov. 1979. Agrometeorological crop monitoring and forecasting. FAO Plant Production and protection Paper no. 17, Rome.
- INEGI. 1988. México. (Mapas a escala 1:1 000 000) Instituto Nal. de Geografía, Estadística e Informática, Aguascalientes.
- Kirkby A., V. T. 1973. I. The use of land and water Resources in the past and present Valley of Oaxaca, México. University of Michigan, Ann Arbor.
- Laird, R. J. 1966. Metodología empleada para estudiar las necesidades de fertilizantes. Rama de suelos, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Mex.
- Laird, R. J. 1976. Probabilidades de sequía en el maíz para los Valles Centrales de Oaxaca. Rama de Suelos, Colegio de Postgraduados Chapingo Mex.
- Perez Z., O. y C. Mejia 1984. Potencial Agrícola de Valles Centrales de Oaxaca con base en probabilidad de lluvia. Folleto de Inv. No. 71. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, INIFAP-SARH.
- Ruiz V., J y R. J. Laird. 1979. Definición de sistemas de producción con base en probabilidades de sequía. p. 78. Resúmenes del XII Congreso Nal. de la Ciencia del Suelo, Morelia, Mich.
- Ruiz V., J. 1979. Dosis de fertilizantes y densidades de población en maíz de temporal. Tesis de Licenciatura, E: N. A., Chapingo, Mex.
- Ruiz V., J. 1986. Zonificación agroecológica de los Valles Centrales de Oaxaca. pp. 139-150. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, INIFAP-SARH.
- Ruiz V., J. 1987. Rainfall probabilities and corn yields in the Central Valleys of Oaxaca, México. pp. 25-28. PSMP Report Series No. 26, WMO, Geneva.
- Ruiz V., J. 1988. Zonificación agroecológica por funciones De producción. pp. 20-23. III Congreso Interamericano de Meteorol., México, D. F.
- SARH. 1989. Rendimientos de maíz de temporal para el período 1984-1988 en los Valles Centrales de Oaxaca. Distrito de Desarrollo Rural 102, Oaxaca, Oax.
- Shaw, R. H. 1974. A weighed moisture stress index for corn in Iowa. Iowa State J. of Res. 49: 100-104.
- Thom, H. C. S. 1966. Some methods of climatological analysis. Tech. Note No. 81, WMO No. 199, Geneva.
- Turrent F., A. 1977. El agrosistema, un concepto útil en productividad. In Efraím Hernández X. (ed.) Agrosistemas de México, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Mex.

COMPARACION DE TRES SISTEMAS DE LABRANZA CON RESPECTO AL CICLO DEL NITROGENO, HUMEDAD Y TEMPERATURA DEL SUELO EN AVENA (*Avena sativa*)

Antonino Amador Machado y Enrique Salazar Sosa*

Resumen

La preparación de suelo y el uso de fertilizantes con respecto al conocimiento sobre el ciclo del nitrógeno en el suelo son de gran importancia sobre todo cuando se trata de hacer un uso eficiente de los fertilizantes químicos y de abonos orgánicos; factores importantes que afectan directamente en el rendimiento de los cultivos, motivo por el cual se realizó el presente trabajo de investigación; con el propósito de disminuir las inversiones del agricultor y así ser más productivos comparando los factores de manejo de suelo como, sistemas de labranza y el uso de fertilizantes con la idea de eficientar estos sistemas al máximo y prevenir problemas causados por el uso inadecuado de fertilizantes químicos y abonos inorgánicos que en un momento dado puede traer como consecuencia la derrama de recursos económicos sin una aceptable redituabilidad o un exceso de N que puede contaminar el acuífero principalmente por nitratos ($\text{NO}_3\text{-N}$) pudiendo afectar la producción regional.

Uno de los objetivos principales del trabajo de investigación fue determinar la mejor alternativa de sistema de labranza mínima interrelacionándola con dos cultivos (*Avena Forrajera* y *Maíz D.P.*) disminuyendo al máximo el uso de fertilizantes químicos.

Este estudio se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ-UJED) localizado en el Ejido Venecia, Mpio. de Gómez Palacio, Dgo., durante el invierno de '94-'95 y primavera verano (P.V.) del '95. Donde se evaluaron tres sistemas de Labranza (Labranza Convencional, Rastreo en seco y Húmedo y Labranza Cero) y Dos Dosis de Fertilización (dependió del tipo de cultivo establecido) dando un total de 6 tratamientos. Se utilizó un diseño de bloques al azar con un arreglo en franjas con tres repeticiones, en donde todas las parcelas mayores fueron los sistemas de labranza y los niveles de fertilización (80 kg. ha^{-1} y 120 kg. ha^{-1}), para ambos cultivos establecidos.

Durante el transcurso del experimento las diferencias entre tratamiento fueron marcando y al final el mayor rendimiento se obtuvo con el tratamiento de rastreo en seco y húmedo pero con la dosis recomendada, por lo tanto se consideró que la interacción Labranza-Fertilización, fue determinante en la producción.

Respecto a cuestiones fenológicas el cultivo de *Avena Forrajera* se marcó una diferencia muy notable, resultando que las plantas muy vigorosas se encontraron en el sistema rastreo en seco y húmedo y convencional con niveles de fertilizante recomendado. Así como también el sistema de labranza cero presentó un desarrollo normal con las dosis de fertilización utilizada.

Considerando lo antes mencionado como conclusión final del mejor tratamiento, fue el de rastreo en seco y húmedo con el nivel de fertilización recomendado.

* Departamento de U.C.A., Facultad de Agricultura y Zootecnia, Univ. Juárez del Estado de Durango, Venecia, Dgo. Apartado Postal 142, Gómez Palacio, Dgo., C.P. 35000

Summary

Tillage systems and Nitrogen (N)-fertilizer applications affect N-Transformation in soil plant growth and yields, the objective of this study was to compare tillage system and N-fertilizers application levels, in regarding to plant growth, crop yields and N-transformations in soils. Oat and corn was planted in the fall of 1994 and spring of 1995, respectively, in a field located at the Agricultural research center of Agronomy and Animal science Departament of Durango University. Three tillage systems were evaluated, as factor A, with the levels; conventional tillage (CT) dry disk and wet disk (dWD) and No-tillage (NT) and N-fertilizer as factor B with two levels that varies with crop; in oat the levels were and in corn 80 kg. ha⁻¹ of N and No-application of N the levels were 120 kg. ha⁻¹ of N and also No-application of N. The experimental design was a complete randomized block design, with a split block arrangement replicated three times. Whole plants were the tillage systems and the subplants were the N-fertilizer levels. Yields resulted with statistical significance where the best treatment was dry disk and wet, with the N-fertilizer applications in both oat and corn, respectively. Therefore, the tillage system dry disk and wet is a good farmer alternative for planting oat and corn.

Introducción

Los sistemas de labranza y fertilización han sido encaminados hacia la conservación de suelo y agua sin embargo existe otro factor que está fuertemente relacionado con estos dos, el cual es la nutrición de las plantas principalmente el nitrógeno. Sin embargo se debe de tener un conocimiento sobre el ciclo de nitrógeno en el suelo ya que es de gran importancia sobre todo cuando se trata de hacer un uso eficiente de fertilizantes químicos y abonos orgánicos. y prevenir problemas de contaminación de acuíferos principalmente por nitratos y de ser posible mantener el ecosistema sustentable.

Objetivos

1. Determinar la mejor alternativa de labranza mínima en el cultivo de Avena (*Avena sativa*) disminuyendo al máximo el uso de fertilizantes químicos.

Hipótesis

1. A diferencia de otras zonas áridas del país el sistema de labranza mínima en la Comarca Lagunera es de un rastro en seco y en húmedo producto de investigación (UCA-FAZ-UJED). Así el ciclo del nitrógeno deberá ser diferente en suelos de labranza convencional y labranza mínima.

Revisión de literatura

Existe un limitado conocimiento acerca de los efectos de los sistemas de labranza y las propiedades físicas del suelo en el ciclo del nitrógeno (Rice et al, 1986).

Havlin et al, (1990), concluyeron que la mínima labranza maximiza la cantidad de residuos en la superficie del suelo e incrementa la cantidad del CO₂ y NO consecuentemente el proceso de mineralización es más alto en labranza convencional que en labranza mínima. La labranza convencional rompe todo el material vegetativo que está sobre el suelo y mezcla los residuos en el suelo acelerando la descomposición microbial (Gil, 1990).

La labranza con cubierta de rastrojo sobre el suelo incrementa la aireación y los residuos de cosecha en la superficie del suelo, incrementando la mineralización (Salazar et al, 1993).

Materiales y métodos

Localización del sitio experimental

El experimento se desarrolló en el campo agrícola experimental de la FAZ-UJED, ubicado en el km. 32 de la carretera Gómez Palacio - Tlahualilo, Dgo.

Espacios de exploración

Se evaluaron 6 tratamientos, a saber:

A1B1 - Barbecho, rastreo, nivelación, con cero fertilizante.

A1B2 - Barbecho, rastreo, nivelación, con dosis recomendada.

A2B1 - Rastreo en seco y húmedo, con cero fertilización.

A2B2 - Rastreo en seco y húmedo, con dosis recomendada.

A3B1 - Labranza cero, con cero fertilización.

A3B2 - Labranza cero, con dosis recomendada.

Conducción del experimento

Muestreo del suelo

Se realizó un muestreo a 0-15 y 15-30 cm. para determinar las características físicas y químicas.

Humedad en el suelo

Se realizaron muestreos de humedad semanalmente a 0-15 y 30 cm. de profundidad del suelo. Para después calcular el % de humedad como sigue:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{P_{sh} - P_{ss}}{P_{ss}} 100$$

Temperatura del suelo

Se midieron semanalmente las temperaturas del suelo a una profundidad de 0-15 y 15-30 cm para cada uno de los tratamientos.

Rendimiento

Este se evaluó para el cultivo establecido.

Preparación del terreno

Esta se realizó acorde con los tratamientos en estudio.

En cuanto a la **siembra, variedad, riegos y fertilización**, éstas se realizaron de acuerdo a la disposición del INIFAP-SARH.

Análisis químico

Se realizó un análisis en donde se determinó Nitrógeno Orgánico en planta (NO). Así como el Nitrógeno Inorgánico ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) en el suelo.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con un arreglo en franjas con tres repeticiones.

Resultados y discusión

Nitrógeno inorgánico ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$).

Con respecto a esta variable respuesta se realizaron cuatro muestreos antes de cada riego de auxilio que se le aplicó al cultivo, y en donde la distribución del nitrógeno inorgánico dependió del sistema de labranza.

De los cuatro muestreos que se realizaron se observó que no hubo diferencia estadística en el primero y tercer muestreo mientras que en el segundo y cuarto hubo una diferencia al ($P < 0.05$) estadística en la profundidad de 0-15 cm., y fue donde se aplicó fertilizante en el sistema de labranza de rastreo en seco y en húmedo y en donde arrojó un C.V. de 29.25. Se puede observar más altas concentraciones de NI en labranza convencional y en labranza cero.

**CUADRO 1. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DEPENDIENTE
NITROGENO INORGANICO (NI)**

FV	GL	SC	CM	F	F(5%)	F(1%)
TRATAMIENTOS	29	1823.54	62.88	12.20	3.81*	7.23*
ERROR	6	30.92	5.15			
TOTAL	35	1854.47				

C.V. = 29.25

Humedad del suelo

La humedad del suelo relacionado con los diferentes tratamientos de la interacción Labranza-profundidad, fue determinante en la producción ya que se observó diferencia estadística al ($P < 0.05$) en los rendimientos con el sistema de labranza rastreo en seco y en húmedo y dando un C.V. = 3.088.

Temperatura del suelo

Con respecto a éste parámetro se puede observar los cambios en las temperaturas del suelo para cada uno de los sistemas de producción.

En cuanto a el análisis estadístico si se observó una alta significancia al ($P < 0.01$) y con un C.V. de 2.24, respecto a éste parámetro para los diferentes sistemas de labranza y que fue determinante para el sistema de labranza que se quiera emplear, ya que varía de acuerdo al manejo que se le de al suelo, puede ser el grado de mineralización, desnitrificación y nitratación dentro del ciclo del nitrógeno.

Rendimiento

En el análisis estadístico si hubo diferencia estadística entre tratamientos al ($P > 0.05$) y con un C.V. de 15.57 para éste parámetro. En donde aportaron una producción de 30.49 ton/ha. para el primer corte y 22.16 ton/ha. para el segundo corte.

Conclusiones

1. El mayor contenido de humedad se tuvo con el sistema de rastreo en seco y en húmedo lo cual es muy necesario para que haya actividad microbial.
2. Se observó que el parámetro físico profundidad fue determinante para las diferentes transformaciones que ocurren dentro del ciclo del nitrógeno en el suelo.
3. Los mayores rendimientos se obtuvieron con el rastreo en seco y en húmedo.

Bibliografia

- Gil, L.R. 1990. Nitrogen and carbon dynamics in no-tillage and clean tillage sorghum production. Master's of science thesis, Agronomy and Horticulture departament. New Mexico state University, las Cruces, New Mexico, U.S.A.
- Halvins, S.L. et al, 1990. Great plain soil fertility conf. proc. vol. 3. Denver Co. Kansas State University. pp. 58-62
- Rice, C.W. et al, 1986. Soil nitrogen availability after long term continuous no-tillage and conventional tillage corn production, Soil Sci-Am. J. 50:1206-1210.
- Salazar, S.E. et al, 1993. Recovery of 15^N by wheat and sorghum in no-till and stubble mulch tillage systems. Soil Sci-Am. Soc Meeting. Cincinnati, Ohio. (Un published).

LINEAMIENTOS ESTRATEGICOS SOBRE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO

Manuel Anaya Garduño*

I Importancia del Agua de Lluvia

1.1 Agua y sostenibilidad

El agua, ha sido, es y seguirá siendo uno de los recursos naturales renovables más importantes para el desarrollo de la humanidad. El agua es el elemento fundamental en las funciones metabólicas que realizan los seres vivos del planeta y llega a constituir hasta el 95% del protoplasma celular en el cual ocurren reacciones físico-químicas de diversa índole.

El agua de lluvia representa un regalo de la madre naturaleza que debe aprovecharse integralmente, es el componente más importante en el ciclo hidrológico. Así, un milímetro de lluvia equivale a un litro por metro cuadrado, lo cual indica el enorme potencial que el hombre tiene en este recurso natural para su desarrollo integral y sostenible.

Sin embargo, lo errático y escaso de la precipitación pluvial esta afectando a más de 100 países del mundo, y a más de 1,000 millones de personas que empiezan a sufrir hambre y falta de agua, lo cual traerá en un futuro cercano mayores problemas de tipo social y económico.

En algunos países de América Latina y el Caribe, desde hace más de tres siglos se han practicado los sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico, la recolección del agua proveniente de los techos se almacena en cisternas de diferentes tipos donde el manejo y almacenamiento de escurrimientos superficiales se realiza en presas de tierra, estanques, jagüeyes y aljibes, que aún representan la fuente principal de agua para uso doméstico en ejidos y ranchos. En el estado de Campeche, México es común la utilización de agua de lluvia para consumo humano ya que el agua potable de las ciudades tiene altas cantidades de sales, lo cual produce cálculos renales. En muchos lugares aún se observa el sistema de carretas-tanque y tanques cisterna que reparten agua a pequeños núcleos de población que se encuentran aislados. En la época colonial era común observar los diversos sistemas de captación de agua de lluvia en las haciendas, en los conventos y en las casas-habitación; aún se observan vestigios de estas tecnologías en los conventos de Santo Domingo, en Oaxaca; en Acolman, en el Estado de México y en el convento de Zacatecas, Zacatecas.

Es preocupante observar como el agua de lluvia en lugar de beneficiar, perjudica al ocasionar la erosión del suelo, un milímetro de suelo perdido equivale a 10-15 toneladas por hectárea, las cuales forman parte de la capa superficial del suelo, es decir, la más productiva. Lo anterior se origina por los procesos, inducidos por el hombre, de deforestación, sobrepastoreo y alteración del ciclo hidrológico. El hombre esta cavando su propia tumba, al eliminar la cubierta vegetal que representa el mejor aliado para prevenir la erosión del suelo por la lluvia, ya se observan estragos en países asiáticos y de América Latina y el Caribe, incluyendo a México.

* Profesor Investigador Titular, Colegio de Postgraduados, Instituto de Recursos Naturales Ponencia presentada en la V Reunión Nacional sobre Sistemas de Captación de Agua de Lluvia en Oaxaca, Oax. del 26 al 28 de Octubre de 1998.

Es necesario y urgente hacer que estos procesos de creciente deterioro, inducidos por el hombre, se detengan de otra forma la supervivencia en el planeta estará en peligro. El problema más dramático que afrontan los habitantes de las áreas rurales, localizadas en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, es la carencia del vital líquido para consumo humano y animal.

La utilización del agua de lluvia no provoca conflictos a nivel de comunidad, representa tecnologías de bajas inversiones, no genera problemas de contaminación y está al alcance de todos. Con la activa presencia de la Asociación Internacional sobre Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (IRCOSA) se ha despertado interés, en los últimos 20 años, de gobiernos y organismos no gubernamentales sobre el buen aprovechamiento del agua de lluvia.

Lo anterior indica la necesidad de establecer programas masivos de concientización que conlleven a la humanidad a la cultura del agua, mediante el establecimiento de planes, programas y proyectos a todos los niveles para lograr una utilización integral del agua de lluvia, base para el desarrollo sostenible.

1.2 Reservas de agua en el mundo

Las principales fuentes de agua para la utilización por la población se encuentra en lagos, ríos y el agua de la atmósfera en forma de vapor, lo cual equivale a menos del 1% del total. La energía solar provoca la evaporación del agua, equivalente a 500,000 km³ de agua, que va de la superficie de la tierra a la atmósfera, la cual se distribuye alrededor del planeta y regresa en forma de lluvia, hielo y nieve. De ellos, 430,000 km³ (86%), vienen de los océanos y los 70,000 km³ restantes (14%), de los continentes, es decir, que los continentes pierden por evaporación 70,000 km³ y reciben 110,000 km³.

Habría en el planeta más de 1,300 millones de km³ de agua de los cuales, el agua salada constituye el 97%. La reserva de agua dulce se estima en 35 millones de km³ y en función del modo de almacenamiento, estas aguas están distribuidas como se muestra en el Cuadro 1.

Estas cifras muestran, que los volúmenes "visibles" de agua líquida constituyen una proporción insignificante de esa reserva, y que la mayor parte del agua dulce está almacenada, en las áreas continentales del Antártico y Groenlandia, en forma de hielo. Las aguas subterráneas forman el segundo yacimiento en orden de importancia. La reserva promedio de agua, en los lechos de los ríos es irrisoria, mientras que las aguas de todos los lagos y pantanos representan solamente el 0.3% del total.

Cuadro 1. Distribución de las reservas de agua dulce sobre el globo terrestre

Tipo de reserva	% de la reserva en agua dulce	Detalle	% de la reserva de agua dulce
Hielo y nieve	69,6	Antártico	61,70
		Groenlandia	6,68
		Ártico	0,24
		Otros	0,98
		(montañas, permafrost)	
Aguas subterráneas	30,15	Acuíferos	30,10
		Agua contenida en el suelo	0,05
Lagos y pantanos	0,29		
Agua contenida en la atmósfera	0,04		
Ríos	0,006		

Fuente: Shiklomanov (1996).

Lo anterior indica que a pesar de las enormes cantidades de agua en el mundo, ésta no está disponible para muchos pueblos sedientos del vital líquido. Se estima que de 6,000 millones de habitantes en el mundo, cerca de una tercera parte carecen de agua potable. El agua no potable es la causa de que más de 1,000 millones de personas por año sufran diarreas. Cada día mueren más de 30,000 personas como resultado del mal manejo del agua para consumo humano. La diarrea mata cada año, a más de 5 millones de niños menores de 5 años (Shiklomanov, 1996).

Para el año 2000, la demanda total de agua en el mundo, será de 6,000 km³. Debido a la limitación de agua dulce en el mundo, deberán buscarse nuevas alternativas tecnológicas para abastecer del vital líquido a las poblaciones.

Se estima que un abastecimiento de 30 m³/persona/año sería necesaria para una calidad de vida aceptable. Existen países como la República de Malasia donde la disponibilidad de agua es menor a 1 m³/persona/año, se pagan USD 20 por metro cúbico. Mientras que en los Estados Unidos de América recibe un promedio de 180m³/persona/año y pagan solamente USD 0.10 a USD 0.25 por metro cúbico. Si se contara con un volumen disponible de agua dulce de 9,000 km³/ año, se podría tener el abasto para una población de 20,000 a 25,000 millones de habitantes, es decir alrededor de cuatro veces la población actual.

La distribución de flujos por continentes se presenta en el Cuadro 2 y muestra una gran diversidad hidrológica: en términos de caudal, Asia es el primer "proveedor" de agua dulce hacia los océanos, seguido por América del Sur. Ahora, si se convierten esos volúmenes en mm, por continente, resalta Sudamérica, con 661 mm de flujo anual, es dos veces más activa en el campo hidrológico que Asia (332 mm). Esto es normal si se tiene en cuenta el gigantismo del sistema hidrológico del río Amazonas, que contribuye, él sólo, con cerca de 7,000 km³, o sea el 15% del flujo global y el endorreísmo desarrollado en Asia.

Cuadro 2. Contribución de los continentes al flujo de agua dulce

Territorio	Flujo anual (km³)	% del flujo mundial	Flujo anual (mm)
Asia	14,410	31	332
América del Sur	11,760	25	661
América del Norte y Central	8,200	17	339
África	4,570	10	151
Europa	3,210	7	306
Antártico	2,230	5	160
Oceanía	2,040	4	1,610
Australia	348	1	45
Total tierra firme	46,770	100	314

Fuente: Shiklomanov I. (1993).

Existen muchos países de América Latina y el Caribe donde la precipitación pluvial sería suficiente para satisfacer plenamente las necesidades de agua para uso doméstico, industrial y agrícola; así se tiene que en México con una superficie del territorio de 2 millones de km² y una precipitación media anual de 700 mm se tiene un volumen de agua de lluvia de 1,400,000,000,000 m³ que divididos entre 100 millones de habitantes da un promedio de 14,000 m³; sin embargo, la utilización del agua de lluvia es deficiente y esta causa más problemas que beneficios al erosionar los suelos y azolvar los almacenamientos de agua.

En el Cuadro 3, se muestran los recursos hídricos de agua dulce naturales y renovables en el mundo (flujos medios) repartidos por espacios geopolíticos (grupos de países).

Cuadro 3. Recursos hídricos de agua dulce natural y renovables en el mundo

Espacios geográficos (grupos de países)	Recursos interiores medios en km³/año*	Recursos de origen exterior al grupo de país en km³/año	Parte relativamente regular (superficial y subterránea) en km³/año	Proporción actual disponible dado las tomas brutas en %
Europa Occidental, nórdica y mediterránea (Unión Europea + E.F.T.A. y Chipre)	1,750	20	600	85
Europa Oriental (con Rusia de Asia)	4,720	290	1,200	94.5
América del Norte (EE.UU. y Canadá)	6,750	0	1,800	92.5
América Central (con el Caribe)	1,200	3	700	90
América del Sur	11,740	0	3,500	98.7
Mundo Árabe, África del Norte (con Sudán), Cercano y Medio Oriente (con Israel)	140	190	100	30
África al Sur del Sahara (con Madagascar)	3,910	0	1,400	98.5
Asia Central y Occidental (con Turquía, Transcaucasia y Irán)	660	27	200	53
Subcontinente indio y Asia del Sudeste	7,700	1,000	1,800	87.5
China (con Mongolia y Corea del Norte)	2,900	0	1,000	82
Japón y "dragones"	590	0	200	76
Australasia y Oceanía	1,690	0	500	98
Mundo entero	43,750	-	13,000	92

* Una parte puede ser común a varios países del grupo y una parte puede ser proveída a un grupo vecino.

Fuente: Shiklomanov I. (1993).

1.2 Ciclo hidrológico

Es importante señalar que las actividades del hombre en relación al manejo de los recursos naturales (agua, suelo, flora y fauna) están induciendo procesos de desertificación tales como: deforestación, sobrepastoreo, erosión del suelo,

disminución de la materia orgánica, encostramiento, compactación, ensalitramiento y contaminación, los cuales influyen en el ciclo hidrológico y por ende en la distribución y calidad del agua. (Figura 1).

Cada día se toman decisiones en varios niveles para establecer programas y proyectos de desarrollo urbano, agrícola e industrial que afectan la disponibilidad del recurso agua en forma contundente. Así, una hectárea que produce alfalfa para la producción de leche necesita un volumen anual de agua de 25,000 m³ para producir 100 ton/ha de forraje verde, es decir 250 litros de agua por un kilo de alfalfa verde o 1,250 litros para producir un kilogramo de alfalfa seca, lo que repercute drásticamente en el continuo abatimiento de los mantos acuíferos.

Otro ejemplo surge cuando se deforesta una hectárea para fines pecuarios o agrícolas, al eliminar la cubierta vegetal del bosque, el coeficiente de escurrimiento aumenta, lo cual induce a la erosión hídrica. Lo anterior afecta la recarga de los manantiales de agua dulce que abastecen a las comunidades e induce el azolve de lagos, presas y mares creando la urgente necesidad de establecer medidas preventivas para evitar la disminución y la contaminación del agua.

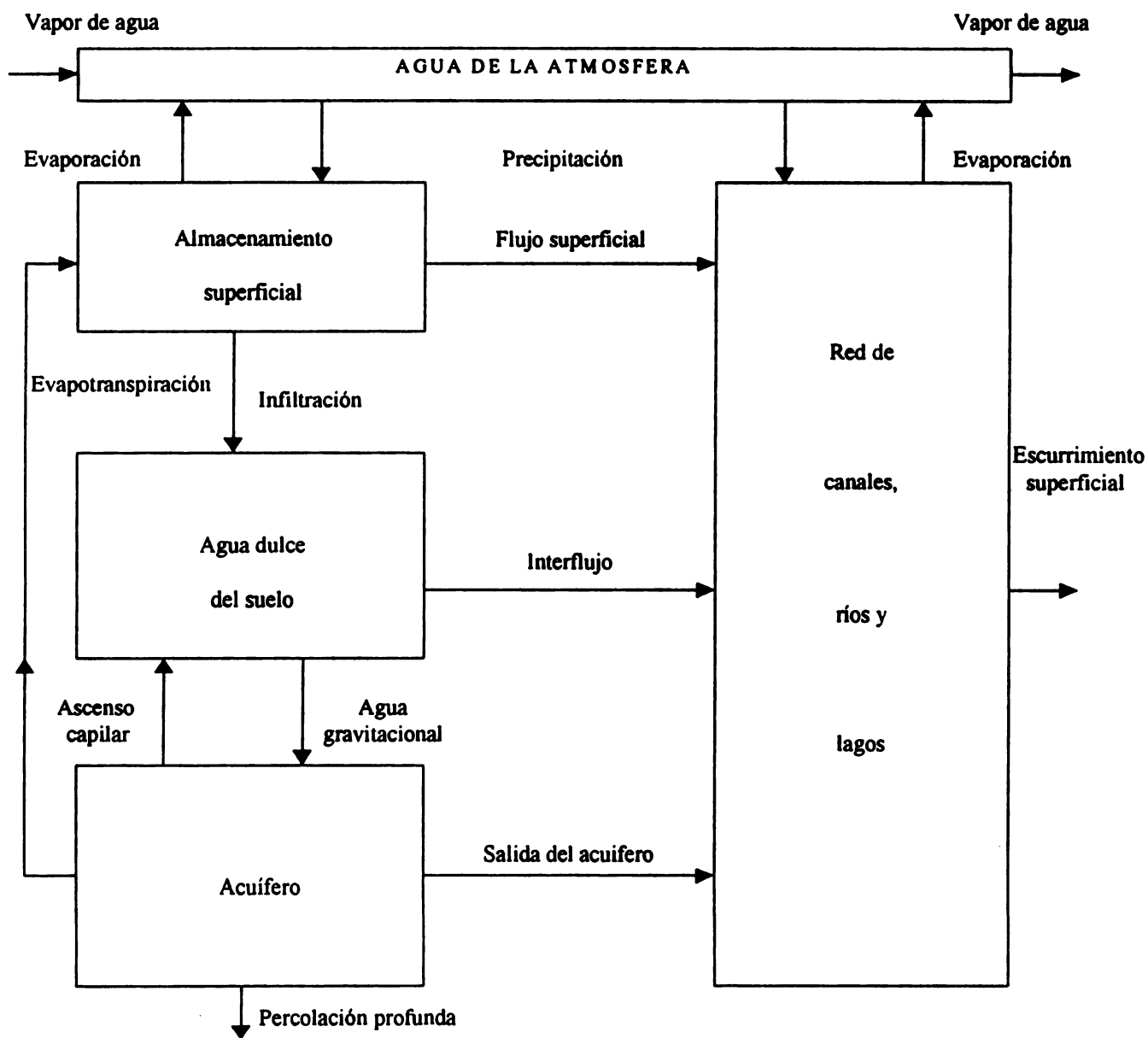


Figura 1. Ciclo hidrológico sobre un área de captación de agua (FAO, 1973).

1.3 Importancia del consumo de agua en las diversas especies animales

El agua forma parte de todos los seres vivos y se encuentra dentro de los organismos en proporciones considerables; así, al ingerir alimentos frescos se está ingiriendo una cantidad abundante de agua. En el Cuadro 4 se muestra la composición porcentual de algunos tipos de carne, donde se pueden observar las altas cantidades de agua en la carne de vaca, ternera y caballo (72, 73 y 75%, respectivamente).

Cuadro 4. Composición porcentual de la carne de diversas especies

Especie	Agua	Proteína	Lípidos	Glúcidos
Buey	68	20	10.0	0
Vaca	72	21	6.0	0
Ternera	73	19	5.5	0
Cerdo	53	15	30.0	0
Pollo	58	27	12.0	0
Caballo	75	20	2.2	3

Fuente: Biblioteca de Veterinaria y Zootecnia (1976).

De acuerdo con el "Nutrient Resource Council" (NRC, 1989), el agua es un elemento esencial para el mantenimiento de los fluidos del cuerpo así como para mantener el balance de iones y permitir el intercambio catiónico. El agua dentro del organismo de los animales cumple un papel fundamental al facilitar la digestión, la absorción y metabolización de los nutrientes, además de la eliminación de los residuos y ayudar a mantener la temperatura del cuerpo. El agua que los animales necesitan la obtienen de los alimentos, del agua metabólica que resulta de la oxidación de los nutrientes orgánicos y de los bebederos donde se les proporciona el líquido. Las pérdidas de agua se dan a través de la saliva, la orina, las heces, la leche y por la sudoración y evaporación de agua en la superficie del cuerpo y del tracto respiratorio. La cantidad de agua consumida depende de varios factores entre los que se encuentran la actividad diaria del animal, su edad y estado fisiológico, la raza, el agua que tenga en su organismo y su velocidad de respiración, de la temperatura y humedad del ambiente y de la composición de la dieta, entre otros.

El agua representa el 66% del peso vivo de las aves y el 65% del peso total del huevo, lo cual explica que el consumo de agua requerida por estas especies es de aproximadamente dos a tres veces más que el alimento seco consumido (Biblioteca de Veterinaria y Zootecnia. 1976).

En el caso de los cerdos, Escamilla (1960), menciona que consumen tres litros de agua por cada kilogramo de materia seca consumido y 100 kg de peso vivo por lo que el consumo de agua puede llegar hasta los 50 litros diarios por animal, con lo que el 38% del peso vivo de un cerdo gordo se refiere al agua que contiene en su organismo, y en el caso de cerdos magros, este parámetro representa el 55%.

De acuerdo con la Dirección General de Educación Técnica Agropecuaria (SEP-DGETA, 1982), las cabras necesitan cuatro litros de agua por cada kilogramo de materia seca consumido, cuyo volumen alcanza el 2.5-3% del peso vivo de los animales para el caso del sistema de producción de carne y hasta el 8% para el sistema leche.

Orcas (1983), estudió la influencia de la temperatura en el consumo de agua en ovinos determinado una relación directa al encontrar que en ovinos en crecimiento, el consumo de agua es de 2 litros/día a una temperatura de 15°C, el consumo aumentó medio litro cuando la temperatura subió cinco grados y alcanzó un máximo de tres litros cuando la temperatura rebasó los 20°C.

Portsmouth (1988), analizó la eliminación del agua consumida a través de la orina en conejos encontrando que orinan de 20 hasta 30 cm³ de agua al día.

En ese sentido existe dificultad para determinar los requerimientos específicos de agua para las diversas especies; sin embargo, como se muestra en el Cuadro 5, se pueden considerar los siguientes volúmenes de agua consumidos para algunas de las especies ganaderas.

Cuadro 5. Requerimientos de agua de algunas especies ganaderas bajo condiciones normales (Diversas fuentes de información)

Especie	Requerimientos de agua por día (litros)
Vacas adultas secas (Córdoba, 1967)	57
Vacas adultas grandes productoras (Córdoba, 1967)	80 a 130
Lechones de 1.0 Kg PV* (Escamilla, 1960)	0.25 a .50
Cerdos en crecimiento de 13.6 Kg PV (Escamilla, 1960)	2 a 6
Cerdos en la última etapa de crecimiento de 54.5 Kg PV (Escamilla, 1960)	6 a 8
Cerdos en finalización de 100 Kg PV (Escamilla, 1960)	8 a 12
Ovinos en crecimiento (Orcas, 1983)	3.0
Ovinos a 1 mes de gestación (Orcas, 1983)	3.0
Ovinos a 2 meses de gestación (Orcas, 1983)	4.2
Ovinos a 3 meses de gestación (Orcas, 1983)	4.5
Ovinos a 4 meses de gestación (Orcas, 1983)	5.4
Ovinos a 5 meses de gestación (Orcas, 1983)	6.6
Cabras productoras de carne (SEP-DGETA, 1982)	4.2
Cabras productoras de leche (SEP-DGETA, 1982)	11.2
Conejas a 8 semanas del parto (Portsmouth, 1988)	4.5
Conejos a 8 semanas de edad (Portsmouth, 1988)	0.5
Conejos machos adultos (Portsmouth, 1988)	0.5
Conejas preñadas (Portsmouth, 1988)	0.5
Pollos de 0.40 Kg PV (Biblioteca de veterinaria y zootecnia, 1976).	0.58
Pollos de 1.30 Kg PV (Biblioteca de veterinaria y zootecnia, 1976).	1.57
Gallinas de 1.30 Kg PV (Biblioteca de veterinaria y zootecnia, 1976).	3.25
Gallinas de 2.20 Kg PV (Biblioteca de veterinaria y zootecnia, 1976).	5.50
Gallinas de 4.0 Kg PV (Biblioteca de veterinaria y zootecnia, 1976).	10
Pavos de 1 semana de edad (Biblioteca de veterinaria y zootecnia, 1976).	0.34
Pavos de 10 semanas de edad (Biblioteca de veterinaria y zootecnia, 1976).	4 a 5
Pavos de 20 semanas de edad (Biblioteca de veterinaria y zootecnia, 1976).	6 a 8

*PV = Peso vivo.

II Programas de Abastecimiento de Agua de Lluvia para uso Doméstico

2.1 Problemática

El agua dulce es esencial para la vida y para el desarrollo sostenible, es un recurso natural que tiene dimensiones sociales, económicas, culturales y ambientales las cuales son interdependientes y complementarias.

En la Declaración de París, generada en la Conferencia Internacional "Agua y Desarrollo Sostenible", que tuvo lugar del 19 al 21 de marzo de 1998, se establece que la cuarta parte de la población mundial no tiene acceso al agua potable, más de la

mitad de la humanidad carece de un saneamiento adecuado del agua, su mala calidad y la falta de higiene figuran entre las principales causas de enfermedad y muerte, así como la escasez de agua, las inundaciones y las sequías, la pobreza, la contaminación, el tratamiento inadecuado de los desechos y la insuficiencia de infraestructuras plantean serias amenazas al desarrollo económico y social, la salud humana, la seguridad alimentaria mundial y el medio ambiente. El acceso limitado al agua, en términos de cantidad y calidad, puede frenar considerablemente el desarrollo sostenible.

De acuerdo al inventario de los recursos mundiales de agua dulce, examinado en Nueva York en junio de 1997, durante la sesión extraordinaria de la Asamblea General de las Naciones Unidas, confirman que si se mantienen los planes actuales de utilización de los recursos, casi las dos terceras partes de la humanidad corren el peligro de sufrir una escasez de agua antes del año 2005.

El agua es fuente de vida; sin embargo, esta fuente se va agotando cada día ya que mares interiores, lagos, lagunas y ríos se van secando. El consumo de agua aumenta a un ritmo dos veces más rápido que el crecimiento demográfico, su volumen se duplica cada veinte años. Al terminar este siglo, la cantidad de agua dulce disponible por habitante solo será un cuarto de lo que era en 1950 en África y un tercio de lo que era entonces en Asia o en América Latina.

A pesar de que el agua es fuente de vida, por falta de higiene, el agua es responsable de millones de muertes, centenares de millones de hombres, mujeres y niños están gravemente debilitados por la malaria, las parasitosis, el cólera y muchas otras patologías asociadas al agua. La mitad de la población mundial todavía no posee redes de saneamiento, una cuarta parte de la humanidad ni siquiera tiene acceso al agua potable. El agua puede ser en un futuro próximo causa de serios conflictos sociales.

2.2 Programas y proyectos

Para prevenir y combatir los efectos de la escasez de agua dulce, es necesario elaborar lineamientos y estrategias concretas que ayuden a mejorar la gestión y la preservación de los recursos de agua dulce. Es necesario reconocer la necesidad de enfoques integrados que vinculen el desarrollo a la protección del medio ambiente, considerar la participación de todos los actores, tanto mujeres como hombres y reconocer el valor social y económico del agua.

El agua es uno de los mayores vectores del desarrollo sostenible para el cual la comunidad internacional se dio cuenta de los problemas existentes, tanto en Río en 1992 como en Noodwijk en 1996. Se trata más precisamente:

- De satisfacer de modo fiable las necesidades de agua potable de las poblaciones urbanas y rurales, con el fin de mejorar la salud y prevenir las grandes epidemias.
- De asegurar la autosuficiencia alimentaria de las poblaciones a nivel local, regional y mundial mediante un desarrollo sostenible de las producciones agrícolas, basándose en particular en un riego apropiado.
- De incrementar la producción piscícola destinada a la alimentación.
- De prevenir y combatir la contaminación de toda índole y origen, con el fin de asegurar la reutilización óptima de los recursos y preservar la biodiversidad de los ecosistemas.

- De combatir las catástrofes naturales y los riesgos de erosión, inundación o sequía, teniendo en cuenta la administración del agua y los ecosistemas.

2.3 Acciones prioritarias

- Dentro de las acciones prioritarias destacan las necesidades de agua, para consumo humano y consumo animal. Es necesario el manejo y utilización de las diversas fuentes de agua, entre las que predominan agua de lluvia, ríos, lagos, manantiales y acuíferos.
- Establecer y mejorar los sistemas de observación integrados de los recursos de agua dulce, a través de redes climatológicas y meteorológicas con el objeto de establecer adecuadamente los diversos sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia para uso doméstico.
- Establecer y fortalecer programas y proyectos a nivel nacional, estatal, municipal y comunitario sobre sistemas de aprovechamiento de agua dulce.
- Inducir y favorecer el desarrollo de las capacidades institucionales y humanas en relación al manejo y aprovechamiento del agua de lluvia para uso doméstico. Es necesaria la intervención de los gobiernos a los diferentes niveles para apoyar los proyectos que hagan disponible el agua para uso doméstico, sobre todo en las zonas rurales.
- Establecer y reforzar los programas de capacitación a todos los niveles sobre el diseño, construcción y mantenimiento de los diversos sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico, dando especial atención al tratamiento del agua con el objeto de prevenir las diversas enfermedades.
- Inducir y reforzar la participación de la sociedad civil considerando la participación de asociaciones y de organismos no gubernamentales, dando especial atención al papel que desempeñan las mujeres y los jóvenes desde la edad escolar con el objeto de establecer una verdadera cultura del agua.
- Involucrar no solamente a los profesionales relacionados con las técnicas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia sino también considerar a la totalidad de los usuarios y a las comunidades.
- Establecer un programa permanente de abastecimiento de agua potable para las comunidades con el apoyo recurrente del gobierno, a través de subsidios para la construcción de los diversos tipos de cisternas ya que el acceso al agua potable reviste un carácter de servicio público.
- Establecer campañas masivas de concientización y sensibilización de la comunidad para el establecimiento de cisternas a nivel familiar y a nivel comunitario, no solamente en las áreas rurales, sino también en las áreas urbanas.

III Referencias Bibliográficas

- Biblioteca de Veterinaria y Zootécnia. (1976). Cría del pollo de carne. Ed. AEDOS. Barcelona, España. 284 p.
- Conferencia Internacional "Agua y Desarrollo Sostenible" (1998) 19-21 Marzo. Paris, Francia.
- Córdova, B. J. (1967). Infraestructura de operación para ganado lechero. Banco Agropecuario de Occidente. Jalisco, Méx. 68 p.
- Escamilla, A. L. (1960). Cría y explotación del cerdo. México, D.F. Ed. Trillas. pp 10-39.
- Nutrient Resource Council. (NRC). (1989). Nutrients requeriments of dairy cattle. National Academy Press. Washignton, D.C. USA. Pág 49.
- Orcas, B. R. (1983). Apuntes sobre nutrición de ovinos. UACH-Zootenia, Chapingo, Méx. 85 p.
- Portsmouth, I.J. (1988). Producción comercial de conejos para carne. Ed. Manuales de técnica agropecuaria. Zaragoza, España. 210 p.
- SEP-DGETA. (1982). Manuales para la educación agropecuaria. Cabras. Ed. Trillas. México, D.F. 108 p.
- Shiklomanov, I. (1993) Worl Freshwater Resources. In: Water in Crisis, P. Gleick ed., Chapter 3, pp 1-24, Oxford University Press.
- Shiklomanov, I.A. (ed.) (1996). Evaluación de los recursos y agua disponible, en el mundo. State Hydrological Institute . San Petersburgo. Documento técnico anexo de Evaluación exhaustiva de las existencias de agua dulce en el planeta. Informe del Secretario General a la quinta sesión de la Comisión de Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas. Nueva York. Abril 1997 64 pp.

**“CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO”
UNA OPCION REAL EN EL ESTADO DE OAXACA PARA LOCALIDADES CON VIVIENDAS
DISPERSAS Y CON ESCASEZ DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.**

Ing. Julián Rubén Ríos Angeles*

I.- INTRODUCCIÓN.

El documento que se presenta describe las características del “Programa de Construcción de Obras de Captación de Agua de Lluvia para Consumo Humano”, implementado a partir de junio de 1997 por la Gerencia Regional Pacifico Sur de la Comisión Nacional del Agua, en localidades rurales de las Regiones de los Valles Centrales y de La Mixteca en el Estado de Oaxaca.

El programa inició en forma preliminar en las localidades de El Carmen y La Cañada en el Municipio de Santa Inés del Monte y La Reforma en el Municipio de Santa Inés de Zaragoza.

Los principios que justificaron la puesta en marcha de este programa se basaron fundamentalmente en la siguiente problemática:

- a).- La inexistencia de fuentes de abastecimiento de agua.
- b).-Dispersión poblacional en términos de vivienda que hace incosteable el establecimiento de sistemas convencionales de abastecimiento de agua.
- c).- Las fuentes de captación se encuentran alejadas y a un nivel topográfico inferior con respecto a las viviendas, lo que en términos económicos resulta incosteable.
- d).- Cuando las fuentes de abastecimiento están en jurisdicciones ajenas, entre particulares y/o localidades, y generan problemas sociales y políticos.

Debido a la problemática señalada, se diseñó este programa que pretende ofrecer alternativas de abastecimiento de agua para mitigar durante las épocas de escasez, las necesidades de este vital líquido, especialmente en municipios de las regiones de la Mixteca y Valles Centrales, en donde la captación de agua de lluvia en algunos periodos del año, representa una opción viable a través de obras de bajo costo, cuyo principal componente es la aportación de recursos institucionales, complementada con la de los beneficiarios (recursos financieros y/o, mano de obra y materiales de la región), durante el proceso de construcción, situación que contribuye a elevar las coberturas de este servicio básico en el medio rural.

* Gerente Regional Pacifico Sur, Comisión Nacional del Agua Reforma 905, Col. Centro, Oaxaca CP.68000.

II.- MARCO DE REFERENCIA.

En el país, Oaxaca es el segundo estado con menor desarrollo y mayor grado de marginación, se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas extremas, al norte 18°39', al sur 15°39' de latitud norte, al este 93°52', al oeste 98°32' de longitud oeste.

Representa el 4.8 % de la superficie del país y colinda con los siguientes estados al norte con Puebla y Veracruz; al este con Chiapas; al sur con el Océano Pacífico y al oeste con el estado de Guerrero. Geopolíticamente se encuentra dividido en 8 regiones: Cañada, Costa, Istmo, Mixteca, Papaloapam, Sierra Norte, Sierra Sur y Valles Centrales. En 1995, el estado contaba con una población de 3'228,895 habitantes, con una tasa de crecimiento del 2.3%. Del total de habitantes 1'824,408 vivían en 9,763 comunidades menores a 2,500 habitantes en 570 municipios. La mayor concentración de localidades se tiene en las regiones: Mixteca con 1,962, Costa con 1,626 y Sierra sur con 1,414 localidades¹. En materia de agua potable las coberturas eran en 1995 del orden del 40% y las de alcantarillado del 28 %, destacando la existencia de 46,225 sanitarios ecológicos registrados.

III.- OBJETIVO DEL PROGRAMA.

Satisfacer las necesidades de agua para consumo humano en comunidades rurales con altos índices de marginación en el Estado de Oaxaca que carecen de fuentes de abastecimiento; presentan dispersión de sus viviendas; lejanía de las fuentes de captación y problemas de carácter sociopolítico para acceder a las fuentes de abastecimiento.

IV.- CARACTERISTICAS DE LA POBLACION OBJETIVO.

El programa se dirigió a comunidades rurales, con población menor a 2,500 habitantes, en las que no existen fuentes de abastecimiento de agua potable, presentan dispersión poblacional y lejanía de fuentes de captación; localizadas en las regiones de la Mixteca y de los Valles Centrales.

Cuadro 1.-PERFIL SOCIOECONÓMICO DE LA POBLACIÓN.

REGIÓN	OCUPACIÓN PRINCIPAL	MARGINALIDAD	OBSERVACIONES
I VALLES CENTRALES	Cultivo de maíz, frijol, flores, legumbres, aguacate.	Muy Alta y Media	Localidades menor a 500 habitantes.
II MIXTECA	Cultivo de maíz, frijol, trigo, palma, alpiste.	Muy Alta y alta	Localidades menores a 1500 habitantes.

Fuente: INEGI; "Encuestas Socioeconómicas, México, 1997".

² Fuente: INEGI.- Anuario Estadístico del Estado de Oaxaca, México 1977.

V.- DESCRIPCIÓN DE LA OBRA DE CAPTACIÓN.

Las obras de captación de agua de lluvia propuestas consistieron en la construcción de un tanque tipo cisterna, el cual es alimentado a partir de una techumbre de lamina galvanizada que descarga el agua de lluvia en una canaleta, que mediante una tubería de cloruro de polivinilo (PVC), es descargada finalmente a la cisterna pasando previamente por un filtro de arena. La capacidad de almacenamiento de las cisternas construidas varió dependiendo de las condiciones climáticas, del área de captación de las viviendas y del número de habitantes en cada una de estas entre otros aspectos, dentro de las características que deben reunir sus componentes destacan las siguientes:

1).-Que el techo de la vivienda sea de superficie lisa y con la debida inclinación para facilitar el escurrimiento del agua de lluvia; los materiales de construcción adecuados con estas características son: teja, concreto, ferrocemento, lámina galvanizada, entre otros. Es recomendable drenar las primeras aguas de lluvia con la finalidad de que estas arrastren el polvo y la basura acumulada en la techumbre, para garantizar buena calidad del agua captada para el consumo humano.

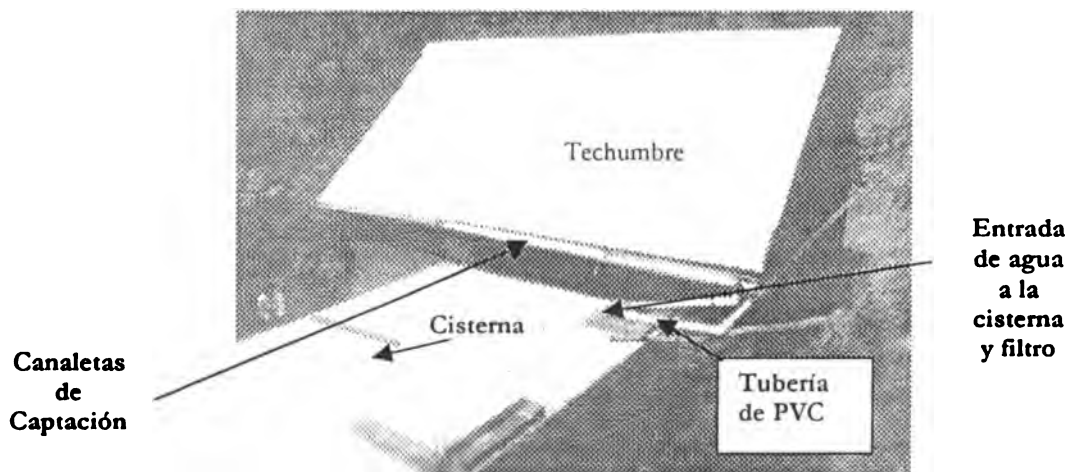
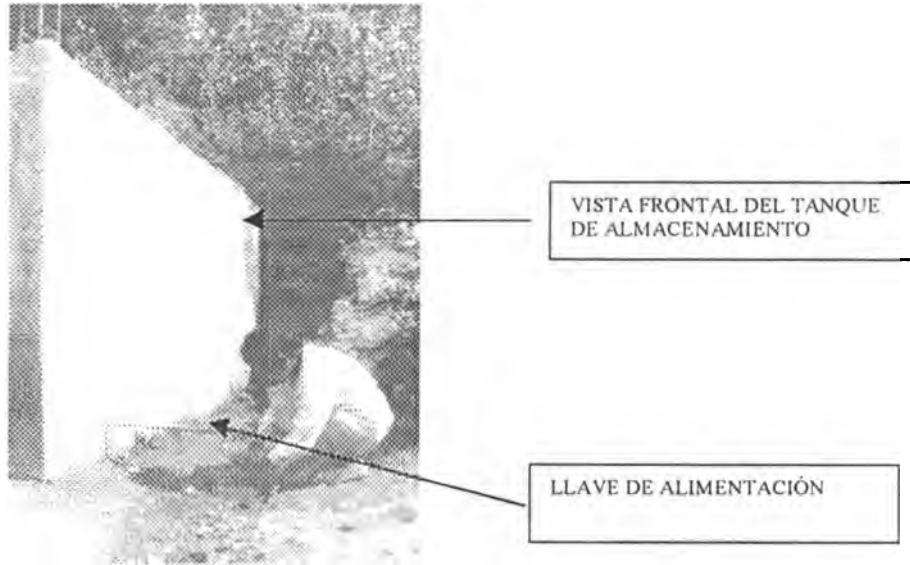


Fig.1.- Vista panorámica de una captación de agua de lluvia y sus componentes construida en la Región del la Mixteca .

2).-Las canaletas son de lamina galvanizada, lo cual facilita la conducción del agua que escurre de la techumbre cuando esta tiene un ligero volado. La operación se simplifica notablemente por lo que es recomendable además, poner a la entrada del tubo de la bajada del agua, una coladera de metal desplegable, la cual debe limpiarse periódicamente, para evitar que el agua se contamine.

3.- Las canaletas recolectoras concentran su gasto hidráulico en un tubo vertical de P.V.C. de 2" de diámetro, en cuyo extremo inferior se coloca una tee plástica que tendrá una válvula de un lado para descargar en la cisterna y un tapón en el otro extremo, con la finalidad de drenar las primeras aguas de lluvia para lavar el techo.



A pesar de que el almacenamiento de agua de lluvia, en sistemas ha sido de uso muy antiguo por la humanidad, con frecuencia se ha descuidado el correcto mantenimiento del agua almacenada, lo que ha originado su abandono progresivo. Científicamente se ha determinado que el agua de lluvia almacenada, necesita tres condiciones para su conservación adecuada:

- a).- Que se deposite en lugar limpio.
- b).-Que el agua que se almacene no lleve impurezas y/o agentes perjudiciales a la salud del hombre .
- c).-Que no entre ni el aire, ni la luz.

Si estas condiciones se cumplen, el agua de la cisterna no tendrá mal olor, ni creará, algas u otros agentes extraños y será apta para el uso doméstico, además tendrá la calidad del agua potable.

I.- ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN:

1.- identificación y selección de localidades con problemas de abastecimiento de agua que satisfagan las condiciones que demanda el proyecto.

2.- Elaboración del diagnóstico socioeconómico

3.- Concertación con los habitantes de las localidades seleccionadas para definir: su participación; organización; capacitación y mantenimiento de la obra.

VII.- DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DE LA ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACION:

IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE LOCALIDADES CON PROBLEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA QUE SATISFAGAN LAS CONDICIONES QUE DEMANDA EL PROYECTO.

Identificación :

- ↳ Realización de un análisis de la demanda de servicios de agua.
- ↳ Selección de las localidades que carecen de fuentes de abastecimiento.
- ↳ Visita a los sitios propuestos para verificar la existencia o no de fuentes de abastecimiento.
- ↳ Prioridad a localidades sin fuentes de abastecimiento para la realización de obras de captación.

Condiciones para la selección:

- a).- Interés y aceptación del proyecto
- b).- Participación de los beneficiarios en su construcción
- c).- disponibilidad de recursos financieros en tiempo y forma para la construcción de obras de captación de agua de lluvia que demanda la localidad.

ELABORACION DEL DIAGNOSTICO SOCIOECONOMICO

El diagnóstico socioeconómico permitió conocer las características sociales, así como los niveles de vida de la población a la cual se dirigió el proyecto, lo que permitió determinar el grado de aceptación de las obras por la comunidad y la viabilidad de su construcción.

ELABORACION DEL ESTUDIO TECNICO:

Se tomaron diversos parámetros de carácter meteorológico y constructivo que garantizan: la selección idónea de los materiales a utilizar, las características en cuanto a dimensiones y ubicación de los sistemas, los costos de la obra y en

consecuencia el monto de las aportaciones de cada usuario. A continuación se muestra un ejemplo de cálculo para determinar la capacidad de una cisterna de 18 m³:

a).- El consumo se calcula tomando en consideración una dotación de 25 lt por habitante al día y la precipitación promedio mensual de 10 años como mínimo.

MES	ALTURA DE LLUVIAS (mm)
ENE	6.2
FEB	13.6
MAR	9.3
ABR	36
MAY	76.6
JUN	84.2
JUL	144.6
AGO	186.2
SEP	101.3
OCT	120.2
NOV	8
DIC	0.2
Precip. Prom. Anual	786.4

b).- Se define el volumen anual de agua requerido.

Dotación: 25 lt /habitante /día

Habitantes: 5

Volumen diario: (5 h) x (25 lt/hab.)x (día) = 125 litros

Volumen mensual: (125 lt/día) x (30 día /mes) = 3750 litros = 3.75 m³

Volumen anual: (3.75 m³) x (12 mes/ año) = 45 m³

c).- Aplicación del procedimiento de cálculo para estimar las dimensiones del almacenamiento.

Para satisfacer esa demanda, deberá captarse un volumen anual de igual magnitud, y el área de recolección será:

$A = \text{Volumen anual} / \text{Altura de lluvia anual}$

$A = (45 \text{ m}^3 / \text{año}) / (0.7864 \text{ m} / \text{año}) = 57.22 \text{ m}^2$

El calculo de la cisterna será el que resulte del calculo siguiente:

Mes	Alimentación (m ³ /mes)	Demanda (m ³ /mes)	Diferencia	Diferencia acumuladas
1	2	3	4	5
ENE	0.355	3.75	-3.395	-3.395
FEB	0.778	3.75	-2.972	-6.367
MAR	0.532	3.75	-3.218	-9.585
ABR	2.060	3.75	-1.690	-11.275
MAY	4.383	3.75	0.633	-10.642
JUN	4.818	3.75	1.068	-9.574
JUL	8.274	3.75	4.524	-5.050
AGO	10.654	3.75	6.904	1.854
SEP	5.796	3.75	2.046	3.901
OCT	6.878	3.75	3.128	7.029
NOV	0.458	3.75	-3.292	3.736
DIC	0.011	3.75	-3.739	-0.002
Suma	44.998	45		

$$\text{Vol.} = (-11.275) + (7.029) = 18.304 \text{ m}^3$$

Si se considera una excavación de $h = 2.0 \text{ m}$

$A = 9.152 \text{ m}^2$ y considerando los lados simétricos tenemos $L=3.025 \text{ m}$, del volumen a la losa de concreto se debe dejar un bordo libre de aproximadamente 0.50 m .

Por lo que las dimensiones de la cisterna serán: $3.0 \text{ m} \times 3.0 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$

1. Mes

2. Alimentación = Altura de lluvia en metros x área de recolección

$$\text{Alimentación} = (6.2 \text{ mm}) / (1000 \text{ mm/m}) \times (57.22 \text{ m}^2) = 0.355 \text{ m}^3/\text{mes}$$

3. Demanda = Vol. Anual /12 meses

$$\text{Demanda} = 45/12 = 3.75 \text{ m}^3/\text{mes}$$

4.- Diferencia ; D= columna 2 menos columna 3

5.- Diferencia acumulada

CONCERTACION CON LOS HABITANTES DE LAS LOCALIDADES ESCOGIDAS PARA DEFINIR:

PARTICIPACION DEL USUARIO

En esta fase se buscó que el usuario se involucrara en todo el proceso de construcción de la obra de tal forma que se garantizara un buen funcionamiento de la misma, además de que se familiarizara con sus características y vigilara de cerca el cumplimiento de los tiempos de construcción y características de los materiales utilizados.

ORGANIZACION.

Es la fase que consistió en definir la forma de organización que adoptó el grupo interesado, el numero de participantes, el tipo de aportación (económica, con mano de obra o con materiales de la región), la manera en que participaron en cada una de las fases del proyecto y en el nombramiento de sus representantes.

CAPACITACION.

El objetivo de esta acción fue que los usuarios adquirieran los conocimientos básicos para dar mantenimiento a la obra, así como identificar las funciones que desempeñan cada una de sus partes.

MANTENIMIENTO DE LA OBRA.

Consistió en comprometer a los beneficiarios de la comunidad en las tareas acordadas para la conservación y mantenimiento de la obra.

VIII.- RESULTADOS DEL PROGRAMA

Durante el periodo 1997-1998 se construyeron 223 obras de captación de agua de lluvia con los cuales se beneficiaron 1321 habitantes.

IX.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

1. La experiencia obtenida en la construcción de obras de captación de agua de lluvia mediante cisternas en las regiones de los Valles Centrales y Mixteca, demuestra su factibilidad y viabilidad para solucionar los problemas de abastecimiento de agua, en localidades rurales con viviendas dispersas y que no disponen de fuentes de

abastecimiento o bien en localidades donde estas están en jurisdicciones ajenas y/o enfrentan problemas de carácter social y político para hacer uso de ellas.

2. Las obras de captación de agua de lluvia fueron aceptadas por los habitantes de las localidades donde se construyeron, debido a su fácil proceso constructivo y bajo costo, lo que permite disponer de una fuente de agua de buena calidad y cercana a sus viviendas, eliminando el enorme esfuerzo que representa el tener que acarrearla desde el abastecimientos alejados, aspectos que en su conjunto contribuyen a mejorar su calidad de vida.
3. El esfuerzo e interés mostrado por los usuarios al participar en las diferentes fases de la obra es fundamental para, garantizar un aprovechamiento pleno y un adecuado mantenimiento.
4. Es conveniente continuar apoyando con recursos financieros la construcción de este tipo de sistemas, como alternativa eficaz de abastecimiento de agua en comunidades rurales del Estado de Oaxaca.

COLECCIÓN DE AGUA DE LLUVIA: UNA ALTERNATIVA PARA LA DOTACION DE PEQUEÑAS COMUNIDADES RURALES MENORES DE 500 HABITANTES.

Martín D. Mundo Molina *, Romeo Ballinas Avendaño **, Polioptro Martínez Austria *, Leonardo Hernández Barrios *, Miguel Raúl Ponce Martínez **, Edgar Rafael Ferrer Penangos **

Resumen

Según el Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática (INEGI): existente en México 198 311 localidades rurales, con una población aproximada de 24, 154, 775 habitantes. El abastecimiento de agua a pequeñas comunidades rurales es un problema que se manifiesta en todas las entidades de nuestro país. En muchas de ellas la dotación por medios convencionales no es posible, ya sea por razones económicas o técnicas. El IMTA diseño y elaboró una guía técnica para la selección de tecnologías alternativas en hidráulica. El primer tema de la guía trata de la colección de agua de lluvia, la cual contiene dos tipos de tecnología para este fin: i) cisternas subterráneas y ii) cisternas superficiales. En este trabajo se presentan las características más importantes de un sistema de colección comunitaria para abastecer a pequeñas comunidades rurales menores de 500 habitantes (cisternas subterráneas), basada en la ficha técnica de la guía diseñada y elaborada por el IMTA. }

Antecedentes

En apoyo a la problemática del abastecimiento de agua a pequeñas comunidades rurales de nuestro país, el IMTA desde septiembre de 1994 inicio trabajos de investigación, desarrollo y transferencia de tecnología en el tema: *tecnologías alternativas para el uso y disposición de agua para pequeñas comunidades rurales menores de 500 habitantes*. Producto de este trabajo se diseño y elaboró una guía técnica para la selección de tecnologías alternativas en hidráulica. Los temas de la guía se definieron según las necesidades más apremiantes de pequeñas comunidades rurales respecto al uso del agua: captación, saneamiento básico, tratamiento, riego de pequeña escala y bombeo. Además se impuso que las tecnologías seleccionadas cumplieran con los siguientes requisitos: de fácil construcción e instalación, bajo costo, sustentables y que su tecnología fuese sencilla para la adecuada transferencia. Así se realizó una amplia revisión bibliográfica sobre diversas tecnologías realizadas en nuestro país y alrededor del mundo, con el objeto de seleccionar las más adecuadas según los objetivos de la guía técnica. Dicha guía contiene cuatro temas con los siguientes subtemas:

1. *Captación de agua*: cisternas subterráneas, cisternas superficiales, captanietas y presas subterráneas.
2. *Saneamiento y tratamiento de agua*: filtros de cantera, filtros caseros, fosas sépticas y letrinas rurales.
3. *Riego (de pequeña escala)*: diámetro (riego intermitente), tanque de descargas de fondo (riego intermitente) y cápsulas porosas (riego localizado).
4. *Extracción y bombeo de agua*: bomba de ariete hidráulico.

* Instituto Mexicano de Tecnología del agua (IMTA)

** Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Chiapas. Mayores informes al tel. (73) 19 40 12 con M..I. Martín D. Mundo Molina.

La guía contiene también un video que describe cada tecnología y un programa elaborado en visual basic denominado *hidrotec* que permite el diseño de las tecnologías y autocontiene la guía técnica, la cual se puede consultar en una pantalla de computadora e imprimir la información que se necesite, apoyado con figuras de alta resolución.

El primer tema de la guía trata sobre colección de agua de lluvia y contiene dos tipos de tecnologías para este fin: i) cisternas subterráneas y ii) cisternas superficiales. Debido al interés de diversas instituciones relacionadas con el tema, a través de un convenio de colaboración con la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Chiapas y el apoyo financiero de la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI), se iniciará un proyecto para la construcción y transferencia de un colector de agua de lluvia en la comunidad indígena Tzotzil de Yalentay en los altos de Chiapas, cuyo diseño se basó en la guía elaborada por el IMTA.

Problemática

El abastecimiento de agua a pequeñas comunidades rurales es un problema que se manifiesta en todas las entidades de nuestro país. En muchas de ellas la dotación por medios convencionales no es posible, ya sea por razones económicas o técnicas. Muchas de estas pequeñas comunidades se encuentran alejadas de centros de población importantes, algunas se ubican en zonas de difícil topografía, algunas mas son comunidades dispersas o incluso carecen de una fuente de abastecimiento. Según el Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática (INEGI): existen en el país 201 138 localidades de las cuales 2827 son urbanas y 198 311 son localidades rurales, estas últimas con una población aproximada de 24 154 775 habitantes. En la tabla 1 se muestra el número de localidades rurales que existen en México y el número de habitantes de cada una de ellas.

Tabla 1. Número de localidades rurales y sus habitantes en México (INEGI, 1998)

NUMERO DE HABITANTES	NUMERO DE LOCALIDADES RURALES
1 a 49	136 043
50 a 99	15 262
100 a 499	33 426
500 a 999	8537
1000 a 1999	4277
2000 a 2499	766
2500 a 4999	1457

En la tabla 2 se muestra la distribución de la población rural por localidades en siete estados del norte, centro y sur de país.

Tabla 2. Número de localidades rurales y habitantes en siete estados del país (INEGI, 1998)

ENTIDAD	# LOCALIDADES RURALES	HAB.	1-49 HAB.	50-99 HAB.	100-499 HAB.	500-999 HAB.
MICHOACAN	9 490	1 373 161	5943	1002	1799	458
OAXACA	9 678	1 824 408	4537	1322	2823	630
TAMAULIPAS	9 379	424 004	8079	345	795	102
VERACRUZ	21 247	2 804 093	13 558	1695	4460	1066
CHIAPAS	19 972	2 000 394	14 366	1346	134	723
CHIHUAHUA	13 540	554 353	11 628	788	937	116
JALISCO	11 854	1 000 468	8719	1204	1483	247

La población rural de nuestro país representa aproximadamente el 27% de la población total. La mayoría de estas comunidades rurales tienen problemas de abastecimiento de agua, especialmente aquellas menores de 1000 habitantes, magnificándose la problemática en aquellas cuya población no supera los 500 habitantes. A manera de ejemplo se comenta el caso del estado de Chiapas, en donde el 41% de la población carece de agua entubada y el 55.7% carece de alcantarillado sanitario; estos índices son consecuencia (entre otras causas) de la gran dispersión de pequeñas comunidades y de la topografía tan agreste que la mayor parte de la entidad presenta (este problema se acentúa más en los altos de Chiapas). En esta entidad existen 19,972 localidades rurales de las cuales 15 712 son menores de 100 habitantes (según los últimos datos de INEGI). Dotar de servicios de agua potable en algunas zonas del estado por medios convencionales resulta costoso y en muchos casos imposible. Una alternativa para la dotación de agua a estas pequeñas comunidades de los altos de Chiapas y de muchas otras de nuestro país es a través de la colección de agua de lluvia.

Con estos antecedentes y problemática planteada se iniciará el proyecto de colección de agua de lluvia en los altos de Chiapas, en la comunidad indígena Tzotzil de Yalentay municipio de Zinacantán, la construcción de la obra se basará -en parte- en la guía técnica elaborada por el IMTA (Mundo et al, 1997), la cual derivó en un manual de colección de agua de lluvia (actualmente en imprenta). A continuación se describe el sistema de colección de agua de lluvia comunitario contenido en la citada guía técnica.

Descripción técnica

La captación de agua de lluvia se hace en el propio techo de la cisterna, que puede ser de lámina, plástico o teja; también pueden utilizarse techos de casas vecinas, unidas a través de canaletas, con la finalidad de acelerar el llenado de la misma. La cisterna se excava en el suelo, tiene forma tronco piramidal invertida, con la base menor en el piso o fondo (figs. 1, 2, 3 y 4); las paredes son repelladas con mezcla y reforzadas internamente con malla para gallinero. El suministro de agua es por medio de canaletas conectadas a una tubería de PVC que conduce el agua a la cisterna. La cisterna tiene un filtro interno (fig. 4) compuesto de capas de arena (50 cm. de espesor), carbón (30 cm. de espesor y grava (20 cm. de espesor).

CISTERNA SUBTERRÁNEA

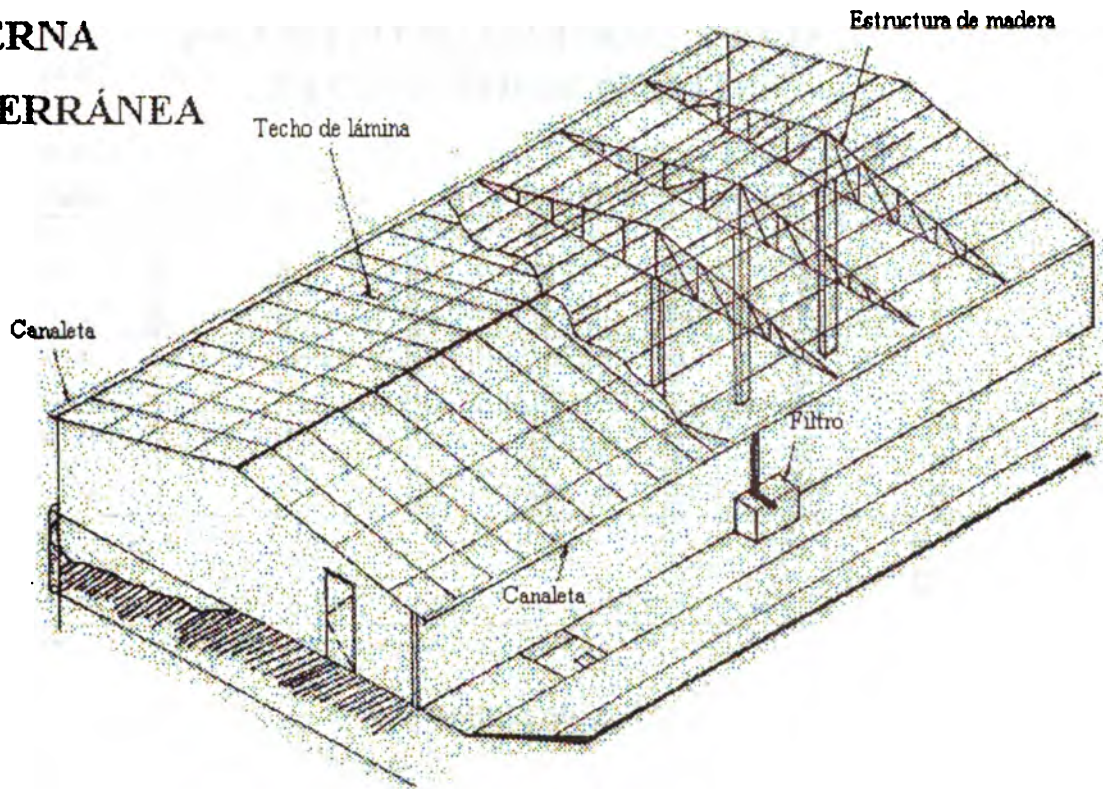
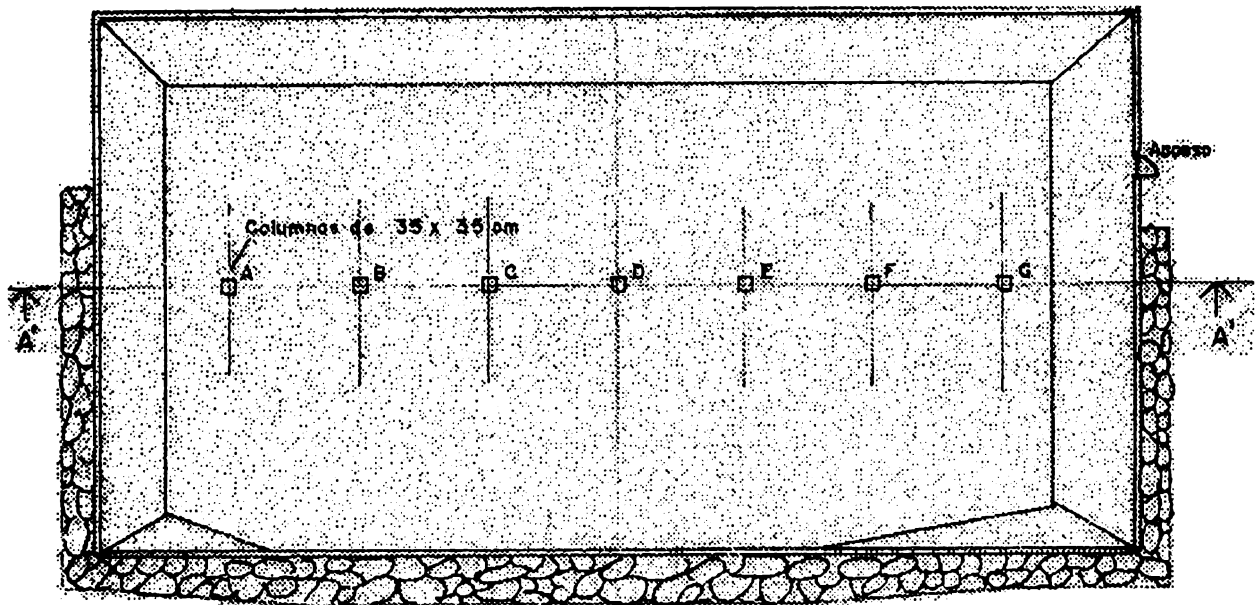


Fig. 1 Colector de agua de lluvia comunitario (cisterna subterránea), (Mundo et al, 1997).

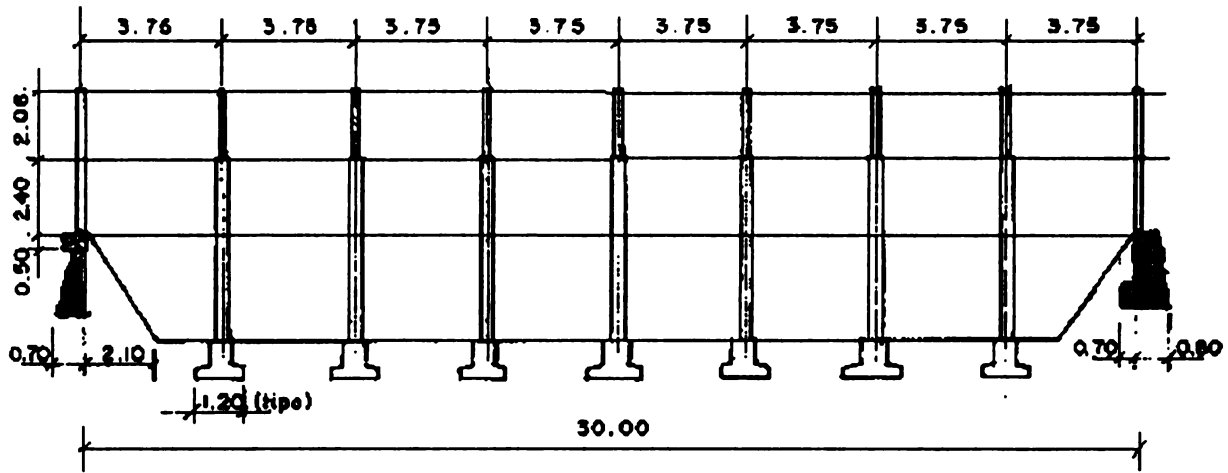
DETALLES ESQUEMÁTICOS DE UNA CISTERNA SUBTERRÁNEA



PLANTA

Fig. 2 Vista en planta del colector de agua de lluvia comunitario, (Mundo et al, 1997).

DETALLES ESQUEMÁTICOS DE UNA CISTERNA SUBTERRÁNEA



CORTE LONGITUDINAL A' - A'

Fig. 3 Columnas para soporte de techo (Mundo et al, 1997)

DETALLE DE CISTERNA Y FILTRO INTERNO

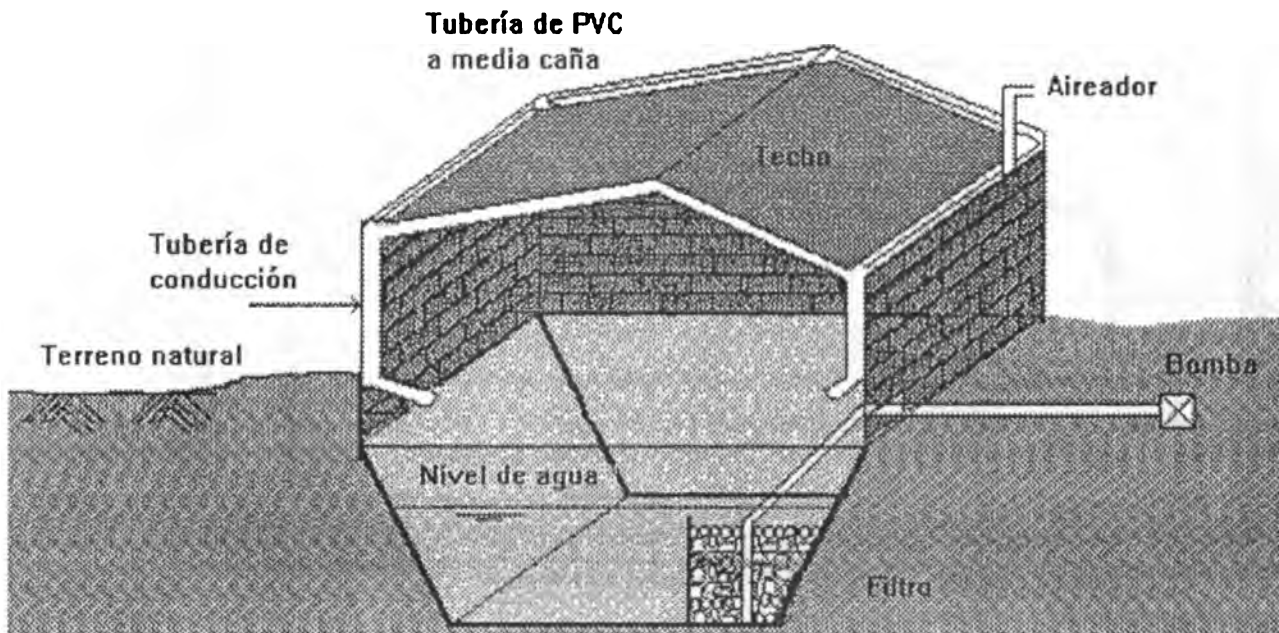


Fig. 4. Forma troncopiramidal del depósito y filtro lento (Mundo et al, 1997).

La extracción del agua se hace por gravedad o por medio de una bomba manual, utilizando tubería de PVC de ½", la cual va conectada en un tubo de 6" de diámetro, perforado en la parte inferior y este último enterrado en el filtro (fig. 4). El filtro se construye de ladrillo, en un extremo de la cisterna.

El agua almacenada debe quedar en la más absoluta oscuridad para evitar la proliferación de algas. Deben colocarse aireadores para la oxigenación del agua, con tubos en U de lado del viento dominante (fig. 4). Un eliminador de excedentes (vertedor) debe construirse a la altura deseada.

Las paredes, a partir del nivel del suelo pueden construirse con ladrillo, adobe o piedra, según la disponibilidad en la región. Es necesario dejar una abertura para la instalación de una puerta para efectuar la limpieza de la cisterna, la misma debe llevar un candado para evitar el acceso de personal no autorizado (ver figura 1). La puerta tiene las siguientes dimensiones: 0.60 m., de ancho por 1.70 m de alto.

Diseño

Según experiencias en países como Chile, Argentina, Perú y Bolivia se estima que el consumo medio diario por persona es de 25 litros para zonas rurales, para cubrir las necesidades básicas, tales como: beber, cocinar y aseo personal.

El volumen útil (V_u) de la cisterna en m^3 , se calcula multiplicando el número de personas (P), por el gasto diario per cápita (G_d) en litros y por el tiempo de almacenamiento (T_a) en días. Por lo tanto:

$$V_u = (1.1 \times P \times G_d \times T_a) / 1000$$

donde el 1.1 es un factor de seguridad que considera el 10 % de excesos.

El área de captación (techo) en m^2 se calcula en función del volumen útil (V_u) en m^3 , la precipitación media anual (P_m) de la región en (m), y un coeficiente de almacenaje (C_a) del 80%.

$$A_c = V_u / (P_m \times C_a)$$

Ejemplo de diseño

El volumen necesario para abastecer durante seis meses (época de estiaje) a tres familias de seis miembros cada una, será:

$$V_u = (1.1 \times 18 \times 25 \times 180) / 1000 = 89.1 \text{ m}^3$$

Y el área de captación, considerando una precipitación media anual de 1.2 m., será:

$$A_c = 89.1 / (1.2 \times 0.8) = 92.81 \text{ m}^2$$

Construcción

Los materiales utilizados para la construcción de la cisterna son los siguientes:

Tabla 3. Materiales necesarios.

Cemento (bulto)
Arena (m ³)
Grava (m ³)
Ladrillo (millar)
Malla metálica de gallinero (m ²)
Lámina galvanizada corrugada, (pieza)(0.8x3.6 m.)
Tubos PVC 6" (m)
Tubos PVC 4" (m)
Tubos PVC 2" (m)
Carbón (m ³)
Bomba de mano
Accesorios, codos de 90°, reducc., coples, resistol para PVC, cinta blanca para cuerda, etc.

El talud de las paredes de la cisterna depende del tipo de suelo, como puede observarse en la siguiente tabla.

Tabla 4. Relación textura-talud.

Arcillosa	0.5 : 1
Franca	0.7 : 1
Arenoso	1.0 : 1

Tabla 5. Relación de mortero.

Concepto	Espesor	Proporción
Piso de concreto simple	10 cm	1:3:5 *
Repello de paredes	3 cm con malla de gallinero	1:3 *

* 1:3:5 (1 bote de cemento, 3 de arena y 5 de grava).

El proceso constructivo de la cisterna es sencillo, basta que en la comunidad se cuente con un maestro albañil, el cual no tendrá problemas en la construcción de la misma. El proceso constructivo se inicia con la excavación de la cisterna, una vez excavada se continúa con la alineación de las paredes y finalmente se compacta el piso. Una vez terminada la compactación se coloca la malla gallinero en las paredes de la cisterna y se repella; luego se levantan las paredes y se inicia la construcción de la estructura del techo, se colocan los aireadores y la puerta de acceso.

INICIO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL TECHO

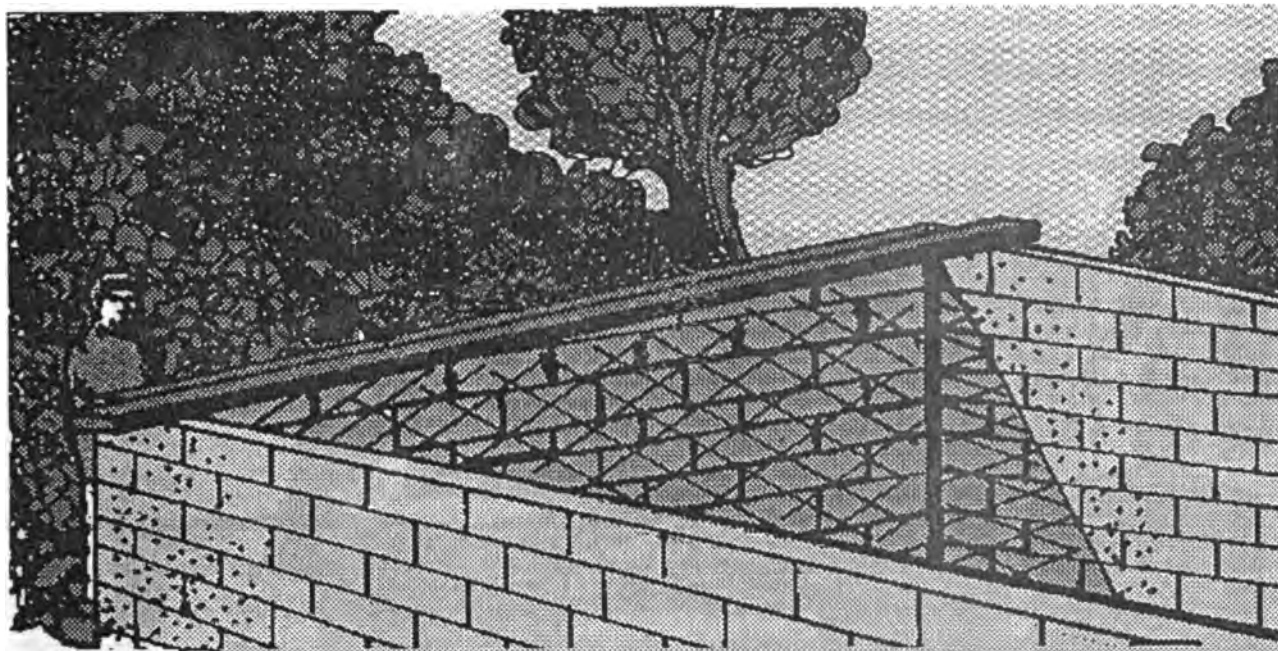
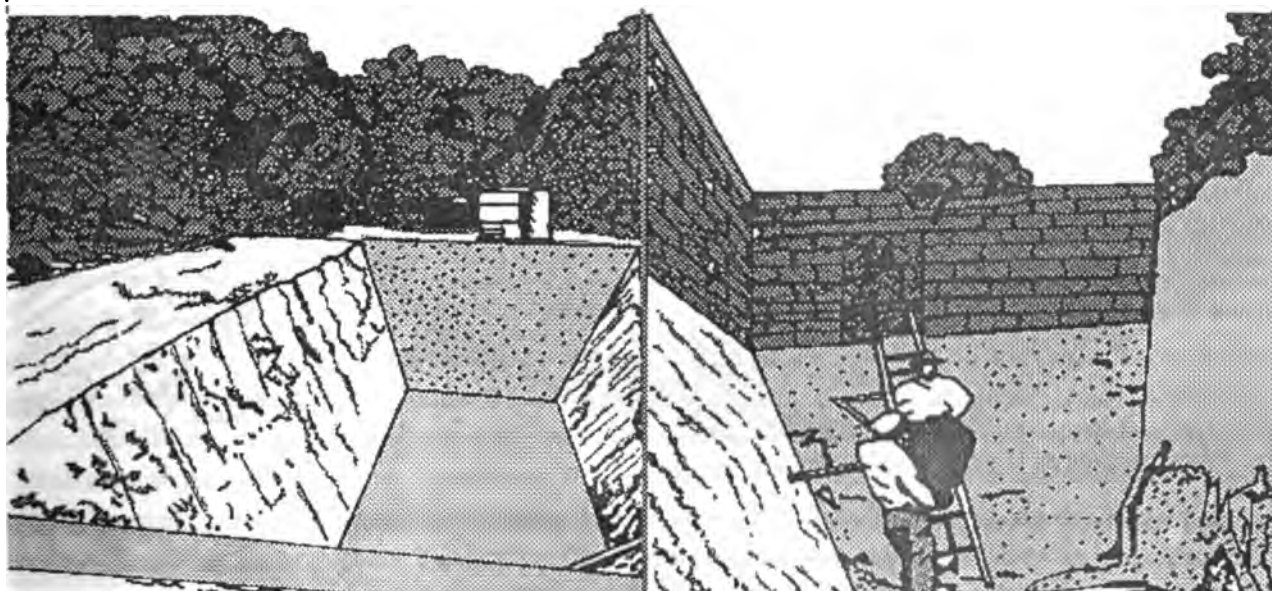


Fig. 5. Excavación del depósito troncopiramidal (Mundo et al ,1997).

EXCAVACIÓN CON BORDES TERMINADOS, PAREDES LEVANTADAS Y COLOCACIÓN DE LA MALLA DE GALLINERO



VISTA LATERAL DE LA PUERTA DE ACCESO Y DEPÓSITO

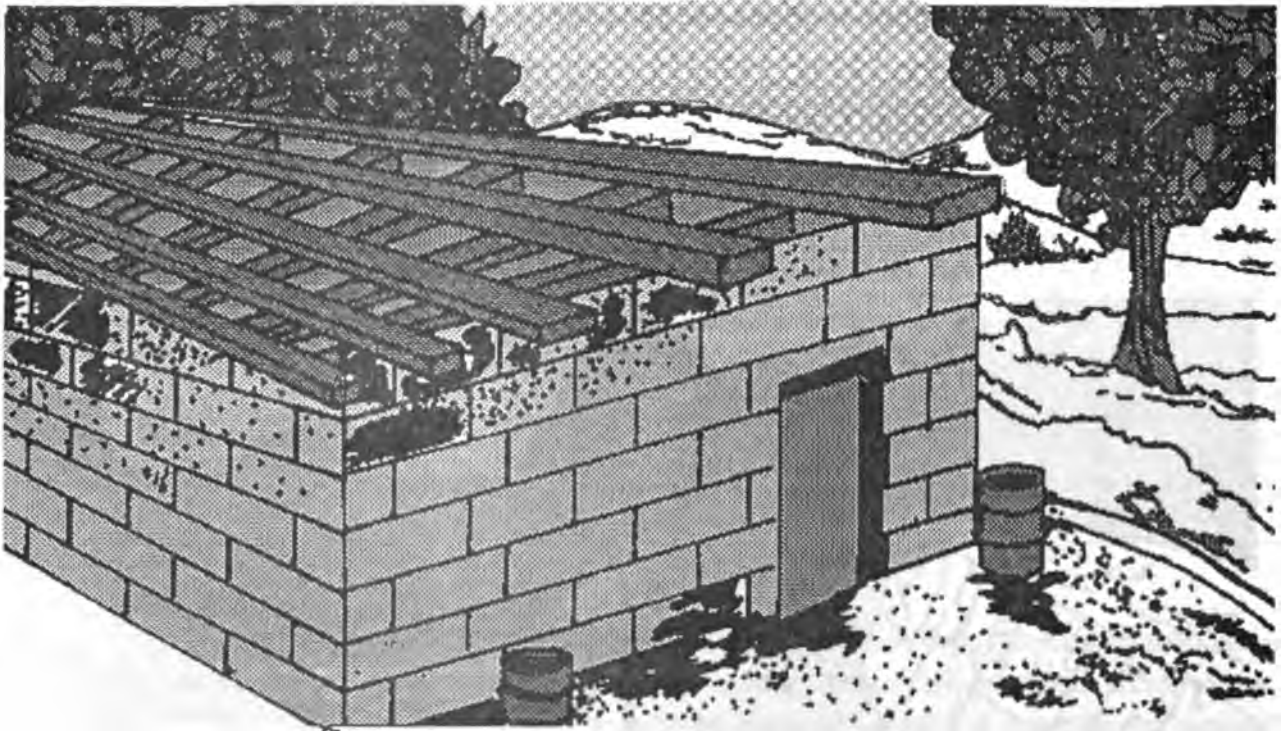
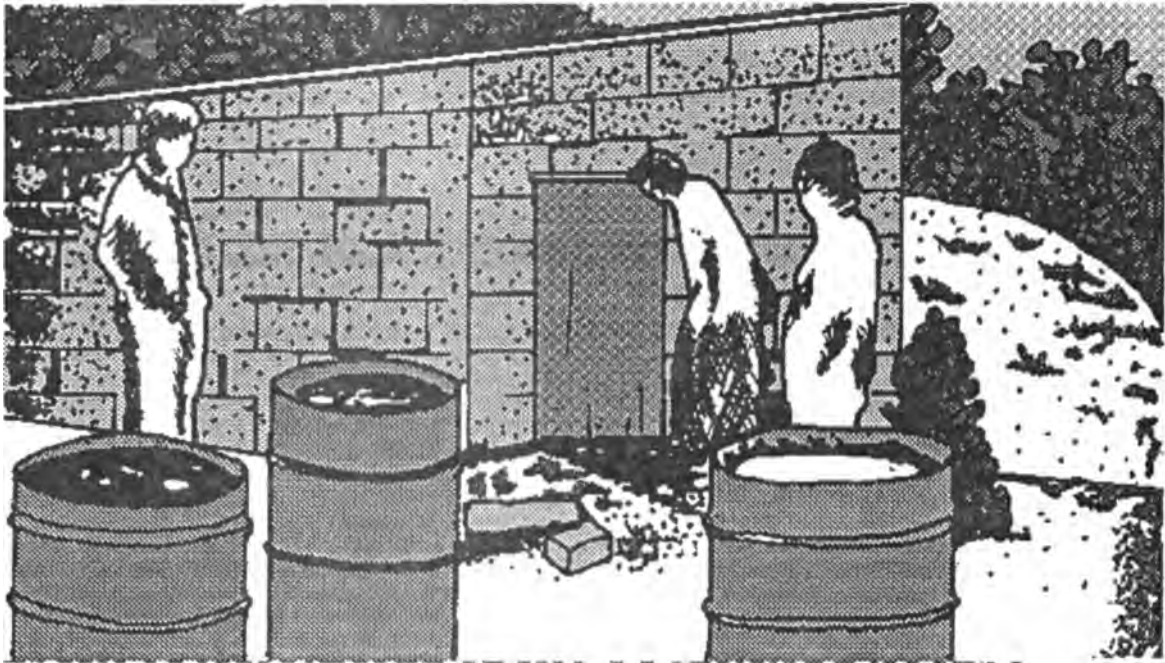


Fig. 6 Construcción de la estructura (Mundo et al, 1997).

Mantenimiento

- a) La limpieza interna debe hacerse al menos una vez cada año.
- b) Aproximadamente cada tres meses se limpian techos y canaletas de bajada de agua.
- c) El agua de la cisterna puede ser tratada con cloro agregando 3 gotas por cada litro .
- d) Se recomienda que el filtro se cambie cada 18 meses.
- e) Antes del inicio de la temporada de lluvia se recomienda limpiar el área de colección y las canaletas.

Costos

Para elaborar un análisis de costos deben considerarse:

1. Materiales
2. Mano de obra
3. Mantenimiento
4. Costos de tratamiento de agua

Para estimar el costo de una cisterna subterránea se deben considerar los siguientes conceptos: excavación, cimentación, levantamiento de paredes, estructura del techo, puerta de acceso, filtro y bomba manual (si es el caso).

Adaptabilidad

La cisterna subterránea es una alternativa para contar con agua potable en el medio rural, donde existen casas dispersas y los sistemas presurizados no son viables al igual que el transporte en camiones pipa, por sus costos elevados y disponibilidad incierta.

Conclusiones

Según el Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática (INEGI), existen en México 198 311 localidades rurales, con una población aproximada de 24 154 775 habitantes. En la gran mayoría de éstas el abastecimiento de agua se constituye en el principal problema de las mismas.

En muchas de estas comunidades la dotación por medios convencionales no es posible, ya sea por razones económicas o técnicas, éstas se encuentran alejadas de centros de población importantes, algunas se ubican en zonas de difícil topografía, algunas más son comunidades dispersas o incluso carecen de una fuente de abastecimiento. En apoyo a esta problemática el IMTA desde septiembre de 1994 inició trabajos de investigación, desarrollo y transferencia de tecnología en el tema: *tecnologías alternativas para el uso y disposición de agua para pequeñas comunidades rurales menores de 500 habitantes*. Como uno de los resultados obtenidos en este proyecto se diseñó y elaboró una guía técnica para la selección de tecnologías alternativas en hidráulica. El primer tema de la guía trata sobre colección de agua de lluvia, el cual contiene dos tipos de tecnologías para este fin: i) cisternas subterráneas y ii) cisternas superficiales. Debido al interés de diversas instituciones relacionadas con el tema, a través de un convenio de colaboración con la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Chiapas y apoyados con recursos financieros de la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI), se inició un proyecto para la construcción y transferencia de un colector de agua de lluvia en la comunidad de Yalentay en los altos de Chiapas, cuyo diseño

se basó en la guía elaborada por el IMTA. En este trabajo se presentan las características más importantes de este sistema de colección comunitario para abastecer a pequeñas comunidades rurales menores de 500 habitantes. Este sistema de colección de agua de lluvia es de fácil construcción e instalación, bajo costo, sustentable y de tecnología sencilla para su adecuada transferencia.

Bibliografía

Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI). 1998. <http://inegi.com.mx>.

Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Recursos Naturales Renovables. 1995. Cisternas rurales II, San Salvador. Proyecto de Rehabilitación e Infraestructura de Producción de Agricultura: Fortalecimiento de la capacidad nacional de gestión de agua. El Salvador.

Molina, M. M. D., Martínez A. P., Hernández B. L., Delgado B. A. 1997. Tecnologías alternativas en Hidráulica. Guía técnica para la selección. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México.

Nieves, V. L. 1987. Captación y conservación de agua de precipitación para consumo humano y cisternas rurales; dimensionamiento, construcción y manejo.

Silva, B. A. 1989. Consultoría técnica sobre cisternas rurales en la región centro occidental de Venezuela.

INTEGRACION DEL AGUA DE LLUVIA A SISTEMAS LOCALES PARA SUMINISTRO A LAS CASAS CON AGUA POTABLE

Dietmar Rössel, Hipolito Ortiz Laurel*

RESUMEN

El hombre como resultado de sus diversas actividades ha destruido el sistema de limpieza del agua y el consumo de este vital líquido en varios lugares del mundo es más grande en comparación a la cantidad de precipitación. La recolección del agua de lluvia en áreas impermeabilizadas y su uso en las redes locales se realiza primero, por la introducción, de éste en el ciclo doméstico y enseguida al ciclo natural, lo que significa el mejoramiento de la economía del agua y el clima. La substitución el agua por el agua usada en la casa de lluvia es teóricamente posible en un 27%, pero en la realidad en el área de domicilios privados solo de 2.6%, en edificios federales sólo en un 0.1% y en los talleres sólo en un 0.8%. Sin embargo el agua de lluvia es muy blanda, pobre de iones, contiene impurezas sólidas, no esta libre de bacterias y es ligeramente ácido. En el presente trabajo se muestra un cálculo con suficiente seguridad para la substitución parcial del agua potable por el agua de lluvia.

Palabras clave: substitución del agua, agua de lluvia

INTRODUCCION

El agua es el alimento más importante y además parte fundamental de la materia viviente. Además, el agua se encuentra un continuo cambio, por lo tanto es muy importante la interacción entre la atmósfera, del sistema del agua, de la tierra y de la litosfera.

En el ciclo del agua existen tres fuentes importantes de contaminación:

1. Impurezas por el polvo, incineración, etc.
2. Contaminaciones orgánicas por el metabolismo
3. Lavado mineral del agua subterránea

Dentro de ésta se accionan tres sistemas para la limpieza del agua:

1. La evaporación y condensación por el sol, transpiración de los organismos biológicos
2. La limpieza biológica en las aguas (ríos, lagunas, etc.)
3. La filtración mecánica del agua subterránea en las capas de arena

El hombre como resultado de sus actividades ha destruido este sistema mediante:

1. La contaminación del aire. Lo cual ensucia las precipitaciones y la evaporación es reducida por la falta de bosques y aumento de los sistemas de canales
2. La autolimpieza de las aguas es interrumpida
3. La filtración del agua en los horizontes del suelo es también interrumpida

ANTECEDENTES

Esta situación demanda el darle una mayor atención al uso del agua.

La circulación del agua en el mundo se presenta en siguiente forma:

Un cuarto de la energía reflejado por el sol fija 12300 km^3 de agua en la atmósfera, que se cambia 40 veces por año. El 37% de las precipitaciones encima de la tierra 37% tienen su origen en el mar y 63% resultan de la evaporación de la tierra misma. En este caso es la transpiración de las plantas, sobre todo de los bosques y su capacidad de almacenamiento de agua es muy importante. Si hay mucha agua en el suelo y en las plantas, existe un balance equilibrado entre el agua y el clima. Por lo tanto, la cultura es importante para del uso del agua. Toda el agua disponible tiene su origen en la precipitación. El consumo en varios lugares del mundo es más grande en comparación a la cantidad de precipitación. Esto es la causa del uso intensivo de las aguas subterráneas, superficiales y la que se encuentra en diferentes niveles.

La limpieza de estas últimas para volverla potable resulta muy costoso.

En la actualidad el uso tiene más o menos la siguiente distribución:

1. 39,8% la industria
2. 46,1% las plantas de la electricidad
3. 0.1% uso doméstico
4. 0.7% talleres
5. 1.1% instituciones publicas
6. 2.5% agricultura

El consumo doméstico esta en es muchas ocasiones vinculada con el uso industrial. Por eso el agua recibe una gran cantidad de contaminaciones. El 40% del agua potable tiene hoy en día su origen del agua contaminada como aguas residuales, aguas contaminadas (ríos, etc.).

Todos los métodos de limpieza (todas las tecnologías usadas) no son capaces de limpiar el agua en un 100% de; sal, pesticidas, hormonas u otras sustancias peligrosas. En muchos lugares del mundo se utilizan sistemas centrales de suministro del agua. Sin embargo, estos sistemas son deficientes ecológicamente.

Por esta razón es necesario usar sistemas locales de suministro de agua. La razón principal es, que las precipitaciones son de tipo local y por eso es ecológicamente del gran fortalecimiento por lo que el sistema de explotación del agua tiene el mismo carácter (descentralizado).

A esto se le ha denominado, activación de la potencia natural

1. alta calidad del agua, cortos recorridos y pequeños almacenes
2. pequeña red para el suministro y limpieza; reducción de los costos de mantenimiento
3. estabilización del recurso natural local del agua

Mediante el uso local del agua de la precipitación, ésta regresa al sistema natural, local.

Los sistemas decentrados (locales) tienen las siguientes ventajas en el sentido ecológico:

- el agua de la precipitación se usa y por eso ésta regresa al sistema natural
- el agua subterránea se necesita en baja cantidad
- los aguas negras por el uso se limpian y regresan al sistema natural
- bajo uso de la energía por los bajos costos del transporte (pequeña red)
- estabilización de la economía del agua
- responsabilidad local
- regulación misma de la economía del agua por los usuarios, peces, plantas, etc.

OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es resolver la interrogante de cuanta agua utilizable en la casa es substituida por agua de lluvia. Por lo cual se presentan los sistemas locales como tarea nueva de la investigación.

A través de la historia sólo se han realizado investigaciones para grandes redes de suministro del agua y para grandes plantas en el tratamiento de aguas negras.

En los sistemas locales se realiza una, la regulación propia, lo que significa:

- es posible el uso directo de las aguas negras, los nutrientes regresan al circuito natural
- uso mínimo de la energía, es posible el uso de energías alternativas
- no hay peligro de la contaminación de grandes áreas y rangos
- descarga de las redes centrales, por autocontrol y autoregulación
- independencia

Sin embargo, los inconvenientes de este sistema descentral son los siguientes:

- suministro discontinuo (variaciones naturales en la cantidad y calidad)
- sin control publico en continuo
- peligro de la contaminación por los usuarios privados
- en la ciudad no es utilizable

De gran importancia en estas instalaciones es la calidad del agua. Esta declarada por OMS en el año de 1970 y solo es necesaria una pequeña parte de agua por uso del hombre. Por otro lado, el agua doméstica se necesita para los siguientes tareas (80 - 250l/d/habitante):

Uso	l/d	%
- beber y cocer	3 - 5	2 - 3
- lavar los trastes	4 - 15	5 - 6
- cosmética del cuerpo	10 - 20	8 - 13
- bañar	20 - 100	25 - 40
- lavar la ropa	20 - 50	20 - 25
- limpieza de la habitación	3 - 10	3 - 4
- limpiezas otras	20 - 50	20 - 25
Usuarios especiales:		
Lavado de los trastes por una máquina	15 - 45 l/acción	
Lavadora de ropa de 4kg	100 - 180 l/acción	
Lavado de la ropa a mano (4kg)	250 - 350 l/acción	
Lavar el coche	20 - 200 l/coche	
Regar el jardín	0.3 - 3 l/m ² y día, durante el tiempo de la vegetación	
Piscina	3% para la renovación del volumen/día	
Caballo, res, etc.	40 - 50 l/día	
Animales domésticos (pequeños)	10 l/día	
Hombre (metabolismo)	31 l/día	

METAS Y METODOS

Sólo un 10% de esta cantidad de 80 - 250 l/día tiene que cumplir la calidad del agua potable y sin reducción del confort (calidad de vida) es posible utilizar 2 veces el 50% de esta cantidad. En este sentido es posible usar el agua para lavar la ropa y para bañarse en el baño sanitario. Los filtros, bombas y almacenamientos necesarios representan bajos costos. El 33,3% del agua para bañarse, para la cocina y para las habitaciones es puede ahorrarse por el uso de regaderas (introducción del aire en el agua).

En la bibliografía se presentan varios modelos (métodos) para ahorrar agua (ver figura 1).

Modelo 1: no se usa el agua de la lluvia, el suministro y tratamiento es central, la red del agua de forma agua mezclado, gran cantidad de aguas negras;

Modelo 2: la red de suministro y tratamiento de aguas negras es central, se requiere una red adicional para el uso del agua de lluvia, uso del agua de lluvia para el jardín, baño, lavadora y baño sanitario;

Modelo 3: lo mismo que el modelo 2, sólo que con un tinaco y filtros para el equilibrio del suministro y calidad del agua, la calidad del agua es mejor;

Modelo 4: lo mismo que el modelo 3, sólo, que el agua potable se recibe por la red central y el agua para lavar, bañar, cocinar, etc., se usa el agua de la lluvia con un área de colección más grande y además uso de las posibilidades de ahorrar agua, p.e. por reducción del agua en el baño sanitario;

Modelo 5: red del suministro y tratamiento es central y además el uso de heces fecales es descentral (composta, biogas, etc.); el agua de lluvia se usa para el jardín; las aguas negras contienen menos cargas, por el uso separado de heces fecales;

Modelo 6: lo mismo que el modelo 3, sólo sin heces fecales en el sistema del doble uso del agua;

Modelo 7: dos redes, una para el agua potable y una para e agua usada, además una red para la recolección de las aguas negras con alta carga; una instalación local para la producción de biogas;

Modelo 8: lo mismo que el modelo 4, sólo que aguas negras sin heces fecales, por eso es posible usar el agua tres veces por el reciclaje y la filtración; se requieren pocas inversiones, sin tratamiento del agua potable, agua de la recolección utilizable regional (local), es necesario un pequeño pozo;

Modelo 9: sistema descentral del suministro, recolección de las aguas negras y de las heces fecales de diferentes redes. Solo el uso del agua de la lluvia con la condición de que 1/3 parte se use dos veces;

Modelo 10: lo mismo que el modelo 9, sólo que se usa el agua del pozo, en el modelo 9 y 10 se necesita además una instalación para preparar el agua.

Modelo 11: suministro total por el uso del agua de la lluvia y del propio pozo y en el caso de doble uso se reduce el agua necesaria en un 66.6%;

Modelo 12: red cerrada; útil para zonas áridas y semiáridas y además para lugares muy contaminados; producción de agua potable por sistemas de condensación. Sólo es efectivo con las condiciones del modelo 11.

Los modelos 9 -12 contienen un uso propio local de las heces fecales y de aguas negras (grises = sin excrementos) en pueblos, calles, pequeñas zonas urbanas.

La recolección de aguas de la lluvia en áreas impermeabilizadas (techos, patios, calles, plazas, etc.) significa primero, que la introducción es en el ciclo doméstico y enseguida al ciclo natural y además un flujo lento en el circuito, pero este método mejora la economía del agua y el clima;

Los modelos mencionados contienen los siguientes elementos:

1. Almacenamiento del agua:

Existen tres posibilidades principales:

- a) un ténaco en la tierra y un filtro de arena y grava
- b) un sistema de riego, pozo y bomba accionada por un molinete de viento
- c) una instalación completa para el doble uso del agua

Las ventajas de estas instalaciones son:

- reserva continua del agua utilizable

- reservas para el tiempo de sequía y para los bomberos
- agua para los animales
- lugares para jugar por los niños
- drenaje utilizable para la agricultura

El agua de la lluvia ya condensada no contiene minerales y tampoco cal. Por esta razón es muy apropiada para lavar. No se necesita mucho detergente (reducción de las posibles contaminaciones). El agua de lluvia contiene partículas del polvo y gases del aire. Por lo que, una filtración y neutralización son útiles. La primera agua de la precipitación se usa para la limpieza, lavar los recipientes del almacenaje y en otros lugares.

Los invernaderos son también excelentes fuentes de agua condensada.

2. Tratamiento del agua:

La calidad del agua es definida por la organización de OMS. La cantidad de virus, bacterias, hongos, valor de pH, minerales, carbonatos, sales, compuestos orgánicos y metálicos, conductividad, etc.

Posibilidades de la limpieza:

- autolimpieza biológica
- filtros
- desinfección
- mejorar la estructura
- instalaciones y uso en la casa

3. Limpieza biológica:

Una instalación de limpieza biológica contiene: Suministro con agua de la lluvia; aguas subterráneas; piscina de agua utilizable; aguas usadas sin heces fecales; filtración con aire; piscina para peces; surcos de filtración, agua de la lluvia; sistemas de reciclaje natural, gran cantidad de agua, largo tiempo para el tratamiento, indicadores (sensores) como plantas y peces. El proceso funciona dependiendo de la radiación del sol, de la contaminación del aire y del oxígeno disponible. En el caso de la introducción de material orgánico y nutrientes es posible la cosecha de plantas, peces, aves, etc.

El tratamiento se realiza muchas veces en instalaciones domésticas (ver figura 2)

4. Filtración:

Después del proceso de autolimpieza biológica es posible hacer y resulta necesario una filtración por capas de suelo, arena y piedras; los filtros se tienen que cambiar.

Los filtros artificiales funcionan con carbón de madera, aserrín, arena, turba, polvo de aluminio y tienen cajas para almacenar los medios de filtración.

La figura 3 presenta un ejemplo de este tipo.

5. Esterilización:

- filtros y membranas contra las bacterias (sin eliminación de los virus)
- cloro en excepciones
- ozono (se necesitan grandes voltajes)
- esterilización con altas temperaturas (hervir)
- calentar y evaporar por energía solar
- condensación por plantas en invernaderos

6. Mejoramiento de la estructura del agua:

Esto es un tratamiento relativamente nuevo el análisis por imágenes de las gotas. Es posible mejorar el agua de mala estructura con procesos hidrodinámicos, como sucede en los ríos y fuentes. Además es posible neutralizar el agua básica o ácida.

Posibilidades de la instalación:

- filtro de turba alcalina
- filtro de piedras o de yeso
- ionización eléctrica (eliminación de la cal)
- sales minerales

7. Razones para la planificación y uso de las instalaciones (condiciones):

- altura del tinaco (recipiente) para el cálculo de la presión
- recipiente pequeño
- red pequeña
- tubos metálicos para el agua (utilizable)
- tubos de barro para las aguas negras
- tubos al aire libre, no en la construcción
- tratamiento en la cocina, baño, taller, invernadero, etc.

Condiciones especiales para los proyectos:

Los pozos para el tratamiento necesitan un volumen de 3000 l en el caso de un aflujo de 300 l/ habitante y en el caso de 1500 l/hab un pozo de 6000 l. Con estas condiciones se tiene suficiente tiempo para el tratamiento biológico.

Los pozos de tratamiento en forma de dos pisos son útiles para 50 o más habitantes. Ellos para la infiltración del agua tratada necesitan una superficie en el fondo de 1m²/habitante. La infiltración subterránea por un drenaje necesita de 10 - 20 m/habitante y de surcos con arena, etc. necesita 6 m/habitante; cuerpos que generan goteos para la infiltración del aire necesitan 4000l del volumen para el tratamiento de 200 l/habitante y las pequeñas lagunas sólo realizan un tratamiento parcial aeróbico y anaerobio.

Conclusiones principales:

- Las sistemas propios para el agua de lluvia y sistemas del reciclaje resultan excelentes posibilidades.

- La economía del uso del agua de lluvia es un conjunto de varios problemas, entre los que se encuentran racionalizar, evitar pérdidas, aprovechamiento, infiltración, sostenimiento y afluente (entrada).
- En la realidad existen varias técnicas y tecnologías para el uso del agua de lluvia, por lo que es técnicamente posible.
- La comparación de las ventajas e inconvenientes del uso del agua de lluvia presenta siguiente imagen:
-
- Las ventajas son:
-
- menos carga para las plantas de tratamiento de aguas negras
- menos construcciones para los almacenes y evitar daños por el agua de los tormentas
- estabilización del nivel del agua de subterránea
- los costos para la preparación de agua potable se incrementan más cada día

Los inconvenientes son:

-
- higiene
- economía
- distribución de los costos

¿Que cantidad de agua potable es posible substituir por el agua de lluvia?

Las áreas posibles de substitución pueden ser:

- domicilios privados
- edificios federales
- talleres (incluido las instalaciones de la agricultura, ganadería, etc.)
- Domicilios privados:
-

Teóricamente es posible ahorrar un 27% del agua potable mediante el uso del agua de lluvia. Sin embargo, en la realidad sólo es posible un 2.6% para varias condiciones. Estas es: sólo casas de una o dos familias tienen suficiente superficie para la recolección del agua de lluvia; los costos sólo se amortizan en el caso de la construcción y no en el caso de la reparación; en las familias pequeñas la efectividad es pequeña en comparación a las familias grandes (en el futuro se cuenta con familias más pequeñas); condiciones del suelo, topografía, impermeabilización de la superficie, etc.

Edificios federales:

Con explicaciones adecuadas sólo un rendimiento del 0.1%

Talleres:

Un 0.8% de la cantidad, total para los talleres

Las informaciones para las instalaciones en la agricultura no existen en la bibliografía, sólo en cuanto a los invernaderos. Una investigación es un gran expectativa para la comparación de las condiciones de varias áreas.

Cálculo del consumo en una casa - habitación

Necesidades:

- Condiciones para el cálculo del consumo en el baño sanitario:

6 l/acción

5 veces/día para personas que trabajan en la habitación

Para personas que trabajan 5 días se calculan un 50% (tiempo que se encuentran en la casa) para 5 días y 100% para dos días de la semana.

Los niños de edad escolar cuentan con un 66.6% de atención en la casa.

- a) adulto todo el día en la casa:

$$(5 \text{ acciones} \times 6 \text{ l} \times 7 \text{ días}) / 7 \text{ días} = 30 \text{ l/día}$$

- b) adulto, 5 días en el trabajo

$$(5 \text{ acciones} \times 6 \text{ l} \times 5 \text{ días} \times 50\% + 5 \text{ acciones} \times 6 \text{ l} \times 2 \text{ días}) / 7 \text{ días} = 19 \text{ l/día}$$

- c) niño 5 días en la escuela:

$$(5 \text{ acciones} \times 6 \text{ l} \times 66,6\% + 5 \text{ acciones} \times 6 \text{ l} \times 2 \text{ días}) / 7 = 23 \text{ l/día}$$

además:

44 l para el baño

17 l para lavar

9 l para los trastes

8 l para el entretenimiento del cuerpo

6 l para regar del jardín

3 l para cocer y beber

11 l otras actividades

Substitución del agua potable por el agua de lluvia:

- a) un adulto todo el día en la casa: 53 l/día

- b) un niño 5 días en la escuela: 46 l/día

- d) un adulto con 5 días en el trabajo y 2 días en la casa: 42 l/día

El agua disponible de lluvia esta limitada por tres condiciones:

- cantidad de precipitaciones por año
- áreas de recolección
- volumen del recipiente para el almacenamiento (1mm de la precipitación = 1 l/m²)

Se calculó con siguientes rendimientos de varias áreas de recolección:

áreas inclinadas de hormigón y ladrillo: $w = 0.6 - 0.8$

áreas de arena: $w = 0.4 - 0.6$

áreas con pasto: $w = 0.0 - 0.6$

precipitación utilizable (I) = precipitación por año (mm) x rendimiento del área x área utilizada (m²) (1)

Además la distribución de la precipitación por año es importante para la capacidad del almacenamiento. El volumen del recipiente de almacenamiento se calculó por la multiplicación de las semanas del periodo de sequía más largo en el año, por el agua de lluvia en la casa por semana.

CONCLUSIONES:

Como resultado de lo mencionado anteriormente se tienen seis argumentos para el uso del agua de lluvia:

- a) La explotación del agua subterránea siempre reduce el nivel del agua en el suelo. La reducción del nivel siempre cambia la vegetación. Ahorrar agua potable en la casa doméstica mediante el uso del agua de la lluvia en tres formas, es posible para el baño sanitario, para la lavadora y el riego del jardín.
- b) Reducción de la cantidad de aguas negras. En el caso de usar sólo una canalización hay más aguas negras y además hay grandes cambios del flujo sobre todo por las lluvias fuertes. La infiltración local mejora el nivel del agua subterránea y reduce la cantidad a tratar.
- c) Reducción de los caudales máximos en la canalización. Durante las lluvias fuertes el agua queda en los tinacos y el tratamiento en las plantas de reciclaje no se altera por esos caudales. La figura xx presenta tinacos con pozos de infiltración local.
- d) Con el almacenamiento e infiltración descentrado se ahorra dinero comparado con la red central para el suministro del agua y la canalización de la recolección de aguas negras y para la planta de tratamiento.
- e) Mediante el uso del agua de lluvia se reducen los costos por el agua potable.
- f) Mediante la explotación doméstica se mejora el medio ambiente, por la reducción del cambio del nivel del agua subterránea y por la infiltración local y esto último significa menos erosión y más agua para la infiltración local.

La calidad del agua de las lluvias se presenta en la siguiente forma:

1. Muy blanda, dureza hasta 1; sin cal:

Esto significa: Muy útil para la lavadora, se utilizan menos detergentes y sin aditivos para la compensación de cal,

2. pobre de iones

Esto significa: Menos incrustaciones en las instalaciones sanitarias, menor cantidad de elementos químicos para la limpieza,

3. contaminada con polvo, arena, polen de flores, desgaste de las superficies de la recolección

Esto significa: Baja velocidad del flujo en el estanque, filtros, la capa de la sedimentación es la base para la limpieza por las bacterias,

4. no esta libre de bacteria

Esto significa: No es posible usar el agua de lluvia para cocer, limpieza del cuerpo humano, regadera, tomar, etc.

5. ligeramente ácido

Esto significa: Que junto con la pobreza de iones hay una gran actividad de la corrosión, por eso es de gran ventaja que se utilicen materiales plásticos o inoxidable para las instalaciones

BIBLIOGRAFIA:

- Imhoff, K.u.K: Taschenbuch der Stadtentwässerung, München , Wien 1976, 306 Seiten**
Mutschmann/Stimmelmayer: Taschenbuch der Wasserversorgung, Stuttgart 1975, 476 Seiten
Wolter, W.:Natürliche Verfahren der biologischen Abwasserbehandlung und Schlammbehandlung
Diplomarbeit, TU Berlin 1979, 102 Seiten

RETENCION DE AGUA DE LLUVIA MEDIANTE CORTINAS DE FERROCEMENTO

Caballero Aquino Tertuliano, Jiménez Ruiz Tobias y Ortiz Guzmán M.*

RESUMEN

En regiones accidentadas y deforestadas como Oaxaca, la construcción de micropresas a base de bordos de tierra constituye una opción importante para almacenar el agua de los arroyos; sin embargo la gran erosión de los suelos ha ocasionado que la vida útil disminuya drásticamente, de ahí la importancia de ofrecer una alternativa tecnológica que sea de bajo costo, durable, segura y sencilla de construir. Esta alternativa lo constituye el ferrocemento, que es un material formado por mallas de alambres delgados inmersos en una matriz de mortero de cemento-arena; además permite instalar un ducto al nivel del cauce para que las primeras lluvias arrastren los azolves y así incrementar su vida útil.

A pesar de tener elementos delgados, para conocer su resistencia se ha empleado la extensometría eléctrica y modelos matemáticos empleando un software de elemento finitos, obteniendo resultados satisfactorios que recomiendan ampliamente este material. El procedimiento de colocación del mortero es artesanal y fácil de realizar, logrando en las cortinas construidas una amplia participación de los usuarios.

INTRODUCCION

Cuenta la Historia que Hernán Cortés para dar a conocer al Emperador Carlos V como era el territorio Oaxaqueño, lo que se le ocurrió fue estrujar un papel y después lo volvió a extender a medias¹. Por otra parte, todos sabemos la importancia del agua y su disposición es o comienza a ser un problema grave por la gran deforestación ocurrida en los últimos años, aunado a los incendios ocurridos últimamente. Debido a la orografía de nuestro Estado, obliga a construir obras pequeñas de almacenamiento de agua y los bordos tradicionales de tierra se han ido azolvando. Consciente de esta problemática, el grupo de Construcción del CIIDIR IPN Unidad Oaxaca, al emplear el ferrocemento como un material económico, impermeable y fácil de construir, se diseñó y construyó hace cinco años², la primera cortina en arco de ferrocemento de 10 m de cuerda, 5 m de altura, para almacenar unos 4 000 m³. A pesar de no contemplar con detalle aspectos hidráulicos y estructurales que hemos venido corrigiendo a la fecha, dicha estructura se encuentra funcionando sin problemas y la técnica resulta una opción económica, para disponer de agua e ir mejorando nuestro entorno y la de nuestros campesinos. Las ventajas que ofrece esta técnica son:

- Con los mismos recursos económicos, poder realizar más obras que las que actualmente se realizan con otros procedimientos.
- Permite la participación de la mano de obra no especializada de nuestros campesinos, para proporcionar fuentes de empleo temporal y así evitar o reducir la emigración a las grandes ciudades.
- El ferrocemento utiliza poco volumen de materiales naturales, principalmente arena, evitando el despilme de grandes áreas y volúmenes para obtener material de relleno para conformar la cortina; además no requiere maquinaria pesada que generan contaminación al medio.
- La construcción masiva de estas micropresas, permitirá beneficiar a un mayor número de habitantes y poblaciones y además disminuir los efectos erosivos en los arroyos. En la construcción de una presa mediana o grande, conocemos los

* CIIDIR IPN UNIDAD OAXACA. Hornos 1003, Xoxocollán Oaxaca, México. Tel. (951)704 00 y 706 10 taquino@spersaoaxaca.com.mx

problemas que se generan por la tenencia de la tierra, por terrenos agrícolas y poblaciones inundados, etc., además de solo beneficiar a una zona o región.

A la fecha, se han construido cuatro micropresas, tres en los Valles Centrales y una más en la Mixteca de Oaxaca, logrando almacenar 20 000 m³ en una de ellas. Explicaremos someramente el procedimiento que hemos realizado y los problemas por resolver para que esta alternativa sea confiable.

CARACTERISTICAS DEL FERROCEMENTO

El ferrocemento patentado en 1855 por el francés Joseph Louis Lambot, tuvo una aplicación reducida, debido a la fortaleza y tamaño de su hermano el concreto reforzado; sin embargo fue rescatado en la década de los 40's cuando Luigi Nervi lo aplicó construyendo barcos y grandes naves. Fue hasta 1972 en que se forma una mesa redonda con la participación de varios países convocado por la U.S. National Academy of Sciences y en 1975 se forma el Comité 539 del ACI (American Concrete Institute). Al año siguiente se forma el International Ferrocement Information Center (IFIC) con sede en Thailandia, donde se recopila toda la información sobre el ferrocemento y se difunde a través de publicaciones^{3,4}.

Los materiales que conforman el ferrocemento son: cemento, arena, agua, mallas de alambres y acero de refuerzo, formando elementos con espesores de 1 a 5 cm. Las características del cemento, arena y agua, son las mismas que se piden para el concreto reforzado y deben cumplir con la Norma Oficial Mexicana o de la ASTM. Al elaborar y aplicar el mortero y fabricar elementos delgados, los esfuerzos de contracción por secado son importantes; por lo que el curado debe ser mediante riegos continuos de agua o membranas.

Con relación al acero de refuerzo, pueden utilizarse varillas de 8 ó 9.5 mm de diámetro formando una retícula y que sirva de base para ir adhiriendo las demás mallas. Utilizamos una capa de malla electrosoldada 6-6-6/6, una capa de tela de gallinero de ½" ó ¾" y una de metal desplegado, colocados exteriormente y que se van tejiendo con un pequeño amarrador. El ACI recomienda para estructuras de ferrocemento, las siguientes características:

Tabla 1.- Parámetros del acero de refuerzo para ferrocemento⁴.

Volumen total del acero de refuerzo	V _R mínimo	1.8%
Superficie específica del acero de refuerzo	S _R mayor de	0.8 cm ² /cm ³
NOTA: Para estructuras de almacenamiento, se recomienda duplicar estos valores.		
Esfuerzo permisible de tensión para depósitos de agua o estructuras sanitarias		f _s = 0.50 f _y
“ “ “ “ estructuras sin retención de agua		f _s = 0.60 f _y
“ “ compresión		f _c = 0.45 f'c
Recubrimiento del acero de refuerzo para estructuras de almacenamiento de agua, promedio ≅ 5 mm		
Recubrimiento para espesores mayores de 13 mm, que no exceda de 1/5 del espesor ó 5 mm.		
Ancho de grietas < 0.1 mm y < 0.05 mm para estructuras de depósitos de agua.		
Número de capa de mallas N ≥ 4t donde t = espesor del elemento en pulgadas o		
N ≤ 1.6t donde t = “ “ “ cm.		

Pruebas realizadas al ferrocemento en la construcción de barcos⁵, han demostrado ser un material más homogéneo, resistente a la compresión (se pide en nuestro caso una resistencia a la compresión del mortero mínimo de 250 kg/cm²),

durable, resistente al impacto y a la corrosión, que es necesario ir comprobando para las cortinas mediante pruebas de laboratorio.

DISEÑO ARQUITECTONICO

El proyecto se apoya en los estudios previos ya conocidos, resaltando en este caso, el levantamiento a detalle de la boquilla mediante cualquier procedimiento topográfico. Esto nos permitirá definir la longitud del arco o de los arcos en el caso de diseñar una cortina de arcos múltiples. En las figuras 1 y 2, se tiene una cortina en arco de 10 m de cuerda, 5 m de altura sobre el nivel del cauce y una relación flecha/cuerda de 1.5 m, que corresponde a la primera cortina construida en San Felipe Tejalapam, Etna, Oax. Para dar resistencia al cascarón, se rigidizó mediante tímpanos y ménsulas o contrafuertes de 60 cm de ancho del mismo material.

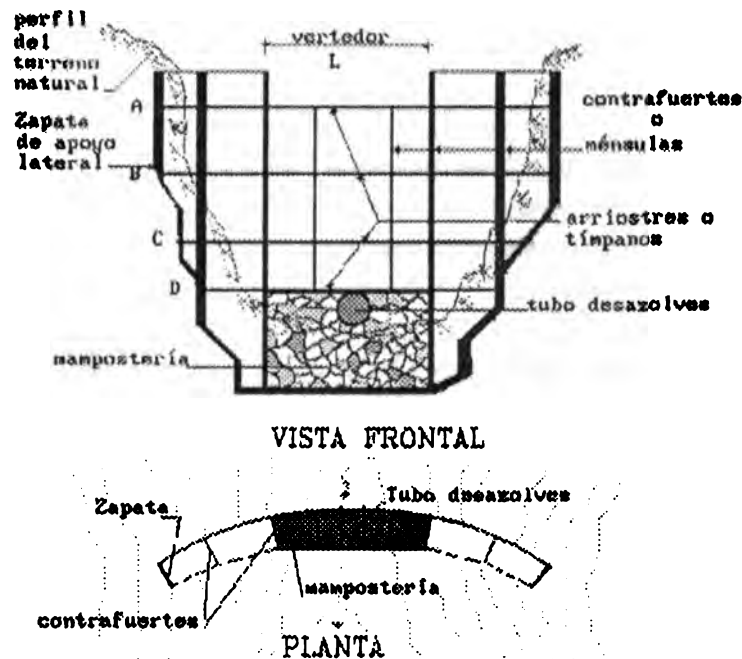


Figura 1.- Vista frontal y en planta de la cortina de ferrocemento. Los espesores son de 4 a 5 cm.

Con el objeto de que la cortina sea económica, se ha dejado el vertedor en la parte central, dejando caer el agua directamente en el cauce, con los problemas que esto pueda acarrear.

DISEÑO ESTRUCTURAL

El análisis estructural de la primera cortina fue analizado como un cascarón, con la incertidumbre de si los esfuerzos calculados fueran aproximados a los reales. Recientemente se ha utilizado un programa de elementos finitos (MSCPal2), que nos ha permitido modelar la estructura y conocer los esfuerzos a que está sometido por carga estática. Los resultados gráficos correspondientes a los esfuerzos máximos del análisis estático, se presentan en la fig. 3 y los valores obtenidos de resistencia a la compresión más desfavorables, son del orden de la mitad de la resistencia del mortero. La capacidad del programa no nos ha permitido realizar el análisis dinámico (análisis sísmico) por la cantidad de nodos que tiene la estructura, pero recientemente adquirimos un software (SAP 2000) que permitirá aclarar este aspecto.



Fig. 2 Cortina de ferrocemento de un arco construido en San Felipe Tejalapam Etlá, Oax.

Además de la modelación matemática, recientemente el IPN nos ha apoyado con equipo de extensometría eléctrica para la modelación experimental, esperando mejorar la propuesta de diseño de este tipo de cortinas.

MAJOR STRESS
 A 0.0000E-01
 B 2.0000E+05
 C 4.0000E+05
 D 6.0000E+05
 E 8.0000E+05
 F 1.0000E+06
 G 1.2000E+06

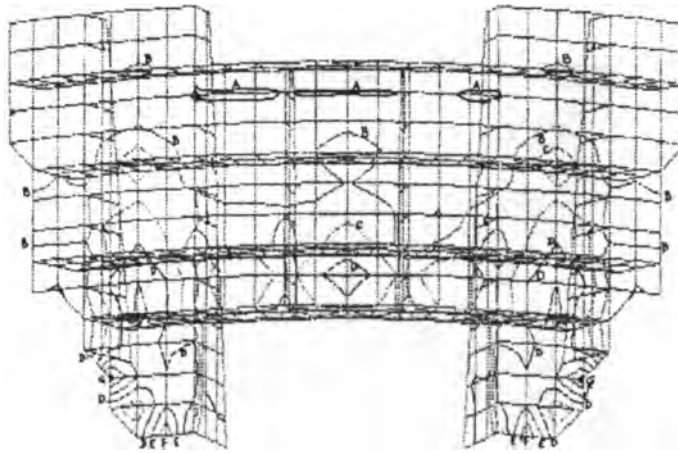


Fig. 3.- Líneas de esfuerzos principales que se presentan en la cortina de ferrocemento. El hueco que aparece en la parte central, corresponde al muro de mampostería y ducto que no se modeló por falta de capacidad del programa.

PROCESO CONSTRUCTIVO

El procedimiento que se sigue es, además de la limpieza del terreno, trazo del eje de la cortina y excavación de la cimentación hasta encontrar de preferencia roca sana, colocar una losa de cimentación armada de la cual emergen el acero y mallas de la cortina y contrafuertes. Este armado constituye el esqueleto al cual de le adhieren las demás mallas ya tejidas. Por separado, sobre la malla electrosoldada ya extendida, se le adhiere la malla de gallinero y metal desplegado a ambos lados, tejiéndolas para posteriormente transportarlas y fijarlas al esqueleto de varillas, como se observa en la figura 4. De manera similar se forman los contrafuertes y tímpanos.

Con las mallas fijas y a nivel, se embarra con la cuchara de albañil una capa de mortero de cemento-arena en proporción 1:2 a 1:3, para después aplicar mortero a presión a ambos lados, hasta lograr el espesor de diseño (ver fig. 5).

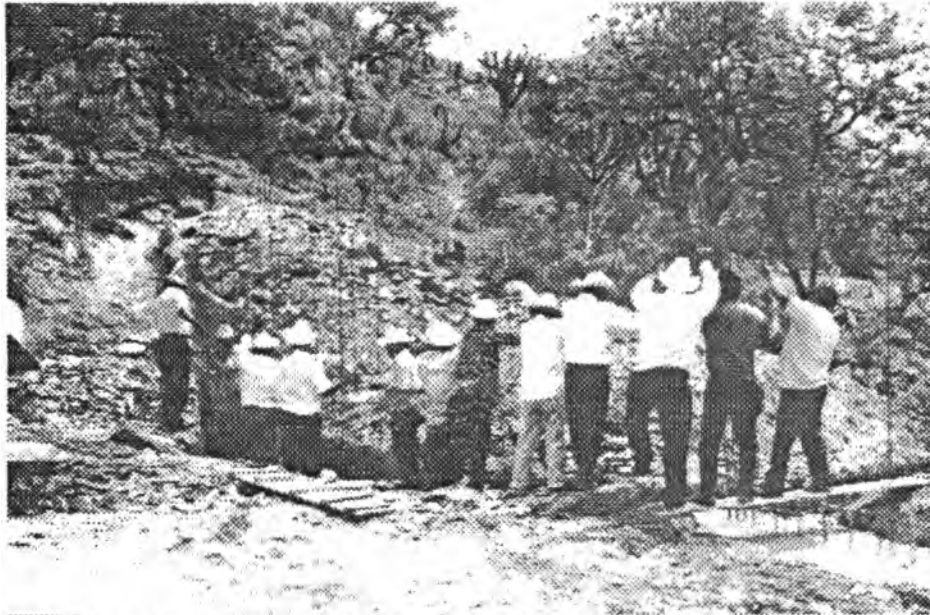


Fig. 4. Colocación de las mallas de refuerzo, con la participación de campesinos.

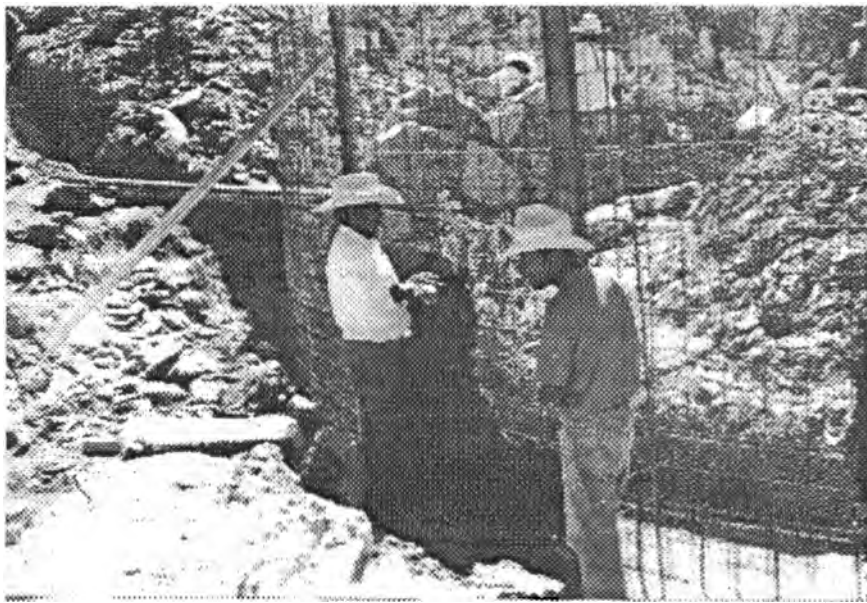


Fig. 5. Embarrado de mortero sobre las mallas.

Debe aplicarse un acabado fino aguas arriba de la cortina y realizarse el curado con riegos continuos de agua, durante un mínimo de 10 días, o aplicar membrana. Es importante mencionar que en la construcción de una cortina en la región de la Mixteca, las mujeres tuvieron una gran participación (ver fig. 6). En la fig. 7, se tiene parcialmente terminada la cortina en Acaquizapan, Chazumba, Oax.



Fig. 6 Participación de mujeres con su “tequio” en la construcción de la cortina de ferrocemento.

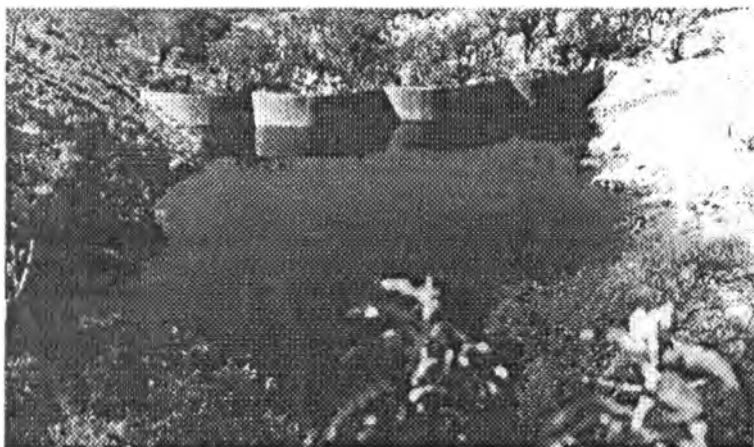


Fig. 7. Cortina de ferrocemento en Acaquizapan, Chazumba, Oax.

COSTOS

Los materiales requeridos para construir la cortina en arco de 10 m, de San Felipe Tejalapam, son los indicados en la tabla 2, con costos actualizados al mes de Junio de 1998. En este presupuesto no se tomó en cuenta el costo de los materiales regionales que lo aportaron los usuarios y solo se indican las cantidades como referencia. Si se comparan los costos con las cortinas construidas con concreto o bordos de tierra, se observa la ventaja de este método.

Tabla Nº 2. Relación de materiales empleados para una cortina de ferrocemento de 10 m de cuerda.

M A T E R I A L E S	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
ARENA CRIBADA	M ³	13.00		
GRAVA 1 1/2" TAMAÑO MAXIMO	M ³	1.50		
PIEDRA PARA MAMPOSTERIA	M ³	21.00		
MADERA PARA APOYO DE LAS MALLAS	LOTE	1.00		
CEMENTO PORTLAND	TON	6.00	1 120.00	6 720.00
MALLA ELECTROSOLDADA 6-6-6/6	M ²	155.00	11.50	1 782.50
MALLA DE GALLINERO DE 3/4"	ROLLO	4.00	630.00	2 520.00
METAL DESPLEGADO	ROLLO	8.00	140.00	1 120.00
ACERO DE REFUERZO DE 8 MM DE DIAM.	KG	300.00	3.70	1 110.00
ALAMBRON DE 6.35 MM DE DIAM.	KG	15.00	4.50	67.50
ALAMBRE RECOCIDO	KG	40.00	6.00	240.00
CLAVOS DE 2 1/2"	KG	5.00	6.50	32.50
IMPERMEABILIZANTE FESTERGRAL	KG	100.00	5.00	500.00
TUBERIA DE F.GALV. 2 1/2" DIAM Y ACCES.	LOTE	1.00	500.00	500.00
VALVULA DE COMPUERTA DE 2 1/2" DIAM.	PZA	1.00	280.00	280.00
TUBERIA DE CONCRETO DE 91 CM DE DIAM	PZA	2.00	130.00	260.00
SUMA TOTAL DE MATERIALES			\$	\$ 15 132.50
Mano de Obra (Albañil y ayudante)	JOR	100		

CONCLUSIONES

La construcción de cortinas de ferrocemento ofrece ventajas tanto en lo económico, como en los aspectos social, ambiental y técnico para el desarrollo de regiones marginadas. En lo económico porque los costos de materiales industrializados no son muy significativos y los materiales regionales y mano de obra lo puede aportar la comunidad, aunque no es lo más recomendable, pues lo mejor es proporcionar fuentes de empleo temporal y que los campesinos no emigren a las grandes ciudades.

En el aspecto social, porque este tipo de obras permite la participación de personas de la localidad, con una mejor convivencia y porque al participar directamente en la construcción de su obra, representa el logro más significativo de sus vidas.

En el aspecto ambiental, porque beneficia al entorno del lugar al disponer de agua para reforestación, para que se desarrolle la flora y la fauna y para reducir la erosión de los suelos.

En lo técnico, el ferrocemento ofrece ventajas por su versatilidad, economía y seguridad. El desconocimiento de su comportamiento ante la acción sísmica, así como los efectos que puedan ocasionar los cambios de temperatura y

durabilidad, nos obliga a seguir experimentando con este material; sin embargo los resultados favorables observados en las cortinas construidas desde 1993 en San Felipe Tejalapam y en 1995 en Huitzo, donde se han tenido períodos de saturación y secado, nos permiten recomendar ampliamente este material.

BIBLIOGRAFIA

1. Bradomín, J. M. MONOGRAFIA DEL ESTADO DE OAXACA. 4ª Edición, 1991. Oaxaca, México.
2. Ruiz, S. V. DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRES PROTOTIPOS DE PANTALLAS DE FERROCEMENTO PARA RETENER AGUA DE LLUVIA. Resultados de Investigación y desarrollo tecnológico 1993. CIIDIR IPN Unidad Oaxaca. 1994. México.
3. Committe ACI 549-R-93 STATE-OF-THE-ART. REPORT ON FERROCEMENT. ACI Manual of Concrete Practice. 1994. Parte V.
4. Committe ACI 549-IR-93 GUIDE FOR DESIGN, CONSTRUCTION AND REPAIR OF FERROCEMENT. ACI Manual of Concrete Practice. 1994. Parte V.
5. Iorns, M. E. SOME IMPROVED METHODS FOR BUILDING FERROCEMENT BOATS. Proceedings of the International correspondence Symposium Bangkok, Thailand, 1987.

DIMENSIONAMIENTO ÓPTIMO DE CISTERNAS PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN ZONAS URBANAS

Miguel A. Domínguez Cortazar[♦]

Resumen

Los sistemas de captación de agua de lluvia han sido utilizados durante siglos; aún en la actualidad, en muchos países en vías de desarrollo, su empleo resulta esencial debido a la escasez de fuentes convencionales de suministro de agua y a la variabilidad temporal y espacial de la lluvia. En algunos países caribeños, los techos de viviendas y las cisternas de almacenamiento han constituido la base para el suministro de agua con fines domésticos. En el ámbito rural, el nivel de utilización de estos sistemas es aún mayor, se estima (OEA, 1997) que en algunas islas del Caribe, más de 500 000 personas dependen, al menos en parte, de esta vía para el suministro de agua. Este tipo de sistemas son necesarios en ambientes tan variados como comunes; lo mismo puede resultar conveniente en áreas con lluvias abundantes pero mal distribuidas que en zonas semidesérticas, en zonas rurales como en urbanas, para propósitos agrícolas como para consumo humano.

No obstante que la mayor parte de la tecnología relacionada con la cosecha de lluvia esta enfocada principalmente a las zonas rurales, su empleo en las zonas urbanas no sólo es conveniente sino necesaria, principalmente en aquellas regiones donde las fuentes convencionales de suministro son escasas, lejanas o sobre-explotadas.

En zonas urbanas, la utilización de los techos de las grandes construcciones (hoteles, centros comerciales, naves industriales, etc.) ofrecen una capacidad de captación que no sólo permiten el ahorro de agua sino que aportan un beneficio económico adicional.

El objetivo de este artículo es mostrar los volúmenes de cosecha de agua de lluvia que se pueden obtener si se emplean los techos de las grandes construcciones de los centros urbanos como superficies de captación. Los beneficios tanto en ahorro de agua como económicos son igualmente mostrados a partir de un criterio de cálculo que permite el dimensionamiento óptimo de la cisterna de almacenamiento. En dicho criterio, el aspecto hidrológico adquiere una importancia relevante, ya que se toma en cuenta la distribución temporal de la lluvia para maximizar los volúmenes de aprovechamiento. Finalmente, el criterio propuesto es ilustrado con un ejemplo de aplicación, utilizando los datos de una estación pluviométrica localizada en el municipio de Querétaro Qro.

Introducción

La demanda de agua crece con los índices demográficos y con los niveles socioeconómicos de las poblaciones. Sin embargo, al existir un límite natural en su oferta se genera un cada vez mayor desequilibrio donde la demanda y la necesidad de satisfacerla superan sistemáticamente la disponibilidad de este vital recurso; aunado a lo anterior, las crisis "meteorológicas" recurrentes, consecuencia de fenómenos como el niño, agrava el desequilibrio causando estragos en muchas regiones del planeta. Detrás del binomio oferta-demanda de agua, existe una problemática muy compleja que no puede resolverse con una sola estrategia. Conceptos como la administración del recurso, uso eficiente del agua, participación de la sociedad, cultura del agua, etc. son componentes de un esquema de solución que pretenda equilibrar la oferta y demanda de agua.

[♦] Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, México.
Centro Universitario-Cerro de las Campanas, 76017 Querétaro Qro. E-mail: miguel@sunserver.uaq.mx

En los centros urbanos, localizados en regiones desérticas o semi-desérticas, la demanda y consumo de agua supera por mucho la disponibilidad superficial de este vital líquido; como consecuencia, las fuentes principales de aprovisionamiento, que por lo general son de tipo subterráneo, están siendo sometidas a un proceso de sobre-explotación que conduce no solamente a su agotamiento, sino que además están provocando problemas secundarios como el agrietamiento de edificios y viviendas producto de la compactación del suelo. Aunado a los volúmenes de demanda, es común observar: el uso inadecuado del agua, pérdidas y desperdicios consecuencia de fugas en la red de abastecimiento y en las tomas domiciliarias, escasa o nula re-utilización de las aguas residuales, etc., aspectos que agravan aún más el desequilibrio entre la oferta y la demanda. Otra característica de los centros urbanos lo constituye el constante cambio en el uso del suelo; se construyen casi de manera sistemática nuevos fraccionamientos, centros industriales y comerciales, etc., que impiden la percolación del agua de lluvia y disminuyen los volúmenes de recarga de los acuíferos.

A pesar de una oferta limitada, son pocos los esfuerzos para abatir la demanda a través del empleo de un sistema alternativo para el suministro de agua y menos aún si se trata de un centro urbanizado. Por otra parte, bien es sabido que en muchos lugares del planeta, los sistemas de captación de agua de lluvia han sido la base para el suministro de agua con fines domésticos o agrícolas, especialmente en áreas rurales y bajo ambientes de escasa disponibilidad hídrica. Sin embargo, nada impide que tales sistemas puedan ser utilizados en ciudades grandes o pequeñas, en mayor o menor grado. Es por ello que en este trabajo se pretende demostrar que los grandes centros comerciales o industriales de una ciudad, donde las superficies de captación de agua de lluvia (constituidas por los techos de los edificios) son importantes, pueden contribuir al ahorro de considerables volúmenes de agua, teniéndose además un ahorro económico significativo.

Además del aspecto económico y tratándose de un sistema de recolección de agua de lluvia, enfocado principalmente a las grandes superficies de captación, se contempla la variabilidad temporal de la lluvia como un elemento de decisión para el dimensionamiento óptimo de uno de los componentes del sistema de aprovechamiento: la cisterna o tanque de almacenamiento.

Presentación del problema

El problema que se trata en este trabajo puede plantearse bajo la forma de una pregunta:

¿Qué dimensiones debe tener la cisterna de un sistema de captación para que la relación volumen de agua aprovechada/costo de cisterna sea máximo?

Para responder a esta pregunta se propone un criterio de cálculo económico-hidrológico a partir de las siguientes hipótesis:

- Para satisfacer una demanda de agua con fines doméstico, industrial o comercial, se considera un sistema combinado que permite la captación del agua de lluvia en los periodos húmedos y el suministro a partir de una red de abastecimiento en los periodos de estiaje.
- El sistema de captación de agua de lluvia consta de tres elementos principales: la superficie de captación, la conducción y el sistema de almacenamiento (véase la figura 1). Este sistema debe proveer, dependiendo de la disponibilidad del agua de lluvia, de la cantidad de agua necesaria para satisfacer una demanda específica.
- El volumen aprovechable de agua de lluvia depende de las dimensiones del recipiente de almacenamiento, de la distribución de la lluvia en el tiempo y de la superficie de captación.

- Para el criterio económico, la variable independiente “costo del aprovechamiento” está representado únicamente por el costo de la cisterna (sin ningún dispositivo especial), considerando que en todos los casos el costo de los elementos restantes son invariables.
- Las pérdidas por evaporación son despreciables y la eficiencia del sistema es la misma en todos los casos.

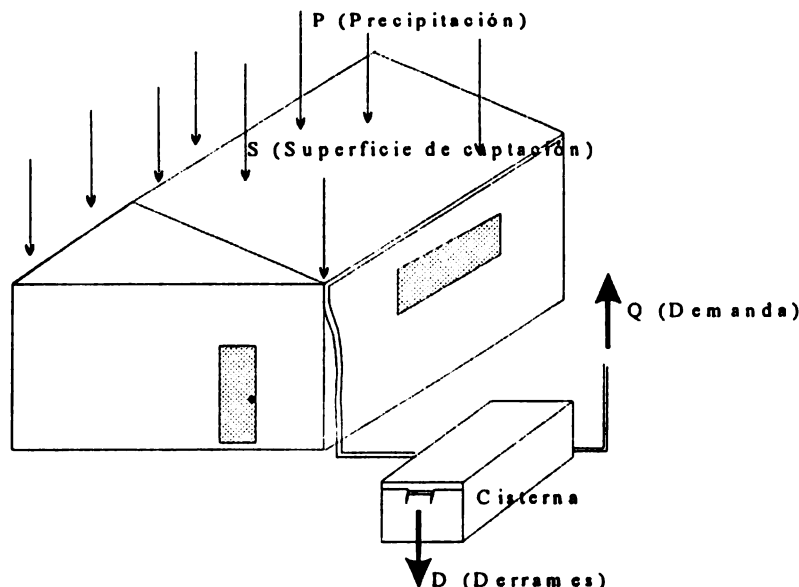


Fig. 1 Esquema de captación de agua de lluvia para una nave industrial

- La variabilidad temporal de la lluvia estará considerada a través del análisis de un registro pluviométrico de al menos 10 años para el sitio en estudio.
- El volumen de agua cosechada puede ser destinada al riego de áreas verdes, consumo de sanitarios o bien algún otro uso doméstico o industrial si se le somete a algún tratamiento previo.

En términos matemáticos, el problema puede representarse a partir de la función:

$$V_{opt.} = f(P, Q, S, C_R, C_Q, V_n) \quad (1)$$

donde;

$V_{opt.}$, volumen óptimo del recipiente o cisterna de almacenamiento, en m^3

P , precipitación diaria registrada en el sitio de interés, en mm

Q , volumen promedio diario, necesario para satisfacer una demanda específica, en m^3

S , superficie de captación en m^2

C_R , costo del recipiente o cisterna de almacenamiento, en \$

C_Q , ahorro en el consumo de agua gracias al sistema de captación, en \$

V_n , volumen neto de aprovechamiento de agua de lluvia, en m^3

La variabilidad temporal de la lluvia, la superficie de captación y el volumen del recipiente de almacenamiento son los elementos más importantes del criterio de cálculo que aquí se propone. Debido a que el insumo básico del sistema de captación es la lluvia, es necesario llevar a cabo un análisis detallado de su ocurrencia, de su magnitud y de la frecuencia con que se presenta; para ello, se utilizan registros pluviométricos diarios de la estación climatológica más cercana al sitio de interés. Lo recomendable es disponer de un periodo de registro mínimo de 10 años (el análisis detallado del aspecto

hidrológico se presenta más adelante). Por su parte, la superficie de captación es un dato que normalmente será conocido, ya que depende únicamente de la estructura o edificio que requiere del abastecimiento de agua; su valor será constante durante todo el análisis. Finalmente, el volumen del recipiente de almacenamiento interviene de manera determinante en los volúmenes netos de lluvia aprovechable y, evidentemente, en los costos del aprovechamiento.

Método de cálculo

Para resolver el problema se propone entonces una estrategia en la cual:

- a.- se enumera en forma explícita diversos volúmenes de recipiente o de cisternas de almacenamiento,
- b.- se desarrollan los cálculos hidrológicos (véase la sección siguiente) con el fin de determinar, para cada opción, los volúmenes netos aprovechables por concepto de agua de lluvia,
- c.- se estiman los costos de construcción para cada una de las alternativas de recipiente seleccionadas,
- d.- como resulta obvio suponer, la demanda de agua diaria no podrá ser satisfecha en su totalidad con el volumen proveniente de la lluvia; por ello, conociendo la cantidad de agua de lluvia que puede ser aprovechada y aceptando la hipótesis de que es necesario satisfacer en su totalidad la demanda diaria, se estima el costo del volumen complementario que será necesario "adquirir", a partir de la red, para satisfacer dicha demanda.

La idea de los pasos anteriores es poder seleccionar aquella alternativa que minimice la suma de los costos asociados al volumen complementario proveniente de la red y a la construcción de la cisterna. Estos costos y su suma son graficados en función de la cantidad neta de lluvia aprovechada, lo que permite localizar el punto de mínimo costo total; a su vez, cada alternativa de cisterna (manejada en términos de volumen o capacidad de almacenamiento) está asociada de manera unívoca con la cantidad neta de lluvia aprovechada, de suerte que al seleccionar el punto de mínimo costo se estará seleccionando también el volumen óptimo de la cisterna. En forma gráfica, la figura 2 muestra el punto óptimo de acuerdo con el planteamiento anterior.

Conociendo el volumen óptimo y considerando que la cisterna tendrá una forma geométrica conocida (generalmente se tratará de un tanque rectangular), sus dimensiones podrán ser fijadas de acuerdo con la disponibilidad de espacio y de forma tal que se cumpla con el volumen óptimo previamente calculado.

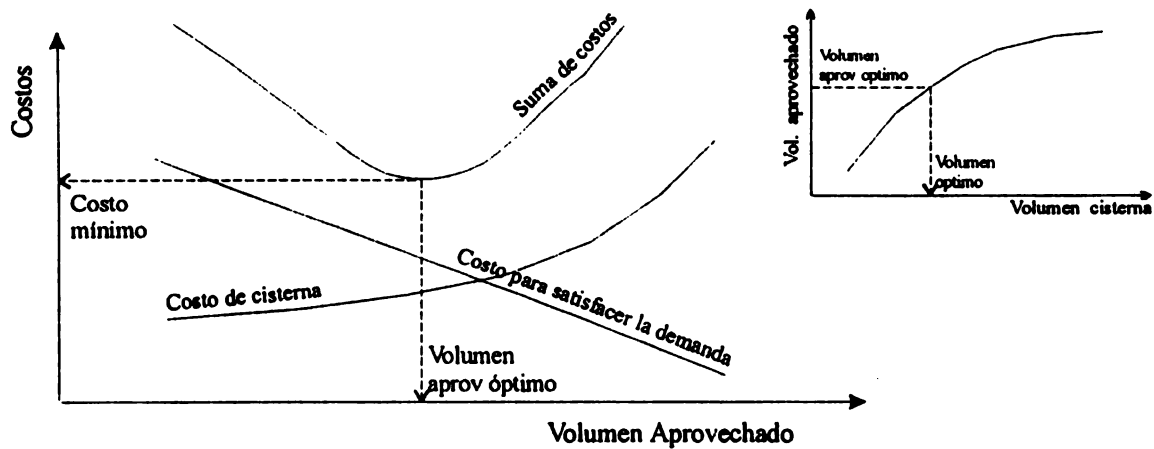


Fig. 2 Selección del volumen óptimo para la cisterna de almacenamiento

Aspecto hidrológico

Como ya se ha dicho, la cantidad de agua que pueda ser aprovechada dependerá, entre otros factores, de la cantidad y distribución en el tiempo de la lluvia que cae en el sitio de interés. El aspecto hidrológico es tomado en cuenta a partir de un esquema simplificado del concepto “funcionamiento de un vaso de almacenamiento” (Dominguez M., 1980). En términos hidrológicos un vaso de almacenamiento cumple una función de regulación, esto es, permite almacenar los volúmenes que escurren en exceso para que puedan aprovecharse cuando se tiene escasez de agua. En el caso de una cisterna la función de regulación es prácticamente nula ya que la capacidad de almacenamiento es muy pequeña; sin embargo, el concepto es útil pues permite contabilizar los volúmenes de ingreso y egreso, permitiendo además la cuantificación de los volúmenes aprovechados y derramados.

Para simular el funcionamiento de la cisterna se utiliza la ecuación de continuidad; para un intervalo de tiempo Δt se expresa:

$$E - S = \Delta V \tag{2}$$

donde

E , volumen de agua que ingresa a la cisterna durante el intervalo considerado

S , volumen que sale de la cisterna para satisfacer la demanda de agua

ΔV , variación del volumen almacenado en la cisterna durante el intervalo Δt .

Considerando que la capacidad de almacenamiento es muy pequeña, el intervalo de tiempo para la simulación será de un día. Por otra parte, los ingresos provienen de la lluvia que cae directamente sobre la superficie de captación, que en este caso corresponde al techo del edificio; por ello, el volumen de ingreso será igualmente dependiente del área de captación. El volumen de salida esta formado por la cantidad de agua que se extrae diariamente para satisfacer la demanda Q y por los volúmenes que serán derramados cuando la precipitación exceda a la capacidad de almacenamiento de la cisterna. En rigor también se tendría que tomar en cuenta como salida, a las pérdidas por evaporación, fugas, infiltraciones, etc., sin embargo éstas se consideran despreciables bajo la hipótesis de que en todos los casos se tendría las mismas pérdidas y por lo tanto no tienen influencia en una análisis comparativo entre las diferentes alternativas.

Para contabilizar la lluvia diaria y por ende los volúmenes captados, se requiere disponer de registros diarios de precipitación para el sitio en estudio; esto es muy difícil de obtener, pues las estaciones pluviométricas están limitadas en cuanto a su número y su distribución en el espacio. Sin embargo, es usual que en las zonas urbanas principales exista por lo menos una estación climatológica cuyos datos puedan ser representativos de su área de influencia (criterio de Thiessen). De carecer completamente de una estación cercana, se puede efectuar un análisis de ponderación con los datos de precipitación de estaciones que, aún estando lejanas, puedan aportar valores extrapolados para la cuantificación de la lluvia.

Cuando el volumen de captación supera la capacidad de almacenamiento de la cisterna, es necesario descargar los excedentes hacia la red de drenaje. La contabilidad de los derrames se hace directamente durante la simulación del funcionamiento de la cisterna, que no es otra cosa que la aplicación diaria de la ecuación de continuidad. En general, los derrames van a depender de la capacidad de almacenamiento, de la magnitud de la precipitación, de la superficie de captación y del volumen demandado. Por su parte, este último es normalmente variable y dependerá, entre otros factores, de la utilización del agua; para la aplicación del criterio que aquí se propone, será entonces necesario conocer la ley de demanda. No obstante, para fines ilustrativos en este análisis se considerará una demanda constante.

Tomando en cuenta los derrames D , los ingresos por precipitación P , el volumen de demanda Q , y la superficie de captación S , la ecuación de continuidad puede describirse como:

$$(P \bullet S) - (Q - D) = \Delta V \quad (3)$$

Considerando una cisterna en operación, se contabiliza diariamente cada uno de los términos que aparecen en la ecuación anterior, para realizar el cálculo de una manera más eficiente, conviene expresar la ecuación (3) en forma diferente, esto es:

$$V_{i+1} = V_i + (P \bullet S) - (Q + D) \quad (4)$$

sujeto a

$$V_{min} \leq V_{i+1} \leq V_{max}$$

donde

V_{i+1} , V_i , volúmenes almacenados en la cisterna al final y al principio del intervalo respectivamente.

V_{min} , volumen mínimo aceptable en la cisterna

V_{max} , volumen máximo aceptable, por encima de este valor se tendrán derrames.

El criterio que se propone requiere repetir los cálculos que siguen para cada una de las alternativas de cisterna que se propongan. Para iniciar el cálculo se deberá conocer, además de P , Q y S , el nivel inicial H_i y el valor correspondiente del volumen inicialmente almacenado V_i (el análisis se puede iniciar con cisterna vacía o no). Asimismo, el cálculo se puede iniciar en cualquier periodo, pero debe cubrirse el registro pluviométrico completo (10 años mínimo).

Con el ingreso y egreso, se determina el volumen al final del intervalo con la ecuación (4), si el volumen V_{i+1} es mayor que V_{max} , se registrará un volumen derramado igual a la diferencia y se considerará que $V_{i+1} = V_{max}$; cuando V_{i+1} sea menor que V_{min} , se consignará un volumen de déficit igual a la diferencia y se considerará que $V_{i+1} = V_{min}$. En este último caso, el déficit deberá ser suministrado a partir de la red de abastecimiento, consignándose el costo correspondiente. Se calculan las condiciones para el nuevo intervalo de tiempo Δt , considerando que el volumen inicial correspondiente es igual al volumen final del intervalo anterior.

Finalmente, se contabiliza los volúmenes netos aprovechados, los derramados y los costos por déficit. Al final de todo el periodo de simulación, se obtienen los resultados promedios que servirán al análisis económico. Para este último, será necesario obtener los costos de las cisternas, asociados a cada una de las alternativas estudiadas. Así, por un lado se tendrá los volúmenes netos aprovechados y, por el otro, los costos correspondientes al déficit y a la construcción de la cisterna. Dadas las características de estos cálculos, es necesario sistematizarlos a través de un pequeño programa de computadora.

Ejemplo de aplicación

A fin de ilustrar el procedimiento que se propone, se realizó la selección de una cisterna utilizando los datos pluviométricos de 10 años de la estación "la Jolla", ubicada en el municipio de Querétaro. Se supuso que el sistema de captación está destinado a una nave industrial cuyo techo cubre una superficie de 4000 m². Para satisfacer la demanda de agua se requiere un volumen diario de 5 m³. Se supone que esta cantidad se satisface convencionalmente a partir de una red de abastecimiento con un costo de \$1.50/m³. A excepción de los datos pluviométricos, todos los valores anteriores son sólo ilustrativos y no corresponden a ningún caso específico.

La idea de este ejemplo es mostrar los niveles de ahorro, tanto económico como de agua, que se puede obtener si se utilizan los techos de naves industriales, centros comerciales, etc. para captar el agua de lluvia; con esta misma idea, los costos de déficit fueron anualizados durante un horizonte de 30 años a una tasa de descuento de 10%.

En la tabla que sigue se muestra un resumen de los resultados promedio anuales, obtenidos con el criterio de cálculo que se propone en este trabajo. Se observa las alternativas de recipiente utilizadas (columna 1), el volumen derramado o no aprovechado (columna 2), el volumen neto aprovechado (columna 3), el volumen total captado por el techo de la nave (columna 4), el porcentaje de aprovechamiento (columna 5), el costo anualizado de déficit (columna 6), el costo de la cisterna correspondiente (columna 7) y, finalmente el costo total (suma de las columnas 6 y 7). El concepto costo anualizado de déficit, se refiere al costo que habría que pagar (con un horizonte de planeación de 30 años y una tasa de descuento del 10%) para satisfacer la demanda diaria de agua cuando el sistema de captación no sea suficiente para cubrir dicha demanda. En este caso, la red de abastecimiento debe cubrir el volumen faltante; esta situación se presentará debido a que la lluvia no ocurre de manera uniforme en todo el año y, por otra parte, a que el volumen de la cisterna no ofrece (en ningún caso) la capacidad para almacenar una cantidad de agua comparable a la demanda total anual.

Como se puede observar en la tabla siguiente, la suma de costos (columna 8) es mínima cuando el volumen de la cisterna es igual a 22.5 m³ (una selección más fina podría hacerse si se consideran alternativas de cisternas con un intervalo de volumen más estrecho en la columna 1). Esto significa que para el ejemplo en cuestión, se tendría un volumen neto aprovechado de 830.18 m³ en promedio cada año, lo cual representa un aprovechamiento del 31.87 %.

Tabla 1. Resumen "Selección del volumen de la Cisterna"

Vol. De Cisterna (m ³)	Vol. de Derrame (m ³)	Vol. De Aprov. (m ³)	Vol. Captado (m ³)	% de Aprov.	Costo de Déficit (\$)	Costo de Cisterna (\$)	Costo Total \$
15.00	1869.08	735.58	2604.96	28.24	32775.7	6400.0	39175.7
22.50	1774.48	830.18	2604.96	31.87	26039.3	9200.0	35239.3
30.00	1704.11	900.55	2604.96	34.57	24197.4	11350.0	35547.4
45.00	1606.51	998.15	2604.96	38.32	21642.7	15600.0	37242.7

Para dar una idea del nivel de aprovechamiento, tanto en agua como económicamente, basta decir que para una superficie de captación de 4000 m², el volumen de captación promedio anual es de 2604 m³, lo que representa 1.43 veces la cantidad de agua que se requiere para satisfacer una demanda diaria de 5 m³. De no existir un sistema de captación de agua de lluvia, este último volumen tendría que ser suministrado de una red de abastecimiento y, considerando un precio de \$1.5/m³, el costo anualizado (en 30 años) que esto representaría sería de \$47769. En cambio, con un sistema de captación dotado con una cisterna de 22.5 m³, se ahorraría un volumen de agua medio anual de 830.2 m³, lo que representa el 45.5% del volumen demandado; consecuentemente, el costo anualizado para cubrir la demanda total sería de \$26039.

Repetiendo los cálculos para otras condiciones de volumen de demanda y de costo del m³ de agua (manteniendo constante los demás parámetros que intervienen en la relación funcional 1), se obtiene el comportamiento general mostrado en la figura 3. Este diagrama muestra que a mayor costo del agua, el volumen óptimo de la cisterna crece cuando la demanda diaria es la misma. Por otra parte, conservando el mismo costo unitario del agua, el volumen óptimo también crece cuando la demanda diaria es mayor. Este resultado puede extenderse además para diferentes superficies de captación, con lo cual se podría preparar gráficas generales, para una región específica, que funcionen como ayudas de diseño para el dimensionamiento de cisternas, idea que será desarrollada en una próxima comunicación.

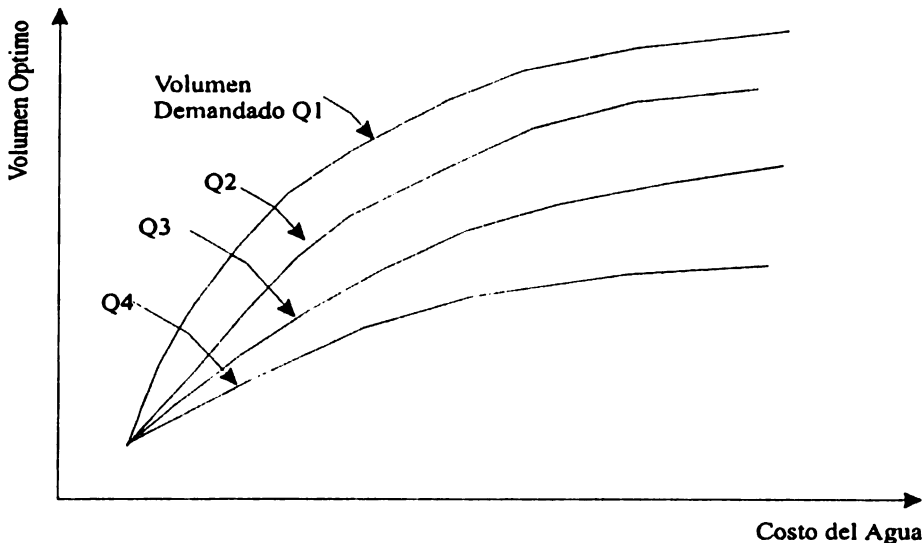


Fig. 3. Variación del volumen óptimo con el costo del agua y el volumen de demanda

Conclusiones

En este trabajo se ha presentado un criterio de cálculo que permite el dimensionamiento óptimo de una cisterna de almacenamiento con fines de captación del agua de lluvia. El criterio se basa en el análisis hidrológico de la lluvia y en el análisis económico de la cisterna misma. El aspecto hidrológico permite tomar en cuenta la distribución en el tiempo de la precipitación, mientras que el económico considera el ahorro por concepto de consumo de agua. Mas que mostrar el algoritmo de cálculo, en el trabajo se intenta demostrar que la instalación de sistemas de captación de agua de lluvia en las grandes naves industriales y centros comerciales de los centros urbanos, puede contribuir al ahorro de cantidades significativas de agua, abatiendo la demanda de fuentes de abastecimiento en constante sobre-explotación.

A la par de los sistemas de captación rurales, los sistemas urbanos también deben considerarse como elementos de una serie de estrategias que busquen equilibrar la oferta y la demanda de este vital líquido.

Bibliografía

- Domínguez M. R., Simulación del Funcionamiento de un Vaso, Cap. A.1.9 del manual de obras civiles de la C. F. E., México 1980. Pp. 1.9.1-1.9.11.
- Mundo M. M., Martínez A. P., Hernández B. L., Delgado B. A., García V. N., Alternativas para el Suministro de Agua y Saneamiento en Pequeñas Comunidades Rurales, IV Reunión Nacional Sobre Sistemas de Captación de Agua de Lluvia, Torreón Coah, México 1996. Pp.87-111.
- Organización de los Estados Americanos (OEA), Unit of Sustainable Development and Environment, Source Book of Alternative Technologies for Freshwater Augmentation in Latin America and the Caribbean, Int. Env. Tech. Centre, Washington 1997.
- Ríos Angeles J. R., Alternativas para la Captación de Agua de Lluvia para Consumo Humano, IV Reunión Nacional Sobre Sistemas de Captación de Agua de Lluvia, Torreón Coah, México 1996. Pp.18-33.
- Velasco M. H., Sistemas de Supervivencia en los Semidesiertos Mexicanos, IV Curso sobre Desertificación y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe, Montecillo Edo. de Mex., 1995, Pp. 195-236

SISTEMA DE CAPTACIÓN PLUVIAL PARA COMUNIDADES RURALES *IN SITU*

CASO LOCALIDAD DE BARRIO DE SANTA CLARA, MPIO. TEQUILA VER.

Horacio Rubio Gutierrez

Dada una serie de circunstancias geográficas, topográficas, culturales y económicas, se plantea una solución alternativa a la problemática para el abastecimiento de agua potable para la localidad de Barrio de Santa Cruz, Mpio. de Tequila, Ver. La propuesta implementa un dispositivo de recolección de aguas meteorológicas, que dadas determinadas condiciones de lluvia pueda abastecer de agua a una familia en tiempos de escasez. La propuesta es comparada contra el sistema convencional de abastecimiento, se enunciarán ventajas y desventajas y se concluirán los casos en que es viable aplicar esta tecnología, en función de: la densidad poblacional, la precipitación de la región y la disponibilidad de recursos.

MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CALCULO

ANTECEDENTES

Los trabajos de captación de agua de lluvia han sido practicados por más de 4,000 años. La captación de agua de lluvia es necesaria en áreas donde se presentan precipitaciones significativas.

Por más de tres siglos, la captación y almacenamiento en cisternas de agua de lluvia ha sido la base del suministro doméstico de agua en varias islas del Caribe. Durante la segunda guerra mundial se construyeron campos de aviación donde se utilizó esta técnica. Aunque en algunos países ha declinado el uso de estos sistemas, se estima que en las islas del Caribe es la fuente de abastecimiento de aproximadamente medio millón de habitantes; en Centro y Sudamérica la captación de agua de lluvia es una fuente importante de suministro de agua para propósitos domésticos, especialmente en áreas rurales.

DESCRIPCION TECNICA

Un sistema de captación de agua de lluvia consta de tres elementos básicos: un área de colección, un sistema de conducción y un tanque de almacenamiento.

El área de colección en la mayoría de los casos, son el tejado de una casa ó un edificio, así como un área a nivel de piso; el material utilizado en estas áreas influye en la eficiencia de la recolección y la calidad del agua.

Un sistema de conducción generalmente consta de canales ó canaletas que reciben el agua de lluvia transportándola a la cisterna u otro sistema de almacenamiento. Finalmente el agua se guarda en un tanque de almacenamiento o cisterna que se debe construir con algún material inerte para evitar efectos adversos a la calidad del agua.

Todo diseño de un tanque para el almacenamiento del agua de lluvia, debe tener como mínimo: una tapa sólida, una rejilla para evitar la entrada de sólidos, una salida de demasías y un sistema de extracción del agua (bomba) o en su caso si el desnivel topográfico es favorable la tubería de abastecimiento. El agua almacenada debe quedar en la más absoluta oscuridad para evitar la proliferación de algas.

OPERACION Y MANTENIMIENTO

La operación de agua de lluvia como sistema, requiere de pocas habilidades y de una pequeña vigilancia operativa. Preocupaciones mayores son la prevención de contaminación del tanque durante la construcción. La contaminación del suministro de agua como resultado del contacto con ciertos materiales, puede ser evitado con el uso de materiales apropiados durante la construcción del sistema. Si el agua es usada para propósitos de consumo, es necesaria la filtración, la cloración ó desinfección por otros medios.

A continuación se señalan una serie de puntos que deben tomarse en cuenta en la operación.

- La primera parte de un aguacero se debe desviar del tanque de almacenamiento, ya que esta es más probable que se contamine de materiales indeseables que se han acumulado en el área de captación.
- Se debe verificar y limpiar el tanque de almacenamiento periódicamente. Todo tanque requiere limpieza, su diseño debe permitirlo. Se recomienda usar una solución de cloro para la limpieza enjuagando por completo el tanque.
- El tanque de almacenamiento debe permanecer tapado, para evitar la posibilidad de que ranas, mosquitos y otras plagas usen la cisterna como criadero.
- La cloración de las cisternas ó tanques de almacenamiento son necesarios si el agua se usa para beberla ó para uso doméstico.
- Como se ha notado, en algunos casos el agua de lluvia es tratada con tabletas de cloro. Sin embargo, en algunos lugares esta se usa sin un tratamiento adecuado. En tales casos se aconseja hervir el agua antes de beberla.
- La captación de agua a la comunidad requiere protección adicional, incluyendo:
 - Cercar el área de recolección de agua para evitar la entrada de animales, principalmente ganado, tal como cabras, vacas, asnos, cerdos, etc. que puedan afectar la calidad del agua.
 - Limpiar continuamente el área de captación para retirar hojas de árboles u otra materia vegetal.
- Mantener la calidad del agua a un nivel donde los riesgos a la salud son minimizados. En muchos sistemas, esto envuelve a la cloración de los suministros a intervalos frecuentes.

CONVENIENCIA

Esta tecnología es recomendable como un medio de aumentar la cantidad de agua disponible. Esto es más útil en áreas áridas y semiáridas donde otros tipos de fuentes de agua son escasas.

VENTAJAS

- La captación de agua de lluvia provee una fuente de agua al punto donde se requiere. Esto es manejo y operación propia *In situ*.
- Provee una reserva esencial en tiempos de emergencia y/o avería de los sistemas del suministro público de agua, particularmente durante desastres naturales.
- La construcción de un sistema de captación de agua de lluvia es simple y la gente puede construir fácilmente uno, minimizando su costo.
- La tecnología es flexible. Los sistemas se pueden construir para satisfacer casi cualquier demanda. Casas pobres pueden comenzar con un simple tanque pequeño y adicionar más cuando puedan producirlos.
- Puede mejorar la ingeniería de los cimientos de la edificación cuando se construyen las cisternas de la subestructura de la misma, como es el caso de cisternas obligatorias.
- Las propiedades físicas y químicas del agua de lluvia pueden ser superior a las aguas subterráneas o aguas superficiales que pueden estar sujetas a contaminación, a veces de fuentes desconocidas.
- Los costos de funcionamiento o mantenimiento son bajos.
- La construcción, funcionamiento y mantenimiento no es una labor extensiva.

DESVENTAJAS

- El éxito de la captación de agua de lluvia depende de la frecuencia y cantidad de lluvia que se tenga; por ello, no es una fuente de agua fidedigna en tiempos de sequía.
- Las capacidades bajas de almacenamiento estarán limitadas de acuerdo a la captación obtenida, por lo que el sistema no podrá proveer agua en periodos de poca precipitación. Aumentar las capacidades de almacenamiento, aumenta los costos de construcción y operación y haría la tecnología económicamente costosa, a menos que sea subsidiada por el gobierno.
- El goteo de la cisterna puede causar el deterioro del talud al soportar la presión.
- La cisterna y los tanques de almacenamiento pueden ser inseguros para los niños si no se provee de protección al acceso de éste.

- La posible contaminación del agua puede resultar de animales en descomposición (muertos) y de materia vegetal.
- Donde el tratamiento de agua antes de potabilizarla es poco frecuente, debido a falta de recursos adecuados o de conocimientos, los riesgos a la salud pueden aumentar; además, las cisternas pueden ser un motivo de crianza para los mosquitos.
- La construcción de las cisternas de captación de agua de lluvia incrementa los costos y puede tener un efecto adverso en la propiedad de la casa. Los sistemas pueden incrementar de un 30% a un 40% el costo de la edificación.
- Los sistemas de captación de agua de lluvia pueden reducir réditos a utilidades públicas.

ACEPTABILIDAD CULTURAL

Estos proyectos, los cuales han sido predominantemente hechos por personas locales, han tenido mucho más éxito que aquellos que han sido operados por personas extranjeras a un área, y esos en los que la comunidad ha contribuido con ideas, fondos y labor han tenido mucho más aceptación y éxito que aquellos que se planearon, consolidaron y construyeron externamente.

Los proyectos de captación de agua de lluvia son generalmente asociados con comunidades que consideran los suministros de agua una prioridad.

Algunas personas, quienes dependen únicamente del agua de lluvia como fuente de suministro, la utilizan para todas las necesidades de la casa, de bebida, en la cocina, para lavado y otros usos domésticos. Otras personas, quienes tienen acceso a ambos (agua de lluvia y un suministro de agua pública), usan selectivamente el agua de lluvia, para beber o jardinería, o para limpiarse una herida; y utilizan el suministro de agua pública para otros propósitos. Estas actitudes variantes son relatadas a nivel de educación de los usos favorables como sus preferencias tradicionales. Diferentes sectores de la sociedad necesitan estar informados acerca de las ventajas de la captación de agua de lluvia y los aspectos de seguridad relacionados a su uso, incluyendo los problemas de la amenaza de los mosquitos y otras preocupaciones de salud pública.

PROYECTO EJECUTIVO TIPO DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA A NIVEL DE PISO.

El proyecto consiste en recolectar el agua de lluvia en un área a nivel de piso, el agua captada por este método puede perderse por infiltración ó evaporación; para reducir estas pérdidas se puede recubrir el piso con losetas, concreto, asfalto u hojas de plástico para formar una superficie lisa e impermeable sobre el suelo. Otro método consiste en dar al terreno un tratamiento superficial, aunque algunas veces es suficiente una simple compactación.

Para reducir las pérdidas por evaporación e infiltración, la capa superior debe prepararse como ya se indicó en el párrafo anterior y de modo que el agua captada pueda escurrir con suficiente rapidez hasta el canal colector que la conduce hasta el tanque de almacenamiento.

En este caso el suelo se protegió con una capa de concreto simple $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ y se le dio una pendiente del 3% hacia los lados y hacia el canal colector, el sistema colector consta de una canaleta de lámina galvanizada de 100 mm de diámetro que conduce el agua con una pendiente del 4% hacia el desarenador, junto a este se construirá un tanque de almacenamiento que tendrá una capacidad de 10 m³, el agua será extraída a través de una motobomba de ¼ HP, o por gravedad, según sea el caso, previa cloración.

Este proyecto está enfocado a resolver los problemas de una localidad rural, pudiendo aterrizarlo para la zona de Orizaba ó localidades con características climatológicas parecidas, ya que de esta zona se obtuvieron los datos que sirvieron de base para la elaboración de este proyecto.

MEMORIA DESCRIPTIVA

LOCALIDAD:	Santa Cruz
MUNICIPIO:	Tequila
REGION:	Pico de Orizaba
ESTADO:	Veracruz

CARACTERISTICAS PRINCIPALES

La comunidad presenta traza irregular. La población esta asentada en una ladera.

CLIMA Y TEMPERATURA

El clima de la población es templado húmedo, con régimen de lluvia en los meses de mayo a octubre y sequía en los meses de noviembre a abril, con temperaturas que van desde los 32 grados C hasta los 25 grados C, máxima y mínima respectivamente.

POBLACION

La localidad según censo 1990 contaba con 416 habitantes distribuidos en pequeños núcleos de viviendas, para 1995 la población se elevó a el número de 525 hab, siendo el número de habitantes para el año en curso 599 habitantes.

GEOGRAFIA

La localidad de Santa Cruz está localizada en las Coordenadas geográficas = longitud : 97°48" latitud 18°44' 14" a 10 km suroeste Orizaba a 10 km al Sudeste de la Cd. de Orizaba.

ACTIVIDAD COMERCIAL:

Esta se concentra en la cabecera municipal y en la Cd. de Orizaba, donde se abastecen de todos los productos de primera necesidad, como son comestibles, ropa, calzado y utensilios para el trabajo de campo. Aunque se practica horticultura con fines de autoconsumo y la tala de arboles para su venta.

VIVIENDA

Las casas de la comunidad están construidas principalmente de madera, los techos están hechos de lamina, y pisos principalmente de tierra.

EDUCACION:

En este aspecto la población cuenta con escuela primaria rural que tienen de 1° a 6° grado. La educación media básica la estudian en Santiago Tilantongo.

SECTOR SALUD:

En este tópico la población no cuenta con casa de salud. En la mayoría de los casos o en los casos de emergencia o enfermedades que requieran hospitalización se trasladan directamente a Tequila.

COMUNICACIONES:

Partiendo de la cd. de Córdoba con dirección a Orizaba por la Autopista Córdoba-Orizaba-Puebla, casi llegando a la ciudad de Córdoba se encuentra una desviación camino pavimentado carretera estatal que lleva a Zongolica, a la mitad del camino se encuentra el municipio de Tequila del que a su vez se deriva un camino de terracería que llevará a la localidad de Santa Cruz como a unos 10 Km de la cabecera municipal.

SERVICIOS PUBLICOS

- **Energía Eléctrica:** Se cuenta con este servicio.
- **Correos y telégrafos.** Se cuenta con este servicio
- **Agua Potable:** Los habitantes de la localidad tienen que desender en promedio una altura de 200 metros para llevar agua en cubetas a unos pequeños brotes naturales. En época de sequía estos brotes dejan de emitir la cantidad usual y es mas oneroso el llenado de las cubetas.
- **Alcantarillado.** La población carece de este servicio. La mayoría de las viviendas tienen letrinas rústicas que construyeron los mismos habitantes, pero en la mayoría de los casos se practica el fecalismo al aire libre.

Considerando que la precipitación mensual menor se presenta en el mes de febrero con una magnitud de 39 mm, se optó por considerar este dato como el normativo ingenierilmente para el diseño de la captación y el almacenamiento del sistema pluvial, dado que no existen recursos de importancia para resolver el problema de abastecimiento de agua potable y la densidad de población es muy baja y dado que es una comunidad rural, es recomendable implementar un nivel de servicio tipo 5, con una dotación de 50 lt/hab/día.

Dado que los caseríos que forman la localidad están separados unos de otros por distancias que varían entre 200 y 500 metros, se decide entonces resolver el problema para el abastecimiento de las necesidades de consumo de una familia de 7 habitantes..

Partiendo de las consideraciones antes señaladas, procedemos al cálculo del gasto necesario, el área de captación y capacidad de almacenamiento requerida.

DATOS

Población	7 habitantes/vivienda
Dotación	50 lt/hab/día
Precipitación mensual	39 mm (mes de menor precipitación)

Determinación del gasto

$$Q = \frac{\text{Población} \times \text{Dotación}}{86,400}$$

$$Q = \frac{(7 \text{ habitantes}) (50 \text{ lt/hab/día})}{(86,400)} = 0.00405 \text{ lt/seg}$$

$$\text{Volumen mensual} = \frac{(0.00405 \text{ lt/seg})(86,400 \text{ seg})(30 \text{ días})}{1000}$$

$$\text{Volumen mensual} = 10.5 \text{ m}^3$$

Basándose en el resultado obtenido, observamos la necesidad de almacenar un caudal de 10 m^3 en un mes, mismo que será guardado en un depósito de dimensiones convenientes, a costo, normatividad y cultura.

Para lograr este volumen mensual necesitaremos un área de:

$$V = A \times L$$

Donde:

V = Volumen requerido en m^3

A = Área de captación en m^2

L = Lámina de agua (Precipitación) , en m

Tenemos:

$$V = 10 \text{ m}^3$$

$$L = \frac{39 \text{ mm} \times 1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} = 0.039 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$A = \frac{10 \text{ m}^3}{0.039 \text{ m}} = 256.41 \text{ m}^2$$

Proponemos un área de captación de 250 m² con dimensiones de 25 m X 10 m.

A continuación se presenta el cálculo del vertedor que se colocará entre el desarenador y el tanque de almacenamiento.

Aplicaremos la fórmula de Francis para dos contracciones.

$$Q = 1.84 (L - 0.1 n h) h^{3/2}$$

Donde:

Q = Gasto que pasa por el vertedor, en l.p.s.

L= Longitud del vertedor, en metros.

n = Número de contracciones.

h= carga sobre el vertedor, en metros.

Consideraremos

- 1.- Que el gasto que pasará por el vertedor será de 5 l.p.s., suponiendo que el flujo se presentará en 60 segundos.
- 2.- La carga sobre el vertedor será de 5 cm.
- 3.- El número de contracciones será de dos.

Por lo tanto:

$$Q = 1.84 (L - 0.1 n h) h^{3/2}$$

$$L = \frac{Q}{1.84 h^{3/2}} + 0.1 n h$$

$$L = \frac{0.005}{1.84(0.05)^{3/2}} + 0.1(2)(0.05)$$

$$L = 0.243 + 0.01$$

$$L = 0.25 \text{ m}$$

Teniendo determinados las dimensiones de importancia del sistema hidráulico, se pueden diseñar las estructuras y determinar sus costos para ser comparados contra las soluciones de abastecimiento de agua potable convencionales. Tal como se muestra en las láminas anexas 1,2,3 y 4. Y tal como lo indica el presupuesto anexo de la obra de captación.

CONCLUSIONES

Si utilizamos concreto reforzado, ladrillo y cemento para hacer el tanque de almacenamiento, y hacemos que la gente del lugar coopere con la mano de obra el costo per cápita de la obra de captación sería de 2650 pesos (260 dólares americanos) contra el costo una red convencional per cápita para una localidad de tal población y dispersión es de 4000 pesos dado que los manantiales están a 345 metros de altura las casas mas elevadas de la localidad y que la dispersión eleva también los costos. Por otro lado si dicha tecnología se adaptara a los materiales locales de la comunidad sin duda se irían muy por debajo del costo estimado preliminarmente.

RESUMEN

En una gran parte de las zonas áridas y semiáridas, la escasez o mala calidad del agua para el ganado es un problema de grandes proporciones durante la mayor parte del año. Las causas principales son: la falta de agua en el subsuelo, mala calidad del agua, suelos demasiado permeables que no permiten el almacenamiento superficial tradicional y en algunos casos, la propia cubierta vegetal impide que haya escurrimiento superficial suficiente para llenar las obras de almacenamiento. En muchos casos no se toma en cuenta ni se previene el azolvamiento y la tasa de evaporación, por lo que las obras de almacenamiento son insuficientes a corto o largo plazo.

Las pérdidas de peso, de los porcentajes de concepciones y pariciones, de crías y los bajos pesos de éstas, más el alto costo de transporte de agua y en muchos casos de forraje, son los efectos de la falta de agua en volumen y calidad. Por otra parte se dificulta la utilización del agostadero, provoca aumento de la erosión y pérdida de plantas alrededor de las escasas áreas de abrevadero.

En suma, este problema, hace la diferencia entre una empresa ganadera rentable y no rentable, y entre un medio ambiente sano y degradado. La solución, para tener lo deseable, se encontró en la utilización de algunas obras sencillas de ingeniería hidráulica para captar y almacenar agua de lluvia para dar de beber al ganado hasta por periodos de ocho meses o más.

INTRODUCCIÓN

Mi plática tiene como objetivo principal mostrarles una forma práctica y económica de captación de agua de lluvia para el ganado, en las zonas áridas y semiáridas donde es frecuente y grave la escasez de agua durante la mayor parte del año y exponerles un proyecto en proceso para el rancho "Palula" localizado en el municipio de Catorce, S. L. P. Hablamos de práctica porque no requiere mayores obras de ingeniería hidráulica a las que estamos acostumbrados y de económica por la permanencia de largo plazo de las obras y su fácil mantenimiento.

A través de la práctica del manejo holístico, en predios de casi todo el país, hemos tenido que afrontar, evaluar y buscar solución a todo tipo de problemas. La identificación de factores limitantes o debilidades de las empresas (eslabones débiles), en forma holística, nos ha llevado a reconocer que la falta de volumen, flujo y calidad del agua para el ganado es una de las causas principales de la falta de rentabilidad y deterioro ecológico de los predios.

ANTECEDENTES

En algunos ranchos del norte de Coahuila, localizados en las estribaciones de la Sierra del Burro, en los que no se encontró agua en el subsuelo y las presas la retenían de sólo por dos o tres meses, se trató de resolver este problema con la construcción de techos de lámina para la captación del agua de lluvia, en principio, con excelentes resultados, sólo que el volumen necesario para surtir de agua a grandes manadas de bovinos requería de áreas extensas de captación. Esta condición volvió, económicamente, imposible la construcción de mayores áreas de techo.

La solución se encontró en las laderas de los cerros con escasa vegetación y pendiente pronunciada (hasta 45 grados), constituidas por roca caliza fracturada y prácticamente sin suelo. Por estas características las laderas eran poco utilizadas por el ganado, así que su utilización como cuencas de captación de lluvia no representó ninguna dificultad. Con la construcción de bordos de material metálico y cemento (no se cuenta con material adecuado ni las condiciones de estabilidad para bordos de tierra) se delimitaron las áreas de captación y se condujo el agua a pilas metálicas, con capacidad de un millón de litros. Entre el área de captación-concentración del agua y las pilas, se construyeron tanques desarenadores, de concreto y mampostería y/o metálicos, canales y tubería de conducción. Las pilas se techaron para evitar la evaporación y hacer más eficiente la utilización del agua.

El desarrollo de esta infraestructura ha sido gradual, tanto en cantidad como en calidad y eficiencia. Actualmente en un rancho se cuenta con 10 cuencas de captación con sus correspondientes obras complementarias, se almacenan anualmente 10 millones de litros de agua para dar de beber a 1,000 cabezas de ganado adulto durante 250 días, suficientes para complementar el volumen de almacén de las presas.

Con estas obras se habilitaron 10,000 hectáreas de terreno que se utilizaba parcialmente, con ganado de repasto y cría, únicamente durante la temporada de lluvias. Actualmente se utiliza todo el año con 1,000 vacas, que con las vaquillas de reposición, crías y toros hacen un total de 1,400 cabezas de ganado.

El ingreso del rancho cambió drásticamente, al producir cerca 400 becerros de exportación y 400 becerras para venta y reposición de vientres, en lugar del repasto de 500 becerros y 200 vacas durante tres o cuatro meses.

REVISIÓN DE LITERATURA

Requerimientos de agua del ganado en agostadero

La amplia revisión de literatura realizada por Stoddart (1975), muestra que el ganado y su producción depende tanto del agua como de la comida, por tanto, la falta de la primera puede evitar la utilización adecuada del forraje. Una mala distribución en espacio y tiempo es la causa de la mala distribución del ganado y utilización del agostadero.

En las zonas áridas del mundo, el agua es muy difícil de obtener, su escasez y distribución esporádica causa muchos problemas en la utilización del agostadero, dando como resultado áreas desnudas de sacrificio alrededor de los agujeros. La utilización es de 100 por ciento cerca de los agujeros y menos del 20 por ciento a 1500 metros de distancia.

Macfarlane (1972), cita que existen grandes diferencias en los requerimientos fisiológicos de agua para los diferentes tipos de animales, mostrando grados de adaptabilidad bien definidos en los animales domésticos en agostaderos de condiciones áridas. El orden de adaptabilidad a medida que aumenta la aridez es el siguiente: búfalo, bovino europeo, ganado cebú, ovinos para lana, ovinos para pelo, cabras y camellos. Los animales con bajo consumo de agua, excretan menos urea, permitiendo una mayor eficiencia en la utilización del nitrógeno y mejor uso del forraje seco, de las regiones áridas, con bajo contenido de proteína.

Todos los bovinos tienen alto consumo de agua por lo que están mejor adaptados a los lugares húmedos donde existe un aprovisionamiento seguro de agua; sin embargo el ganado cebú tiene mayor capacidad de retención de agua en los lugares calientes que el ganado europeo, aunque ninguno de los dos llega a aproximarse a la economía de los camellos u ovinos (Macfarlane, 1964). Los cebú tienen bajos requerimientos de agua y alta tolerancia a las sales, por lo que pueden soportar largos periodos sin beber y producir más eficientemente en medios áridos que las razas de ganado bovino europeo (Sicbert y Macfarlane, 1969).

La eficiencia del uso del agua de algunos ungulados de la fauna silvestre, ha llamado mucho la atención en los últimos años, por su aparente eficiencia para la producción de carne, aunque esto no constituye necesariamente un medio para aumentar la producción (Macfarlane 1972).

Los requerimientos de agua del ganado dependen de: (1) el tipo de animal, (2) la naturaleza del forraje y (3) las condiciones del tiempo. Una vaca que consume 29 kilogramos de materia seca por día de forraje succulento, ingiere con él de 23 a 45 litros de agua. Cuando las temperaturas son altas, la humedad relativa baja y el forraje seco, el ganado requiere una cantidad considerablemente mayor de agua, debido a que estos factores provocan grandes pérdida de agua del cuerpo (Raysdale et al. 1950).

En vista de que la variación en las condiciones generales o particulares del ambiente afectan el uso del agua, no hay una recomendación precisa del consumo para el ganado y la fauna silvestre. Una vaca con su becerro consumen un promedio de 24 litros por día, con un rango de 10 litros en invierno y 44 en el verano (Stanley 1938). Las ovejas en el desierto salitroso de Utah durante el invierno beben 2.7 litros diarios, pero con alimento especialmente seco fue de 5.7; con alimento salado, en los meses calientes de primavera de 6.8 a 8.3 y de 2.4 a 3.3 en los meses más fríos (Hutchings, 1946).

En el estado de Nuevo León, México; se estima que el consumo de agua puede ser de 12.5 hasta el 25 por ciento de su peso vivo, por lo que un becerro de 250 a 350 kilogramos consume más de 55 litros, las vacas paridas de 350 a 400 kilogramos más de 70 litros y las vacas de 500 kilogramos más de 90 litros (Anónimo 1998). Otras fuentes señalan que el consumo de agua promedio por caballos, bovinos y ovinos es el siguiente:

La frecuencia con que los animales van al agua varia, en el sistema de pastoreo nómada, el ganado bovino toma agua uno que otro día, las ovejas y las cabras pueden aguantar 2 ó 3 días sin agua y los camellos 5 ó 6 días. *La producción intensiva con bovinos europeos demanda que se proporcione agua al ganado con mayor frecuencia, requieren un suministro regular de agua y deberán tomarla todos los días para obtener los mejores resultados. Los caballos y las ovejas pueden producir satisfactoriamente bajo condiciones de disponibilidad de agua menos favorables.*

Captación de lluvia

Toda el agua disponible para el uso por el hombre proviene de la precipitación. Sin este medio de recarga de los acuíferos no podrá aspirarse a tener corrientes permanentes y agua en el subsuelo para ser extraída a través de pozos. Las áreas de agostadero predominantemente son áridas y semiáridas, por lo que el agua es siempre un recurso apremiante de mucho valor, son la fuente principal de agua para la irrigación, para uso industrial y doméstico. La precipitación que cae es de extrema importancia no solo para la producción del agostadero, sino para todo el mundo.

Las obras de almacenamiento de agua son caras, en todas partes representan altas inversiones, y la vida de ellas está directamente relacionada con las tasas de asolvamiento y su vez con las prácticas de pastoreo y agrícolas.

Los requerimientos de agua para la producción de productos de origen animal son altos, bajo las condiciones del oeste de Texas son necesarias 240 toneladas de agua para producir 1 kilogramo de carne roja puesto en el supermercado y en ocasiones pueden necesitarse hasta 350 toneladas. Para producir 1 kilogramo de lana limpia pueden requerirse hasta 500 toneladas de agua (Thomas, 1969; Stoddart et al., 1975).

Pérdidas de agua por evaporación

La pérdida de agua por evaporación tiene gran importancia cuando se trata de almacenar agua para el ganado u otros usos, ya que la tasa potencial de evaporación generalmente excede a la cantidad de precipitación, especialmente en las zonas áridas y semiáridas. La información disponible a nivel mundial muestra que la tasa de evaporación varía de 1,100 a 3,340 milímetros al año, con un promedio de 2,000. La relación precipitación/evaporación varía por tanto de 0.039 a 0.346 (Slatyer, 1962). En 24 localidades de Texas, se reporta que la cantidad de agua perdida por evapotranspiración varía de 0.76 milímetros diarios en los meses de diciembre y enero a 7.87 milímetros por día en los meses más de verano, con un promedio anual de 3.05 a 4.32 milímetros diarios según la localidad, esto representa una pérdida de 1,113 a 1,577 milímetros por año. (Texas Board of Water Engineers, Boletín 6019). La pérdida de agua a través de la atmósfera está gobernada por la temperatura, velocidad del aire y humedad relativa (Branson et al., 1972).

Pérdidas por infiltración

En el caso de captación de agua de lluvia para fines agrícola, ganadero u otros propósitos, la infiltración puede considerarse como una pérdida. Una vez que la lluvia llega al suelo, el agua se infiltra, se evapora y escurre por la superficie. La tasa de infiltración de agua en el suelo varía de acuerdo a los sitios de agostadero, gobernada en primer término por el tipo y enseguida por la humedad contenida, condición de la superficie y cubierta del suelo; tipo, frecuencia, duración y cantidad de lluvia; pendiente del terreno, material subyacente, materia orgánica, actividad microbiológica y muchos otros factores (Branson et al., 1972). La tasa de infiltración estudiada en varias localidades muestran una variación de 2.0 a más de 100 milímetros por hora (siendo muy altas durante los primeros 30 minutos y decrecen gradualmente hasta llegar a una tasa casi constante que puede ser limitada por capas impermeables o semipermeables o por saturación del manto del suelo, pero lo más común es que estén determinadas por la condición de la superficie del suelo) con cubiertas de suelo de 5 a 35 por ciento respectivamente. Por lo tanto, en la práctica se deben hacer los estudios específicos correspondientes (Stoddart et al., 1975).

Escurrimiento superficial

El escurrimiento superficial, en cambio, cuando estamos tratando de captar agua y almacenarla para otros usos, es deseable en terrenos que tengan muy bajo potencial de erosión o que tengamos que sacrificar algunas áreas para lograr nuestro propósito.

Una consecuencia de la reducción de la tasa de infiltración es el aumento del escurrimiento. Ello reduce la efectividad de la precipitación y hace que los agostaderos sean aún más áridos y además se reduce su habilidad para producir forraje (Stoddart, et al., 1975).

Al igual que la infiltración, el escurrimiento depende de muchos factores. En un estudio realizado por Hanson, et al. (1970) bajo tres intensidades de pastoreo, durante los meses de mayo a agosto, en diferentes cuencas hidrológicas.

En los agostaderos con varias intensidades de lluvia, condiciones de suelo y cubierta vegetal; con 30 por ciento de pendiente se pierde 41.2 por ciento de la lluvia por escurrimiento y 614 kilogramos de suelo por hectárea; con 40 por ciento de pendiente la pérdidas son de 49.5 por ciento de escurrimiento y de 2,100 kilogramos de suelo por hectárea. (Craddock y Pearse, 1973)

Bailey y Copeland, 1961 (citados por Branson 1972), determinaron las pérdidas de agua por escurrimiento y las de suelo, a través de simuladores de lluvia, en tres condiciones de las cuencas .

con 30 por ciento de pendiente, en agostaderos subalpinos de la cuenca de Ephraim en Utah. La lluvia que aplicaron fue de 62 milímetros en una hora y los resultados fueron los siguientes:

Calidad del agua

Con excepción del agua obtenida en el laboratorio, el agua pura no existe. Ni aún el agua de lluvia recogida en un recipiente aséptico deja de tener elementos extraños disueltos o en suspensión que la contaminan.

El agua que se infiltra a través del terreno y la que escurre por la superficie, disuelve las sales que encuentra a su paso. De esta manera el agua puede contaminarse y llegar a poseer cantidades tan elevadas como 30 a 35 gramos por litro o más, compuestos por una cantidad de sales que pueden tener efectos nocivos sobre la biología animal, ya sea por su composición o por su concentración. *El agua superficial* por lo general contiene grandes cantidades de materia orgánica.

Distintos factores pueden hacer el agua inapta para el consumo por el ganado, como pueden ser la contaminación microbiana, la presencia de toxinas orgánicas o minerales, contaminación accidental con agroquímicos o desechos industriales, y la más importante en muchos países y localidades: *la salinidad*.

Con frecuencia en el agua natural se pueden encontrar una serie de elementos químicos que se agrupan en metales (los denominados *cationes*: sodio, calcio magnesio, potasio y en menor proporción hierro, manganeso, cobre, plomo, estroncio, litio, vanadio, zinc y aluminio) y no metales (los llamados *aniones*: cloro, azufre, carbono, silicio y nitrógeno; se encuentran ocasionalmente en pequeña cantidad flúor, fósforo, iodo, bromo, selenio, arsénico y boro), (Cita incompleta, Buenos Aires, Argentina).

Cuando se combinan los cationes y los aniones, se forman sales, óxidos y gases disueltos. Generalmente en el agua se encuentran *sales no incrustantes* (como el cloruro de sodio, carbonato de sodio, sulfato de bario y nitrato de potasio), *sales y óxidos incrustantes* (carbonato de calcio, carbonato de magnesio, sulfato de magnesio, cloruro de magnesio, óxido de hierro y óxido de sílice) y *gases disueltos* (bióxido de carbono, oxígeno, nitrógeno y metano), (Cita incompleta, Buenos Aires, Argentina).

El cloruro de sodio es el menos perjudicial para el ganado, sin embargo una concentración de 20 gramos por litro resulta claramente tóxica. En general, todos los cloruros son menos nocivos que los sulfatos o carbonatos, debido a que la concentración de cloruros en la sangre es varias veces mayor que la de los sulfatos y los mecanismos de regulación son más eficientes para los primeros. Las sales de magnesio son más perjudiciales, en concentraciones similares, que las sales de sodio (Cita incompleta, Buenos Aires, Argentina).

Los cloruros, dependiendo de su tipo, en concentraciones desde 2 a 10 gramos por litro no produce efectos tóxicos ni merma el consumo de alimentos, pero si da una pronunciada disminución en la ganancia de peso. Concentraciones mayores resultan claramente tóxicas, aún en invierno, produciéndose una grave anorexia, pérdida de peso, diuresis y deshidratación. El agua con 15 gramos por litro de cloruro de sodio da lugar a un incremento en la excreción urinaria de nitrógeno de alrededor de 37 por ciento sobre los animales que beben agua dulce, con esta concentración los animales sólo mantienen el peso, por lo que es el máximo que puede ingerir el bovino para carne en períodos prolongados, en estado de mantenimiento, pero es perjudicial para la producción (crecimiento y producción de leche), (Cita incompleta, Buenos Aires, Argentina).

Los sulfatos, los más frecuentes en el agua son los de sodio y magnesio, le dan un sabor amargo y repugnante. El sulfato de calcio es el menos perjudicial de todos, los animales pueden consumir una solución saturada, una vez que se acostumbran a ella sin que se aprecien efectos tóxicos. Los sulfatos actúan sobre el equilibrio ácido-básico, altera el contenido de calcio y fósforo normales en el suero. Esto es importante porque repercute directamente sobre la fertilidad de los vientres, básicamente baja el porcentaje de pariciones. Por otra parte la presencia de sulfatos, en concentraciones adecuadas, en el agua favorece al digestión de la celulosa y un mayor consumo de alimento (Cita incompleta, Buenos Aires, Argentina).

Los carbonatos y bicarbonatos no se les atribuyen efectos nocivos en el agua de bebida, no obstante su acción alcalinizante. En situaciones particulares contribuyen a desencadenar desequilibrio, como el caso del sulfato de sodio, o a entorpecer la asimilación de elementos menores. (Cita incompleta, Buenos Aires, Argentina).

MATERIAL Y MÉTODOS

El proyecto de captación de agua de lluvia para el ganado se llevará a cabo en el rancho denominado "Palula", localizado en el municipio de Catorce del estado de San Luis Potosí, a una altitud que varía de 1,980 a 2,450 metros. Cuenta con una superficie de 13,500 hectáreas, dividida en 67 potreros de 34.-50-00 a 352-26-00 hectáreas, arreglados en forma radial en 7 unidades con bebedero y corral al centro.

El suelo es somero en la mayor parte del área, cuenta con algunos bajo de suelo profundo, generalmente es arcilloso, de estructura blocosa angular a franca en lugares localizados, de color gris pardusco, de pH ligeramente alcalino, derivado de roca sedimentaria y metamórfica de varios tipos. Las características detalladas de las rocas y del suelo están en estudio.

El clima es seco templado a seco semicálido (BSoh), con una precipitación anual de 350 a 400 milímetros, distribuidos principalmente en los meses de verano, con temperatura media anual de 18 grados centígrados con extremas de menos 5 a 38 grados y período libre de heladas de 270 días.

La vegetación está compuesta principalmente por pastizales medianos de navajita *Bouteloua gracilis* y amacollados de banderita *Bouteloua curtipendula*, con elementos arbóreos y arbustivos, entre los que se distinguen la palma *Yucca filifera* y *Yucca carnerosana*, la gobernadora *Larrea tridentata* y el sotol *Dasyilirion acrotiche*.

El coeficiente de agostadero determinado por la COTECOCA, SAGAR es de 21.20 hectáreas por unidad animal por año. Sin embargo, bajo las condiciones de manejo actual la superficie destinada por unidad animal por año, es de 10 hectáreas. Con algunas variaciones, la carga animal que se maneja en el predio es de 1,000 vacas, mas 40 sementales, 200 vaquillas de dos años, 250 vaquillas de sobreaño y de 650 a 800 crías que permanecen en el rancho hasta la edad promedio de siete meses; el equivalente en unidades animal es aproximadamente de 1,400.

La topografía en la mayor parte del terreno es plana con pendiente promedio de 10 por ciento, con una altitud media de 2,100 metros, en el extremo sudeste se localizan algunas elevaciones irregulares hasta de 2,450 metros de altura sobre el nivel del mar.

Las fuentes actuales de agua para el ganado las constituyen dos pozos profundos con gasto de 18 y 15 litros por minuto, localizados muy cerca uno del otro en la porción noreste del predio; seis presas con cortina de tierra (tanques), de los que sólo una retiene el agua por más de tres meses; una pila elevada de 650,000 litros de capacidad, a la que se rebombee para distribuir el agua

a 8 pilas con bebedero de 60,000 litros de capacidad, a una novena pila no llega el agua por lo que es necesario rebombear o llevar el agua en pipa cuando el ganado se encuentra en la unidad de pastoreo correspondiente a esa pila.

Los pozos, generalmente se abaten durante la temporada de sequía, es necesario, en la mayoría de los años, acarrear agua en pipa de lugares vecinos.

Hasta 1997 se realizaron tres estudios geohidrológicos, con ellos y otras fuentes de información se hicieron 24 perforaciones, una de 560 metros, con resultados negativos.

RESULTADOS

Para el cálculo de las necesidades de agua por el ganado se consideró un consumo de 90 litros por unidad animal por día, a una temperatura máxima de 30 grados centígrados y una época seca crítica de 120 días.

Se localizaron 6 posibles cuencas de captación de lluvia en la porción sur oriental del predio "Palula" con superficies variables.

DISCUSIÓN

De acuerdo a las dos estimaciones, la cuenca más pequeña (3) sería suficiente para captar el agua para las necesidades del ganado.

La revisión de la literatura y las observaciones en el terreno durante las últimas lluvias de principios de septiembre de 1998, nos indican que debemos ser muy cuidadosos en los cálculos. Apparently la tasa de infiltración es alta y el escurrimiento muy bajo. Esta situación nos condujo a tomar la decisión de realizar estudios hidrológicos completos y revisar a fondo los tres estudios geohidrológicos, realizados con anterioridad, para agotar las posibilidades de la obtención de agua del subsuelo, antes de proceder a hacer obras de captación superficiales.

CONCLUSIONES

El tiempo, el personal y el equipo invertidos en la operación de acarreo de agua, además de la baja eficiencia del ganado, representa un alto costo. Por ello se justifican plenamente los esfuerzos que se hagan para asegurar fuentes de agua propias y suficientes para la carga animal potencial del predio.

La inversión en infraestructura debe estar totalmente respaldada por estudios físicos, biológicos y financieros cuidadosos. La falta de ellos, en la mayoría de los casos, provoca pérdidas económicas y ecológicas muy grandes, y desmoraliza a los productores.

BIBLIOGRAFÍA

Anónimo. 1926. Water requerimientos for range sheep. Nat. Wool Grower. 16(6):33

Anónimo. 1998. Guía práctica para el manejo de la sequía. Folleto No. 1. Unión Ganadera Regional de Nuevo León. Cd. Guadalupe, N. L. México.

Bandelaire, J. P. 1972. Water for livestock in semiarid zones. Word Animal Rev. 3:1-9.

- Branson, F. A., G. F. Gifford y J. R. Owen. 1972. Range Hydrology. Range Science Series No. 1. Society for Range Management. Denver, Colorado. U. S. A.
- Cita incompleta. 1975. Capítulo III .Sustancias contenidas en el agua y sus efectos en el organismo animal. Buenos Aires, Argentina.
- Craddock, G. W., y C. K. Pearson. 1938 Surface run-off and erosion on granitic mountains soils of Idaho as influenced by range cover, soil disturbance, and heavy precipitation. U. S. Dept. Agr. Cir. 482.
- Henry, W. A., y F. B. Morrison. 1928. Feeds and Feeding. 19 ed. The Henry-Morrison Co., Madison, Wis. U.S.A.
- Hutchings, S. S. 1946. Drive the water to the sheep. Nat. Wool Grower, 36:10-11
- Stayler, R. O. 1962. Climate of the Alice Springs Area, in Lands of Alice Springs Area, Northern Territory, 1956-57. Land Research Series No. 6, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization.
- Stoddart, L. A., A.D. Smith y T. W. Box. 1975. Range Management. McGraw-Hill Book Company. New York, U. S. A.
- Texas Board of Water Engineers. Boletín 6019.

LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE LLUVIA PARA LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y SU ENSEÑANZA EN LA UAM-XOCHIMILCO, UNA PROPUESTA PARA LA AGRICULTURA DE TEMPORAL EN MÉXICO.

Andrés Fierro Alvarez^{*}

1. Introducción

En México precipitan sobre el territorio 1,483,000 millones de m³, en una superficie de 2 millones de km², dando en promedio de 750 mm de precipitación anual (SARH, 1981).

Sin embargo en 490, 500 km² se precipitan 741 900 millones de m³, es decir un promedio de 1.5 m anuales, por lo tanto, en el 25 % del área precipita el 50 % de la lluvia total (Noyola, 1981). Por otra parte, Rodríguez (1990) menciona que de 410 200 millones de m³ que llueven, el 68 % se concentra en la Región Golfo-Sureste, 14 % en la Pacífico Norte-Centro, 16 % en el Centro y 2 % en la región Norte.

En términos de aridez se tiene: el 43 % de Zona árida con 86 millones de has. (hectáreas); 34 % de Zona semiárida con 68 millones de has.; 16 % de Zona Semihúmeda con 32 millones de has. y 7 % de Zona húmeda con 14 millones de has. (Rodríguez, 1990).

En las zonas áridas y semiáridas se concentra el 53 % de los suelos aptos para la agricultura, pero sólo disponen de 7 % del agua, y con lluvias entre 200 y 500 mm anuales, de corta duración y que se concentra en pocas precipitaciones. En cambio, en el trópico húmedo se tiene una disponibilidad de agua de 64 % del total, pero sólo cuenta con 11 % de los suelos aptos para fines agrícolas, con lluvias de 1 500 a 5 000 mm anuales, y son estacionales o durante todo el año (Rodríguez, 1990).

En términos generales 31 691 868 has. son laborables de las cuales 25 994 640 has. Son de temporal y 5 697 228 has. De riego (INEGI, 1991). De la superficie de temporal el 47 % son de buen temporal (asegura una cosecha), mientras que el 53 % son de regular o malo temporal (no asegurar una cosecha).

La predominancia de los climas áridos en México ha sido la causa del desarrollo de las áreas de riego. Actualmente existen bajo riego 6.1 millones de hectáreas (en 80 Distritos de Riego (DR) y 27 mil obras de pequeña irrigación o unidades de riego (UR) (Vargas, 1998), las cuales producen el 50 % de la producción agrícola del país, con una eficiencia en el uso del agua a nivel Nacional menor a 50 % (Tijerina, 1993).

Por otra parte, en la áreas temporaleras ya casi no se utilizan o no se utilizan las prácticas de para el "arrope" de la humedad y otras que se utilizaron (como la captación de agua *in situ*, entre otras) para conservar el agua de lluvia (Rodríguez, 1990).

Sin embargo, para satisfacer las necesidades crecientes de alimentos se presentan diferentes posibilidades: la primera es hacer más eficiente la captación del agua de lluvia, para hacer más productiva la producción agrícola de temporal dado que ocupa la mayor superficie dedicada a esta actividad productiva, la segunda es aumentar la superficie

^{*} Profesor de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco.

bajo riego y la tercera es incrementar la productividad del agua de la agricultura bajo riego. La primera requerirá de amplios programas de difusión y apoyo a productores, además de técnicos con dichos conocimientos, la segunda resulta muy costosa debido a limitaciones físicas y la tercera es un poco más viable con un programa amplio.

La captación de agua de lluvia puede ser considerada como una forma rudimentaria de irrigación (Critchley y Siebert, 1997). La diferencia está en que con la captación de agua de lluvia, el productor agropecuario no tendrá control sobre el escurrimiento superficial, ya que este sólo puede ser aprovechado cuando llueve. Mientras que la agricultura de riego en México produce hasta dos cosechas por año, la de temporal presenta pérdidas en un 25 % del total anual sembrado debido a las sequías, lo escaso y errático de la precipitación pluvial y otros fenómenos agrometeorológicos (granizo, heladas, entre otros) (Anaya, 1998). En regiones donde los cultivos son totalmente de temporal, una reducción de 50 % en la precipitación durante el periodo de lluvias, puede redundar en una falta de cosecha. Sin embargo, la lluvia disponible puede estar concentrada en una área más pequeña, donde se podrán obtener resultados razonables (Critchley y Siebert, 1997). Por supuesto que en un año de sequía¹ severa no puede haber escurrimiento superficial que coleccionar, pero si hay un sistema eficiente para la colección de agua de lluvia, se tendrá un mejor crecimiento de las plantas en la mayoría de los años.

Los sistemas apropiados deberían idealmente ser desarrollados con la experiencia de técnicas tradicionales donde éstas existan. Así, la tecnología sobre captación de agua de lluvia es especialmente relevante para las zonas temporales, sean estas regiones templadas, áridas, semiáridas y donde los problemas de degradación ambiental, sequía y presión de población son más evidentes.

2. Planteamiento del problema

Muchos de los esfuerzos educativos de la Agronomía en la formación de Ingenieros Agrónomos, en la actualidad se enfoca principalmente a estudiar, investigar y mejorar la agricultura de riego. Mientras que la agricultura de temporal que debería ser prioritaria por la superficie y la cantidad de productores que ocupa, es escasamente o no abordada en los contenidos temáticos de los programas y planes de estudio en la formación de los Ingenieros Agrónomos.

3. Propuesta

Por lo anterior, desde el año de 1987 en que se me asignó impartir el módulo el "El Agua como Limitante de la Producción Agropecuaria", del plan estudios de la Licenciatura en Agronomía de la Universidad Autónoma Unidad Xochimilco, se incluye en sus contenidos la Unidad: **Optimización del uso del agua en la Agricultura de Temporal**, que incluye los siguientes aspectos: 1. Captación de agua *in situ* o microcuencas; 2. Trazo de la parcela, curvas de nivel y Terrazas; 3. Cortinas Rompevientos; 4. Coberteras orgánicas y sintéticas; 5. Niveles de Labranza; 6. Siembra a Busca Jugo y Siembra en Seco y 7. Siembra de Trasplante (Fierro, 1998). El incluir estas tecnologías en este programa, proporciona a los estudiantes una visión completa e integral de la situación del campo Mexicano, además permite hacer más eficiente el manejo del agua de riego. Por lo que al conocer estas tecnologías el estudiante en su vida profesional podrá, dependiendo de la región geográfica y climática utilizar la tecnología más adecuada a la condiciones de cultura, de suelo, clima, especie

¹ Sequía es una prolongada ausencia o marcada deficiencia de precipitación, definición de la Organización Meteorológica Mundial (1966). Pero para una interpretación más apropiada, se puede tomar en cuenta la situación en la que se producen insuficiencias de agua para satisfacer las necesidades, dependiendo éstas de los cultivos, de la ganadería, la población humana, su tipo de vida y empleo del terreno.

vegetal, recursos económicos y sociales, para obtener mejores cosechas y elevar la productividad de la agricultura de temporal.

Cada una de estas técnicas es abordada desde dos perspectivas. La primera es la teórica en donde, el estudiante realiza revisiones bibliográficas de cada tecnología, permitiéndole conocer cada una, con sus ventajas y desventajas y niveles de aplicación. La segunda es la práctica, en esta cada estudiante selecciona una tecnología, la cual implementará en un ensayo en el campo, estableciendo un cultivo, siguiendo los principios y bases técnicas de ésta. Este ensayo práctico lo desarrollará durante el tiempo que dure el curso. El espacio en donde se realizan estos ensayos es en el predio "Las Animas" propiedad de la UAM-X, ubicado en Tulyehualco, Xochimilco, D.F., el área que el estudiante realiza el cultivo es de 625 m².

Los ensayos teórico-prácticos se realizan de la siguiente forma:

1. Primeramente el estudiante selecciona una técnica.
2. En segundo lugar, a cada estudiante se le asigna un área de 625 m².
3. En tercer lugar, a cada estudiante deberá acondicionarla según lo requiera la técnica.
4. Posteriormente junto con el docente se definirá el procedimiento para el establecimiento del cultivo.
5. En la realización del ensayo, en toda el área asignada se divide en tres áreas de igual tamaño, y en cada una de estas se definirá un tratamiento. Uno de éstos tratamientos es el testigo, en el cual no se aplica la tecnología, mientras que los otros dos tratamientos serán variantes de la tecnología a evaluar, por ejemplo: En la tecnología de niveles de labranza, el testigo será el establecimiento del cultivo aplicando la labranza convencional de la región (el estudiante investigará cuál es la que se aplica en la región para el cultivo seleccionada), los otros tratamientos se reducirán más de una labor (labranza de conservación) o el total de labores (labranza cero). En el caso de esta tecnología el espacio asignado siempre es el mismo. Otro caso es el uso de Coberturas Orgánicas, en esta el testigo será el establecimiento del cultivo sin ninguna cubierta en el suelo (suelo desnudo), los otros tratamientos serán el uso de una paja y de estiércol.
6. Al final del módulo el estudiante presentará a modo de seminario los resultados de su ensayo, apoyado de una revisión de literatura.

En general los resultados obtenidos en los diferentes ensayos al aplicar cada una de estas tecnologías, ha permitido a los estudiantes constatar las bondades de cada una, así como sus limitaciones, climática, cultural, regional, de recursos disponibles, etc., permite además a los estudiantes comprender el concepto de sostenibilidad agrícola.

Hasta el momento se han realizado un total de 126 ensayos en 8 años que he desarrollado el módulo.

4. Conclusiones

1. Esta actividad teórico-práctica permite que los estudiantes tengan una visión más amplia y completa de la agricultura de temporal que se realiza en México.

2. El conocimiento y manejo de éstas tecnología dan al estudiante herramientas tecnológicas para la agricultura de temporal en México, y de las diferentes alternativas técnicas que existen para el uso sostenible del agua y del suelo.
3. En la actualidad el uso eficiente y sostenible del agua de lluvia y la conservación de los suelos requiere de mayores estudios, para su mejor comprensión.
4. Se requiere que los futuros técnicos de la agricultura mexicana tengan conocimiento de las diferentes técnicas y las apliquen de manera correcta para las diferentes regiones agrícolas del país con sus particulares condiciones climáticas, tecnológicas y culturales, para mejorar la captación del agua de lluvia, haciendo más eficiente y productivo su uso, elevando por lo tanto la producción de cosechas, sobre todo ante una población cada vez mayor que demanda más alimentos día con día.
5. Buscar que los futuros Agrónomos conozcan la problemática de la agricultura de temporal y que estos puedan en el futuro incidir directamente con los agricultores temporales, que son la gran mayoría de productores agrícolas de México.
6. Conocer las diferentes tecnologías agrícolas que utilizan los agricultores temporales para hacen más eficiente el uso del agua de lluvia, con el objetivo de rescatarlas, mejorarlas y difundirlas. Pero de igual manera, en el caso que laguna técnica provoque la degradación de algunos de los factores de producción, se requerirá promover acciones para que dicha técnica no sea utilizada.

5. Bibliografía

- Anaya G. M. 1998. Sistema de Captación de agua de Lluvia en América Latina y el Caribe: Base para el Desarrollo Sostenible. Manual Técnico. Agencia de Cooperación Técnica IICA-México. 96 pp.
- Critchley W. Y Siebert K. 1997. Manual de Captación de Agua de Lluvia.. Traducción de Manuel Anaya Garduño. Primera Edición en español. Publicación Especial 6. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C (S.M.C.S). Chapingo, México. 128 pp.
- Fierro, A. A. 1989. El Agua como Limitante de Producción Agropecuaria. Sexto Módulo del Plan Estudios de la Licenciatura en Agronomía. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.
- INEGI. 1991. Estados Unidos Mexicanos, Resultados Preliminares. VII Censo agropecuario 1991. Instituto Nacional de estadística, Geografía e Informática. México, 112pp.
- Noyola, I. H. 1981. Perspectivas de los Sistemas de riego a presión en México. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de irrigación, Chapingo, México.
- Rodríguez, V. J. 1990. México y su Agricultura. Colegio de Postgraduados. Montecillo México, 136 pp..
- SARH. 1981. Plan Nacional Hidráulico. Comisión del Plan Nacional Hidráulico. SARH.
- Tijerina, Ch. L. 1993. El agua en el sistema suelo-planta-atmósfera. Notas de Curso. Maestría en Hidrociencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Vargas, V. S. 1996. La Nueva Política Hidroagrícola. La Sociedad Rural Mexicana Frente al Nuevo Milenio. Vol. III. El Acceso a los Recursos naturales y el Desarrollo Sustentable. Humbert C. Grammont y Hector Tejera Gaona (Coordinadores). Editado por: UAM-I; UNAM; INAH y Plaza y Valdés S.A. de C.V. 400 pp.

Introducción

La adaptación y uso de tecnologías que busquen disminuir el deterioro de nuestros recursos naturales, hoy por hoy seriamente afectados por la sobrepoblación en el medio rural y la sobreexplotación, debe constituirse en un **compromiso social urgente** por todos los actores que se relacionan con esta problemática. Si bien esto ya se ha retomado de algún tiempo para acá por los académicos e investigadores, se deben crear las condiciones para que las comunidades rurales y todas las organizaciones sociales públicas y privadas se comprometan en instrumentar y desarrollar acciones en esta dirección.

El uso de leguminosas como cultivo de cobertura y/o abonos verdes es una alternativa viable que se ha empezado a utilizar en diversas regiones del sur de nuestro país y que ha arrojado magníficos resultados en la protección de suelos en condiciones de pendiente, al mismo tiempo que aporta beneficios adicionales al sistema, tales como: incremento de la materia orgánica, disminución de la evaporación de la humedad, aumento de la infiltración del agua de lluvia, control de arvences, y algunos beneficios económicos para el productor y su familia.

Problemática

La **degradación de la tierra** se define como el proceso que disminuye la capacidad actual y/o potencial del suelo para producir bienes o servicios. La degradación de la tierra no puede separarse del concepto de **sostenibilidad**, ya que una forma de uso del recurso suelo es sostenible si esta puede continuar produciendo indefinidamente, de tal forma que la sostenibilidad depende tanto de las propiedades del recurso como de la forma en que es manejado (Zárate, 1994).

Las causas de la degradación pueden ser naturales o inducidas por el hombre. Las causas iniciales se pueden agrupar en las siguientes: a) falta de educación; b) uso irracional de los recursos, y; c) falta de concientización. Es necesario educar a la población en general, y en particular las comunidades que habitan en los ecosistemas más perturbados, acerca del riesgo que representa la sobreexplotación en relación con los recursos finitos que brinda la naturaleza y los que por algún tiempo el hombre consideró infinitos.

Entre los factores que favorecen a la degradación se encuentran los siguientes: la sobrepoblación, la sobreexplotación, los cambios inadecuados de uso del suelo, las tecnologías inadecuadas de producción, las presiones socioeconómicas y políticas, y algunas tradiciones culturales adoptadas (Ortiz, Anaya y Estrada, 1994). La evaluación, promoción y fomento de políticas y programas que busquen atenuar o corregir esta problemática es **urgente** y deben reunir el esfuerzo y compromiso de las todas las organizaciones sociales, gubernamentales y no gubernamentales relacionadas.

Una de las líneas de investigación adoptada recientemente por distintos centros dedicados a esta tarea como el INIFAP, el CIMMYT, la Universidad Autónoma Chapingo y el Colegio de Postgraduados, entre otros, es la conocida

¹ Investigador del Campo Experimental Valles Centrales. INIFAP, SAGAR. Apartado Postal 33 Suc. "B", C.P. 68000, Centro, Oaxaca, Oax. Tel. y Fax (952) 1-55-02.

como cultivos de cobertura y/o abonos verdes. Esta tecnología busca la recuperación y mejoramiento de los suelos de uso agrícola cuando estos presentan problemas de erosión hídrica y baja fertilidad por uso continuo, en especial en condiciones de monocultivo en terrenos de ladera. Esta situación está presente en gran parte de las tierras altas de Oaxaca y de todo el centro y sur de nuestro país.

El concepto de manejo de cuencas

Una cuenca es una área delimitada topográficamente que es drenada por un sistema de corrientes. Una unidad físico-biológica y socioeconómica para la planeación y manejo de los recursos naturales (Graaff, 1993).

El concepto de manejo de cuencas se refiere al uso de los recursos naturales en una área definida de drenaje, enfocada fundamentalmente a la producción y a la protección de fuentes y cuerpos de agua y de sus recursos asociados, incluyendo el control de la erosión y las inundaciones, así como los valores estéticos relacionados con el agua (Hewlett, 1982).

Por otra parte, el desarrollo de cuencas comprende las actividades realizadas como manejo de cuencas, más el efecto de la participación y el efecto sobre las comunidades o productores locales y sobre el recurso presente (Graaff, 1993). En este sentido, es imperativa la búsqueda de alternativas técnicas sustentables para el manejo de las microcuencas en cuyo proceso deberán incorporarse los conocimientos campesinos y la participación activa de la comunidad rural en la evaluación y promoción de dichos trabajos.

Protección de suelos con prácticas vegetativas

El uso de plantas como prácticas de conservación en la protección de suelos en las microcuencas ha cobrado importancia en los últimos años a partir de los enormes costos que implica la construcción de obras físicas como terrazas y bordos al contorno por medio de maquinaria. A los elevados costos se suma el escaso interés que muestran los campesinos para el mantenimiento de dichas obras, lo cual deteriora rápidamente las terrazas y no aportan los beneficios esperados.

Se cuenta ya con numerosas experiencias de campo donde se han utilizado especies vegetales como reforzamiento de bordos y terrazas o para su formación paulatina. Especies como maguey, nopal, higuera, pasto vetiver, etc., sembrados en curvas de nivel en hileras perpendiculares a la pendiente del terreno permiten disminuir la tasa de erosión hídrica, al tiempo que aportan materia orgánica al suelo a través de sus raíces y otras partes vegetativas. Se ha hecho énfasis en especies que proporcionen beneficios adicionales como alimentos (tunas, verduras) o materias primas (piñas de maguey) que hagan atractivo su cultivo para el productor en el corto y mediano plazo.

Se ha documentado ampliamente el uso de especies leguminosas arbustivas y arbóreas en lo que se conoce como cultivo en callejones. En la región de los Tuxtlas en el Estado de Veracruz, el INIFAP ha desarrollado las terrazas de muro vivo a base de cocoite (*Gliricidia sepium*) que permiten disminuir la erosión de los suelos de ladera y sostener la productividad de la tierra para el cultivo de maíz. Esta tecnología ya está siendo utilizada con éxito por los campesinos de la zona (Zúñiga, *et al*, 1993).

Importancia de las leguminosas

Una modalidad en el uso de leguminosas para la protección de los suelos es el uso de especies que por la producción de biomasa puede aportar cantidades importantes de abono verde que servirá para proteger el suelo de la erosión mediante su cobertura y, si este material es incorporado, aumenta significativamente la fertilidad del mismo en beneficio de los cultivos posteriores.

La historia del uso de cultivos de cobertura y/o abonos verdes en la agricultura es milenario, sin embargo la atención por parte de los investigadores es reciente, prácticamente en la segunda mitad del presente siglo. Los cultivos de cobertura fueron usados como abonos verdes en la dinastía Chou (1134-247 a.C.). Después de los chinos, los griegos y romanos usaron ampliamente las leguminosas como parte de sus cosechas. A la vez, Plinio, Virgilio, Teofrasto y otros contemporáneos escribieron sobre el uso de las leguminosas como cultivos de cobertura. El uso de las leguminosas en las asociaciones y rotaciones, o su cultivo como abono verde era una estrategia para reponer el nitrógeno extraído por los cultivos, y la materia orgánica que permitía mantener el suelo bajo condiciones físicas y químicas favorables para una producción persistente de los cultivos (Ortiz, 1995).

Con el uso predominante de fertilizantes químicos, los cultivos de cobertura o abonos verdes se llegaron a considerar sólo como fuentes de nitrógeno caras e ineficientes, sin tomar en cuenta sus diversas funciones biológicas benéficas para el suelo. A pesar de esa orientación tecnológica predominante, en algunas regiones tropicales de América Latina, grupos de campesinos de manera propia han venido desarrollando y difundiendo el uso de la pica-pica mansa (*Mucuna* spp.) para poder aprovechar continuamente sus suelos totalmente desmontados. Así, los campesinos pueden producir sus cultivos de subsistencia en forma sostenida y económica, gracias al combate biológico de arvenses, plagas y enfermedades, y al mantenimiento de la fertilidad logrados con la rotación o intercalación de estas leguminosas (Buckles y Tripp, 1993; Miranda, 1985; Quiroga y Alonso, 1993; Ortiz, 1995).

A continuación se mencionan las especies que más se han estudiado bajo esta perspectiva y algunos resultados sobresalientes:

Frijol terciopelo, Nescafé ó Picapica Mansa

Dentro de las especies más ampliamente estudiadas para estos fines se halla el frijol terciopelo, Nescafé, Picapica Mansa, frijol abono, etc. (*Mucuna* spp. o *Stylobium* spp.). Esta leguminosa es nativa de Malasia, Sur de Asia, China e India, y se le encuentra ampliamente distribuida en diversas regiones tropicales de todo el mundo. Las variantes cultivadas y las de establecimiento espontáneo en América y África han sido introducidas y dispersadas por el hombre, según las diversas rutas comerciales. Las plantas son anuales y perennes con crecimiento indeterminado vigoroso, que bajo condiciones favorables puede producir guías con longitudes entre 3 y 18 metros. El ciclo biológico va de 120 a 330 días, sus hojas son trifoliadas y sus flores van del color blanco al púrpura. La semilla puede ser de color crema, negro brillante, pardo y moteado. Las raíces son numerosas y con abundante nodulación cerca de la superficie. Acumula de 2.2 a 10.7 ton/ha de materia seca y produce de 0.24 a 6.12 ton/ha de semilla (Ortiz, 1995).

En rotación con maíz, la biomasa de *Mucuna* induce cambios benéficos al suelo entre los que destacan: una mejor cobertura, una mayor cantidad de materia orgánica (gracias al aporte de 4 a 5 ton/ha de materia seca) y un aporte de

nitrógeno equivalente a 149 kg/ha (García, Quiroga y Granados, 1994). Los resultados indican cierta protección contra la erosión como resultado de la siembra en asociación de *Mucuna*-Maíz, especialmente en terrenos con pendiente pronunciada.

Su uso como cultivo de cobertura y/o abono verde ya es común entre campesinos de regiones como el Norte del Istmo de Tehuantepec, la zona húmeda del Bajo Papaloápan, Tamulté de las Sabanas, Tab., la depresión central de Chiapas y más recientemente en la Sierra Juárez de Oaxaca.

Frijol Dólicos

Dolichus lablab L. o *Lablab purpureus*, es una especie introducida originaria de Asia Tropical que ha sido ampliamente utilizada como abono verde en Centroamérica (CIDICCO, 1991). Es una planta semiperenne que rebrota después de cosechada si se deja un tronco de al menos 5 cm y cuenta con humedad en el suelo. Es de crecimiento indeterminado y florece y fructifica durante toda la estación. Comparada con otras plantas leguminosas produce grandes cantidades de abono verde, siendo a la vez de crecimiento vigoroso y por consiguiente muy buena como cosecha de cobertura o para ahogar malezas. Sus ejotes y granos tiernos se pueden consumir sin problemas por el productor. Las semillas van de un color desde crema hasta negro opaco. Los granos secos también se pueden consumir como cualquier frijol.

Esta especie se ha evaluado en los Valles Centrales de Oaxaca y ha llegado a producir hasta 50 ton/ha de materia verde de follaje que puede ser incorporado al suelo como mejorador o bien quedarse en la superficie para proteger al suelo de la erosión hídrica. En condiciones tropicales florea a los 75-90 días, sin embargo en altitudes de 1500 a 1800 msnm su floración se produce a los 150 ó 180 días y puede ser asociado sin problemas con el cultivo de maíz.

Chepil ó Chipilín

Esta leguminosa pertenece al género *Crotalaria*, el cual comprende varios cientos de especies que están muy diseminadas y que por lo común se encuentran en las regiones tropicales y subtropicales. En tanto que varias de ellas son oriundas de América, la mayoría proceden de Asia o África. Son plantas leguminosas anuales o perennes, siendo la mayor parte de ellas de corta duración. Algunas son en forma de arbusto, pero casi todas son herbáceas. Unas pocas especies son de importancia económica y sólo se usan como cosechas de cobertura o abonos verdes para mejorar las condiciones del suelo.

En la depresión central de Chiapas la *Crotalaria* produce cerca de 50 ton/ha de materia verde, 8.4 ton/ha de materia seca, con una densidad de 125,000 plantas/ha (Quiroga y Alonso, 1993). En tanto que en los Valles Centrales de Oaxaca esta especie (*Crotalaria juncea*) produjo 20 ton/ha con densidades de 200,000 plantas/ha. Sin embargo, hay especies silvestres de chepil en casi todo el Estado de Oaxaca por lo que vale la pena realizar investigaciones que valoricen su potencial como alimento humano, forraje, abono verde y cultivo de cobertura.

Frijolón

De las especies del género *Phaseolus* con más potencial para ser utilizado como cultivo de cobertura se encuentra *P. coccineus*, especialmente para condiciones de tierras altas. Esta especie, conocida comunmente como frijolón, es nativa

del área de México-Guatemala y se encuentra ampliamente distribuida, tanto en su forma silvestre como en su forma cultivada, en las áreas ubicadas entre los 1,000 y 2,800 m de altitud de los países mencionados (Miranda, 1990).

La planta es perenne con raíz tuberosa, aunque bajo cultivo algunas variedades desarrollan una raíz fibrosa y son de ciclo biológico anual; a diferencia de otras leguminosas anuales de género *Phaseolus*, tiene cotiledones hipogeos en la plántula; tallos herbáceos y de crecimiento indeterminado o determinado. Las semillas que produce son de color blanco, rojo, amarillo, café, negro, morado, gris y pinto o estriado.

Algunas evaluaciones confirman el potencial de esta especie como cultivo de cobertura para tierras altas (CIDICCO, 1992). En comparación con las demás especies, esta tiene la ventaja de ser ya conocida por los agricultores locales, fácil adopción puesto que ya se maneja dentro de sus sistemas de cultivo, facilidades para su consumo, facilidades para la obtención de semillas y, fundamentalmente, la valorización de un recurso fitogenético local.

En Valles Centrales se ha evaluado su potencial y llega a producir 40 ton/ha de materia verde, con densidades de 35,000 plantas/ha y un ciclo vegetativo de 120 días a floración. En esta zona, en particular el ecotipo de Cuilapan de Guerrero, Oax., tiene usos múltiples ya que los campesinos utilizan las flores tiernas, los granos tiernos y secos para consumo humano, y el follaje como alimento para los animales. En este ciclo de P-V 1998 se ha iniciado un estudio detallado para conocer el manejo que le dan los campesinos de la zona y su potencial como abono verde adaptado a los sistemas tradicionales de cultivo.

Conclusiones

Se cuenta con información de campo de algunas especies de leguminosas con amplias posibilidades de incorporarse a los sistemas tradicionales de cultivo en tierras de ladera, con lo cual se disminuye significativamente la degradación del suelo y del agua, al tiempo que aporta beneficios adicionales como alimentos para uso humano y animal.

Esta perspectiva, sin embargo, no sería viable si no se involucra el trabajo conciente y organizado de los grupos campesinos en el ámbito de sus comunidades, para adaptar y promocionar localmente estas tecnologías, con lo cual se asegura su aprovechamiento sostenible.

Bibliografía

- Buckles, D. y Tripp, R. *Gorras y Sombreros: Caminos hacia la colaboración entre técnicos y campesinos*. En: Taller sobre métodos participativos de investigación y extensión aplicados a las tecnologías basadas en abonos verdes. (D. Buckles, Editor). CIMMYT. Catemaco, Ver.
- CIDICCO, 1991. *El uso del Frijol Lablab*. En: Noticias sobre el uso de los cultivos de cobertura. CIDICCO. Carta N° 4. Tegucigalpa, Honduras.
- CIDICCO, 1992. *La utilización de leguminosas en sistemas agrícolas tradicionales de regiones de altura*. Noticias sobre cultivos de cobertura. CIDICCO N° 6. Tegucigalpa, Honduras.
- García E., R., Quiroga M., R. y Granados A., N. 1994. *Agroecosistemas de productividad sostenida de maíz en las regiones calido-húmedas de México*. En: Tapado: Los sistemas de siembra con cobertura. (Thurston H.D. y otros, Edit.). CIIFAP - CATIE. Cornell University. Ithaca, N.Y. pp. 65-79.

- Graaff, J. de. 1993. *Soil conservation and sustainable land use. An economic approach*. Royal Tropical Institute. The Netherlands. 191 p.
- Hewlett, J.D. 1982. *Principles of poest hidrology*. Athens. University of Georgia Press. USA.
- Miranda C., S. 1990. *Identificación de las especies cultivadas del género Phaseolus*. Centro de Genética, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. 20 p.
- Miranda M., R. 1985. *Control de arvences y mejoramiento de suelos por medio de leguminosas en un agroecosistema tropical*. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio Superior de Agricultura Tropical. Cárdenas, Tab. 128 p.
- Ortiz C., A. 1995. *Evaluación de cultivares de picapica mansa (Mucuna spp.) como cultivo de cobertura*. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.
- Ortiz S., M., Anaya G., M. y Estrada B.W., J.W. 1994. *Evaluación, cartografía y políticas preventivas de la degradación de la tierra*. Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma Chapingo, Comisión Nacional de Zonas Aridas. Chapingo, México. 161 p.
- Quiroga M., R.R. y Alonso B. 1993. *Uso de abonos verdes en la depresión central de Chiapas*. En: Taller sobre métodos participativos de investigación y extensión aplicados a las tecnologías basadas en abonos verdes. (D. Buckles, Editor). CIMMYT. Catemaco, Ver.
- Zárate Z., R. 1994. *Estado de la degradación de la tierra inducida por el hombre: un manual para su cartografía*. Cuadernos de Edafología N° 24. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. Montecillo. Estado de México. 82 p.
- Zúñiga G., J.L., Camacho C., R., Uribe G., S., Francisco N., N. y Turrent F., A. 1993. *Terrazas de muro vivo para sustentar la productividad en terrenos agrícolas de ladera*. Folleto Técnico N° 6. SARH-INIFAP. CIRGOC. Isla, Ver. 27 p.

SELECCION DE GENOTIPOS DE MAIZ EN CONDICIONES LIMITADAS DE HUMEDAD.

José Dimas López-Martínez. *, Jesús Martínez-Trujillo** y Román González-Pérez**

Introducción

La producción de cultivos en las zonas de secano a nivel mundial es función de la expresión de los factores que se presentan en forma natural en el ambiente, y de la distribución del clima en tiempo y espacio. Para lograr un aprovechamiento integral de los recursos y disminuir riesgos en la producción es necesario desarrollar metodologías que integren los factores suelo, clima, planta y sus interacciones que ayuden a la toma de decisiones en este tipo de agricultura (Hernández *et al.*, 1993).

La tendencia en la reducción de la superficie irrigada en la Laguna, es palpable ya que de 162,000 hectáreas dedicadas a la agricultura de riego por gravedad y 30,000 por bombeo hasta 1986, en los últimos años se ha reducido la superficie sembrada, debido a que las fuentes de abastecimiento de agua (presa Fco. Zarco y Lázaro Cárdenas) no alcanzan a cubrir las necesidades de la región, ya que el manto freático se ha ido abatiendo a razón de 1.5 m/año.

Lo anterior hace necesario aprovechar eficientemente las 56,478 hectáreas dedicadas al cultivo de secano, y tratar de incorporar a ésta agricultura, una parte de las 4;311,734 dedicadas al uso pecuario y forestal (Ortega, 1990). Sin embargo, ello implica desarrollar una tecnología que garantice la obtención de cosechas.

Se considera que la agricultura de secano contempla áreas en donde se aprovecha además de la lluvia in-situ, el escurrimiento superficial generado en estas zonas; mientras que en agricultura de temporal únicamente se utiliza la precipitación durante el ciclo de cultivo, ya que esta es mayor que en secano (Velasco, 1983).

En las zonas áridas y semiáridas el potencial agroclimático es básico en la planeación agropecuaria para obtener el rendimiento esperado de un cultivo, así como la correcta aplicación de los recursos agua-suelo-planta-clima en altos niveles de eficiencia. La deficiencia de humedad limita el rendimiento y calidad de los cultivos e induce efectos negativos en el desarrollo de las plantas en zonas áridas y semiáridas, donde se practica la agricultura de temporal (Peña y Zapata, 1990). Estas zonas presentan también una gran variabilidad en las condiciones climáticas, lo cual implica un alto riesgo en las decisiones que toma el productor; lo que hace poco posible la adopción de paquetes tecnológicos para cultivos específicos. Por lo tanto, el estudio del comportamiento de los cultivos en ambientes marginales limitados por sequía, se considera un factor importante en la generación de tecnología para esas zonas, para lo cual, se toma en cuenta la disponibilidad de humedad producto de la precipitación, los requerimientos de agua de los cultivos y desarrollo y producción que estos hallan alcanzado con las restricciones de humedad. Tomando en consideración lo anterior el objetivo fue seleccionar el genotipo más eficiente para las condiciones áridas de la zona.

* Maestro-investigador de la División de Estudios de Postgrado. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Apartado postal 142. CP 35000. Gómez Palacio, Dgo. e-mail joshua@teleinfo.com.mx

** Alumnos de la Maestría en Agricultura orgánica sustentable y Doctorado en Manejo sustentable de los recursos naturales en las zonas áridas. División de Estudios de Postgrado. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Apartado postal 142. CP 35000. Gómez Palacio, Dgo.

Literatura revisada

Modelos de predicción de rendimiento mediante técnicas de regresión

Lomas (1981) consideró que los efectos del clima y el tiempo en el rendimiento de las plantas han sido de gran interés. Las relaciones entre fenómenos meteorológicos y el crecimiento, desarrollo y rendimiento de cultivos agrícolas no es todavía completamente entendido. Los estudios en análisis de crecimiento han proporcionado mucha información sobre los efectos de los factores climáticos en la actividad fotosintética en el rango de crecimiento de las plantas y acumulación de peso seco. Sin embargo, estos efectos son difíciles de integrar sobre el período de crecimiento total para describir el efecto del clima y el tiempo en el rendimiento final. Teniendo estas limitaciones presentes, se han hecho muchos ensayos para correlacionar elementos climáticos con rendimiento para proporcionar un método práctico cuantitativo para el análisis del clima y el tiempo sobre la producción de cultivos.

Goos *et al.* (1984) mencionaron que la cantidad de agua almacenada en el suelo a la siembra, tiene una gran importancia como factor crítico en el éxito de producciones de trigo de primavera anuales en la región semiárida de las grandes planicies nortefías de Estados Unidos de Norteamérica. El agua almacenada en el suelo a la siembra, la precipitación durante la estación de crecimiento y el rendimiento de grano de 53 experimentos de trigo de primavera en el Oeste de Dakota del Norte fueron analizados por una regresión múltiple, utilizando como variable dependiente el rendimiento de grano, el agua almacenada en el suelo a la siembra y la precipitación durante la estación de crecimiento como variables independientes. Se obtuvo el modelo de regresión siguiente:

$$Y = -210 + 99X_1 + 56X_2 \quad (1)$$

con una R^2 del 37% , considerando una confiabilidad baja del modelo para predicción de rendimientos futuros, aún si fuera conocida la precipitación durante la estación de crecimiento. Además, la seguridad de los rendimientos estimados están limitados por el valor de R^2 , ya que las ecuaciones de regresión múltiple a menudo tienen una sobrestimación de los valores de R^2 menores al 50 % (Bauer *et al.*, 1965).

Lomas (1972) reportó que la lluvia explicó el 75 % de la variación de los rendimientos de trigo en la India y del 61 al 79 % en Israel.

Análisis de riesgo en zonas áridas

La gran variabilidad de la lluvia en zonas áridas es una situación común que depende de la magnitud de la escasez de agua estacional, es claro entonces, que desde el punto de vista planeación de cultivos; es necesario interaccionar con incertidumbre y riesgo. Los economistas hacen una distinción entre incertidumbre y riesgo: riesgo se refiere a una probabilidad que puede ser estimada de información a priori; e incertidumbre se aplica a situaciones en las cuales la probabilidad no puede ser estimada (Angus, 1990).

La introducción del concepto de incertidumbre en los procesos de cosecha de agua, señalan la ventaja de considerar aproximaciones probabilísticas, puesto que varios tipos de incertidumbre pueden ser considerados racionales en el análisis, es claro entonces, que en el contexto de cosecha de agua, el uso de modelos de simulación puede reducir la incertidumbre del modelo, también la incertidumbre debido a errores sistemáticos puede ser reducida, con el efecto de un incremento en la observación y colección de datos.

Características climáticas

Según la clasificación de Köppen modificada por García (1973), el clima es árido con precipitaciones escasas todo el año y media anual de 240 mm. El periodo de lluvias comprende los meses de Mayo a Septiembre, lapso durante el cual se presenta el 70 % de la precipitación, la temperatura media anual es de 20.7 ° C.

Características edáficas

Los suelos de la región lagunera están comprendidos como Xerosoles según la clasificación de FAO-UNESCO modificada por la Dirección de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL, 1979), que corresponden a suelos que se localizan en zonas áridas y semiáridas de México, y tienen como vegetación natural matorrales y pastizales, capa superficial de suelo de color clara y pobres en materia orgánica.

Trabajo de campo

El trabajo se desarrolló durante el verano de 1995. Se estableció un experimento con cuatro genotipos de maíz (San Lorenzo, Blanco Hualahuises, H-419 y H-412), siendo los dos primeros variedades y los dos restantes híbridos respectivamente. La fecha de siembra fue el 18 de Septiembre de 1995.

La densidad de siembra usada fue de 12 kg/ha. El tamaño de las 48 parcelas fue de diez m de largo por 5.6 m de ancho, distribuyéndose aleatoriamente en una superficie de tres ha; 24 parcelas para cada genotipo evaluado. Esta distribución fue con la finalidad de explorar un amplio rango de condiciones de humedad en base al microrelieve.

Una consideración importante es que las tres ha donde se estableció la siembra, cuentan con un sistema de bordería antierosiva (terrazas) con dimensiones de 100 m de largo, un m de altura, un m de base ancha y 0.5 m de base angosta, con separaciones entre una y otra terraza de 30 m. Estos dispositivos hidráulicos permiten el manejo del escurrimiento superficial, pudiendo almacenarse (en el suelo) una lámina de agua hasta de 15 cm después de cada evento lluvioso dependiendo de la magnitud del evento. Dicho sistema es lo que hace posible tener producción de grano en la zona.

La preparación del suelo inició con el barbecho en el mes de diciembre; después de la lluvia se rastreó y dos días posteriores a la lluvia se sembró; dándose únicamente una escarda a los 20 días después de la siembra, para el control de la humedad y malas hierbas. En la fertilización se aplicó una dosis de 80-40-00, utilizándose urea y fosfato diamónico en la obtención de dicha dosis, aplicándola toda al momento de la siembra.

Variables de campo evaluadas:

a) Balance de humedad durante el ciclo de cultivo. Se midió la humedad semanalmente para este propósito y se expresó su valor en cm.

b) Densidad de población por parcela (DP). Se contó el número de plantas por parcela y se expresó en miles de plantas (10 días antes de la cosecha).

c) Rendimiento de forraje y grano por parcela. Se evaluó a la cosecha, utilizando los cinco surcos centrales y se expresó en ton/ha.

Metodología

La metodología aplicada en el estudio comprendió Un modelo de regresión múltiple empleando las siguientes variables para generar el modelo.

- a) Rendimiento de forraje y grano por parcela.
- b) Densidad de población por parcela (DP).
- c) Genotipos de maíz empleados(San Lorenzo, Blanco Hualahuisés, H-412, H-419

Siendo: Y= Rendimiento de grano por parcela.

X1= Densidad de población por parcela (DP).

X2= Genotipos de maíz empleados(San Lorenzo, Blanco Hualahuisés, H-412, H-419) introducida al modelo como variable Dummy, con 0 y 1. Es decir en primera instancia San Lorenzo es =0 cuando Blanco Hualahuisés, H-412 y H419 sean iguales a 1, y luego Blanco Hualahuisés es =0 Cuando H-412, H-419 y San Lorenzo sean=1, y así sucesivamente.

X2 = 0 Para San Lorenzo

X2 = 1 Para los otros genotipos.

Resultados y discusión

Condiciones Climáticas

La precipitación durante este año fue de 182.6 mm, la cantidad de agua precipitada durante el ciclo de cultivo fue de 118.5 mm, los cuales estuvieron distribuidos los primeros 60 días del cultivo. Precipitándose 5.2 mm en Mayo, 6.7 mm en Junio, 5.3 mm en Julio, 44.2 mm en Agosto, y 118.5 en Septiembre.

Durante 60 días, el cultivo se mantuvo con la humedad almacenada en el suelo proveniente de dichas lluvias durante este lapso de tiempo, lo cual originó problemas posteriores en el desarrollo del cultivo, principalmente en la etapa de llenado de grano, debido a que las altas temperaturas que se tuvieron en los meses de Septiembre a Octubre, originaron que la humedad se perdiera por evaporación, ocasionando limitantes en la etapa de llenado de grano y redundando lo anterior en baja producción. Coincidiendo con Jordan (1983); Qui y Redman (1993) quienes mencionan el efecto negativo de estas variables sobre el desarrollo del cultivo.

En lo referente a evaporación, las pérdidas de humedad presentadas fueron de 2,431 mm anuales. Durante el ciclo de cultivo (105 días) la humedad perdida por evaporación fue de 724 mm.

Cuadro 1. Valores de correlación de los genotipos de maíz y densidad de población. Fco. Villa, Dgo. 1995.

CORR	DP	HUAL	SNLOR	H412	H419	Y
DP	1.0000	-0.3298	-0.2024	0.2889	0.2434	0.4219
HUAL	-0.3298	1.0000	-0.3333	-0.3333	-0.3333	-0.2231
SNLOR	-0.2024	-0.3333	1.0000	-0.3333	-0.3333	0.1691
H412	0.2889	-0.3333	-0.3333	1.0000	-0.3333	0.2093
H419	0.2434	-0.3333	-0.3333	-0.3333	1.0000	-0.1554
Y	0.4219	-0.2231	0.1691	0.2093	-0.1554	1.0000

En el Cuadro 1 se observa que los genotipos tienen escasa correlación con densidad de población, ya que sus valores fluctúan de 0.2024 en el genotipo San Lorenzo a 0.3298 en Blanco Hualahuises, esto implica que considerando la relación entre las variables, todos los genotipos son estadísticamente iguales. Sin embargo, también se aprecia que la más alta correlación se tiene entre densidad de población y rendimiento con un valor de 0.4219 lo cual significa que la densidad de población por parcela tiene mucho que ver con el rendimiento.

Hay que considerar que las densidades por parcela fueron diferentes, y por ende los contenidos de humedad por parcela fueron importantes en la densidad, teniéndose plantas de diferentes alturas y en mayor cantidad en las parcelas con mejor conservación de humedad, sin descuidar la eficiencia en el uso del agua de cada uno de los genotipos.

En el Cuadro 2 se aprecia que existe diferencia significativa entre los cuatro genotipos involucrados, implicando que los cuatro genotipos tienen efecto significativo sobre el rendimiento, corroborando la hipótesis de que al menos un coeficiente de regresión (β) es diferente de cero. Considerando que esta relación se debió a las diferentes densidades de población que se tuvo en las 48 parcelas y por ende se obtuvo diferentes rendimientos de grano por parcelas y genotipos. Sin embargo, a pesar de que la relación genotipos- densidad de población es significativa al 0.05 % de significancia (α) su valor de R^2 es bajo 0.29. Indicando poca confiabilidad en el modelo empleado. Siendo su coeficiente de variación (29.25) aceptable, considerando que el estudio fue realizado en condiciones limitadas de humedad.

Cuadro 2. Análisis de varianza de los genotipos de maíz y densidad de población. Fco. Villa, Dgo. 1995.

	Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	valor F	Prob>F
Model	4	5.05374	1.26343	3.988	0.0083	
	Error	39	12.35650			
	Total	43	17.41024			

R^2 0.29 C.V. 29.250

Para llevar a cabo la selección del genotipo más eficiente a las condiciones de clima y suelo existentes en el área, se efectuó un procedimiento de regresión múltiple, considerando los genotipos como variable dummy. Obteniendo los siguientes modelos una vez efectuado el análisis de regresión.

Modelos obtenidos para cada genotipo

- Blanco Hualahuisés $Y = -0.857001 + 0.000094 DP + 0.226 HUAL$
- San Lorenzo $Y = -0.857001 + 0.000094 DP + 0.587 SNLOR$
- H-412 $Y = -0.857001 + 0.000094 DP + 0.373 H412$
- H-419 $Y = -0.857001 + 0.000094 DP + 0.0 H419$

Generándose a partir de esta información la Figura 2 donde se observa el genotipo más sobresaliente, que es el que tiene la mayor pendiente y por ende la mejor respuesta en rendimiento de grano, siendo el genotipo seleccionado la variedad San Lorenzo. Su modelo se desglosa de la manera siguiente.

$$Y = (\beta_0 + \beta_2) + \beta_1 X_1 + \epsilon_i$$

$(\beta_0 + \beta_2)$ =intercepto; β_1 = pendiente

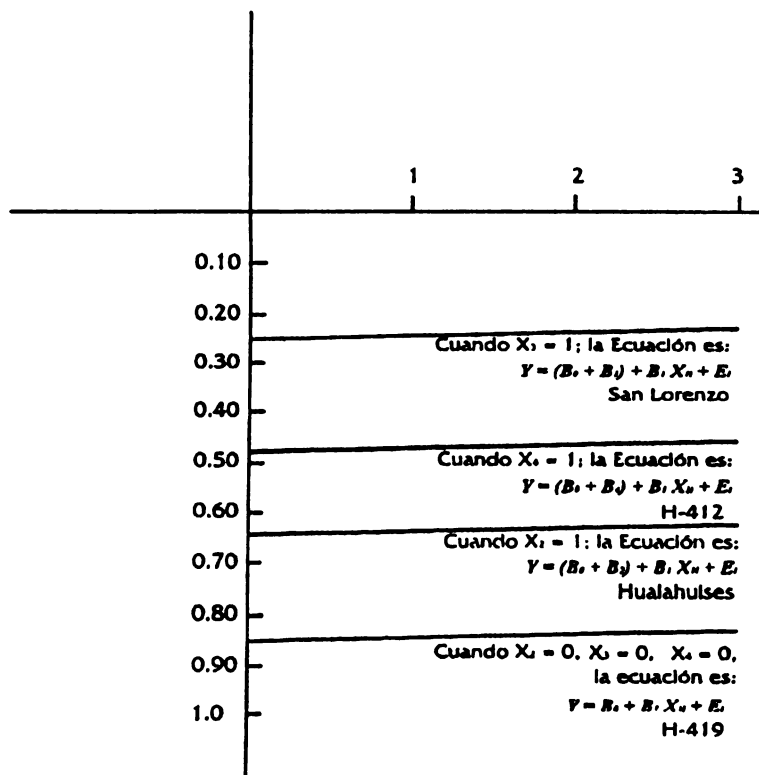


Figura 2. Genotipos de maíz en función de los modelos obtenidos. Fco. Villa, Dgo., 1995.

Conclusiones y recomendaciones

En los sistemas de producción de cosecha de agua con escasa precipitación en el período de crecimiento, la densidad de población es factor determinante para obtener rendimientos aceptables.

El genotipo más sobresaliente a las condiciones de suelo y clima del área es San Lorenzo, siendo una variedad que prospera bien en condiciones limitadas de humedad.

Se sugiere seguir trabajando este genotipo en otras áreas de la Comarca lagunera para ampliar sus perspectivas de aplicación e investigación bajo condiciones de riesgo climático.

Bibliografía

- Angus, J. F. 1990. The evolution of methods for quantifying risk in water limited environments. In proceedings of the international symposium on climatic risk in crop production. Models and management for the semiarid tropics and subtropics. Australia. pp. 39-53.
- Bauer, A., R. A. Young, and J. L. Ozbun. 1965. Effects of moisture on yields of spring wheat and barley. *Agronomy Journal* 57:534-536.
- Cohessen, J.J. and V. T. Covello. 1989. Risk analysis: A guide to principles and methods for analyzing health and environmental risk. Executive office of the United States.
- Dirección de Estudios del Territorio Nacional. 1979. Descripción de la leyenda de la carta edafológica. DETENAL. México, D.F. pp. 91-94.
- García E., 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Publicaciones UNAM. México, D.F.
- Goos, R. J., B.E. Johnson, F. J. Sobolik and R. P. Schnaider. 1984. Stored available soil water and the fallow/recrop decision critical level approach. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48:1134-1137.
- Hernández Y., C., Villa, C. M. y Jiménez, L. T. 1993. Crop production regional risk analysis. Conferencia Internacional para el desarrollo de zonas áridas. México, D.F. pp. 54
- Jones, P.G. and P.K. Thornton. 1993. A rainfall generator for agricultural applications in the tropics. *Agricultural and forest meteorology.* 63:1-19.
- Jordan, W. 1983. Whole plant responses to water deficits: An overview. In: Taylor, H. A., W. R. Jordan and T. R. Sinclair (Eds.). ASA-SSSA. Madison, WI. USA. pp. 289-317.
- Lomas J., 1972. Economic significance of dryland farming in the northern Negev of Israel. *Agric. Meteorol.* 10:383-392.
- Lomas Jacob., 1981. Simple agroclimatic models as a basis for an information system. *Interciencia.*(6):219-225.
- Peña R., A. y R. J. Zapata. 1990. Respuesta de variedades precoces de maíz a condiciones de temporal deficiente. Tercera reunión nacional de investigación forestal y agropecuaria. *Ag. Méx.* pp. 54-55.
- Qui, M. Q. and R. E. Redman. 1993. Seed germination and seedling survival of C4 and C3 grasses under water stress. *J. Arid Environments.* 24:277-285.
- Velasco M., Hugo, A. 1983. Uso y manejo del suelo. Editorial LIMUSA, México, D.F. pp. 123-132.
- Villalpando I., J. F. 1985. Metodología de investigación en agroclimatología. Secretaría de agricultura y recursos hidráulicos. Consejo directivo de investigación agrícola, pecuaria y forestal. México, D.F. pp 67-79.

TECNOLOGIAS PARA FORTALECER EL SISTEMA TRADICIONAL DE MAIZ DE TEMPORAL EN LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA

Carlos Arredondo Velázquez¹

Introducción

La superficie promedio que se siembra de maíz en el ciclo Primavera-Verano, en los Valles Centrales de Oaxaca es de 107,261 hectáreas; de las cuales se llegan a cosechar 89,345 (83.3%), el resto se pierden debido principalmente a la falta de lluvias, esto significa un total de 17,916 hectáreas (INEGI, 1990).

Al determinar el potencial agrícola de los Valles Centrales con base en probabilidad de lluvia, Pérez y Mejía en 1988 concluyen que en esta región, se tienen agudos problemas de sequía intraestival de la semana 28-32 (16 de julio al 12 de agosto), en casos muy severos, esta condición puede extenderse hasta la semana 34 (20-26 de agosto) y en tales circunstancias los daños serían irreparables. Las zonas con menor potencial para producir maíz de temporal son los suelos litosoles de lomerío donde se esperaría un rendimiento medio de 603 kg./ha. En tanto que las zonas con mayor potencial son los suelos de planicie con un rendimiento medio posible de 1006 kg./ha. En un estudio posterior (INIFAP, 1993) se precisa que de la superficie actual de siembra solo en 39,936 hectáreas se reúnen condiciones adecuadas para producir maíz, el resto (62.8%) enfrenta problemas graves principalmente por falta de agua.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto conjunto de varias prácticas agronómicas que pueden disminuir el riesgo de la sequía en maíz. Se espera que la acción integrada de: 1) aplicación de estiércol al suelo; 2) variedad tolerante a sequía; 3) remojado de la semilla; 4) siembra a chorrillo; 5) labranza reducida, 6) cubierta vegetal y 7) desespigue; contribuyan a realizar una agricultura temporalera sustentable.

Revisión de literatura

Aplicación de estiércol para mejorar la capacidad de retención de humedad del suelo

La práctica de abonar con estiércol vacuno al suelo es recomendada para mejorar sus características físicas, aumentando su capacidad de retención de humedad y la velocidad de infiltración del agua, además de que contribuye a su fertilidad (Guzmán y Monjaras 1982). Trabajos de fertilización y estercolado realizados de 1975 a 1977 en los Valles Centrales de Oaxaca, Rojo en 1990, concluye que la mejor respuesta del maíz se observó con la aplicación de 60 kg./ha de nitrógeno, además de 20 a 30 toneladas de estiércol.

Variedades tolerantes a sequía como un recurso para la escasez de lluvia

Algunos ejemplos de variedades que han mejorado su eficiencia de producción y resistencia a sequía son: Michoacán 21 Compuesto 2T, Cafime, Zacatecas 58 SM20 rot, H-204, V-209 y Tuxpeño-1 (Peña *et al.*, 1992; Fischer *et al.*

¹ M.C. Investigador del Programa de Maíz del Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Apartado Postal 33 Administración 3 Oaxaca, Oax. 68000. Tel y Fax: (952)15502

1984). Aragón en 1994 reporta que en los Valles Centrales de Oaxaca, la variedad de maíz "Bolita-sequía", produjo en una localidad seca 3.4% más que el criollo y 20.4% en la localidad de mejor precipitación.

Remojado de semilla para asegurar requerimientos mínimos de agua para la germinación

El remojado de la semilla es un precondicionamiento que asegura los requerimientos mínimos de agua para el inicio de la germinación, contribuyendo a un mayor crecimiento en la longitud de raíz y del coleóptilo. Casillas y Moreno en 1994, observaron que el remojado de la semilla de maíz superó en 0.3% al testigo sin remojar en el coeficiente de velocidad de emergencia; bajo condiciones de campo, reportan un adelanto significativo de tres días en la floración masculina y de 2.2 en la femenina.

Siembra a "chorrillo" para disminuir competencia entre plantas por agua y nutrientes

La siembra a chorrillo mejora las condiciones para producir grano, ya que cuando hay deficiencias de humedad, los efectos de la competencia entre plantas son más fuertes en las siembras mateadas. Según Ordáz y Moreno (1968), para lograr una población aceptable de 43,500 plantas de maíz por hectárea y mejorar su eficiencia de producción, es preferible tener una planta cada 25 cm en surcos a 92 cm de separación, o dos plantas por mata cada 50 cm; en vez de 3-4 plantas por mata cada 100 cm, como lo realiza el productor. Evaluando diferentes arreglos topológicos con maíces criollos en los Valles Centrales de Oaxaca, Ruíz en 1990, concluye que para una población de 40 mil plantas por hectárea, es mejor distribuir una planta por mata, arreglo que rindió 1777 kg./ha, contra 2 plantas/mata (1445 kg./ha).

Cubierta vegetal para reducir pérdidas de agua por evaporación

La aplicación de cubiertas vegetales reduce las pérdidas de agua por evaporación. Antezana *et al* en 1979 encontraron que la adición de cinco toneladas de rastrojo aumentó en 6% la humedad del suelo y en 10% el rendimiento de grano. Sawant y Dayanand en 1993 reportan que la cubierta al suelo disminuye su temperatura y conserva la humedad; esta práctica hace más eficiente el uso del agua y repercute en incrementos en los rendimientos de 34.3 a 48% sobre el testigo sin cubrir.

Labranza para disminuir laboreo y conservar humedad

Diversos autores citados por Phillips y Phillips en 1986, reportan que en parcelas de maíz sin laboreo, la humedad del suelo se incrementó en un 19%; el laboreo nulo acompañado de cubierta vegetal, además de disminuir la tasa de infiltración del agua, incrementó los rendimientos. De varios experimentos de labranza en maíz realizados en los Valles Centrales de Oaxaca, Ruíz y Rojo en 1989, concluyen que la labranza mínima (surcado más herbicida), es adecuada para suelos de planicie, pudiendo utilizarse labranza reducida (surcado más una escarda) en suelos de lomerío; esta práctica rinde igual que el sistema tradicional, pero disminuye costos.

Desespigue

Al realizar el desespigue hay traslocación de nutrientes hacia la estructura femenina, se favorece la tasa de fotosíntesis, se estimula un mayor tamaño y número de inflorescencias femeninas. Ramírez en 1977, practicó el desespigue en un 75% de las plantas en preantesis en los híbridos H-131 y H-30, observando incrementos en el rendimiento del orden

de un 13%. Espinosa y Celis en 1987 observaron que el desespigue en preantesis incrementó los rendimientos un 21% en la variedad Huamantla, un 18% en la variedad VS-22 y un 31% en el híbrido H-137 E.

Materiales y métodos

Durante los ciclos de cultivo de temporal de 1994 y 1995, se estableció un experimento en diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Cada repetición fue una localidad con los siguientes tipos de suelo: Reyes Mantecón, Centro (Fluvisol); Santo Domingo Barrio Bajo, Etla (Feozem); San Juan Guelavía, Tlacolula (Regosol) y Colonia Emiliano Zapata, Zaachila (Cambisol). Se probaron siete prácticas agronómicas que se agruparon en tres tratamientos:

T-1: Paquete Tecnológico Completo = Variedad tolerante a la sequía + estiércol de bovino + remojo de semilla + siembra a chorrillo + labranza reducida + cubierta vegetal + desespigue.

T-2: Paquete Tecnológico Completo con Criollo = Variedad criolla + estiércol de bovino + remojo de semilla + siembra a chorrillo + labranza reducida + cubierta vegetal + desespigue.

T-3: Paquete Tecnológico Intermedio = Variedad criolla + estiércol de bovino + remojo de semilla + siembra a chorrillo + desespigue.

T-4: Siembra Tradicional = Variedad criolla, sin aplicación de estiércol y sin remojo de semilla + siembra a "tapapie", labranza convencional sin cubierta vegetal y sin desespigue.

Para el abonado orgánico al suelo se aplicaron 10 ton/ha de estiércol de bovino el primer año y 5 ton/ha en el segundo. Como genotipo tolerante se usó la variedad experimental "Bolita-sequía"; el remojo de semilla consistió en colocarla en agua natural por un período de 24 horas. En la siembra a chorrillo se dejó una planta cada 34 cm en surcos a 65 cm, con una población de 45 mil plantas/ha. Labranza reducida consistió en sustituir las dos escardas que da el productor, por la aplicación de herbicida preemergente. La cubierta vegetal se aplicó una vez establecido el cultivo a razón de 6 ton/ha de rastrojo de maíz picado. El desespigue se realizó en preantesis en el 50% de la población de plantas. Todos los tratamientos se fertilizaron a la siembra con la fórmula 60-30.

Durante el desarrollo del cultivo, se tomaron muestras de suelo (0-40cm) para determinar su humedad por el método gravimétrico. La densidad aparente del suelo se determinó con una muestra por tratamiento midiendo volumen y peso en campo. La velocidad de infiltración se obtuvo utilizando infiltrómetros de cilindro, un sitio por tratamiento, haciendo registros cada cinco minutos por un período de dos horas. Para el registro semanal de la lluvia se utilizaron pluviómetros de cuña.

Las variables de planta estudiadas fueron: días a floración, altura de planta. Longitud, diámetro, peso de mazorca y peso de grano. Número de plantas infértiles, rendimiento de grano y rendimiento de rastrojo. La superficie promedio cosechada como parcela útil fue de 160 m² por tratamiento. Se realizó el análisis de varianza para cada variable observada y la prueba de separación de medias (Tukey 5%) para tratamientos.

Resultados y discusión

1. Comportamiento vegetativo y reproductivo del maíz.

El remojo de semilla adelantó 1.5 días la emergencia de plántulas (Cuadro 1), coincidiendo con lo reportado por Casillas y Moreno en 1994, aunque esta diferencia no se mantuvo al llegar las plantas a la floración masculina y

femenina, esto debidas posiblemente a que en siembras en seco o con baja humedad, los tratamientos con y sin remojo se comportan en forma muy similar.

La variedad tolerante a sequía se comportó similar que los criollos y esto pudo deberse a que es una variedad, como lo cita Aragón en 1994, formada con un 75% con material criollo de los Valles Centrales de Oaxaca.

Cuadro 1. Crecimiento vegetativo y reproductivo del maíz.

No. Trat.	Días emergencia	Días Flor Masc.	Días flor fem.	Altura planta (m)	Plantas infértiles (%)	Long. Mazorca (cm)	Diám mazorca (cm)	Peso grano + olote (gr)	Peso de grano (gr)
1	5.5	69	72	2.29	5.9	12.7	4.3	109.9	94.1
2	5.5	67	70	2.18	19.2	12.0	4.2	94.5	80.6
3	5.5	68	70	2.02	24.7	12.3	4.2	97.3	83.7
4	7.0	68	71	1.99	32.0	12.0	4.0	92.5	79.4

La tendencia de una mayor altura de planta en los tratamientos con las prácticas agronómicas, coincide con lo observado por Uribe en 1986 donde las plantas abonadas con 15 ton/ha de estiércol y sembradas a 1.2 metros entre hileras, fueron significativamente más altas que las sembradas a 0.8 m y sin estiércol. El porcentaje de plantas infértiles muestra una tendencia de valores bajos a favor de los tratamientos con las prácticas agronómicas.

Longitud, diámetro y peso de mazorca, así como peso de grano mostraron una tendencia a mejorarse con estas prácticas; estos resultados son aceptables puesto que bajo condiciones adversas, las pérdidas en rendimiento de grano se atribuyen a un decreciente tamaño y número de las mazorcas producidas por planta, que a su vez conducen a un menor número de granos por planta.

2. Comportamiento del maíz en el rendimiento de grano y de rastrojo

La variable rendimiento de grano fue significativo para tratamientos; la mayor producción de grano fue para T-1 promediando, en los dos años, 2.794 ton/ha; los tres tratamientos con las prácticas agronómicas son similares entre sí y estadísticamente diferentes al testigo; en el primer año lo superan con 469 kg./ha y en el segundo con de 671 kg./ha (Cuadro 2). Esta información coincide con lo obtenido por Asteinza y Espinosa en 1990, quienes aplicando fertilización (150-50-00), más acolchado (10 ton de paja/ha), más desespigue, más estercolamiento (60 y 120 ton/ha), obtuvieron un rendimiento de 8,026 kg./ha, superior en un 30.3% sobre la práctica del productor que no llevó estos componentes (6,161 kg./ha).

La variable producción de rastrojo mostró diferencias significativas entre tratamientos solo en 1994. El tratamiento que expresa la mayor producción con respecto al testigo fue el T-1 (Cuadro 2). En promedio, los tratamientos con las prácticas agronómicas superaron con 1516 kg./ha al testigo en 1994 y con 670 kg./ha en 1995,

Cuadro 2. Rendimiento de grano y rastrojo en maíz (ton/ha).

No. Trat.	Rendimiento de grano		Rendimiento de rastrojo	
	1994	1995	1994	1995
1	2.513 a	3.075 a	6.168 a	6.506 a
2	2.815 ab	2.154 a	6.350 ab	6.134 a
3	2.638 abc	2.520 b	4.676 ab	5.395 a
4	2.186 c	1.912 b	4.215 b	5.341 a
Tukey (5%)	0.485	0.546	1.223	1.780
CV (%)	20.5	31.8	24.2	43.1

3. Condiciones climáticas y de suelo durante los experimentos

Lluvia. Los registros de lluvia acumulada de junio a octubre, indican que en 1994 hubo un total de 328 mm, mientras que en 1995 fueron 395 mm (Cuadro 3). Para conocer la magnitud de la sequía ocurrida en estos experimentos, se hace la comparación de estos valores contra las normales climáticas de la estación meteorológica del Campo Experimental Valles Centrales, ubicada en Santo Domingo Barrio Bajo Etla, en el periodo 1976-1993. De esta manera se observa que en el primer año, la cantidad de lluvia fue 30.6% menor a lo que normalmente llueve; para el segundo año fue 16.3% menor. La distribución de la lluvia fue bastante irregular (Figura 1).

Cuadro 3. Cantidad y distribución de lluvia (mm) durante ciclo de cultivo del maíz en las diferentes localidades.

Mes	Reyes		Sto.Dmgo.		Guelavía		Colonia		Promedio		Normales 1976-1993
	94	95	94	95	94	95	94	95	94	95	
Junio	54	7	194	27	49	64	89	29	97	32	130
Julio	62	117	79	74	56	51	31	79	57	80	106
Agosto	136	291	141	267	69	127	113	101	115	196	99
Sept.	17	60	38	45	15	85	20	56	23	62	100
Oct.	30	15	41	43	27	25	45	16	36	25	36
Total	299	490	493	456	216	352	298	281	328	395	471

Humedad aprovechable. Relacionando el ciclo del cultivo del maíz con la humedad aprovechable (H.A.) en el suelo, se aprecia que durante la siembra de 1994, la H.A. fue de un 75.9% (Cuadro 4), condición aceptable para asegurar una buena población de plantas; esto confirma lo reportado por Mohanty y Sahoo (1994) de que no hay afectación en la población real de plantas del maíz cuando la H.A. está entre un 100% y 75%. En cambio, esta misma etapa en 1995 solo dispuso de un 57.5% de H.A. lo que originó una población inicial deficiente que obligó a realizar trabajos de resiembra.

En la etapa vegetativa la H.A. en ambos años, está por arriba del 55%, considerándose aceptable para el desarrollo de las plantas. En la etapa reproductiva, la H.A. en 1994 es de 54.2%, situación que afectó el rendimiento de grano, pues como indica Cano en 1994, desde 10 días antes y hasta el fin de la floración del maíz, la H.A. del suelo no debe bajar del 70%. En 1995 en esta etapa no se tienen problemas pues la H.A. es de 85.3%. En la etapa de madurez fisiológica, que comprende la formación y llenado del grano; en 1994 se tiene una H.A. de 49.3% misma que es limitativa,

pues como lo citan Hanks *et al* en 1978, es recomendable mantener la humedad del suelo en al menos un 50% de H.A. durante y después del llenado de grano. En 1995 no se tienen problemas pues este valor es de 76.9%.

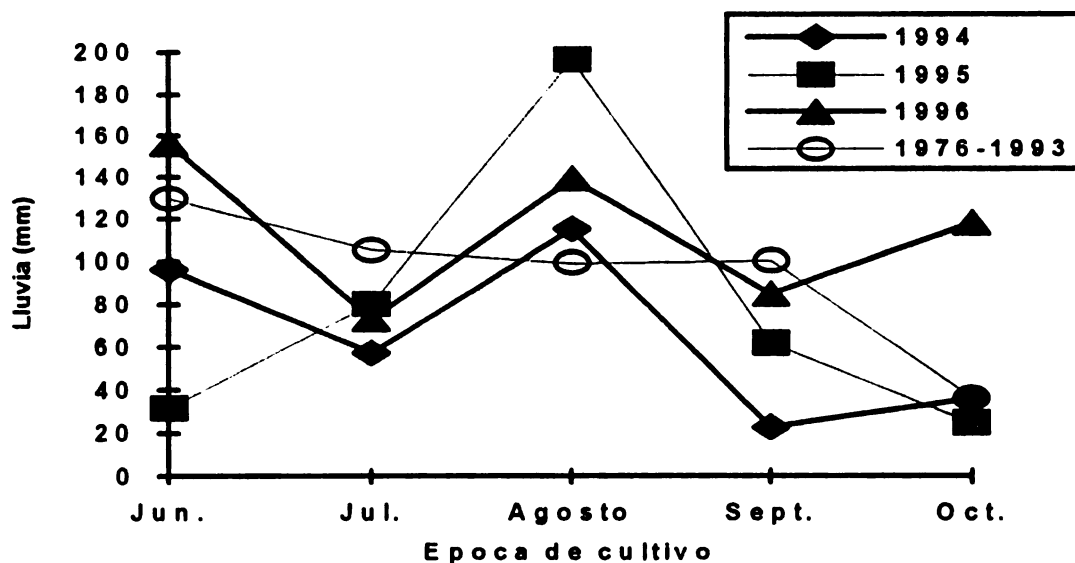


Figura 1. Cantidad y distribución de la lluvia durante la época de cultivo del maíz.

Cuadro 4. Humedad aprovechable promedio durante las principales etapas fenológicas del maíz.

Etapa Fenológica	H.A.(%) 1994	H.A.(%) 1995	Promedio
Siembra	75.9	57.5	66.7
Vegetativa	56.6	63.4	60.0
Reproductiva	54.2	85.3	70.9
Madurez Fisiológica	49.3	76.9	63.1

Densidad aparente y Velocidad de infiltración. Densidad aparente no se vio influenciada por las prácticas agronómicas pues las diferencias que existieron entre tratamientos no fueron significativas (Cuadro 5); esto marca una tendencia de que el suelo era 2.6% más compacto para los tres primeros tratamientos con respecto al testigo. Entre localidades, la diferencia fue estadísticamente significativa, la densidad aparente de Guelavía y Colonia Emiliano Zapata fueron 6.9% y 6% mayores con respecto al valor medio del experimento, puesto que son las dos localidades en donde los suelos son de textura más gruesa (regosol y cambisol, respectivamente).

Los suelos de texturas finas (Reyes Mantecón y Santo Domingo), tienen los valores más bajos de densidad aparente, lo cual es normal puesto que corresponden a los sitios fluvisol y cambisol, respectivamente.

Cuadro 5. Densidad aparente y velocidad de infiltración promedio de los suelos donde se ubicaron los experimentos de maíz.

Tratamientos	Densidad aparente (gr/cm ³)	Velocidad de infiltración (cm/hr)
T-1	1.415	10.6
T-2	1.416	8.0
T-3	1.389	13.6
T-4	1.370	13.7

La velocidad de infiltración no fue significativa entre tratamientos, (Cuadro 5). Numéricamente en T-1 y T-2 la velocidad de infiltración fue 31.6% más lenta. Los valores altos de densidad aparente y los valores bajos en velocidad de infiltración en los tratamientos que llevaron labranza reducida (T-1 y T-2), indican una tendencia a la compactación del suelo. A nivel de sitios, en Guelavía y Colonia Emiliano Zapata los valores son significativamente diferentes, siendo la velocidad de infiltración 58.1% mayor en los suelos regosol y litosol en comparación con los fluvisol y feozem.

Conclusiones

1. Por cantidad, durante el desarrollo del estudio, llovió en promedio 23.9% menos de lo que normalmente ocurre. Por distribución, afectó mayormente las etapas, reproductiva y de llenado de grano en 1994 y de siembra y emergencia en 1995. Comparando el valor medio observado de la H.A. contra el valor mínimo requerido en cada etapa del cultivo, se tuvo un déficit promedio de 14.3%.
2. Las prácticas agronómicas contribuyeron a mejorar las posibilidades de cosecha del maíz, observándose una tendencia a una mayor velocidad de emergencia de plántulas, mayor altura de planta, menos plantas infértiles y valores ligeramente mayores para longitud, diámetro y peso de mazorca, así como para peso de grano.
3. A pesar de disponer de menos lluvia, contra lo que normalmente ocurre, las prácticas agronómicas contribuyeron a que la producción de maíz fuera estadísticamente superior sobre el sistema tradicional, con un diferencial medio de 570 y 1093 kg./ha de grano y rastrojo, respectivamente.
4. Las sugerencias al sistema tradicional del productor son: aplicar anualmente al menos 5 ton/ha de estiércol. Usar semilla de la variedad bolita-sequia (V-233) o sus criollos locales. Sembrar oportunamente en la época de mayores probabilidades de lluvia (principios de junio hasta el 10 de julio). Contrario a la siembra tradicional "mateada", depositar una semilla cada 38 cm para tener una población de 40 mil plantas por hectárea. Aplicar herbicida preemergente para controlar maleza evitando competencia por agua y nutrientes, además de reducir el laboreo, puesto que se elimina la segunda escarda. Cuando el maíz se encuentre en floración, realizar el desespigue de hasta un 50% de plantas, práctica que favorece la producción y provee forraje fresco para la alimentación de la yunta (700 a 900 kg./ha de forraje fresco).

Bibliografía

- Antezana, T. M., Anaya, G. M., Tovar, S. JL. y Martínez, G. A. 1979. Influencia de la captación *in situ* de agua de lluvia. cobertura de rastrojo y fecha de siembra en la producción de maíz de temporal. Agrociencia Núm.36. pp: 179-189.

- Aragón, C.F. 1994. Bolita-sequía, nueva variedad de maíz para condiciones de temporal en los Valles Centrales de Oaxaca. XV Congreso de Fitogenética. Monterrey N.L. México. p:124.
- Asteinza, B.G. y Espinosa, C. A. 1990. Efecto del acolchado, estercolamiento, fertilización y desespigue en la producción de maíz híbrido H-149 en condición de riego. XIII Congreso Nacional de Fitogenética. Cd. Juarez, Chih. México. p:383.
- Cano, G. M A. 1994. Determinación de calendarios de riego para maíz H-311 en los Valles Centrales de Oaxaca. Informe anual de investigación 1993. SARH, INIFAP, CIRPS. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. p:14.
- Casillas, A. P. y Moreno N. A. 1994. Efecto del prehumedecimiento de la semilla de maíz *Zea mays* L. sobre la emergencia. XV Congreso Nacional Fitogenética. Monterrey, N. L. México. p: 429.
- Espinosa, C. A. y Celis, G.H. 1987. Desespigamiento y despunte de variedades comerciales de maíz en los Valles Centrales de México. Fitotecnia, Núm.9. pp:3-12.
- Fischer, K.S., E. C. Johnson y G. O. Edmeades. 1984. Mejoramiento y selección de maíz tropical para incrementar su resistencia a la sequía. CIMMYT. México. 23 pp.
- Guzmán, E. y Monjaras, A.F. 1982. La materia orgánica en el suelo. Publicación Especial No. 5. Campo Experimental Costa de Jalisco. SARH-INIA-CIAPAC. México. 201 pp.
- Hanks, R.J., Sorensen, V., and Retta, A. 1978. Corn production under drought conditions. Field Crop Abstracts. Vol.31 Núm.9 p:548.
- INEGI, 1990. Anuario Estadístico de Oaxaca. Gobierno del Estado de Oaxaca. Tomo II, México. 682pp.
- INIFAP, 1993. Determinación del potencial productivo de especies vegetales para el estado de Oaxaca. DDR 104 Valles Centrales. Publicación especial No. 6. SARH.INIFAP.CIRPS. México. 32 pp.
- Mohanty, S.K. and Sahoo, N.C. 1994. The influence of sowing depth and soil moisture content on seedling emergence of some field crops. Maize abstracts Vol. 10 Núm.2 p:133.
- Ordáz, O.F. y Moreno D.R. 1968. Efecto del espaciamento entre matas de maíz y rendimiento bajo diferentes niveles de fertilidad del suelo. Agric. Tec. en México. Vol. II Núm. 9. pp:407-410.
- Peña, R.A., Martín del Campo, V.S. y Jiménez, G.C.A. 1992. Mejoramiento para resistencia a la sequía en maíz. XIV Congreso Nacional de Fitogenética. Tuxtla Gutiérrez, Chis. México. p:319.
- Pérez, Z.O. y C. Mejía A. 1988. Potencial agrícola de Valles Centrales de Oaxaca con base en probabilidad de lluvia. SARH.INIFAP. Folleto de investigación Núm. 71. 41pp.
- Phillips, R. y Phillips, S. 1986. Agricultura sin laboreo. Principios y aplicaciones. Ediciones Bellaterra S. A. España. 316 pp.
- Ramírez, D. J. L. 1977. Efecto de la eliminación de órganos sexuales sobre el rendimiento de maíz. Tesis Profesional. ENA, Chapingo. México. 93 pp.
- Rojo, S.J. 1990. Dosis de nitrógeno, fósforo y estiércol en maíz de temporal. Resumen Memoria de investigación 1970-1990. XX Aniversario del Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. SARH.INIFAP. México. p:47.
- Ruiz, V.J. 1990. Evaluación de criollos de maíz bajo diferentes arreglos topológicos, densidades y fechas de siembra. Resumen Memoria de Investigación 1970-1990 XX Aniversario del Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, SARH. INIFAP. México. p:62.
- Ruiz, V.J. y J.Rojo S. 1989. Evaluación de intensidades de labranza en maíz de temporal en los Valles Centrales de Oaxaca. II. Reunión Científica Forestal y Agrpecuaria. CIFAP-OAXACA. México. p:66.
- Sawant, A. C., and Dayanand. 1993. Effects of some agronomic practices on the growth of rainfed maize in north India. Maize Abstracts. Vol.9 No. 6. p:441.
- Uribe, V. G.C. 1986. Respuesta del cultivo de maíz a cinco factores controlables de la producción bajo temporal deficiente. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México. 124 pp.

EL USO DEL ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO COMO COBERTERA ORGANICA, EN EL CULTIVO DEL NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) EN LA REGION DE MILPA ALTA, D.F.

Andrés Fierro Alvarez¹ y María Magdalena González López¹.

Introducción

El agua es fundamental para el desarrollo de los cultivos, pero la urbanización requiere cada vez mayores volúmenes de agua, por lo que esta compete con la agricultura, debido a esto se están buscando y/o utilizando técnicas que hace unas décadas no se utilizaban. Pero debido a la gran demanda de agua para la industria, el uso domestico, personal y para la agricultura, resulta urgente utilizar estas tecnologías que permitan utilizar de manera mas eficiente el agua de lluvia para la producción de cosechas.

La región de Milpa Alta, es suburbana, y para la producción agrícola no se dispone de agua para el riego de cultivos, por lo que la producción agrícola se basa en el agua de lluvia, debido a esto los agricultores han buscado alternativas para mantener la humedad en el suelo, así como cultivos que permita su cosecha durante casi todo el año, o de los contrario sólo se sembrarían los cultivos anuales (maíz, frijol, calabaza, haba, avena, trigo, entre los más importantes), y sólo obtendría una cosecha al año, en el caso de las hortalizas, estas requieren de una fuente complementaria al agua de lluvia, la que no se dispone.

Por lo que, a partir de la mitad del siglo XX en la Región de Milpa Alta, D. F., se ha creado una cultura de siembra del nopal de castilla (*Opuntia ficus-indica*) o nopal-verdura o nopalitos. Este ha sustituido a los cultivos tradicionales como el maguey, maíz, frijol, forrajes. La producción de nopal-verdura en esta región se basa en la aplicación de altos volúmenes de estiércol, sin aplicación de agua de riego. La única limitante en su producción se presenta durante el periodo de heladas, produciendo una disminución considerable en su producción, fuera de esta la producción es durante todo el año. La tecnología aplicada por los productores de Milpa alta es 100 % propia de la región. Como el nopal es una cactácea su fotosíntesis es de tipo CAM, lo cual hacen muy eficiente el uso del agua (Salisbury y Ross, 1991) y si ha esto se le agrega la aplicación de una cobertera orgánica, en este caso estiércol de ganado vacuno fresco, permite conservar la humedad del suelo, haciéndola disponible en el periodo seco (Fierro, et al.,1996). Así el uso de coberteras orgánicas (estiércol de ganado bovino) la tecnología de que permitan conservación el agua de lluvia a lo largo del año, se combina con un cultivo que ha desarrollo mecanismos fisiológicos para la economía del agua.

EL CULTIVO DEL NOPAL-VERDURA (*Opuntia ficus-induca*) EN MILPA ALTA

El nopal es una planta que sobrevive sólo con el agua de lluvia, pero cuando se somete a cultivo es necesario es necesario proporcionarle agua de riego para incrementar su producción. El nopal verdura (*Opuntia ficus-indica*) requiere una emisión constante de brotes por lo que sus requerimientos de agua son mayores. Es en los meses de sequía es cuando se tiene la mayor cantidad de brotes, es recomendable dar riegos ligeros en esta época (Delgado, 1989). En la actualidad en la región de Milpa Alta no se utiliza riego en ninguna plantación (INEGI, 1995(b)). Las necesidades de agua se suplen con fuertes aplicaciones de abono orgánico, estiércol fresco de ganado bovino para conserva la humedad del suelo (Losada et

¹ Profesor de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco.

al, 1996(b)). En otros lugares del país se aplican riegos cada 8 a 15 días dependiendo de las necesidades del cultivo y sobre todo de la disponibilidad de agua (Ramírez, 1978).

Es importante destacar que los altos niveles de estiércol de ganado bovino que utilizan los productores de nopal en Milpa Alta es único en México (Losada *et al*, 1996(b)). Existe un reconocimiento generalizado entre productores e investigadores en el sentido de que a pesar que el nopal se le ubica como un planta rústica, éste responde favorablemente a la aplicación de abonos orgánicos e inorgánicos (Fernández, *et al*, 1990; y Flores y Olvera). En relación al empleo de estiércoles y fertilizantes químicos existen algunos reportes acerca de su influencia en la producción de nopal verdura (nopalitos) y forraje (Delgado, 1989; Fernández *et al*, 1990; Flores y Olvera, 1994; Muños, 1994; Vázquez y Gallegos, 1997). En la región de Milpa Alta, la principal zona productora de nopal verdura, la superficie desatinada a este cultivo a ido en aumento desde los últimos cincuenta años, caracterizándose por desarrollarse bajo una tecnología empírica, basada en la fertilización orgánica con estiércol fresco de bovino, con niveles que van de 200 hasta de 800 ton/ha (Fernández *et al*, 1990; Godines, 1992; Losada *et al*, 1996(a) y (b) y Grande *et al*, 1996).

La región de Milpa Alta en la actualidad produce el 80 % de nopal verdura a nivel nacional (Flores y Olvera, 1994). La superficie destinada a este cultivo ha ido en aumento desde los años cincuenta, esta producción se caracteriza por desarrollarse bajo una tecnología de producción empírica, siendo la fertilización orgánica (estiércol fresco de ganado bovino) la de mayor inversión una vez establecida la plantación (Fernández *et al*, 1990).

El nopal de verdura requiere para su cultivo, suelo de origen calcáreo, de textura franca; que presente buen drenaje y permeabilidad, con pH de 6.5 a 9.5 y con pendientes fuertes, se recomienda realizar prácticas de conservación de suelos, como terrazas y curvas a nivel (Flores y Olvera 1994, Losada, 1996(b)).

En relación con el sistema de plantación, la distancias entre plantas de 0.30 a 0.40 m la cual es suficiente para que desarrolle una planta sin dejar espacio, y la distancia entre surcos o hileras es de entre 0.80 a 1.00 m, lo que permite el paso para poder realizar las actividades de mantenimiento y cosecha. Las pencas utilizados como semilla son sembradas a una profundidad de 10 a 15 cm es decir una cuarta parte de la penca, a los 20 días se aplica el abono orgánico (estiércol). La densidad de plantación, va de 25 000 a 41 662 plantas por hectárea, aunque existen diferentes criterios para definir el número de plantas por hectárea, se encuentran plantaciones con 40 000 plantas/hectárea, en el cual las plantas se siembran a un metro entre surcos y 25 cm entre plantas, tomando esta última medida de centro a centro de las pencas, esta densidad permite tener una producción intensiva, sin embargo presenta problemas de manejo al crecer y cerrarse las hileras, dificultando la labores de cosecha, poda, abonado, deshierbe, por lo anterior se recomienda plantar a 1.25 metros ó 1.5 metros entre hileras y 40 cm entre plantas, tomando esta última medida de centro a centro de las pencas, obteniéndose 20 000 y 16 667 plantas /hectárea respectivamente (Fierro, 1997).

En la región de Milpa Alta, D. F. se alcanzan producciones elevadas de nopal verdura (nopalitos), debido principalmente a la alta densidad de población de 20 000 plantas/hectárea. Para lo cual se realizan aplicaciones de abono orgánico, estiércol de ganado bovino fresco, este se aplican gruesas capas que van de 25 a 40 cm de espesor, que significan de 200 a 600 toneladas/hectárea, siendo la limitante el costo de camión de estiércol. Esto con la finalidad de retener humedad y de este modo se puede obtener producción en la época de secas, además proporciona nutrientes al suelo para ser utilizados por la planta, fundamentalmente nitrógeno, elemento indispensable para estimular nuevos brotes, el crecimiento de los mismos y aumentar la temperatura en la época de otoño e invierno. Para tener mayor uniformidad en la

producción, el estiércol se divide en dos aplicaciones al año, una a inicios de la temporada de lluvias y la otra cuando finalicen las lluvias, esta practica se realiza cada dos años (Fierro, 1997).

El nopal es una planta que sobrevive tan sólo con el agua de lluvia, pero cuando se somete a cultivo, es necesario una mayor cantidad de agua para obtener mayor producción. En el nopal verdura se requiere una emisión constante de brotes, por lo que los requerimientos de agua por la planta, también son mayores. Durante los meses de sequía es importante dar riegos ligeros. En la región de Milpa Alta, está necesidad de agua se suple con fuertes aplicaciones de estiércol fresco, pero para otros lugares del país es conveniente aplicar una capa mínima de 0.10 m de abono con el fin de conservar la humedad.

La cosecha se realiza durante todo el año, 1 a 2 veces por semana, de acuerdo con el tamaño de la parcela, pero la más elevada producción se realiza en Abril y Mayo, que corresponde a la época seca, le sigue la de la de mayo a septiembre, que corresponde al periodo de lluvias. Sin embargo el precio es más bajo durante estos periodos. La cosecha se realiza cuando los brotes midan de 0.10 a 0.30 m, de largo aunque no siempre se sigue este patrón de cosecha, pues el tamaño puede ser mayor o menor según las exigencias del mercado y gusto del consumidor.

Los principales problemas a los que se enfrentan los productores de nopal verdura en Milpa Alta son los siguientes: un mercado de oferta y demanda, en que la época de máxima producción los mercados se saturan, por lo que gran parte de la producción de nopal es utilizada como abono verde dentro de los plantaciones, porque no alcanza a ser vendida toda la cosecha, debido a que el precio de venta no cubre la inversión.

El presente trabajo se desarrolló en la Región de Milpa Alta, particularmente en la Delegación de Milpa, y en el predio "Las Animas" en Tulyehualco, Xochimilco, D.F. con el objetivo de conocer el contenido de humedad en el suelo, cuando se aplicaron 0, 100, 200, 300, 400, 500 y 600 Ton de estiércol de ganado bovino.

EL ESTIERCOL COMO COBERTERA ORGÁNICA

El abono es una sustancia orgánica (estiércol, guano, etc.) o inorgánica (nitrogenados, potásicos, fosfatados, etc.) que se aplica al suelo para aumentar la fertilidad y para proveer de nutrientes a las plantas. Los abonos orgánicos proviene de animales y plantas; generalmente son residuos de materia orgánica en descomposición, son por tanto abonos universales, aunque la producción de las sustancias nutritivas en ellos no sea simple, lo optima y precisa, por lo tanto es necesario corregirla a través de abonos complementarios minerales (inorgánicos).

Los abonos orgánicos están formados principalmente por desechos y residuos de plantas y animales, contienen mucho carbono y porcentajes reducidos de nutrientes. Los abonos orgánicos aportan algunos nutrientes a las plantas y compuestos de carbono que sirven de alimento a pequeños animales y microorganismos del suelo. El nitrógeno que contienen los abonos orgánicos en mayor o menor proporción es una fuente lenta pero continua de materia nutritiva. Aunque la materia nutritiva contenida en los abonos orgánicos están disponibles para las plantas sólo después de haber sido mineralizada, pero algunas sustancias como hormonas y enzimas pueden ser absorbidas directamente. Los abonos orgánicos no sólo aportan nutrientes, tienen además una influencia mejoradora de algunas propiedades físicas y químicas del suelo (Cruz, 1986).

El uso de abonos orgánicos en terrenos cultivados se remonta casi al nacimiento de la agricultura. Por otra parte el consumo mundial de nitrógeno y fósforo proveniente de abonos químicos jamás ha superado al consumo de abonos químicos (Cooke, 1981). Pero los abonos orgánicos muestran sobre los químicos las siguientes ventajas: mayor efecto residual, aumento en la capacidad de retención de humedad en el suelo, reducción de la erosión del suelo.

La composición química de las porciones sólidas y líquidas del estiércol, es muy difícil de precisar, debido a un número variable de factores que intervienen y pueden cambiar radicalmente las cantidades y porciones de nitrógeno, ácido fosfórico, potasa presentes entre otras. Estas cantidades están determinadas por la especie del animal, edad, condiciones individuales y de grupo de los animales, alimentación, tipo de cama y manejo y almacenamiento que el estiércol recibe antes de ser repartido sobre la tierra (Castellanos, 1984).

En el cuadro 1, se presenta la composición química de las porciones sólidas y líquidas del estiércol de diferentes animales de granja.

Cuadro 1. Composición química de los estiércoles frescos de diferentes animales de granja

Contenido (base seca)	Valor	Unidad	Estiércol vacuno	Estiércol Gallina	Estiércol cerdo
N total		%	2.09	3.07	1.50
P (P₂O₅)		%	0.59	0.45	1.26
K (K₂O)		%	2.06	0.59	1.83
Ca		%	1.47	1.30	1.07
Mg		%	0.53	0.30	0.48
C		%	44.74	38.90	29.93
Na		%	0.49	-	-
	C/N		17.97	12.98	19.95
	pH		8.4	6.8	7.3
M.O.		%	76.26	67.06	51.59
H₂O		%	86	55	87

Se puede considerar como término medio para su aplicación al campo, como contenido un 0.5 % de nitrógeno, 0.25 % de ácido fosfórico y un 0.5 % de potasa, estas cifras son promedios.

Los fertilizantes químicos, tienen una concentración de N, P, K, de 20 a 100 veces más que los estiércoles, pero estos últimos, además aportan micronutrientes, M.O., aminoácidos, y probablemente todos los oligoelementos.

A causa de la gran pérdida de CO₂ y H₂O durante este proceso de descomposición, hay una considerable reducción del volumen del estiércol. Los estiércoles frescos pierden de 20 a 40 % de tamaño por putrefacción parcial, y posiblemente el 50 % a medida que van descomponiendo más completamente.

El estiércol bien descompuestos es más deseable que el material fresco. Esto sucede sobre todo si el estiércol fresco tiene mucha paja. En los establos debido a que la orina no se puede separar de las excretas sólidas, y para absorber

la orina se pone paja de avena o trigo en el piso del establo para que la absorba. La adición de esta paja al estiércol desequilibra la relación carbono: nitrógeno (C/N) y reducir o impedir la formación de nitratos, por lo que cuando se aplica estiércol fresco con paja a un cultivo, este tiende a producir el mismo efecto que la carencia de nitrógeno.

Existe una relación entre la materia orgánica y el nitrógeno contenidos en los suelos. La cantidad y proporción de carbono existen en esta materia orgánica es grande, por lo que no es sorprendente que la razón entre el carbono y el nitrógeno en los suelos tienda a ser constante. La relación carbono: nitrógeno (C/N) en la materia orgánica de un suelo cultivado casi siempre es de 8:1 a 15:1, siendo el término medio de 10:1 a 12:1. En una región de clima seco se halla sólo una pequeña variación en esta relación, por lo menos en suelos tratados semejantemente. Las variaciones que existen parecen estar correlacionadas, con las condiciones climáticas, especialmente la temperatura, la cantidad y distribución de la lluvia, así en los suelos de las regiones áridas la relación C/N tiende a disminuir, mientras que aumenta en las regiones húmedas, cuando las temperaturas anuales son aproximadamente las mismas. De igual forma en las regiones cálidas es menor que en las frías, siempre que las lluvias sean casi de igual magnitud. También la relación es menor en los subsuelos en general, que para los correspondientes estratos superiores.

La relación C/N en los materiales vegetales es variable, siendo de 20:1 a 30:1 en las legumbres y estiércol, hasta 90:1 y aún más en ciertos residuos de pajas. En los microorganismos esta relación no es constante, es además no ordinaria de 4:1 a 9:1. Los tejidos bacterianos en general son más ricos en proteínas que los hongos y por lo tanto, tienen una relación menor (Gross, 1986).

Ade más muchos residuos orgánicos que están en el suelo llevan grandes cantidades de carbono y pequeñas cantidades de nitrógeno total, por lo que su relación C/N es elevada y los valores de esta relación C/N para los suelos está situada entre los de las plantas superiores y los de los microorganismos.

La relación C/N en la materia orgánica del suelo es un factor importante en un buen número de casos, de los cuales los dos más significativos son:

1. La competencia para el nitrógeno asimilable aparece cuando los restos tienen una razón C/N alta y son añadidos a los suelos.
2. Debido a lo constante de esta relación en los suelos, el mantenimiento del carbono y a su vez de la materia orgánica, dependen del nivel de nitrógeno en el suelo.

El estiércol aumenta sustancialmente la velocidad de infiltración inicial y tiene poco efecto en la infiltración básica, aumenta el uso de eficiencia del agua en un 26 %, ya que reduce la evaporación de un 21.5 % a 63.5 % (Zhaoc Ju Bao, 1996), por lo que es notable la eficiencia del uso del agua, mejora la aireación (Castellanos, 1985), también la aplicación de materia orgánica (M.O.) al suelo controla la erosión se reduce, ya que al aplicar la M. O., esta se adhiere a las partículas del suelo dando estructura y ayuda a adhesión entre micelas (Haynes, 1997).

Por otra parte la aplicación excesiva y frecuente de estiércol puede mejorar algunas propiedades físicas del suelo en poco tiempo, pero existe el riesgo de aumentar el contenido de sales solubles a niveles dañinos, por lo que se recomienda aplicar cantidades necesarias para cubrir los requerimientos nutricionales de las plantas (Stewart 1994, citado por Cruz, 1995).

La relación agua-suelo en coberteras orgánicas y materia orgánica da como resultado un significativo control, ya que el agua se conserva mejor la humedad a una profundidad de 20 cm, en suelos con alto contenido de humedad de materia orgánica (Li, Cheng Hua, et al., 1997).

OBJETIVOS

1. Conocer el contenido de humedad en el suelo durante el periodo al aplicar 0, 100, 200, 300, 400, y 600 ton de estiércol por hectárea, en la producción de nopal-verdura (*Opuntia ficus-indica*).
2. Conocer el comportamiento del precio del nopal-verdura (*Opuntia ficus-indica*) en la central de abastos.
3. Identificar la relación que existe entre el precio del nopal-verdura (*Opuntia ficus-indica*), la precipitación pluvial y la temperatura en la región de Milpa Alta.

HIPOTESIS

1. La humedad en el suelo es mayor al incrementar la cantidad de estiércol de bovino aplicado al suelo en forma de cobertera orgánica, en la producción de nopal-verdura (*Opuntia ficus-indica*).
2. Existe una relación del comportamiento de los fenómenos climáticos en la Región de Milpa Alta, en relación con el precio del nopal-verdura (*Opuntia ficus-indica*), en la Central de Central de bastos del D.F.

METODOLOGIA

La Delegación Milpa Alta se ubica al sureste del Distrito Federal entre los 19° 04' de latitud sur y 19° 13' latitud norte y entre las longitudes 98° 57' este y 99° 10' oeste. Las lluvias se concentran en los meses de Junio a Septiembre y la precipitación anual es de 746 mm, la temperatura media es de 16 °C, en los meses de mayo y junio las temperaturas son mayores y las menores se presentan en Diciembre y Enero, el periodo de heladas esta comprendido entre septiembre y marzo, siendo el periodo de mayor incidencia entre diciembre a febrero.

La evaluación del contenido de humedad en el suelo se realizó en el predio "Las Animas" que se ubica en la parte baja del lado norte del volcán Tehutli el cual tiene una altura de 2 700 metros sobre el nivel del mar (msnm), los suelos de origen volcánico. Se tiene una precipitación anual de 800 a 1 500 mm/año. Presenta un clima C(w), templado subhúmedo con lluvias en verano y alturas sobre el nivel del mar que va de los 2 000 a 3 687 metros (INEGI, 1994).

El suelo de "La Animas" en la profundidad de 0-30 cm presenta las siguientes características: pH de 7.55; densidad aparente de 1.43 gr/cm³; materia orgánica de 2.5 %; textura migajón arenoso; capacidad de campo 13 % de humedad; punto de marchitez permanente 6.5 % de humedad; porcentaje de saturación 27 %; conductividad eléctrica de 0.17 milimhos; Nitrógeno 0.15 ppm; Potasio 1.2 ppm y Fósforo 0.0 (Miramontes y Arroyo, 1994). Las unidades de suelo según la clasificación FAO-UNESCO son Feozem de formación Háplico, que no tiene limitaciones para su explotación agrícola.

La cobertera orgánica de estiércol se aplicó en áreas de 2 m x 2 m (4 m²). Los tratamientos fueron 0, 100, 200, 400 y 600 ton de estiércol/hectárea. Los muestreos se realizaron cada ocho días, a dos profundidades 0.20 y 0.40 m, la medición de humedad se realizó aplicando el método gravimétrico, los muestreos se iniciaron dos meses después de aplicado el estiércol, el primer muestreo se realizó en la primera semana de Marzo y el último en la última semana de Abril.

Los predios del nopal-verdura fueron proporcionados por la Administración de la Central de Abastos de la Ciudad de México, los datos precipitación, temperatura y heladas de la Estación Meteorológica de Milpa Alta de 21 años.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En el cuadro 3, se muestran los resultados de los análisis realizados al suelo y estiércol del predio "Las Animas", en Tulyehualco, Xochimilco, D.F.

Cuadro 3. Características del suelo y estiércol en el el predio "Las Animas" de Tulyehualco, Xochimilco, D.F.

Extrac-to	pH	C.E. ds/m	N (meq)	P (meq)	K (meq)	Na (meq)	M.O. (%)	Da (gr/cm ³)
Suelo (0-20 cm) ¹	8.12	1.01	13.20	5.90	0.16	3.90	6.67	1.2
Estiér-col (superficie del suelo) ¹	10.03	1.10	1.73 (%)	0.45 (%)	0.85 (%)	1.6 (%)	8.50	-

1. Se tomo una muestra de cada tratamiento y se mezclaron, y de esta se tomo una muestra.

En el cuadro 4, se presentan los contenidos de humedad (%) en el suelo a dos profundidades (0-20 cm y 20-40 cm), aplicando diferentes niveles de estiércol por hectárea como cobertera orgánica, los muestreos se realizaron cada ocho días, iniciando en la primera semana de marzo y terminaron en la última de abril, debido a que estos son los meses más secos. En la figura 1, se muestran los valores del cuadro 4 de manera gráfica.

Cuadro 4. Contenidos de humedad expresado en porcentaje (%) (promedios), en el suelo de las Animas, a dos profundidades (0-20 cm y 20-40 cm), aplicando diferentes niveles de estiércol por hectárea como cobertera orgánica.

Profundidad (cm)	0 Ton/ha	100 Ton/ha	200 Ton/ha	300 Ton/ha	400 Ton/ha	600 Ton/ha
0-20	5,7 %	6,1 %	7,1 %	7,5 %	11,1 %	12,1 %
20-40	5,9 %	6,5 %	6,9 %	7,6 %	10,9 %	13,8 %

Porcentaje de humedad en suelo

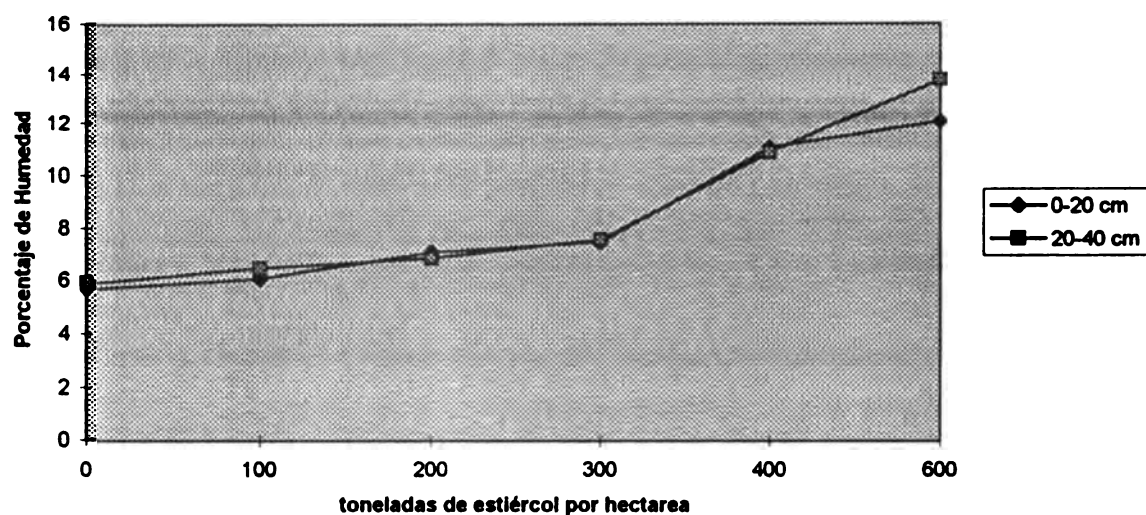


Figura 1. Gráfica del contenidos promedio de humedad (%) en el suelo a dos profundidades (0-20 cm y 20-40 cm), aplicando diferentes niveles de estiércol por hectárea como cobertura orgánica.

En el cuadro 5, se presentan los datos de precipitaciones y temperatura medias mensuales de 21 años de la Estación Meteorológica de Milpa Alta, así como los precios en pesos del ciento de nopal, en la Central de Abastos.

Cuadro 5. Datos de precipitaciones y temperatura medias mensuales de la Estación Meteorológica de Milpa Alta (CNA, 1988), así como los precios en pesos del ciento de nopal, en la Central de Abastos.

	Enero	Febrero	Mar-zo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos-to	Sep-tiem-bre	Octu-bre	No-viem-bre	Di-ciem-bre
Preci-pita-ción (mm)	12.4	9.4	17.1	32.3	65.6	130.4	144.9	124.0	94.3	52.4	12.7	7.1
Tem-pera-tura media men-sual (°C)	13.4	14.5	16.3	17.9	18.4	17.7	16.6	16.6	16.4	15.6	14.5	13.7
Número de Hela-das (me-dia)	8	3.5	0.77						0.3	0.3	2.2	3.4
Precio 1995 ¹	13.73	16.75	10.09	6.72	10.33	11.82	10.67	12.74	16.86	24.36	19.40	28.45
Precio 1996 ¹	37.64	20.50	8.00	10.05	7.68	10.20	15.35	15.59	12.35	29.43	39.35	38.62
Precio 1997 ¹	35.23	24.26	12.28	10.23	9.90	9.57	14.74	13.76	15.19	28.13	39.53	37.52

1. Servicio Nacional de Información de Mercados, (1997).

En la figura 2, se muestra el comportamiento de los precios del nopal en pesos (el 100 de nopal), y la precipitación (mm/mes) observada en cada meses del año. Por otra parte en la figura 3, se muestra el comportamiento de los precios del nopal en pesos (el 100 de nopal), y la temperatura media mensual ($^{\circ}\text{C}$) observada en cada meses del año.

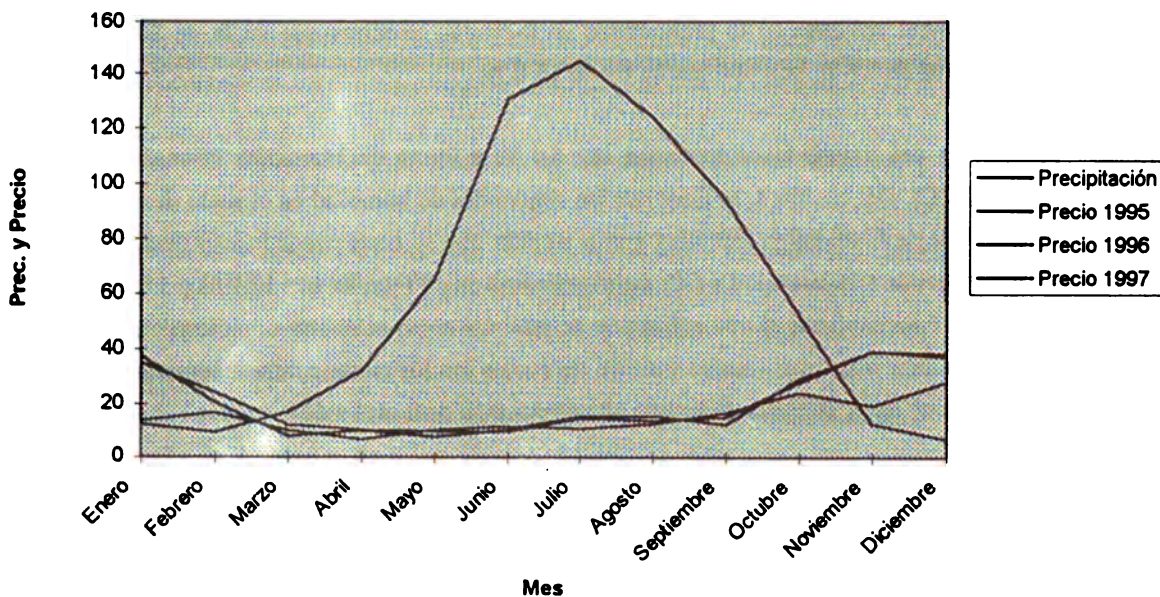


Figura 2. Comportamiento de los precios del nopal en pesos (el 100 de nopal) para los años 1995 a 1997, y la precipitación en (mm/mes) observada en cada meses del año.

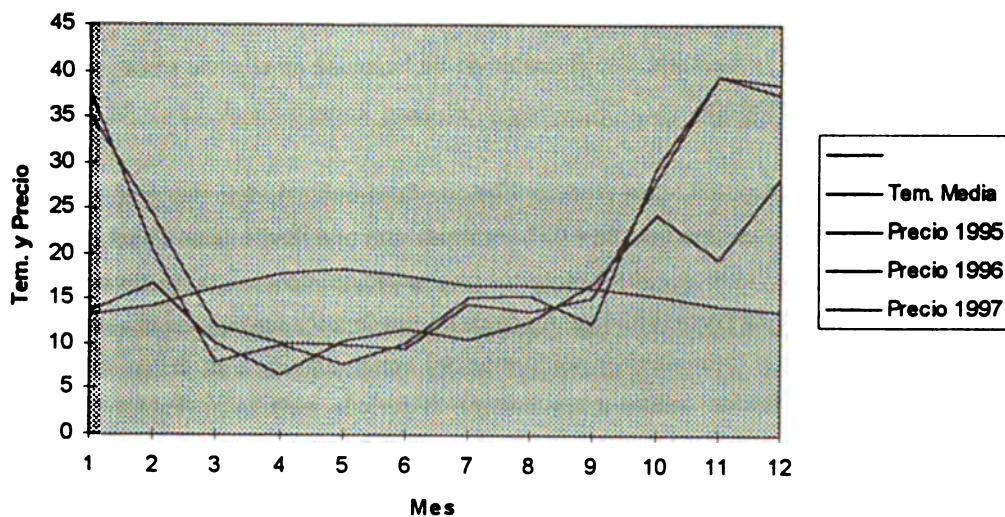


Figura 3. Comportamiento de los precios del nopal en pesos (el 100 de nopal) para los años 1995 a 1997, y la temperatura media mensual en ($^{\circ}\text{C}$) observada en cada meses del año.

En la aplicación de diferentes niveles de estiércol de ganado bovino como cobertera orgánica, se presentaron diferencias en los contenidos de humedad en el suelo, ya que el muestreo a dos profundidades de 0-20 cm y de 20-40 cm con seis diferentes aplicaciones de estiércol como cobertera orgánica (0 ton/ha, 100 ton/ha, 200 ton/ha, 300 ton/ha, 400 ton/ha, 600 ton/ha), se presenta un aumento en el contenido de humedad de 5.7 % con 0 ton/ha de estiércol hasta 12.1 % con 600 ton/ha de estiércol aplicado en la profundidad de 0-20 cm, mientras que en la de 20-40 cm con 0 ton/ha el contenido de humedad fue de 5.9 %, con 600 ton/ha fue de 13.8 %.

Los parámetros del contenido de humedad son 6.5 % a Punto de Marchitez Permanente (PMP) y 13 % en Capacidad de Campo (CC). Del cuadro 4, se tiene que los contenidos de humedad en el suelo desnudo fueron inferiores al valor de PMP en ambas profundidades, mientras que a medida que se incrementa la cantidad de estiércol aplicado el contenido de humedad tiende a la humedad a CC, siendo máxima en 600 ton/ha con 12.1 % y 13.8 % para 0-20 cm y 20-40 cm respectivamente. Esto confirma que la aplicación de estiércol como cobertera orgánica permite conservar humedad en el suelo durante los meses más secos (marzo y abril), los cuales son los meses con la máxima producción y por lo tanto con la máxima demanda de agua, para mantener una alta producción de brotes y de nopalitos.

El contenido de M.O. en el suelo sin aplicación de estiércol fue de 2.5 % (0-30 cm), pero el análisis de la muestra mezclada de 0-20 cm, fue de 6.67 %, con esta cantidad se mejoraran las propiedades físicas y químicas del suelo. Posiblemente este aumento considerable de M.O. explique la disminución de la densidad aparente, de 1.42 gr/cm³ a 1.20 gr/cm³.

Por otra parte la aplicación excesiva y frecuente de estiércol puede mejorar algunas propiedades físicas del suelo en poco tiempo, pero existe el riesgo de aumentar el contenido de sales solubles a niveles dañinos, el análisis del suelo tomado donde se aplicó el estiércol como cobertera muestra que el contenido de sales es de 1.01 ds/m, mientras que el suelo sin aplicación esta fue de 0.17 ds/m, lo que confirma lo reportado en la literatura.

Con base a lo anterior se acepta la hipótesis, que el contenido de humedad en el suelo se incrementa al aumentar la cantidad de estiércol aplicado como cobertera.

Se encontró que la producción anual del nopal-verdura (*Opuntia ficus-induca*) tiene una producción anual de 211 916 toneladas, las cuales se cosechan en una superficie de 4 057 hectáreas, con un rendimiento anual de 52.23 ton/ha. Se observa que existe una relación entre los fenómenos meteorológicos (precipitación mensual, temperatura media mensual y número de heladas) y el precio del nopal. El precio está muy fuertemente ligado a los fenómenos climáticos mencionados, dado que estos influyen directamente en el crecimiento y producción del nopal, dado que en la región las estaciones del año están muy definidas, el periodo de lluvias (mayo a septiembre), el periodo seco de noviembre al mes de abril, el periodo de heladas de septiembre y octubre con 0.3 heladas, noviembre con 2.2 heladas, diciembre con 3.4 heladas, enero con 8 heladas, febrero 3,5 heladas y marzo con 0.77 heladas. Las mayores temperaturas se presentan en los meses de Abril, Mayo y Junio, presentándose aquí la mayor evapotranspiración.

En los meses del invierno se presentan las temperaturas más bajas y la mayor cantidad de heladas, razón por la cual el crecimiento del nopal disminuye drásticamente, elevándose el precio del nopal y es precisamente en este periodo que se presentan los precios más altos (Cuadro 5). Durante la primavera la temperatura se incrementa incidiendo directamente en un considerable incremento en la producción de nopal, siendo éste el periodo de máxima producción del precio más bajo. En el verano o periodo lluvioso la producción de nopal disminuye con respecto al periodo seco, y

conforme avanza este la producción tiende a disminuir y el precio aumenta, y el precio mejora a partir del inicio del mes de octubre que coincide con el inicio del otoño, y el inicio de las heladas. Por lo anterior se acepta la hipótesis que existe una relación del comportamiento de los fenómenos climáticos (precipitación y temperatura) en el precio del nopal-verdura en la central de bastos.

BIBLIOGRAFIA

- Buckman, H. y Brady N. 1992. Naturaleza y propiedades de los suelos. Editorial Montaner y Simón, S. A. Barcelona, España.
- Castellanos R. J. 1984. El estiércol para su uso agrícola. INICIAIVO, Folleto Técnico No.1. México.
- Cruz M. S. 1986. Abonos orgánicos. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México.
- Cruz, Z. V. M. 1985. Efecto inmediato y residual abonos orgánicos. Departamento de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montesillo, México.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). 1988. Estación Meteorológica Milpa Alta, México, D.F.
- Delgado, Ñ. V. 1989. Prueba de 4 colectas de nopal verdura mineral en diferentes aplicaciones de estiércol, fertilización mineral y lámina de riego. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México.
- Fierro, A. A. 1997. Producción de nopal-verdura (*Opuntia ficus-indica*) utilizando altos volúmenes de fertilizante orgánico (estiércol de bovino) en Milpa Alta. V Congreso Internacional y VII Nacional sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal. Monterrey, N. L.
- Fierro, A. A. 1997. Costos de Producción y comercialización del nopal verdura (*Opuntia ficus-indica*) en Milpa Alta, D.F.. V Congreso Internacional y VII Nacional sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal. Monterrey, N. L.
- Fernández M.; Vázquez R. J. y Villalobos J. A. 1990. Fertilización preliminar de nopal verdura en Milpa Alta, D. F. En IV Reunión Nacional y II Encuentro Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. Zacatecas, Zac.
- Fernández G. R. 1982. Los abonos orgánicos en México. Ciclo Internacional sobre la utilización del estiércol en México. Torreón, Coahuila.
- Flores V. y Olvera M. J. 1994. El sistema producto nopal verdura en México. SARH-UACH-CIESTAAM. Chapingo, México.
- Godines C. J. G. 1992. Alternativas viables para aprovechar el potencial productivo del nopal en Milpa Alta. Editorial ENEP-Aragón. UNAM: México.
- Grande D.; H. Losada; J. Rivera; R. Zavala; A. Fierro; J. Vieyra; J. Rangel; L. Arias; J. Cortes y A. Zamudio. 1996. La producción de nopal en Milpa Alta como un ejemplo de un Agroecosistema sub-urbano sustentable. II Simposio Internacional y III Reunión Nacional sobre Agricultura sostenible: una contribución al desarrollo agrícola integral. San Luis Potosí. México.
- Gross A. 1986. Abonos, guía práctica de la fertilización. Editorial Mundi-Prensa. España.
- Haynes, J. 1997. Applying compost and mulches to control erosion. Biocycle, 38:5. Pp. 55-57.
- INEGI. 1995. Anuario Estadístico de la Delegación Milpa Alta. INEGI. México.
- Li Chenghua; Ma, chenglin; Li Ch. And Ma Cl. 1997. Soil cover with organic mulch and its influences on soil physical parameters (1) soil moisture contents under organic mulch. Jilin University of Technology, Changchun, China.
- Losada H. ; D. Grande; J. Vieyria, L. Arias; R. Pealing; J. Rangel and A. Fierro. 1996(a). A sub-urban agro-ecosistem of nopal-vegetable production based on the intensive use of dairy cattle manure in the southeast hills of Mexico City. Livestock Research for Rural Development. Vol. 8, No. 4, Nov.(66-70pp).

- Losada H.; Neale M.; Rivcra J.; Grande D.; Zavala R.; Arias L.; Fierro A. and Vieyra J. 1966(b). The pattern of agricultural and animal production in the South east of Mexico City as a resource for sustainable e agriculture. 4. The presence and experiemental utilisation of the nopal-vegetable (*Opuntia ficus-indica*) as an important sustentable crop of terraced areas. *Livestock Research for Rural Development* (2):40-49.
- Miramontes y Arroyo, 1994. Estudio edafológico del predio las Animas. UAM-Xochimilco.
- Ramírez V. C. H. 1978. Respuesta d ella fertilización química y orgánica del nopal de verdura (*Opuntia ficus-indica* Mill Var. Tlaconopal) en condiciones de riego y temporal. Tesis Profesional. Escuela de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luís Potosí.
- Servicio Nacional de Información de Mércados. 1997. Precio del Nopal Grande. Central de Abastos de la Ciudad de México y Edo. de Morelos. México.
- Vázquez A. R, y Gallegos V. C. 1997. Efecto de altos niveles de estiércol en la producción de dos variedades de nopal verdura. V Congreso Internacional y VII Nacional sobre conocimiento y aprovechamiento del Nopal. Monterrey, Nuevo León. México.

ESTABLECIMIENTO DEL NOPAL RASTRERO (*Opuntia rastrera*) EN LA ISLA DE FERTILIDAD DE LA “GOBERNADORA”

Victor Manuel Rodríguez Carreón^{*}, Myrna Julieta Ayala Ortega^{**}, Juan José López González^{**}

INTRODUCCION

En nuestro país la desertificación, es un problema nacional al que no se le ha dado la prioridad que debe tener. Tan solo basta decir que solo el 3% de la superficie de las zonas áridas no ha sufrido o solo tiene una ligera degradación, el resto esta degradada y más de la mitad en forma severa (Estrada, 1995). Aunque, esto es preocupante, ya que el proceso de desertificación es dinámico y avanza día con día, aun sé esta ha tiempo de emprender programas masivos para combatirla. Para ello, existen estrategias complicadas que utilizan maquinaria y las ecológicas que requieren de mano de obra y herramientas simples.

Por las circunstancias sociales, económicas y políticas en las que pasa el país, es difícil la implementación de las estrategias complicadas. Por el contrario las ecológicas, resultan recomendables porque además de atacar el problema de la desertificación, se generan fuentes de empleo en el campo. El establecimiento de especies nativas en las zonas áridas, siempre ha sido aconsejable para rehabilitar los sitios degradados. Lo ideal es hacerlo con plantas utilizables, de las cuales afortunadamente en nuestro país se tienen muchas opciones. El nopal rastrero, es una de estas plantas, que es aprovechada en gran parte del norte de México.

En las zonas áridas, la plantación debe hacerse en los llamados “sitios seguros”, unos de los cuales son las “islas de fertilidad” que generan las plantas que se encuentran ya establecidas. La utilidad de estas se optimiza, realizando pequeños bordos de captación de agua, como las conocidas “trampas de agua tipo media luna”.

ANTECEDENTES

En México, las zonas áridas y semiáridas ocurren en el 56% de todo el Territorio, de las 150 millones de has que son, cerca del 75% observan algún grado de desertificación (Anaya, 1987). Desertificación, es un proceso que se conceptualiza como “La disminución o la destrucción del potencial biológico de la tierra que puede desembocar difinitivamente en condiciones desérticas, siendo principalmente incrementada por actividades humanas (Medellín, 1977). El proceso sistemogénico global tiende hacia un proceso de desertificación avanzada (Gastó, Nava y López, 1981). Reportandose que avanza entre cien y doscientos mil has anualmente (Roldan y Trueba 1977). Esto ha originado un paisaje que refleja la degradación de la vegetación y por lo que es necesario, definir las estrategias de transformación que se pueden implementar, para reducir el grado de desertificación o para inducir estados sucesionales progresivos en los ecosistemas deteriorados. La cobertura vegetal, es la variable que mayor relación tiene con los procesos erosivos, es por ello que incrementarla, debe ser el primer objetivo general en un programa para reducir el grado de desertificación. Es necesario recalcar que hay poblaciones de especies nativas que tienen potencial productivo, como para ser redituables las actividades necesarias para restaurar los ecosistemas existentes en esta región. Y para esto se requiere previo a la transformación de su ecosistema, tener una visión del marco general que permita plantear los elementos necesarios para llevar un cambio deseado (Gastó et al. 1976):

Ahora bien, la distribución del matorral parvifolio inerm, es la vegetación predominante del norte de México, llega a ser poco compacta, ya que como se sabe. al incrementar la gobernadora (Larrea tridentata), que es su especie más típica, su

^{*} INIFAP- CIRNE- Campo Experimental Zaragoza, Coah.

^{**} UAAAN- Dpto. Recursos Naturales Renovables. Buenavista, Saltillo, Coah.

densidad, desplaza a las gramíneas perennes (Morton *et al.* 1990), además el halelopatismo que muestra hacia las otras especies y hasta sus altos niveles de aceites volátiles (Holechek *et al.* 1989) pueden incrementar la repelencia de los suelos hacia el agua (Huss *et al.* 1986), todo esto origina que domine la gobernadora, junto a otras plantas del mismo nivel competitivo o con otra estrategia biológica como las cactáceas o rosetofilas.

¿Que procesos suceden en este paisaje?. Bajo la copa arbustiva, sus hojas y a veces ramas caen alrededor de la corona de raíz/tallo de la planta, lo que propicia mayor captación de agua, menor evaporación y desarrollo del ciclo de nutrientes. Se origina así las llamadas "Islas de Fertilidad" denominadas por García-Moya y Mckell (1970). Los espacios interarbustos son pobres en nutrientes y raramente colonizados, aún por especies anuales y tienden a permanecer desnudos aún en años lluviosos. Además, en el caso de que exista algo de pendiente, los escurrimientos arrastran el poco mantillo orgánico del suelo (Wondzell, Cunningham y Bachelet, 1987) o bien pueden ocurrir y formarse horizontes vesiculares, que son estructuras en las que ciertos agregados carentes de materia orgánica forman capas impermeables en la superficie del suelo (Blackburn, 1975, citado por Treviño, 1990).

La pregunta fundamental para este estudio es ¿Qué se puede hacer para revertir o cuando menos detener la desertificación?. La contestación es sencilla, incrementar la cobertura vegetativa, y si es con comunidades deseables que mejor. Ya que el principal factor que afecta la infiltración y que el hombre puede controlar es la cubierta vegetal (Huss *et al.* 1986) y esta protege al suelo de manera efectiva. Aunque, la efectividad de la vegetación en la prevención de la pérdida de agua por flujo superficial, esta fuertemente relacionada a su densidad (Huss *et al.* 1986). Dado todo lo anterior y ya que el tipo de vegetación y la cantidad de cobertura, pueden modificar las relaciones suelo - agua de un sitio (Wood y Blackburn, 1981). Se puede tener como objetivo lógico, el de transformar el matorral parvifolio inerme, hacia un tipo vegetativo con especies más deseables, aprovechables o de mejor sociabilidad, de tal forma que permita estados sucesionales más progresivos.

El nopal se presenta como un recurso importante para la estabilidad económica y social de los habitantes del Centro y Norte de México, especialmente en el desierto Chihuahuense (López, 1977). Reconociéndose que la zona Norte comprende la región más extensa donde se desarrolla en forma natural el nopal forrajero de porte arbustivo y rastrero López y Elizondo (1988). En el Estado de Coahuila la distribución del nopal rastrero se restringe hacia el Suroeste (López *et al.* 1987).

El problema fundamental, por el que pierde impacto, ha sido la intensa explotación a la que es sometido y que no ha permitido su producción potencial (Medina *et al.* 1976). Así, desde principios de este siglo y hasta los años 70's, la utilización del nopal se había incrementado fuertemente en los establos. La presión fue tan grande que cada vez se tenía que ir más lejos a cosechar esta planta (Marroquín *et al.* 1964). En la actualidad no se ha cambiado este panorama, la acción antrópica que tienen los ganaderos sobre las poblaciones naturales ha ocasionado que la superficie que ocupaban se vean reducidas claramente (Tovar 1991). Esto ha ocasionado que la distribución de las plantas sea cada vez más irregular, existiendo lugares con altas densidades y productividades y otras que generalmente ocupan mayor superficie desprovistos de nopal. Es por ello que es necesario regularizar no sólo la arquitectura de la planta sino que la estructura espacial de la población a través de raleos y de plantaciones intercaladas (Gastó, Nava y López 1981). Así en algunos estudios (López, Gastó y Nava, 1981 y López *et al.* 1977) se ha demostrado que el potencial productivo de la nopalera es superior a su productividad real, por lo cual no sería este un factor limitante inmediato para su desarrollo.

Sin embargo, es necesario considerar que las circunstancias sociales, económicas y políticas en las que pasa el país, dificultan la implementación de estrategias complicadas de restauración que requieren la utilización de maquinaria y gran cantidad de recursos económicos. También, que los productores del semidesierto, tienen el nivel tecnológico más bajo, ya que no cuentan con maquinaria, tecnología, infraestructura y ni recursos económicos, por lo que su actividad se ha limitado

a la poco productiva ganadería de caprinos y bovinos criollos en pastizales generalmente degradados y a la recolecta de plantas xerófilas como la candelilla, lechuguilla y dados los precios de sus productos que prevalecen en el mercado, únicamente le sirve para subsistir (CIRNE 1992).

En base a lo anterior, se puede asumir que lo más recomendable, es desarrollar las estrategias ecológicas, como el establecimiento de estructuras de captación de agua para ayudar al establecimiento de especies económicamente importantes y que sirvan para detener los procesos erosivos. Pero, que fueran simples de realizar y con costos bajos, como son las "microcuencas tipo de media luna" en la isla de fertilidad de arbustivas. Lo que biológicamente es viable ya que hasta en años de baja precipitación (100 mm) es posible establecer el nopal rastrero (Rodríguez y Martínez 1996; Rodríguez, Ayala y López, 1997), Encontrándose sobrevivencias después de dos periodos de lluvia por arriba de del 95% (López et al., 1997). Mediante ello, además de atacar el problema de la desertificación, se generan fuentes de empleo en el campo.

MATERIALES Y METODOS

Sitio experimental: Este estudio se efectuó en el Campo Experimental "La Saucedá" que se ubica en Ramos Arizpe, Coah., siendo sus coordenadas 25° 26' latitud norte y 101° 102' longitud oeste, aproximadamente a 1 250 msnm. El clima es BW w(x') h(e), definido como muy árido, con régimen de lluvias de verano. Los suelos son migajones arcillosos y francos. La vegetación predominante es el matorral parvifolio inerte, con dominancia de gobernadora (De la Cruz y Zapién 1974).

Procedimientos

El establecimiento de las pencas de nopal rastrero se efectuó en la isla de fertilidad de la gobernadora, a la que se le realizó una estructura de captación de agua conocida como trampa de agua tipo media luna. Para lo cual, se hace un bordo a contra-agua de unos 20 - 30 cm de altura, de forma semicircular separada a un metro del tallo de la gobernadora. Se realizaron en 1995, para establecer una arbustiva que no sobrevivió. Por lo que se rehabilitaron en 1996 para establecer el nopal rastrero. La plantación se realizó en julio - agosto, que es cuando se establece la época de lluvias.

Por medio de un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 3 x 3 tratamientos, con cuatro repeticiones (de 5 pencas), se evaluaron los siguientes factores y niveles experimentales:

A) Pencas utilizadas en el establecimiento: 1) una y 2) dos

B) Forma de establecimiento:

- 1) Pencas dejadas sobre el suelo (tiradas).
- 2) plantación con orientación de las caras hacia el este- oeste.
- 3) " " " norte- sur.

C) Sitio de establecimiento:

- 1) Pegada al bordo, por dentro del semicírculo.
- 2) Entre la gobernadora y el bordo (enmedio).
- 3) Abajo de la gobernadora.

Se evaluaron las variables de respuesta: Numero y diámetro de renuevos; porcentaje de daño por liebres y o sequía sobre la penca- base establecida y sobre los renuevos.

RESULTADOS

En los análisis de varianza efectuados a las variables de respuesta: numero y diámetro de los renuevos (cuadro 1), se encontraron diferencias altamente significativas ($\alpha = 0.01$) entre los niveles de los factores. Aunque no se encontró lo mismo

entre las interacciones, salvo la excepción de AC, que se acercó a la significancia ($\alpha = 0.05$). A partir de las comparaciones de medias de Duncan ($\alpha = 0.05$) mostrados en el cuadro 2, se puede decir que: plantar dos pencas es mejor que una, en cuanto al número (1.11 vs 0.81) y diámetro de renuevos (17.4 vs 12.2 cm²); que plantar las pencas es mejor que tirarlas sobre el suelo, indistintamente de la orientación de las caras de las pencas. Aunque se puede recomendar la plantación orientada al norte-sur, que fue el mejor nivel en el Número (1.24) y diámetro de renuevos (17.0 cm²). En cuanto al sitio de plantación en la estructura de captación de agua, las diferencias estadísticas permiten asumir que establecer las pencas pegadas al bordo (1.13 y 14.8 cm²) es tan bueno como establecerlas en medio (1.0 y 13.8 cm²). Aunque, se tuvo mejor diámetro al establecerlas abajo de la gobernadora (16.5 cm²).

Se realizaron los análisis de varianza para comparar los porcentajes de daño por liebres y o sequía sobre las pencas plantadas y los renuevos. Aunque no se encontraron diferencias significativas, ni entre los niveles de los factores ni en sus combinaciones. Sin embargo, cabe resaltar que del daño reportado en la combinación de los niveles A1 (una penca) y B1 (penca tirada), causó en un 25% la pérdida total de las pencas establecidas por daño de sequía. Lo que se presentó solo en este caso.

CUADRO 1. Cuadrados medios del error / α de los análisis de varianza de las variables de respuesta: número y diámetro de los renuevos.

FUENTE DE VARIACION	NUMERO CM/ α	DIAMETRO CM/ α
A) 1 VS 2 PENCAS	1.711 / 0.002	485.68 / 0
B) FORMA PLANTACION	4.191 / 0	158.01 / 0
C) SITIO PLANTACION	0.830 / 0.008	68.43 / 0.01
AB	0.095 / 0.506	9.85 / 0.50
AC	0.428 / 0.07	37.51 / 0.08
BC	0.142 / 0.539	6.91 / 0.76
ABC	0.087 / 0.692	27.49 / 0.13
ERROR	0.154	14.625

CUADRO 2. Prueba de Duncan para la comparación de medias ($\alpha = 0.05$) de las variables de respuesta: número y diámetro de renuevos. Se muestran las medias del porcentaje de daño por liebres y/o sequía en la penca base y renuevos.

FACTOR Y NIVEL	NUMERO	DIAMETRO	% DAÑO	
			BASE	RENUEVO
A1 (1 PENCA)	0.81 b	12.2 b	32 *	8
A2 (2 PENCAS)	1.11 a	17.4 a	28	3
B1 (PENCAS TIRADAS)	0.48 b	12.0 b	34 *	7
B2 (ORIENT E / O)	1.16 a	15.6 a	24	6
B3 (" N / S)	1.24 a	17.0 a	35	5
C1 (PEGADA BORDO)	1.13 a	14.8 ab	27	7
C2 (ENMEDIO)	1.0 ab	13.2 b	37	4
C3 (ABAJO GOVERN.)	0.76 b	16.5 a	24	6

Literales a y b marcan diferencias significativas ($\alpha = 0.05$).

- indica un 25% de pérdida total de las pencas establecidas

LITERATURA CITADA

- ANAYA G., M. 1987. Overpopulation, desertification, famine. p.128-130. : En: E. F. Aldon, C.E. Gonzalez V. y W. H. Moir (Co ed.). Estrategias de clasificación y manejo de vegetación silvestre para la producción de alimentos en zonas áridas. Gen. Tech. Rep. RM-150. Fort collins Co. Serv. For. Dpto. Agric. USA.
- CENTRO DE INVESTIGACIONES REGIONALES DEL NORESTE 1992. Segunda Reunión Científica Forestal y Agropecuaria: Coahuila -INIFAP - SARH. Memoria. Saltillo, Coahuila. 114 p.
- DE LA CRUZ C., J. A. Y M. ZAPIÉN B. 1974. Campo Experimental forestal de zonas áridas " La Saucedá", Ramos Arizpe, Coah. Líneas de Investigación y resultados. Boletín Divulgativo No. 36. SARH- INIF.
- GARCÍA-MOYA, E. AND C.M. MCKELL. 1970. Contribution and shrubs to the nitrogen economy of a desert wash plant community. Ecology 51:81-88
- GASTO C., J.R. NAVA C. Y J.J. LOPEZ G. 1981. Proceso de carga y descarga frutal en poblaciones naturales de *Opuntia streptacantha* Lewaire. Monografía Técnico - Científica
- GASTO C., J.R. NAVA C. Y R. ARMIJO T. 1976. El ecosistema silvoagropecuario entificación y atributos. UAAAN. Monografía Técnica Científica 2:180 Saltillo, Coahuila.
- HOLECHEK, J.L., R.D. PIEPER AND C.H. HERBEL. 1989. Range management, principles and practices. Prentice Hall Englewood claffs. New Jersey. Unites States of America
- HUSS, D.L., BETNARDÓN, D.L. ANDERSON, Y J.M. BRUN. 1986. Principios de manejo de praderas naturales. INTA.- RLAC-FAO. Chile 366 p.
- LOPEZ G., J.J. 1977. Descripción y transformación del ecosistema *Opuntia sptreptacantha* Lemaire. Tesis Maestría. UAAAN.
- LOPEZ G., J.J. M.J. AYALA O. Y A. RODRIGUEZ G. 1987. Factibilidad Agroecológica para la explotación económica del nopal forrajero *Opuntia* spp. En el Desierto Chihuahuense. 2º. Informe. CONACYT - UAAAN. Saltillo, Coahuila. 100 p.
- LOPEZ G., J.J. Y D. ELIZONDO E. 1988. El conocimiento y aprovechamiento del nopal en México. En: LOPEZ G., J.J. Y M.J. AYALA O. (ED.) El nopal. Programa y Resúmenes de la 3ª Reunión Nal. y la Internacional. UAAAN. 128 P.
- LOPEZ G., J.J., J. GASTO C., R. NAVA C. Y J.G. MEDINA T. 1977. Ecosistema *Opuntia sptreptacantha* Lemaire, UAAAN. Monografía Técnico Científica Vol. 3 No. 5: 394 - 545.
- LOPEZ G., J.J., J.M. FUENTES R., V.M. RODRIGUEZ C. Y RODRIGUEZ G. A. 1997. Establecimiento, utilización y manejo de nopal rastrero (*Opuntia rasrera* Weber), en el sur de Coahuila, México. P.293-294. En: Memorias del VII Congreso Nacional y V Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Monterrey, N.L.
- MARROQUIN J., S, L. BORJA, R. VELAZQUEZ C. Y J.A. DE LA CRUZ. 1964. Estado Ecológico y Dasonómico de las zonas áridas del norte de México. Publicación Especial. No. 2. INIF.166 p.
- MEDELLÍN L., F. 1978. La desertificación, problema de alcance mundial. P 13-23. En: Medellín L., F. (Ed.) 1978. La desertificación en México. IIZA. - U.A.S.L.P. SEP.
- MEDINA T., J.G., R. DE LA LUNA V., Y M. GARZA C. 1976. Resiembra: Estrategia de mejoramiento de pastizales áridos y semiáridos. Mesas redondas sobre prod. de semillas forrajeras. C.E. Pabellón CIAB - INIA - SARH.
- MORTON, H.L., F. A. IBARRA, F. M. H. MARTIN R. AND J. R. COX. 1990. Creosotebush control and forage production in the Chihuahuan and Sonora deserts. J. of Range Manage 43(1):43-48.
- RODRIGUEZ C., V.M., M.J. AYALA O. Y J.J. LOPEZ G. 1997. Estrategias de establecimiento del nopal rastrero (*Opuntia rastre*) en matorral micrifilo inerme. P.300-301. En: Memorias del VII Congreso Nacional y V Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Monterrey, N.L.
- ROLDÁN, P. A. Y J. TRUEBA D. 1978. Factores ecológicos y sociales de la desertificación. P 55-80 En: Medellín, L.F. (Ed.). La desertificación en México. Inst. Inv. de Zonas Aridas. U.A.S.L.P. SEP.

- TOVAR V., F.J. 1991. Manejo de plantaciones de nopal para producción de forraje. p. 43 EN: CIRNE. Segunda Reunión Científica Forestal y Agropecuaria: Coahuila. INIFAP.SARH. Memoria Saltillo, Coahuila. 114 p.
- TREVIÑO DE LA F., C. A. 1990. Efecto de dos sistemas de apacentamiento sobre suelo y vegetación. Tesis de Maestría en Ciencias. UAAAN. Programa de Graduados. Saltillo, Coah. México. Vol. 7 (4):170 - 220. UAAAN. Saltillo, Coahuila.
- WONDZELL, S. M., G. L. CUNNINGHAM AND DOMINIQUE BACHELET.1987. A Hierarchical classification of landforms: Some implications for understanding local and regional vegetation dynamics. P 15-23. En: E. F. Aldon, C.E. Gonzalez V. y W. H. Moir (Co eds.). Estrategias de clasificación y manejo de vegetación silvestre para la producción de alimentos en zonas áridas. Gen. Tech. Rep. RM-150. Fort Collins Co. Serv. For. Dpto. Agric. USA.
- WOOD, M.K. AND W.M. BLACKBURN. 1981. Grazing Systems: their influence on infiltration rates in the Rolling Plains of Texas. J.Range Manage 34 (4): 331-335 USA.

POTENCIAL ECOLÓGICO, FORRAJERO Y ECONÓMICO DE LA COQUIA EN LAS ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS DE MÉXICO

Jaime Trejo Mancillas*

I. Generalidades

Según CONAZA (1994), en base a las características climatológicas y de la relación suelo-planta-animal, la superficie nacional se divide en tres regiones ecológicas, estas son la región norte (árida y semiárida), el trópico húmedo y seco y la región templada. La región árida y semiárida comprende los estados de Baja California Norte y Sur, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Nuevo León y Tamaulipas.

Las zonas áridas y semiáridas se localizan desde el nivel del mar hasta los 2,400 m.s.n.m, la temperatura media anual es de 22°C. Estas tierras cubren el 50.1% de la superficie de la república mexicana, representan el 74% de la superficie ganadera nacional y concentran el 27% del hato nacional. La producción se especializa en la cría de becerros predominando las razas *hereford*, *angus*, *charoláis* y *cebuinos* en menor escala, eventualmente las vacas de desecho y las vaquillas excedentes de remplazo se destinan al mercado nacional aportando alrededor del 27% de la producción total de carne en canal.

El principal problema es la falta de alimento por la baja calidad de los agostaderos, ya que presentan coeficientes que rondan las 18 ha/UA. Los porcentajes de destete varían entre el 55 y 65%, con un peso entre 160 y 170 kg, considerándose posible lograr un destete cercano al 75% y un peso variable entre los 180 y 200 kg en los ranchos más tecnificados donde se han introducido praderas de *buffel* que mejoran los coeficientes de agostadero hasta las 12 ha/UA.

La época de producción de forraje es de junio a octubre. La vegetación natural que es de mayor utilidad para la ganadería está constituida por pastizales abiertos con especies como navajita (*Bouteloua gracilis*), toboso o salino (*Hilaria mutica*), zacatón alcalino (*Sporobolus spp.*), maguey (*Agave spp.*), nopal (*Opuntia spp.*), huizache (*Acacia spp.*), mezquite (*Prosopis spp.*); además de algunos cultivos forrajeros como la avena (*Avena sativa*), cebada (*Hordeum vulgare*), alfalfa (*Medicago sativa*) y coquia (*Kochia scoparia*); esta última, ha cobrado gran importancia en los últimos años dadas las condiciones adversas del clima y los consecuentes altos costos de producción de forrajes, así como su amplia adaptación a climas y suelos.

II. Entorno ecológico

En la actualidad, las mermas en la precipitación pluvial ha tenido un impacto directo en la falta de pastos y producción de forraje, lo cual propicia la muerte del ganado y baja la rentabilidad en las explotaciones por el alto costo de producción del alimento. Diversos autores atribuyen los cambios en el clima a un problema global, esto es, el aumento de la temperatura a nivel mundial.

* Ingeniero Agrónomo Especialista en Economía Agrícola. Estudiante de Maestría en la UACH-DICEA. Miembro del comité editorial de la V Reunión Nacional Sobre Sistemas de Captación de Agua de Lluvia. Tel. 01 5 497 75 01. E-mail: jtrejo@zea.chapingo.mx.

Las causas de este calentamiento son de naturaleza física sencilla: los procesos industriales, de generación de energía y transporte y también algunos agrícolas producen continuamente algunos gases que retienen las emisiones de onda corta, o calor, que normalmente se desprenden de la tierra hacia el espacio. El resultado es un calentamiento general del planeta, que se detendrá hasta alcanzar un nuevo equilibrio. Los gases que producen este efecto son, principalmente el bióxido de carbono, los nitratos, los fluorocarbonos y el metano.

Los efectos que este fenómeno podría tener en el medio ambiente son los siguientes:

- Incremento en las necesidades hídricas de los cultivos, con una probable disminución neta de la producción global en algunos países.
- Cambio en el régimen de precipitación.
- Las lluvias disminuirán en verano, y en algunos sitios disminuirán en invierno.
- Disminución de la nieve en zonas de alta latitud.
- Menos escurrimiento, dada la misma lluvia, por efecto de cambios en la humedad del suelo y convección de la atmósfera.
- Mayor cantidad e intensidad de tormentas, tanto tropicales como de invierno.

III. Factores que determinan la producción de pastos y forrajes

Los factores que determinan la producción de alimento para el ganado tienen su origen en tres causas: Climatológicas, fisiográficas y edáficas y humanas. Cualquiera que sea su origen, es la interacción de los factores lo que determina las condiciones para la producción.

Entre los factores climáticos se encuentran la precipitación pluvial, temperatura, humedad atmosférica, evaporación, luz y viento. Dentro de los factores fisiográficos y edáficos se consideran la topografía, exposición, pendiente, altitud y todos aquellos que caracterizan la superficie terrestre; también se encuentran las características propias del suelo como son textura, profundidad, composición química, reacción y estructura. Finalmente, los factores humanos son todas aquellas acciones atribuibles a la actividad humana, entre las más importantes están el crecimiento demográfico, la agricultura, ganadería y forestería, entre otras.

3.1. Importancia de los agostaderos

Los agostaderos o pastizales son el principal recurso que favorece el desarrollo de las actividades ganaderas, debido a la predominancia de la ganadería extensiva, esto se justifica considerando que a nivel mundial, el 47% de superficie está cubierta por pastizales (CONAZA, 1994). De dicha superficie, se obtienen combustibles, madera, alimentos, medicinas y minerales; además, son hábitat para diversas especies de la flora y fauna silvestre, contribuyen a la recarga del acuífero y protegen al suelo contra la erosión.

En México, según estimaciones de COTECOCA (1984), existen 125 millones de hectáreas de pastizal, lo que representa el 62% de la superficie nacional. De dicha superficie, 92 millones de hectáreas, es decir el 73.6%, se encuentran en la región árida y semiárida; razón por la cual, la ganadería es la actividad más importante en esta región.

En los agostaderos, la vegetación predominante es de tipo matorral y pastizales nativos; en conjunto, los dos conceptos cubren 94.62 millones de hectáreas, lo que representa el 75.7% de la superficie (CONAZA, 1994).

3.1.1. Situación actual de los agostaderos

Los criterios para definir la situación de los agostaderos están basados en la cantidad porcentual de especies deseables respecto a su capacidad productiva, calidad forrajera y respuesta al pastoreo. Así, se considera un pastizal excelente cuando las especies deseables representan del 76 al 100% de la composición botánica, bueno para 51 a 75%, regular para 26 a 50% y pobre para 0 a 25%. (CONAZA, 1994).

Un estudio de la CONAZA (1995), menciona que el 68% de los agostaderos del norte se encuentran en condición de pobre a regular, es decir, que tienen en su composición botánica menos de la mitad de especies deseables, además de una baja densidad basal; la otra mitad comprende especies no forrajeras como arbustivas, cactáceas y plantas tóxicas, entre otras.

Por otra parte, Huss (1993; citado por CONAZA, 1994) hace mención a la condición de regular a pobre cuando todo empieza a desintegrarse. En ese estado se produce una invasión de especies que consumen grandes cantidades de agua, lo que altera el régimen del agua. Existen solo unas especies deseables por lo que se reduce sustancialmente la capacidad de pastoreo, la cubierta del terreno y la protección de raíces, dando origen a un escurrimiento excesivo y a un riesgo de erosión. El microclima se vuelve más árido y por todas partes se observa síntomas de desertificación.

En la condición mala, la situación empeora sin llegar a un estado de desertificación, existe todavía unas pocas plantas deseables y menos deseables entre las cactáceas, lo que las protege del sobrepastoreo.

Con buen manejo, es posible mejorar un pastizal en estas condiciones mediante la sucesión secundaria. Sin embargo, si continúa el pastoreo destructivo, el pastizal empeorará aun más, hasta alcanzar la condición de irreversible.

3.2. Sobrepastoreo

En términos generales, se entiende que un agostadero es sobrepastoreado cuando hay más animales de los que el terreno puede mantener bajo condiciones normales, lo cual tiene efectos en la pérdida de la cubierta vegetal y en la compactación del suelo por el pisado de los animales, lo que modifica la estructura y provoca su erosión. Para solucionar lo anterior, muchos ganaderos creen que es necesario sacar el ganado para "descansar las tierras". Sin embargo, esta práctica tiene

un impacto directo en el costo de la alimentación y retarda notablemente la recuperación de las tierras si el deterioro ha sido grave, ya que en varias ocasiones se han erosionado y se van convirtiendo en zonas desérticas.

Para explicar el efecto del sobrepastoreo desde el punto de vista del manejo "holístico" analizaremos la fenología de las plantas. En el estado de plántula, la semilla utiliza los carbohidratos de la semilla para crecer. Luego, cuando las hojas van creciendo se realiza la fotosíntesis para transformar energía solar en química. Enseguida la planta empieza a madurar y se forma la flor y fruto. Las plantas anuales terminan su ciclo, pero las plantas perennes traslocan la energía a los tallos y raíces, entonces se dice que están en estado de latencia, con lo cual el metabolismo se reduce al mínimo y dan el aspecto de estar muertas. El ciclo comienza de nuevo en la próxima temporada.

Ahora bien, los retoños de las plantas son más palatables, por lo que el ganado prefiere comer las hojas nuevas. Por otra parte, el hecho de que un animal consuma una planta cuando está utilizando la energía de las raíces para su desarrollo (estado de latencia), nada tiene que ver con el número de animales a su alrededor.

De este modo, el sobrepastoreo es considerado como la remoción de las hojas de las plantas cuando estas crecen, utilizando la energía de las raíces (Salas, 1997).

El sobrepastoreo es el principal problema en los agostaderos ya que se encuentra en el 85% de la superficie; esto tiene efectos en la composición florística, que da origen a una vegetación arbustiva más xerófila, la cual va desplazando paulatinamente a las especies gramíneas, cuya densidad se reduce al grado de que ocasionalmente desaparecen del todo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Problemática de los agostaderos en las zonas áridas y semiáridas.

(%)

Sobrepastoreo	85
Erosión leve y avanzada	83.5
Invasión de arbustivas	49.7
Plantas tóxicas	38.7
Roedores	42.5
Incendios	11.1

Fuente: CONAZA (1994).

Aunado a esto, los cambios climáticos, los incendios y la acción de pequeños roedores y mamíferos han contribuido al deterioro de los agostaderos, por lo cual el 46.67% de la superficie se encuentra en proceso de degradación. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Superficie ocupada por vegetación de zonas áridas y semiáridas según su estado actual

(Millones de hectáreas)

Tipo de vegetación	Sin disturbio aparente	En proceso de degradación	Total
Matorral desérticos y semidesértico	23.71	41.29	70
Chaparral	1.02	1.65	2.67
Pastizal	21.32	--	--

Fuente: CONAZA, (1995).

3.3. Importancia de la precipitación

La precipitación pluvial es uno de los factores que más influencia tienen en la abundancia y calidad de los pastos y forrajes, lo cual tiene un impacto directo en disponibilidad de alimento para el ganado.

En la producción de temporal hay dos condiciones que son importantes: Una de ellas es la cantidad de lluvias y la otra su distribución. La primera determina la especie de pasto o forraje que es posible producir. La segunda marca la estacionalidad de la producción. Si las lluvias se presentan verano se producen pastizales cortos caracterizados por una época menor de forraje verde. Si la precipitación ocurre en invierno es posible el establecimiento de especies anuales y si las lluvias se presentan en primavera y otoño favorecen la producción de forraje para un pastoreo durante todo el año.

En las zonas áridas y semiáridas el 80% de la precipitación ocurre en los meses de julio a septiembre, lo cual indica una época seca de ocho a nueve meses que marca un fuerte periodo crítico en el invierno caracterizado por la ausencia de pasto en los agostaderos y la escasez de forraje.

3.4. Importancia del agua de riego

El agua dulce disponible tanto para el consumo humano como para las actividades agrícolas se encuentra en dos fuentes principales: los acuíferos, que concentran el 22%, y los ríos, que concentran el 0.04% (Martínez, 1998).

Sin embargo, la sobreexplotación de los acuíferos propiciado por el cultivo de plantas con alto consumo de agua y el crecimiento de la población ha causado que el nivel freático haya descendido a tal grado que sea técnicamente imposible extraer el agua, o que económicamente no sea explotable. Un ejemplo de lo anterior es el caso de la Comarca Lagunera, en los estados de Coahuila y Durango, donde el cultivo de la alfalfa ocupa alrededor de 34,855 has; el uso consuntivo de este cultivo asciende a 20,000 m³/año. Esto ha propiciado la elevada extracción del agua, que ha provocado la degradación del manto acuífero en promedios de 1.5 a 1.7 m/año. Aunado a esto, las altas cantidades de fertilizante aplicados coadyuvieron a la salinización de los ya de por sí erosionados suelos (CELALA, 1995).

Según Martínez (1998), alrededor del 96% de la superficie regada se riega por sistemas de riego por gravedad, lo que no favorece el uso eficiente del agua. Las causas de la baja eficiencia pueden ser variables; en general, la que más afecta es la eficiencia en la conducción ya que oscila alrededor del 60%, es decir, que por cada litro de agua sobre el conducto, llegan a su destino final solo 600 ml, el resto se pierde en el camino.

3.5. Importancia del suelo

Según CONAZA, (1994) el origen de los suelos en las zonas áridas y semiáridas de México es volcánico en el 40.3% de la superficie y calcáreo en el 59.7%; la textura predominante es franca o de migajón en el 50%, el 36.8% son arcillosos y el 13.2% arenosos. El 58.2% tiene algún grado de pedregosidad y otro 4% son suelos alcalinos o salinos, lo cual constituye limitantes para la agricultura y el desarrollo de algunos pastizales.

La profundidad es menor a 25 cm en el 34.4% de la superficie, de 25 a 50 cm en el 34.9% y mayor a 50 cm en el 30.7% restante. El pH es ácido (4.5 a 6.5) en el 30.2% de los suelos, neutro (6.6 a 7.6) en el 59.8% y alcalino (mayor a 7.6) en el 9%.

De acuerdo con el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 1994), México y Centroamérica tienen la tasa regional de degradación específica, (% de área degradada en relación al área con cobertura vegetal de una región), más alta del mundo, reporta que en 45 años se han degradado de moderada a extrema 60.9 millones de hectáreas, lo que representa el 24.1% de la superficie con cobertura vegetal.

Se estima que la erosión hídrica afecta el 74% del área con suelos degradados, el 7% de erosión eólica, la degradación física 8% y la química el 11%.

En el caso particular de las zonas áridas y semiáridas de México, algún tipo de erosión está presente prácticamente en el 100% de la superficie, siendo los estados de Aguascalientes, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí, los que presentan los índices de erosión más alta; lo cual indica la urgente necesidad de implementar programas para la recuperación del suelo. (Cuadro 3).

Cuadro 3. Grados de erosión del suelo en los once estados más áridos México.

(%)

Estado	Ligera	Moderada	Alta	Severa
Aguascalientes	0	19.78	56.04	24.17
Baja California	18.37	72.69	8.77	0.15
Baja California Sur	3.34	81.3	13.16	2.18
Chihuahua	25.67	53.11	15.88	5.32
Coahuila	8.47	25.76	58.68	6.95
Durango	24.18	42.02	21.01	12.78
Nuevo León	18.33	33.93	42.93	4.79
San Luis Potosí	17.77	25.73	32.71	13.77
Sonora	24.27	39.63	27.45	8.64
Tamaulipas	66.36	17.52	11.04	4.22
Zacatecas	16.83	38.49	35.75	12.04

Fuente: CONAZA (1994).

Acosta (1997), menciona que el 40% de los suelos del país han desaparecido de su lugar original, particularmente el suelo superficial que es el más productivo, así se intensifica la reducción de la productividad y su recuperación es costosa. Para contrarrestar su efecto, los productores aplican agroquímicos o fertilizantes; pero casi nunca realizan prácticas agrícolas que garanticen la conservación de la productividad de los suelos.

Para ilustrar mejor la importancia de la conservación del suelo citamos el siguiente ejemplo: Considerando que la densidad aparente de los suelos es variable, utilizamos una de 1.5 ton/m³, además que el 40% del suelo superficial se ha erosionado en los 92 millones de hectáreas de los once estados más áridos de México.

Si el suelo tuviera una profundidad de 15 cm, significa que se han perdido 6 cm de suelo (0.06 m), que equivalen a 600 m³/ha, multiplicados por la superficie resultan 55,200 millones de m³, o bien, 82,800 millones de toneladas de suelo.

De esta manera, queda claro la impostergable necesidad de encontrar nuevas especies cuyas características se adecuen a las nuevas necesidades de las explotaciones pecuarias. Una de ellas, como se expone a continuación es la coquia.

IV. Características generales de la coquia

La coquia es una planta anual. Pertenece a la familia de las chenopodiaceas, igual que el romerito y el quelite. Es originaria de la depresión salina de Barabinskaya, cerca de Novosibirsk, en la región centro sur de Asia. Se estableció en América a principios de este siglo. En México, se utiliza como forraje desde hace más de 20 años (Anaya, 1996).

Según Franco (1985), la coquia produce una amplia corona, la cual tiene una secuencia de ramas cuyo tamaño está determinando por la edad. La relación de la cantidad acumulativa de follaje y el área seccional a través del tallo principal, es una sigmoide.

La raíz absorbe el agua de acuerdo a la demanda evapotranspirativa del follaje. Phillips y Launchbaug (1985; Citados por Anaya, 1996) determinaron que las raíces pueden alcanzar un diámetro de 2.5 cm y una profundidad de 5 m, con lo cual se deduce que la planta es resistente a la sequía.

4.1. Potencial ecológico

Según Cano (1984), la coquia se puede sembrar en el 70% del territorio nacional, gracias a su excepcional resistencia a la sequía, su sistema radical profundo y su capacidad de germinación a temperaturas bajas; razones que la hacen particularmente atractiva desde el punto de vista ecológico.

Hocchst (1992), evaluó la eficiencia en el uso del agua por la coquia, considerando seis fechas de siembra, encontrando valores desde 309.6 hasta 653.2 Kg/ha/cm de lámina de riego con la última y primeras fechas, respectivamente. Estos rendimientos de materia seca, indican la alta eficiencia en el consumo de agua por la coquia. La alfalfa con una producción anual de 20 t de materia seca por hectárea, y un consumo de agua de 200 cm, presenta una eficiencia de 200 Kg/ha/cm.

Por otro lado, la existencia de altas cantidades de sales en el agua puede afectar el desarrollo de los cultivos a través de la reducción del potencial osmótico del agua del suelo, la absorción de ciertos cationes y aniones en concentraciones que llegan a ser tóxicas para las plantas, la inducción de desbalances nutrimentales en la planta y la combinación de mecanismos anteriores.

Anaya (1996), menciona que la Coquia es una planta resistente a la salinidad, capaz de desarrollarse como forraje en suelos alcalinos con pH menor a 8.3 y bastante pedregosidad. En terrenos de Montecillo, México; este autor encontró que la relación del ión sodio con respecto a los cationes intercambiables calcio, magnesio y potasio alcanzó valores superiores al 15%, donde el valor mínimo fue del 24% y el máximo 32%, con una sodicidad media al 27%. Bajo estas condiciones, la producción de forraje verde por año fue de 120 t.

Una de las características de la coquia es su rusticidad, esto le permite adaptarse a gran variedad de climas y suelos degradados o salinos. Se le puede encontrar desde las zonas costeras, como es el caso de Bahía Blanca, Argentina; zona costera de Inglaterra; Hermosillo, Sonora; Cuernavaca, Morelos, México. También se cultiva hasta altitudes de 4,000 msnm, como lo demuestran las experiencias del Altiplano Peruano-Boliviano.

En el Cuadro 4 se describen las diversas condiciones climáticas de diferentes localidades de México en las que se desarrolla la coquia. Los rangos de clima varían de secos a subhúmedos, con precipitaciones que fluctúan entre 176 y 418 mm anuales y variaciones en temperatura promedio anual entre 12.7 y 28 IC.

Cuadro 4. Desarrollo de la coquia en diferentes condiciones

Ciudad	Estado	Clima	Temperatura media	Precipitación
Hermosillo	Sonora	BW(h ₁)hw(e')	25.2	244.9
Ojinaga	Chihuahua	BW(hw(x')(e')	21.3	175.5
Torreón	Coahuila	Bw(h ₁)hw(e)	22.6	217.1
Sayula	Jalisco	(A)C(w ₁)(w)a(e)(g)	21.2	929.9
Uruápan	Michoacán	(A)C(w ₂)(w)b(i')	19.0	1,330.6
Tehuacán	Puebla	BS ₁ hw"(w)(i')g	18.6	479.6
Perote	Veracruz	Bs ₁ klw"(i)g	12.7	525.2
Taxco	Guerrero	A(c)w ₂ (w)ig	1.6	1,417.6
Tuxtla Gutierrez	Chiapas	Aw" _o (w)(i')g	24.7	948.2

FUENTE: Elaboración propia con datos de Anaya (1996).

De acuerdo con Anaya (1996), la coquia es una planta C-4, lo cual le permite incorporar bióxido de carbono (CO₂) y liberar oxígeno (O₂) en mayor cantidad que las plantas C-3, debido a que tiene capacidad de aumentar la actividad fotosintética proporcionalmente con la temperatura y la intensidad luminosa. La relación hoja tallo es un promedio de 1.145 a 0.225 (Mazorca, 1957). En trabajos experimentales y parcelas productivas se han tenido hasta 9 t/ha de materia seca al primer corte a 100 cm de altura, por lo que en una hectárea se tienen hasta 5 t de hojas realizando la función fotosintética durante 13 horas al día en promedio, utilizando bióxido de carbono (CO₂) y liberando oxígeno (O₂) a la atmósfera. Esta materia seca tiene en promedio 3,420.94 cal/g lo que representa 3.0788×10^{10} cal/ha.

Con lo anterior se demuestra el alto potencial ecológico de la coquia. Recientemente, en México se han establecido módulos demostrativos de 20 a 40 ha para la recuperación de agostaderos y el aumento de la producción de forrajes en los estados de Durango, Coahuila, Chihuahua e Hidalgo. De dichas experiencias se han observado los siguientes aspectos en el mejoramiento ecológico:

- Reintegración de la cubierta vegetal de los agostaderos.
- Freno a la degradación ambiental al controlar la erosión y el sobrepastoreo. Recuperación de la fertilidad de los suelos, principalmente al incrementar la deposición de la materia orgánica. Regreso paulatino a la vegetación forrajera original.
- Nuevo equilibrio en el balance hídrico del suelo.
- Modificación del albedo, por la absorción de la energía solar.
- Fijación de bióxido de carbono con plantas de alto potencial productivo.
- Mayor ingreso de energía al ecosistema.

4.3. Potencial forrajero

La coquia se presenta así como una opción forrajera de alto rendimiento y calidad proteica similar a la de la alfalfa. En la actualidad se cuenta con diversas investigaciones desarrolladas en México y en otras partes del mundo, que sirven como testimonio de lo anterior. Algunos de ellos se mencionan enseguida.

Diaz (1992; citado por Anaya, 1996) sembró coquia el 20 de febrero y alcanzó un rendimiento promedio de 124 t/ha, en cinco cortes consecutivos de 43, 20, 23, 19 y 19 t/ha, los cuales se distribuyeron en un ciclo vegetativo de 216 días, realizándose los cortes al inicio de la floración cuyo calendario entre cosechas fue de 88, 39, 12, 36 y 41 días. Además, se determinó que la producción de forraje verde por hectárea fue de 0.57 t/ha/día, por radiación solar de 0.0118 t/ha/cal/cm²/día.

Sherrod (1973), menciona que la coquia es un forraje de alta calidad, principalmente durante las primeras etapas de crecimiento; además, indica que el porcentaje de retención de nitrógeno diario y el total asimilado es menor en coquia que en alfalfa. La proteína cruda de la planta completa es del 25% en el primer corte y disminuye hacia la madurez. El más alto contenido de fibra cruda se incrementa con la madurez de la planta y los tallos generalmente tienen tres veces más fibra que las hojas.

Durham y Durham (1979), señalan que la coquia presenta un alto contenido de proteína y bajo contenido de fibra y que su gustocidad es más alta que la de otros pastos. Lo cual indica que el ganado no requiere de periodos largos o de dietas especiales para adaptarse al consumo de la coquia.

4.4. Efectos sobre el ganado

En México, Rodríguez (1988), evaluó distintas raciones de coquia y alfalfa sobre corderos criollos. Encontró que la ganancia de peso entre las distintas dietas son estadísticamente semejantes, pero con una reducción del 40% en los costos de producción con la utilización de la coquia. Lo cual concuerda con Martínez y Anaya (1994), quienes utilizaron tres tratamientos: alfalfa 40% del total de la dieta, coquia 20% - alfalfa 20% del total de la dieta, y coquia 40% del total de la dieta. En sus resultados se observan incrementos diarios de peso de 290 a 300 g.

Trejo (1998), experimentó la engorda de borregos sulfolk, merino y rambulliet, en Texcoco, Estado de México, con una dieta a base de tamo de coquia al 70%. El porcentaje restante de la dieta estuvo compuesto por 20% de maíz quebrado, 8% de harina de soya, 1% de harina de carne y 1 % de minerales. El experimento duró 70 días. Los resultados obtenidos superaron los parámetros convencionales de la región: La ganancia de peso diaria fue más alta para la raza merino fue de 0.58 kg, le siguió la raza rambulliet con 0.35 kg y finalmente la raza sulfolk con 0.29 kg. La conversión alimenticia fue de 4.95 kg de alimento / kg de carne en pie para la raza merino, de 4.85 kg de alimento / kg de carne en pie para la raza sulfolk y de 4.29 kg de alimento / kg de carne en pie para la raza rambulliet.

Santana (1991), en Saltillo, Coahuila, evaluó cinco proporciones de coquia y alfalfa, en raciones para alimento de conejos criollos en fase de desarrollo y engorda. Los resultados señalaron que no existió diferencia entre los tratamientos de coquia y alfalfa para el consumo de alimento total (de 308 a 432 kg), incremento de peso (7 a 10 Kg) y conversión alimenticia (de 3.70 a 4.74 kg de alimento/kg de carne), durante un periodo de 30 días.

Flores (1992), evaluó la eficiencia en la producción y calidad de leche de cabras criollas en la coquia como sustituto de la alfalfa en la Región Lagunera de Coahuila y Durango, de cuyos resultados se deduce que la coquia puede ser considerada como ingrediente en las raciones, hasta un 40% del total de la dieta.

Hutchinson (1983), en Dakota del Sur, Estados Unidos, experimentó la alimentación de becerras al destete para leche con una ración de mantenimiento de base de alfalfa comparada con coquia. Al final de 55 días obtuvo una ganancia de peso diaria de 535 g y 431 g, para alfalfa y coquia, respectivamente.

Algunos autores atribuyen propiedades tóxicas a la coquia por el contenido de oxalatos y saponinas, compuestos que pueden causar intoxicación al ganado. Sin embargo, esto depende de las condiciones del suelo, así como de las características de la flora ruminal o el estómago de los monogástricos, la concentración de los compuestos en el rumen o estómago y la capacidad que los animales desarrollen para su aprovechamiento.

García (1992), evaluó la producción de cinco especies forrajeras (coquia, avena, cebada, veza y ballico), en la Delegación Tlahuac, D.F., en terrenos de conductividad eléctrica de 11.058 ds/m, pH 7.8 y textura franco y migajón arcilloso. En sus resultados, la coquia mostró un mayor rendimiento de materia seca, con una producción acumulada al quinto muestreo de 5.4 ton/ha, el ballico manifestó un rendimiento superior al de la veza, avena y cebada. También determinó que el tratamiento coquia-veza-avena produjo 5.9 ton/ha, aunque la veza no prosperó. El único compuesto químico potencialmente tóxico que apareció en algunas especies en estudio es el oxalato, ante el cual, la coquia presentó concentraciones menores al 5%, nivel al que se considera sin riesgos la utilización del forraje en el ganado.

El mismo autor menciona que es difícil establecer la dosis tóxica para los rumiantes ya que la flora ruminal es capaz de adaptarse al consumo de dietas gradualmente mayores y llegar a ingerir cantidades considerables sin manifestar signos de intoxicación.

Es pertinente además, considerar la edad de la planta al llevar a cabo su aprovechamiento dado que algunas plantas reducen su contenido de oxalatos conforme avanza la madurez, incluso los oxalatos de los rebrotes jóvenes que son esencialmente insolubles en agua.

Lo anterior indica la necesidad de realizar pruebas que analicen la capacidad de algunas especies animal para adaptarse al aumento gradual en el contenido de compuestos tóxicos en las plantas así como el contenido de éstos a través de su desarrollo.

4.5. Módulos productivos para recuperación de agostaderos

La versatilidad de la coquia le permite ser pastoreada directamente por el ganado, esto hace posible su utilización en la recuperación de agostaderos, o para el establecimiento de praderas de uso intensivo.

De acuerdo con Anaya (1996), estudios conducidos en Nuevo México, Estados Unidos, indicaron que una pradera de coquia con tres riegos y fertilizada con 280 kg de nitrógeno/ha produjo un total de 26 t/ha de materia seca en cuatro cortes durante la estación de crecimiento del cultivo, pudiéndose incrementar hasta 40.9 t/ha si se aplican más fertilizaciones y riegos.

Durham y Durham (1978; citados por Anaya, 1996), en Simers, Texas, Estados Unidos, utilizaron un sistema de pastoreo alta densidad-baja frecuencia, con coquia utilizando 180 vacas en pastas de 1.62 ha por periodos de dos días en un

área de 52.63 ha, durante los meses de abril a septiembre obteniendo un equivalente a 45 cabezas por un año en toda el área o de 1.17 ha/animal/año, donde para esa misma área se tiene una capacidad de carga animal en pastos nativos de 10 a 12 ha/animal/año.

Carlson (1980; citados por Martínez y Anaya, 1994), en el estado de Texas, mantuvo 70 cabezas de ganado en 28.3 ha durante un mes y reporta que la coquia soportó una carga animal de 5 a 6 vacas adultas por hectárea bajo condiciones de temporal, cuando las plantas tenían un buen desarrollo. Además, mantuvo 99 cabezas de 320 kg de peso en 13.36 ha, obteniendo buenas ganancias de peso. Comenta que la mejor época de pastoreo es de abril a agosto.

En Hidalgo, México, las condiciones de aridez y semiaridez llevaron a la instalación de módulos productivos con coquia bajo un enfoque integral. La población ganadera beneficiada está compuesta por un total de 1,057 bovinos, 7,650 ovinos y 5,100 caprinos. Con la implementación del proyecto, el índice de agostadero se incrementa en 1.66% al pasar de 0.06 UA/ha a 1 UA/ha con la introducción de coquia y vegetación diferente a pastizal; y en 3.33% al pasar de 0.03 UA/ha a 1 UA/ha con la introducción de vegetación especial para caprinos.

4.6. Potencial económico

La coquia, debido a su alta eficiencia en el uso del agua, permite obtener altos rendimientos de forraje bajo el sistema de temporal, o con láminas de riego bajas; sin hacer menoscavo de la calidad del forraje, lo cual permite obtener incrementos considerables en la producción de leche, huevo y carne. Tomando en cuenta que el costo del forraje puede representar hasta el 80% del total del costo de producción en las explotaciones pecuarias, es de gran utilidad la utilización de la coquia como forraje.

Según Anaya (1996), la coquia como monocultivo puede producir 65.5 t/ha a los 66 días, lo cual indica un potencial de producción de 1 t/día/ha. Si consideramos un precio de \$ 650 /t de forraje verde, el valor de la producción será de \$ 16,500 y el costo de producción de \$ 1,605 /ha (Reyna, 1994). Si realizamos la proyección de los datos a un periodo de 5 años, obtendremos una relación beneficio/costo de 10.28, es decir que por cada peso que se invierte con la implementación del proyecto, se obtienen 9.28 más. Por su parte, la tasa interna de retorno es de 38.46 %, lo que significa que la rentabilidad del proyecto, considerando la tasa de interés del 27%, es del 38.46%. Ambos valores se consideran muy atractivos desde el punto de vista de evaluación de proyectos.

Trejo (1997), introdujo la coquia en el municipio de Poanas, Durango, México, bajo el sistema de punta de riego. El cultivo fue establecido en un suelo tipo solonetz con pH 6.76, 1.24 % de materia orgánica y textura franca. La siembra se realizó el 20 de mayo, previo a esto se elaboraron melgas de 5 m de ancho y se aplicó un riego ligero. A los 17 días se volvió a regar. Con los primeras precipitaciones el cultivo se desarrolló a plenitud, alcanzando una altura de 1.78 m en 70 días. Para facilitar el rebrote, se realizó el corte a 15 cm de altura sobre el suelo y en 30 días se dió un segundo corte. Del primer corte se obtuvieron 3,800 kg de materia seca y 1,400 del segundo; de ambos cortes, se obtuvo una producción total de 5,200 kg de materia seca. El análisis bromatológico en base seca reveló un contenido de proteína de 14.4%, el cual se considera bastante aceptable. El 14.4% correspondió a cenizas, el 43.42% a fibra detergente neutra, el 23.62% a fibra detergente ácida y el 6.4% restante a lignina.

Gracias a la alta calidad proteica, la coquia se puede comercializar con un precio similar al de la alfalfa. Por esta razón, el análisis económico de la experiencia anterior fue basado en un precio de \$ 1.50 / kg de materia seca de coquia, con lo cual el valor de la producción fue de \$ 7,800; comparándolo contra un costo de producción \$ 2,500 / ha, la ganancia es de \$ 5,300 / ha. Realizando el análisis del proyecto a cinco años, se obtiene una relación / beneficio costo de 8.60; es decir, que con la implementación del proyecto, por cada peso invertido, se obtienen 7.60 más. La tasa interna de retorno, considerando una tasa de interés del 27%, resulta del 33%. Lo anterior indica el gran potencial económico de la coquia para producción de forraje, y por lo tanto, para la elaboración de alimentos balanceados.

En la experiencia anteriormente citada de Trejo (1998), en la engorda de borregos sulfolk, merino y rambulliet, se consideró un costo por kg de alimento de \$ 2.33, con lo cual el costo de producción por kg de peso vivo fue de \$ 11.15 para la raza merino, \$ 15.68 para la raza sulfolk y \$ 16.27 para la raza rambulliet. Con lo cual, dados los precios en el mercado local de borrego en pie de \$ 17, \$ 19 y \$ 17; se obtuvo una relación beneficio / costo de 2.46, 2.06 y 2.04, para la raza merino, sulfolk y rambulliet, respectivamente.

V. Conclusiones

Ante el grave deterioro de los agostaderos en las zonas áridas y semiáridas, la introducción de la coquia se presenta como una opción para su recuperación y producción de forraje.

Los altos volúmenes de producción de la coquia contribuyen a solucionar el déficit forrajero, y por lo tanto, en el mejoramiento de los bajos parámetros productivos y reproductivos de las explotaciones ganaderas.

La capacidad de adaptación de la coquia permite el cultivo del forraje en prácticamente en cualquier época del año y bajo las condiciones actuales del suelo, agua y temperatura; además, su versatilidad permite la utilización de diferentes métodos de conservación, con lo cual, se puede hacer frente al periodo crítico.

Aunado a lo anterior, la alta calidad del forraje, permite la utilización de la coquia como fuente de proteína, con lo cual, los costos de producción disminuyen y se incrementa la rentabilidad de la producción pecuaria. Esto contribuye al aumento en la producción de leche, carne y huevo, y por ende, se eleva la calidad de vida de la población.

VI. Bibliografía

- Acosta., R. S. 1997. El deterioro de los suelos. En: Revista Agrocultura. Revista de publicación bimestral. Publicación septiembre-octubre. México, D.F. pp 40-46.
- Anaya, G. M. 1996. Estudio de caso de especies vegetales para las zonas áridas y semiáridas de México y Chile: *Kochia scoparia*. FAO-PNUMA. México, D.F. 109 p.
- Cano-R, P. 1984. *Kochia*: New source of forrage. New Mexico State University. Las Cruces, New Mexico. USA.
- CELALA. 1995. La producción de leche en la Comarca Lagunera. Torreón, Coahuila. Méx. pp 60-88.
- CONAZA. 1994. Manejo y rehabilitación de los agostaderos de las zonas áridas y semiáridas de México. Saltillo, Coahuila, Méx. 113 p.
- CONAZA. 1995. Problemática de los agostaderos en la región norte. Saltillo, Coahuila, Méx. 97 p.

- COTECOCA. 1984. Los agostaderos de México. México, D.F. 269 p.
- Druham, R. M. and John W. Durham. 1979. Kochia: Its potential for forage production in arid land plant resources. Eds. Goodin. J. R. and D. K. Northington. International Center to Arid and Semiarid Land Studies. Texas Tech University. Lubbock, Tx. pp 440-450.
- Flores, N. N. S. 1992. Eficiencia en la producción de leche en cabras criollas con la utilización de Kochia scoparia como sustituto de alfalfa en la Región Lagunera. Tesis profesional. Instituto Tecnológico Agropecuario Núm. 10. Ejido Ana, Torreón, Coahuila, Méx. 69 p.
- Franco, M. 1985. Competition and the formation of spatial pattern in spacing gradients: An example using Kochia scoparia. J. Ecol. Oxford, Blackwell scientific, Dec. Vol. 76(11):956-974.
- García, A. J. 1992. Alternativas para la producción de frage en tierras degradadas por salinización. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Depto. de zootecnia. Chapingo, Estado de México. Méx. 44 p.
- Hoechst, V. M. C. 1992. Efecto de seis fechas de siembra y fertilización sobre el crecimiento de Kochia scoparia (L) Schrad. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. Méx. 93 p.
- Hutchinson, D. 1983. Domesticated Kochia. Ed. by The National Hay Association. USA. 3 pp.
- Martínez, A. P. 1998. A simple fluid device for surge flow irrigation. Madrid, Esp. pp 15-42.
- Martínez, A. S. y Anaya, G. M. 1994. Efecto de Kochia scoparia y alfalfa sobre la engorda de borregos. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. En Prensa. 20 p.
- Mazorca, A. 1957. Manual de malezas. Primera edición. Ed. Continental. Buenos Aires, Arg. pp 251-256.
- PNUMA. 1984. Source book of alternative technologies for refresh augmentation in Latina America and The Caribbean. UNEP-OEA. Washington, D.C. USA. pp 19-69.
- Reyna, I. D. M. 1994. Competitividad económica de un cultivo de introducción. Kochia scoparia (L) Schrad en alimentación de bovinos. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México, Méx. 109 p.
- Rodríguez, F. J. C. 1988. Sustitución de diferentes niveles de alfalfa por Kochia scoparia (L) Schrad en raciones para corderos criollos en crecimiento. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narr. Saltillo, Coahuila, Mex. 41 p.
- Salas, P. R. 1997. El sobrepastoreo según la visión holística. En: Revista Agrocultura. Revista de publicación bimestral. Publicación septiembre-octubre. México, D.F. pp 10-17.
- Santana, A. G. 1992. Acumulación de conejos criollos en desarrollo y engorda, con raciones que contienen diferentes niveles de heno de Kochia scoparia (L) Schrad e sustitución de alfalfa. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, Méx. 58 p.
- Scherrod, L. B. 1973. Nutritive value of Kochia scoparia. Digestibility of Kochia scoparia hay compared with alfalfa hay. Sheep. J. Dairy Sci. 56(7):923-96.
- Trejo, M. J. 1997. Establecimiento de parcelas demostrativas con Coquia, Kochia scoparia (L) Schrad en el municipio de Poanas, Durango. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México, Méx. 46 p.
- Trejo, M. J. 1998. Engorda de borregas con una dieta a base de tamo de coquia al 70%. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México, Méx. 38 p.

Resumen

Si no hay agua, no hay árboles; y si la precipitación es baja, hay que retenerla, dejando que sólo escurra lo que no seamos capaces de capturar. Al través del tiempo se han ido desarrollando sistemas de preparación del terreno con fines de reforestación, cada vez más eficientes en la captación del agua de lluvia. El antecedente más remoto que se tiene registrado se remonta al año de 1350 (Patrone, 1960), cuando los monjes valombrosanos, instalados en un monasterio del apenino toscano (precisamente en Vallombrosa, Italia), al ver que el *Abies alba* L (abeto blanco) estaba siendo desplazado por el *Fagus silvatica* L (haya), empezaron a extraer brinzales de *Abies* de los bosques naturales, plantándolos en los calveros (sitios sin vegetación) ya existentes, haciendo un hoyo de 40x40x40 cm, sistema de preparación del terreno que actualmente se le conoce en México con el nombre de "Cepa Común". Posteriormente, se han desarrollado otros sistemas más eficientes en la retención del agua de lluvia, entre los que se pueden citar la Zanja Ciega, la Zanja Trinchera, el sistema Gradoni y el Saucedá. Todos los sistemas mencionados anteriormente, son hechos en forma manual, pero también se han ideado métodos mecanizados, para condiciones más drásticas, donde las condiciones de erosión y dureza del suelo son mayores; por tanto, la penetración del agua de lluvia es menor. El más sobresaliente, desde el punto de vista retentivo, es sin duda alguna el de Terrazas de Absorción.

Introducción

Son muchos los años y los daños causados por diferentes medios, pero sobre todo el hombre, sobre los recursos forestales del País; y mientras más se tarde en corregirlos, más difícil y costoso será. Algunos técnicos opinan que sería más práctico dedicar los esfuerzos al control de las causas que están destrozando a gran velocidad la vegetación forestal (toda aquella que se encuentra creciendo en forma espontánea sobre terrenos con pendientes iguales o superiores al 15%). Sin embargo son tantos los intereses que intervienen, desde políticos hasta sociales, que considero que todavía no nace la persona que sea capaz de resolver este problema de envergadura descomunal. Y el problema no se centra en la falta de madera por el cambio de uso del bosque, sino que la eliminación de los árboles en las cabeceras de las cuencas, provoca que los escurrimientos superficiales sean mayores, arrastrando consigo suelo que tardó miles de años en formarse (15 cm \pm de 5-7 mil años); pero todas las consecuencias resultantes que puede haber aguas abajo, no son suficientes, sino que al perderse la capa húmifera característica de las zonas arboladas, el agua no penetra para que se percole hasta los mantos acuíferos, disminuyéndose, por tanto, la recarga de éstos. No hay discusión, la vegetación forestal es más importante como cosechadora de agua que como productora de madera. Ya son pocos los cauces no contaminados. Todo mundo le saca agua al subsuelo, pero nadie lo recarga.

Antecedentes

La captación y almacenamiento de agua de lluvia para consumo humano, se remonta a miles de años antes de Cristo; cuando los pueblos se establecieron en sitios de bajas precipitaciones pluviales (Anaya, 1998), pero con fines

¹ Profesor Investigador de la Universidad Autónoma Chapingo. Carr. México-Texcoco km 38.5. Chapingo, Méx. CP 56230

reforestivos, hace relativamente poco tiempo. En Europa, se atribuye a los monjes valombrosanos (*Vallombrosa, Italia*), ser los primeros en plantar árboles (1350) preparando un hoyo de 40 x 40 x 40 cm con un cajete —a manera de microcuenca de captación— que tuviera la propiedad de almacenar agua para el prendimiento y buen desarrollo de pequeño árbol (brinzal) (Patrone, 1960).

No obstante, se menciona que los primeros trabajos reforestivos como tales, se realizaron en Nuremberg en 1368, donde también monjes del monasterio de Sagenistand, Alemania, plantaron varios cientos de acres de terrenos previamente desbrozados y quemados, empleando como elementos arbóreos, pinos, abetos y cedros. En 1420, este ejemplo lo siguieron los pobladores de Frankfurt, quienes plantaron emulando las técnicas empleadas en Nuremberg (Toumey y Korstian, 1954).

En América, y con más precisión en México, el famoso rey texcocano Nezahualcoyotl (1402 - 1472), que además de ser poeta, era ingeniero, arquitecto y astrónomo; por si fuera poco, también fue un gran forestal, quien dictó normas encaminadas a la protección de los bosques basadas en un conocimiento adecuado de los árboles (Torres, 1923). Fue él quien introdujo los ahuehuetes al bosque de Chapultepec, dado que el *Taxodium mucronatum* Ten. (árbol nacional de México), es propio de climas subtropicales. A él también se le atribuye el primer jardín botánico, al menos en América, ubicado en las faldas del cerro Tezcotzinco, a siete kilómetros al este de Texcoco (Maldonado 1941), donde mandó construir terrazas para captar mejor el agua de lluvia, terrazas que todavía persisten, siendo aprovechadas por los campesinos de San Dieguito, en cultivos de secano.

En este siglo (1933), los italianos desarrollaron en la parte seca de la bota itálica, en La Calabria, un sistema escalonado de preparación del terreno, mismo que se ha difundido por todas las regiones con bajas precipitaciones del mundo, por sus buenos resultados en terrenos con pendiente. También en México se han ensayado otros métodos, buscando siempre la retención del agua de lluvia, sobre todo en la parte norte del País, donde predominan las regiones semiáridas.

Metodología

Los métodos o sistemas descritos a continuación, pretenden resaltar la importancia que tiene la captación del agua de lluvia, en forma de escurrimiento, en la implantación exitosa de los brinzales (futuros árboles) cuando se hace una reforestación. Es importante resaltar el hecho que tiene la elección de aquel o aquellos métodos, que acordes a las características edáfico-climáticas del sitio, se consideren como los más adecuados para evitar un fracaso; por esta razón se describen varias opciones:

Cepa común

Con este nombre se conoce en México al hoyo hecho de 40 x 40 x 40 cm; pero también se acepta que la cepa común se haga en forma cilíndrica, con tal que tenga 40 cm de diámetro por 40 cm de profundidad (Fig. 1). Siempre es condición, para su elección, que el suelo sea profundo (> 40 cm) y buen drenaje para que la poca agua captada llegue al sistema radical activo (en desarrollo) de las plantas en crecimiento. Si el terreno tiene pendientes superiores al 5%, conviene formarle, a cada cepa, un cajete en media luna, para aumentar la retención del agua de lluvia. Si las precipitaciones son inferiores a los 500 mm anuales, no es recomendable la Cepa Común, por económico que parezca. La

distribución puede ser anárquica, tanto en distancia como en alineación, al menos con fines de reforestaciones protectoras de cuencas hidrográficas.

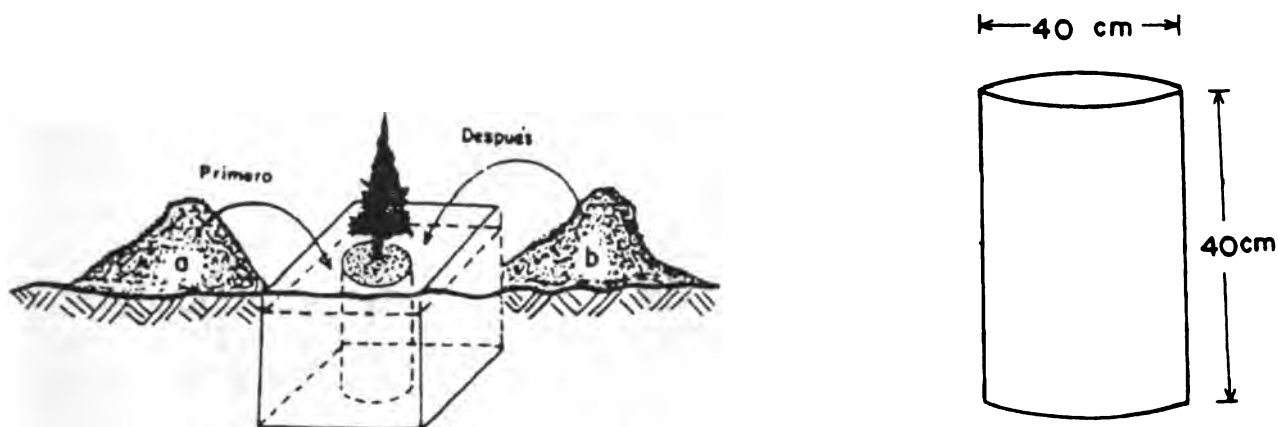


Fig. 1. La Cepa Común puede hacerse en forma cúbica o cilíndrica, con tal que tenga 40 cm de lado (o diámetro) por 40 cm de profundidad.

Zanja ciega

La zanja ciega se construye siguiendo las curvas de nivel del terreno. Es propia para suelos compactados, pero profundos. Las zanjas se dimensionan con longitudes variables (según las características del terreno); pero deben tener 40 cm de ancho por 40 cm de profundidad. No conviene que tengan más de 20 m de manera continua; por tanto, dejar una separación de más o menos un metro entre zanjas de la misma curva a nivel. Se construyen iniciando con una Cepa Común, misma que tapa al ir excavando en forma longitudinal, para terminar la zanja totalmente aterrada (por eso se le llama zanja ciega). Al llegar al agua de escurrimiento a la zona removida, ésta va penetrando y no rebasará la zanja mientras no se llegue a la sobresaturación del suelo. La tierra inicialmente extraída (la de la cepa común) se distribuye a lo largo de la zanja ya tapada (Fig. 2). La plantación se realiza dentro de la zanja (sobre la tierra removida).

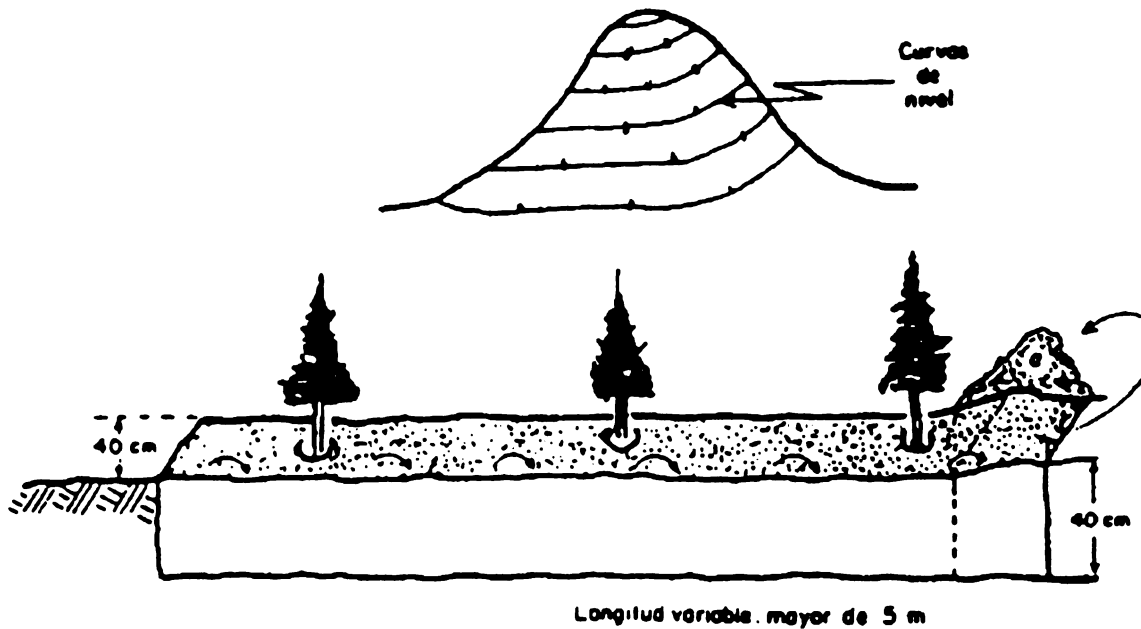


Fig. 2. Representación esquemática de una zanja ciega. Las separaciones indican la discontinuidad de las zanjas.

Zanja trinchera

También se construyen siguiendo las curvas a nivel, pero con la tierra producto de la excavación, se forma un bordo —aguas abajo de la zanja y separado de ésta 10 cm, a manera de banqueta—, haciéndole taludes lógicos y una corona de ± 40 cm de ancho por igual altura. La zanja tiene que tener el fondo a nivel, para que el agua captada se distribuye uniformemente a todo su largo; dicha longitud es variable, pero no es recomendable que exceda los 10 m (Fig. 3). Este método es más eficiente en la captación del escurrimiento superficial que los anteriores, y es apto para terrenos en pendiente con suelos endurecidos. No es propio para terrenos tepetatosos. También hay que dejar una separación, de terreno natural, de por lo menos 0.5 m entre zanjas contiguas, procurando que la distribución sea al “tres bolillo”. La plantación se efectúa sobre el bordo construido, a la distancia convenida (mínimo 1.5 m).

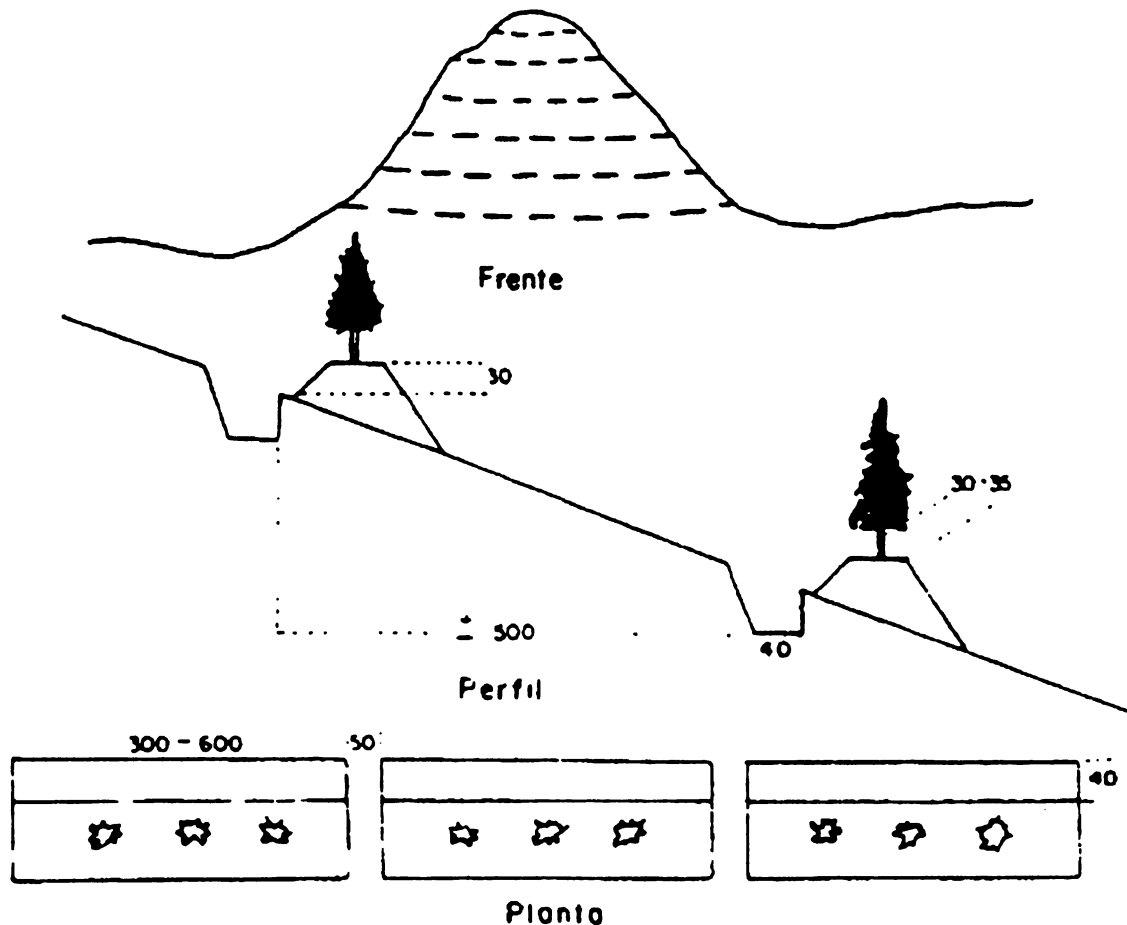


Fig. 3. Esquematación de la zanja trinchera; un método manual de preparación del terreno bastante eficiente en la captación de agua de lluvia.

Gradoni

El Sistema Gradoni, como su nombre lo indica, fue ideado por los italianos, para realizar reforestaciones en la parte seca del sur de Italia (Ciancio, Orazio)¹; en lo que se conoce como La Calabria. El método consiste en construir una serie de terracillas en forma escalonada, que se disponen siguiendo las curvas de nivel. Se las hace con una contrapendiente muy fuerte (30 - 35%) para propiciar la acumulación del agua de lluvia. Su anchura varía de 80 a 120 cm (Merendi, 1933). Aunque su longitud puede ser variable, no se recomienda que tengan una longitud superior a los 50 m, por si hay algún desajuste en la nivelación, aunque el suscrito las observó con longitudes mayores. Para eficientar la captación de agua se interponen bordos transversales de tramo en tramo, a fin de que el agua se distribuya a todo lo largo y ancho de las terracillas de manera uniforme (Fig. 4).

¹ Comunicación personal, 1968

Las plantas se pueden colocar a 1/3, 1/2 o 3/4 del ancho del gradoni, según el tipo de suelo y cantidad de lluvia precipitada; el suscrito la plantación la ha hecho a 3/4, (a partir de la cuneta) en terrenos tepetatosos en Tequexquinahuac, Texcoco, Méx., con buenos resultados; las plantas no se inundan con frecuencia, y si lo hacen, es por poco tiempo, no como sucede como en la Ceba Común, cuando se hace —malamente— en terrenos con tepetate aflorando o a poca profundidad.

Este método se presta para realizarlo en forma manual o combinada, ya sea utilizando un tronco de mulas, yunta de bueyes o un pequeño tractor que vayan barbechando una franja del terreno que siga la curva de nivel; la terminación se hace manualmente.

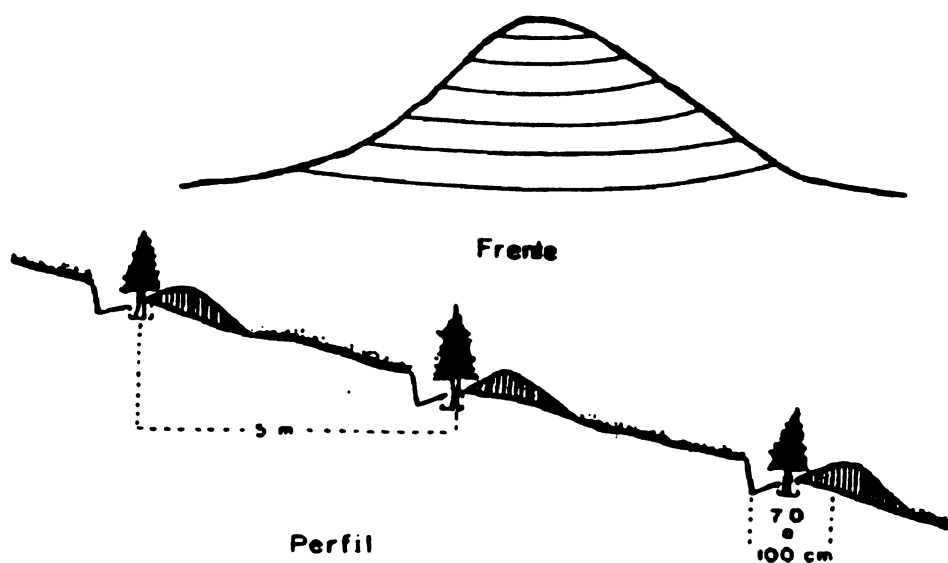


Fig. 4. El sistema Gradoni en buen captador de agua lluvia; por esta razón y por su fácil realización, sería una buena opción en las zonas semiáridas de México.

Sauceda

Este sistema de preparación del terreno fue desarrollado por los técnicos del entonces Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF) en el Campo Experimental "La Sauceda", del estado de Coahuila (Zapién, Maldonado y Aguilera, 1978). Es una modificación del método Zanja Trinchera. Tiene dos variantes: Sauceda 1 y Sauceda 2. La disposición de las zanjas se hace siguiendo, más o menos, las curvas de nivel, ya que se ha practicado en terrenos con poca pendiente (<5%). En el Sauceda 1, las zanjas son rectas; mientras que en el Sauceda 2, son curvas. En ambos casos, con la tierra producto de la excavación se forma un bordo —aguas abajo—, dejando un tabique divisor entre zanjas contiguas, lugar donde se plantan los brinzales (Fig. 5). El secreto de la captación y eficientización del agua, estriba en el hecho de

que los fondos de las zanjas no son horizontales como en el caso de la Zanja Trinchera, sino que tienen pendientes concurrentes hacia el tabique divisor, con el fin de que el agua se junte en torno a la planta en crecimiento. Los resultados reportados son halagadores para las bajas precipitaciones que se presentan en esas regiones del norte de la República Mexicana.

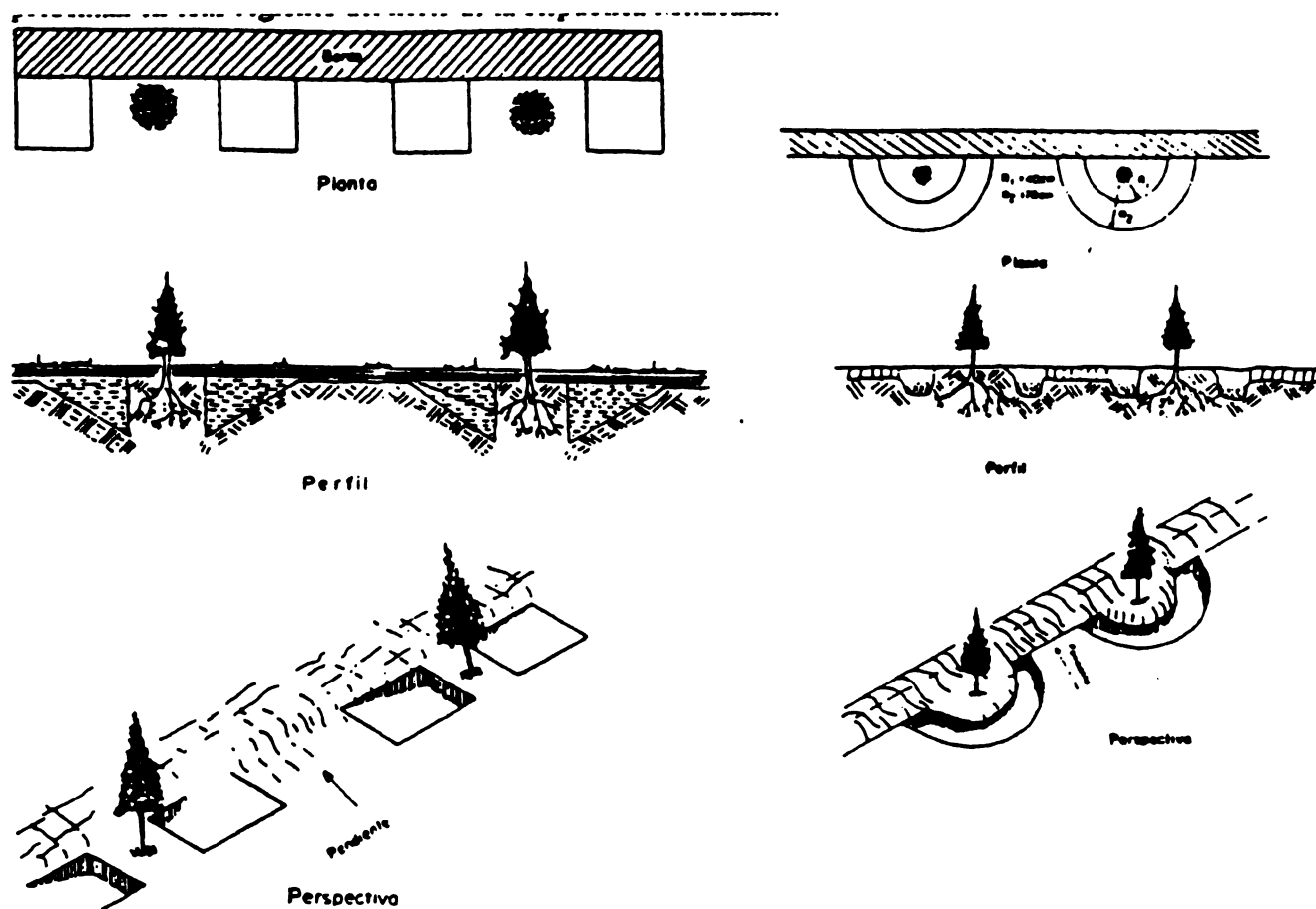


Fig. 5. El método Saucedo ha mostrado ser muy eficiente en la captación de las pocas precipitaciones de las zonas semiáridas del norte de México.

Terrazas de absorción

Dentro de los métodos mecanizados, el único que vale la pena mencionar, por su eficiencia en la captación del agua de lluvia, son las terrazas de absorción. Se construyen siguiendo las curvas de nivel del terreno. Tienen una anchura de 4-5 m, según el equipo con que se hagan. Llevan una contrapendiente del 5%. Como se hacen en balcón, con la tierra producto del corte, —sobre el relleno— se forma un bordo de ± 40 cm de altura; de esta manera se aumenta la capacidad retentiva de agua, dado que sus extremos deben quedar taponados (Fig. 6). En virtud de que sus longitudes pueden ser grandes (> 100 m), el piso de las terrazas tiene que quedar lo más horizontalmente posible, para obtener una distribución uniforme del agua captada; de lo contrario, ésta se saldrá al romperse el bordo hecho, causando, además de la pérdida del líquido, verdaderos estragos en las terrazas que queden aguas abajo.

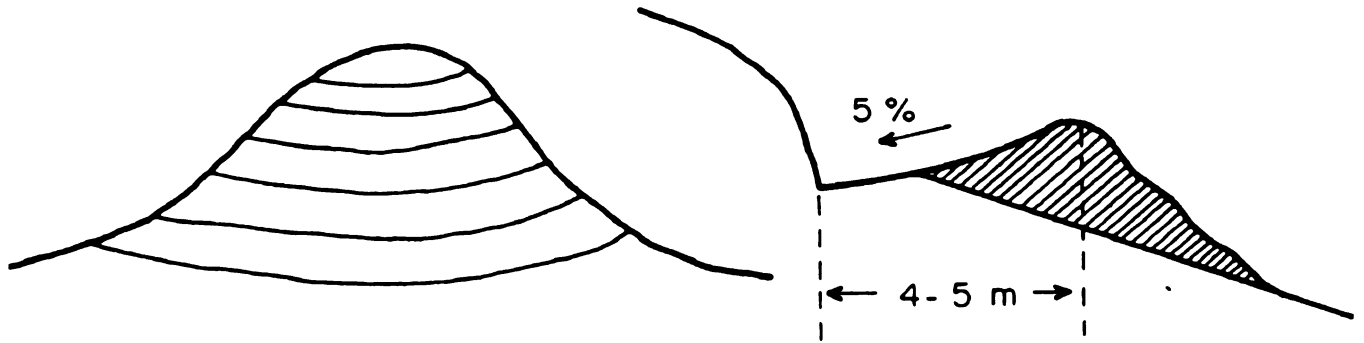


Fig. 6. Por las grandes cantidades de agua que captan, las terrazas de absorción son el mejor sistema de preparación del terreno de los métodos mecanizados.

En todos los sistemas descritos anteriormente, la separación entre las hileras de plantación, dependerá de los objetivos, pendiente del terreno, cantidad de precipitación (básicamente lluvia), y lo más importante, de los recursos económicos con que se disponga.

Conclusiones

Dentro de los métodos manuales de preparación del terreno con fines forestales, la **Cepa Común** y la **Zanja Ciega**, son los menos eficientes en la captación de agua de lluvia; le siguen, el **Sistema Gradoni** y la **Zanja Trinchera**. El **Sistema Saucedá**, como caso especial, es donde se eficientiza más la captación del agua en favor de las plantas en crecimiento. Por sus grandes dimensiones, son las **Terrazas de Absorción** las que captan mayores volúmenes de agua. En todos los casos, las zanjas terminan aterradas y las terrazas o terracillas, tienden a nivelarse —se llega a perder la contrapendiente—; pero se logra el objetivo final: **RESTABLECER LA VEGETACIÓN**.

Bibliografía

- Anaya G., M. 1998. Sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico en América Latina y el Caribe; **Manual Técnico**. México, D.F., IICA. pp. 1-3.
- Maldonado K., M. 1941. Los jardines botánicos de los antiguos mexicanos. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. 2:79.
- Merendi, A. 1933. Il problema del rimboschimenti nella regioni del mediterraneo e il sistema a gradoni. *Atti della Real Accademia de Georgofili*. 30:190-213.
- Patrone, G. 1960. Piano di assestamento delle foresta de Vallombrosa per il dicennio 1960-1969. pp. 18-23.

- Toumey, J. W. y C. F. KORSTIAN. 1954. Siembra y plantación en la práctica forestal. Buenos Aires, Sueldo Argentino. 480 p.
- Torres C., A. 1923. Netzahualcóyotl forestal. México Forestal. 1:11.
- Zapién B., M.; L. J. MALDONADO A. y J. M. AGUILERA. 1978. Trampas de agua para el desarrollo de las especies forestales en zonas áridas. INIF. Ciencia Forestal. 3(16):3-18.

CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA Y REFORESTACIÓN DE SUELOS CALCAREOS EROSIONADOS DEL DISTRITO DE COIXTLAHUCA, OAXACA.

Baldomero H. Zaráte N., Gabino A. Martínez G., Ma. Luisa Domínguez H., Manuel R. E.*

Introducción

Los cambios que el hombre ha generado en las estructuras ecológicas, por la irracional explotación que ha hecho de los recursos naturales, no son exclusivos del mundo de hoy, sin embargo, ningún modo de producción ha sido tan devastador como el actual, cuyos procesos de reproducción circulación y acumulación del capital se presentan como una causa determinante para la transformación de los ecosistemas (González *et al.*, 1992).

En los países subdesarrollados esto se ha agudizado todavía más dada la dependencia económica y tecnológica. América latina es la región en donde a nombre de la pobreza, se ha permitido de manera muy severa la sobreexplotación de su naturaleza con la expectativa de un mejor desarrollo (González *et al.*, 1992).

El nivel de deterioro que han alcanzado en la actualidad los recursos naturales, obliga a poner en práctica programas de conservación dirigidos a restaurar lo perdido y a manejar adecuadamente lo que se tiene para asegurar su disponibilidad futura (Casas *et al.*, 1992). Estos trabajos tienen que estar enfocados a la conservación de suelos y aguas en áreas agrícolas, restauración ambiental, conservación de recursos genéticos y organización social.

Nuestro trabajo en este proyecto se realiza en una zona semiárida que definida por (Toledo y Ordóñez, 1993) es una zona que presenta entre 400 y 700 mm de precipitación, de 6 a 8 meses de sequía, con un tipo de vegetación de material xerófilo (con más de 20 tipos de variantes) tanto estos autores como Rzendowsky (1993), estiman que la vegetación de las zonas áridas está constituida por cerca de 6000 especies con flores, además de los pastizales y la vegetación halófila. Este sitio de trabajo es el municipio de Concepción Buenavista, pertenece al Distrito de Coixtlahuaca, se encuentra a 2,600 m.s.n.m., posee una superficie territorial de 357 km. (INEGI, 1990) en cuanto los aspectos físicos predominan terrenos con suelo erosionado debido al mal uso de este recurso, en donde su subsistencia depende de actividades como la agricultura, dirigida al autoconsumo, el pastoreo excesivo de cabras y vacunos. Los suelos son someros y pedregosos con fuertes pendientes, en las partes bajas, estos son de textura migajón y/o arenosos, pequeños manchones de suelos arcillosos, con pH ligeramente ácido cuando el substrato es de origen ígneo, en cambio cuando el material subyacente es caliza o caliche, la textura es de migajón - arcilloso o francos y el pH es alcalino (Cruz y Rzendowsky, 1980), la temperatura media anual es de 16°C, la temperatura máxima extrema registrada es de 34°C y la mínima de -7°C, La precipitación es generalmente escasa y muy errática, oscilando entre 450 - 500 mm anuales, el régimen de lluvias es de verano, frecuentemente torrenciales (Cruz y Rzendowsky, 1980). En esta comunidad se lleva a cabo el proyecto denominado "investigación participativa para el desarrollo comunitario en Oaxaca y Guerrero" financiado por el SIBEM - Oaxaca y el Instituto Politécnico Nacional, donde las principales actividades fueron: Construcción de un bordo para la retención de agua, la conservación

* Investigadores del CIIDIR -IPN-Oaxaca.

de esta obra mediante actividades como reforestación de suelos con especies nativas e introducidas, formación de barreras vivas, control de cárcavas con especies vegetales, captación de agua de lluvia para la irrigación, especies nativas (enebro, timbre, mezquite,) e introducidas (Pino piñonero, *Pinus greegii*, cedro etc.).

Antecedentes

A partir de que ASPRO, en 1996 construyó en la comunidad un bordo o presa de tierra, que consiste en una cortina construida en sentido perpendicular a la dirección de la pendiente, concentrando agua de escurrimiento de origen pluvial, no cuenta con ningún material impermeabilizante ni retardador de evaporación y tiene como área de escurrimiento el monte abierto (Velasco, 1992), se realizaron diversas reuniones con ASPRO y miembros de la comunidad para definir los trabajos cuya finalidad fue la de integrar una propuesta para el manejo integral de una microcuenca cuyos fines de mayor entendimiento de nuestro trabajo reportamos lo que Pimentel (1987) dice de cuencas; que tiene 3 partes importantes; el área de recepción (parte más alta) con el mayor número de tributarios a la corriente principal; la garganta, que es un cause que desciende por la parte media de la cuenca y desemboca al valle formando la otra parte importante de la cuenca que es el lecho de diyección sitio donde se acumulan todos los desechos sólidos desprendidos a través de la garganta. Por último la cuenca la cual está delimitada por un parteaguas.

En base a lo anterior consideramos que el manejo de la cuenca, debe ser integral por lo que nos dimos a la tarea de iniciar con actividades de reforestación, plantación de barreras vivas, control de cárcavas, plantación de árboles frutales, es decir teníamos que presentar una alternativa ante esta problemática de suelos calcáreos, someros, de ladera, con escasa y errática distribución de la precipitación pluvial, suelos deficitarios en contenido nutrimental y sobre todo con un alto grado de erosión, en donde según Paredes (1995), se pierden 150,000 a 200,000 toneladas de tierra anualmente en esta zona (Fotografía 1)



Fotografía. I Suelos con alto grado de erosión en el Distrito de Coixtlahuca, Región Mixteca Alta Oaxaqueña.

Justificación

Debido a que no se realizan tratamientos integrales en el manejo de microcuencas y como resultado de los procesos de degradación que existe en toda el área de influencia de la cuenca, la sedimentación reducirá la vida útil de la represa debido a la progresiva acumulación de sedimentos o asolvamiento (Sejenovich,1992), prácticamente este proceso es extensivo a todas las presas construidas en la región, por lo que se considera muy conveniente hacer un plan de ordenamiento de esta zona, denominada por la comunidad como "gadianda", que contemple actividades como reforestación con especies nativas e introducidas, establecimiento de barreras vivas con pasto vetiver, control de cárcavas con carrizo, puesta en práctica de métodos para ejecutar correcciones en escurrimientos de la cuenca como es el método de captación de agua de lluvia denominado "Zanja trinchera", se considerando también la reforestación. Es conveniente mencionar que este manejo de la cuenca se realizó con la valiosa cooperación de ASPRO (Agua y Solidaridad para el progreso de Oaxaca) institución que proporcionó 8000 plantas para la reforestación, material para el cercado perimetral, abonos para la plantación y aproximadamente 2 kilómetros de canal de la presa hacia terrenos de cultivo, en el período anterior esta institución llevó a cabo la construcción del bordo de tierra en el paraje denominado de "gadianda".

Desarrollo de trabajos

1. CONSTRUCCION DE BORDO DE TIERRA PARA RETENCION DE AGUA DE LLUVIA.

Con apoyo de ASPRO (agua y solidaridad para el progreso de Oaxaca) durante 1996, se construyó un bordo de tierra para la retención de agua de lluvia en el paraje denominado "gadianda" (Fotografía 2) . La cual fue construida con equipo mecánico y responsabilidad técnica y financiera de ASPRO. La finalidad de esta obra fue la de conservar el agua de lluvia y utilizarla para fines agrícolas en las partes bajas de este paraje, donde se ubica la mayor cantidad de parcelas agrícolas de esta localidad. Para darle mayor vida útil a esta infraestructura y en coordinación con los habitantes de esta comunidad se acordó mediante asamblea comunitaria realizar los trabajos que a continuación se detallan.



Fotografía 2. Bordo de tierra para la captación del agua de lluvia en Concepción Buenavista Coixtlahuca Oaxaca.

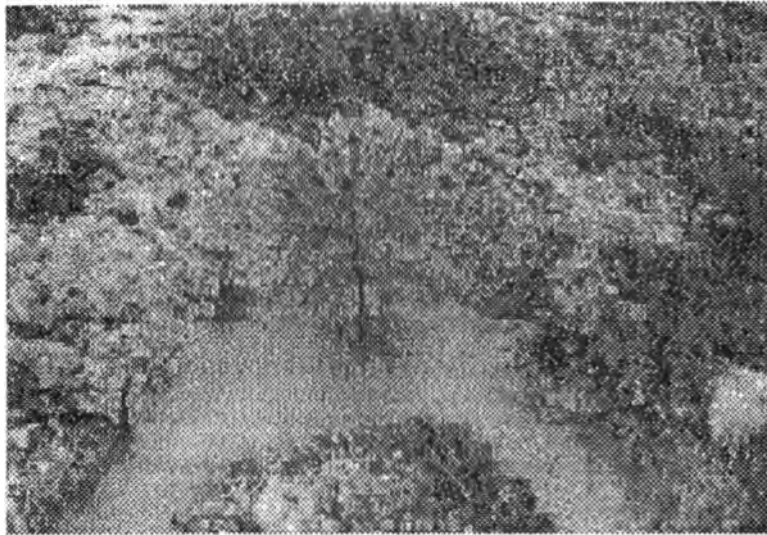
2. REFORESTACION PROTECTIVA

En México, últimamente, se ha estado utilizando para trabajos de reforestaciones protectivas, el método denominado "zanja trinchera", que consiste en la construcción de zanjas de 40 cm de ancho y 40 cm de profundidad y un largo que puede variar de 3 a 7 metros; (Fotografía 3).



Fotografía 3. "Zanja trinchera" para la captación de agua de lluvia.

Con la tierra producto de la excavación, se construye un bordo aguas abajo, con una altura y una corona o cajete de aproximadamente 40 cm, las zanjas se construyen alrededor del árbol y entre dos zanjas consecutivas, suele dejarse un tabique divisor (más o menos 50 cm de espesor) la planta queda al centro a una distancia de 50 cm del principio o la terminación de dicha zanja. Entre las zanjas de diferentes curvas de nivel debe guardarse una distancia, que podemos denominar como área de captación, de 3 a 5 m. de separación (Pimentel, 1987), (Fotografía 4).

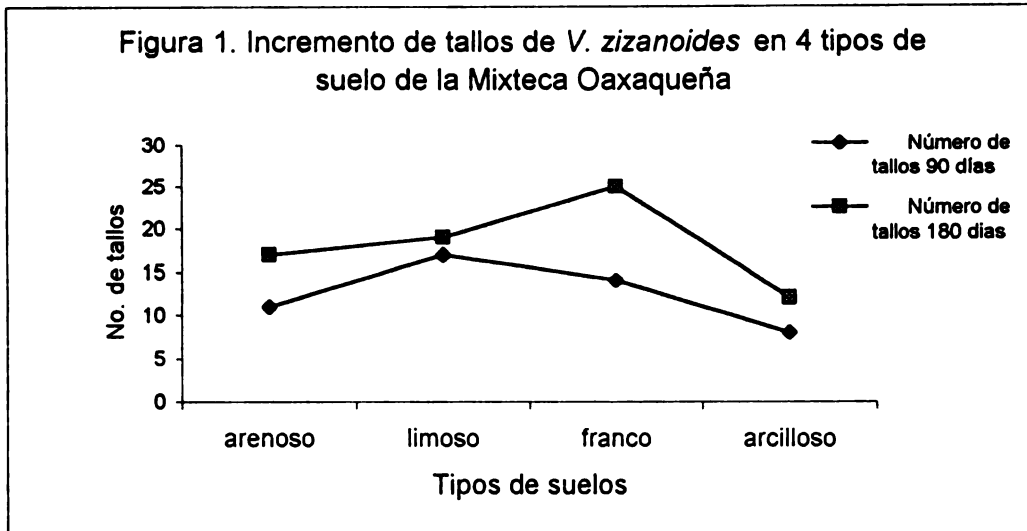


Fotografía 4. "Zanja trinchera" con agua de lluvia, en suelos calcáreos de la comunidad de Concepción Buenavista, Mixteca Oaxaqueña Reforestada con Pináceas.

Estos trabajos se realizaron en árboles de pinos (*pinus greggi*) los cuales fueron plantados en 1995, en la zona denominada el panteón, se hizo en este lugar para incrementar una zona reforestada aproximadamente 10 años atrás, los árboles se encuentran plantados a 5m. entre hileras y a 4m. entre plantas, se tomaron datos de crecimientos de plantas con este método y testigo (sin zanja trinchera) de los 50 árboles muestreados en este año, alcanzaron crecimientos promedio de 21 cm. en comparación con los testigo, quienes alcanzaron solamente 12 cm de crecimiento en promedio, demostrando con esto las bondades de este método.

3) ESTABLECIMIENTO DE BARRERAS VIVAS DE PASTO *VETIVER*(*Vetiveria zizanoides*)

Por las características de esta gramínea, la cual es reportada como una tecnología importante para el sostenimiento de la productividad agrícola en tierras tropicales y subtropicales, además, el banco mundial indica que esta especie es de bajo costo para la conservación del agua y suelo (Grimshaw, 1994) con la idea de probar esta tecnología por sencilla y barata, se decidió evaluar esta especie en la comunidad de estudio, para lo cual, en 1996 se estableció un vivero, consistiendo en 14 surcos con un total de 1,925 tallos (Hijuelos de plantación) los cuales al final del mismo año, se cosecharon 33,625 unidades de plantación las cuales se destinaron para 1997 de la siguiente manera: formación de un nuevo vivero con 500 unidades de plantación y la diferencia fue utilizada para el establecimiento de 300 metros de



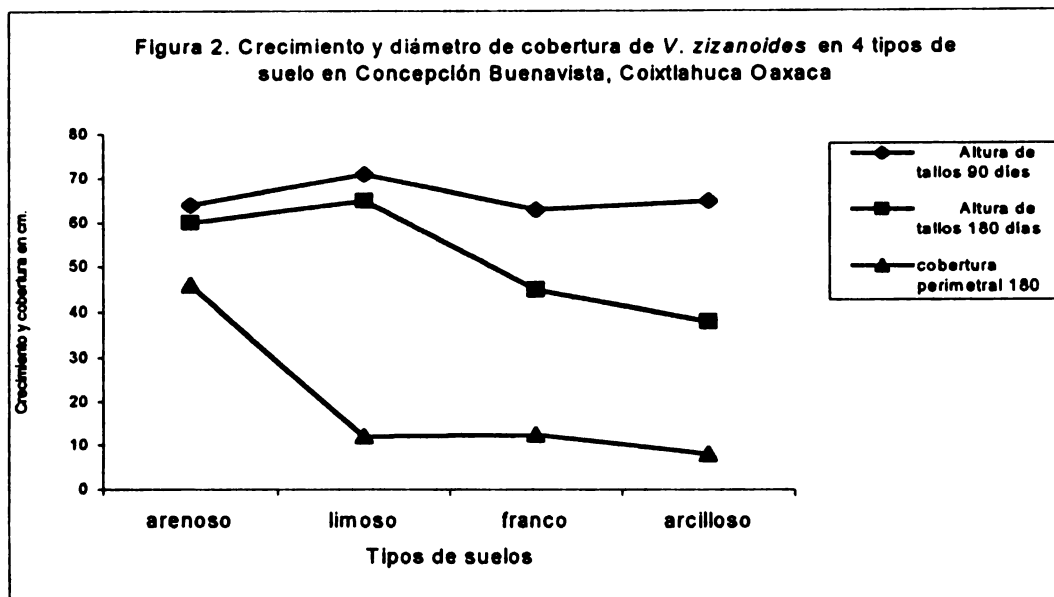
Barrera viva, en cuatro tipos de suelos diferentes (arenoso, limoso, franco y arcilloso) en el área de la microcuenca.



Fotografía 4. Pasto vetiver asociado con ramas y troncos para el control de la erosión en suelos degradados.

Para evaluar, crecimiento en altura (cm), número de hijuelos y la cobertura horizontal de la planta (cm). Los resultados indican que bajo estas condiciones el mejor de los suelos para la multiplicación de los tallos de pasto vetiver fue el tipo franco, con un promedio de 25 tallos por macolla, (Figura 1) en 180 días, equivaliendo al 20% en comparación a una zona templada como valles centrales de Oaxaca, en donde el incremento es de 80 a 100 en el mismo tiempo.

La altura máxima promedio que alcanzaron las macollas de *V. Zizanoides*, en 180 días, bajo estos tipos de suelo fue de 65 cm. En el migajón – limoso (Figura 2) y la máxima cobertura vegetal se presentó en el suelo migajón – arenoso con 14 cm de diámetro.



4) REFORESTACIÓN CON ESPECIES NATIVAS E INTRODUCIDAS

En la Mixteca, el 70% de la superficie se encuentra en terrenos de ladera. En estas áreas la erosión del suelo es el problema más grave, observándose en estos suelos la proliferación de manera natural de una especie predominando sobre las pocas que existen, el enebro (*Juniperus flacida*) la cual se puede observar en casi toda la Mixteca alta y parte de la Mixteca baja, seguida también de pequeños bosques de timbre (*Acacia angustissima* Mill) y en menor escala individuos dispersos de mezquite (*Prosopis* spp) y pino piñonero (*Pinus* spp). Al tener la presencia de estas especies en estos climas semiáridos nos indican que son estas las más recomendadas para llevar a cabo programas de reforestación. La utilización de estas especies en condiciones ambientales adversas se basa en el hecho de que las plantas nativas están bien adaptadas a las condiciones regionales y a menudo pueden establecerse más rápidamente que las especies introducidas. Los programas de reforestación implementados rara vez han incluido especies como el timbre, enebro, mezquite etc. Debido principalmente al bajo porcentaje de germinación causado por la presencia de inhibidores en la semilla y a un letargo fisiológico de esta. Por estas razones y bajo el objetivo de evaluar las ventajas que presentan las especies nativas en comparación con las introducidas bajo condiciones de suelo y clima adversos, se establecieron en

1997 las siguientes plantas: 395 enebros (*Juniperus flacida*), 21 pino piñonero (*Pinus* spp), 360 timbres, (*Acacia angustissima* Mill), 76 mezquites (*Prosopis* spp), 20 encinos (*Quercus* spp), 3000 (*Pinus Oaxacana*), 1000 cedros blancos (*Pinus* spp), y tres barreras de carrizo en las cárcavas de mayor perímetro. Los resultados obtenidos son los siguientes: Para el pino piñonero y el *Pinus Oaxacana*, el crecimiento fue muy lento comparado con el enebro, también con crecimiento lento pero superior a los demás (Figura 3). El 50 % de los mezquites se secaron y el otro 50% tienen crecimientos muy débiles y serios problemas de adaptación, Los encinos sufrieron desecación en el 100%, esto tal vez se debió a la exigencia de esta especie de alto contenido de materia orgánica en el suelo y a la simbiosis con micorrizas que en estos suelos no existieron, El cedro blanco se comportó en cuanto a crecimiento similar al enebro y, por último, las barreras de carrizo soportaron las sequías y heladas. Con crecimientos ligeramente superiores a enebro y cedro. Por tanto se puede decir que las especies más sobresalientes bajo estas condiciones son: Enebro, cedro blanco y carrizo.

Conclusiones y recomendaciones

La cortina de tierra, en cuyo vaso almacena grandes cantidades de agua, es una opción técnica que estimuló a los campesinos de esta comunidad a iniciar con la agricultura bajo pequeña irrigación en las partes planas y bajas de la localidad.

Es muy importante reforestar y dictaminar como zona de exclusión las partes altas de esta cortina, con lo cual se favorecerá la captación y se prolongará la vida útil de esta obra.

Para el establecimiento de barreras vivas de pasto vetiver en suelos calizos y arcillosos en el área de influencia de Concepción Buenavista, se recomienda plantarlas en unidades formadas entre tres y cinco tallos para asegurar su prendimiento cuando el periodo de lluvias esté completamente establecido (Julio ó agosto) y el número de unidades de plantación debe estar formado mínimo de 4 tallos.

En base a los 8 meses de crecimiento vegetativo de las especies evaluadas para reforestación nativas e introducidas, se observa una mejor adaptación del enebro, cedro blanco y carrizos (especies nativas), las cuales probablemente por ser de más rápido crecimiento se ven mejor adaptados.

Para el caso del mezquite, pino piñonero y pino Oaxacana, debido a que son de crecimiento más lento no se han observado cambios significativos en cuanto a crecimiento en altura y grosor del tallo.

Se considera que por tratarse de muy poco tiempo de periodo de crecimiento, los cambios en altura y grosor del tallo de enebro no son significativos por lo que se recomienda dar continuidad a este experimento, para verificar los resultados y determinarla como mejor especie nativa para reforestar suelos calcáreos de esta región.

Las obras de captación de agua, siempre deben de ir estrechamente acompañadas de programas de reforestación y debe de dársele el carácter de manejo integral, en donde los habitantes estén plenamente convencidos y ellos actúen por su propia cuenta y riesgo, cultivando y conservando especies principalmente nativas, evitando en la medida de lo posible la invasión de ganado caprino y tala inmoderada de las zonas de captación.

Bibliografía

- Casas A. Y Valiente B. A. 1992. Etnias, Recursos Genéticos y Desarrollo Sustentable en Zonas áridas de México. Energía Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable. Memoria.
- Cruz, C. R. y Rzendowsky J.R. 1980. Vegetación de la Cuenca del Río Tepelmeme, Mixteca alta estado de Oaxaca. México. An. Esc. Ciencias Biol. Méx.
- González Q. Y Vallejo A. V.H. 1992. La Inadecuación de los Espacios de Consumo Colectivo Como Factor de Degradación Ambiental. Energía Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable. Memoria.
- Grimshaw R.G. 1994. Vetiver grass hs. Application for the estabilizacion structures
- Krishnamurthy L. y Leos Rodríguez, J.A. 1994. Agroforesteria en Desarrollo (Educación, Investigación y extensión). Centro de Agroforesteria para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma de Chapingo, México

LAS TERRAZAS INDIVIDUALES Y CONTROL DE EROSION EN PLANTACIONES DE CAFETALES Y MARAÑON EN LA COSTA DE CHIAPAS.

Ing. Sebastian Gonzalez Davila*

Introducción

La Comisión Nacional del Agua, desarrolla desde 1995 el programa de Manejo del Agua y Preservación de Suelos, en el marco del Plan Hidráulico de la Costa de Chiapas, con el propósito de atender peticiones comunitarias y contrarrestar el acelerado proceso de la erosión de los suelos, la acumulación de azolves y las inundaciones debidos a las lluvias torrenciales, que afectan a la infraestructura de drenaje agrícola, a los cauces de ríos, a las lagunas y a los esteros del litoral, dentro de los límites oficiales de los Distritos de Temporal Tecnificado. A partir de 1996 la Dirección General de la CNA, amplió el programa para atender la problemática general de las partes medias y altas fuera de los límites de los distritos, teniendo como marco geográfico el límite de las cuencas hidrográficas que confluyen en los distritos de la Costa de Chiapas.

Este cambio ha permitido atender las peticiones de usuarios y comunidades rurales marginadas. Para ello, personal técnico de la Gerencia de DTT de la Comisión Nacional del Agua y del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua realizaron en el inicio recorridos de observación y diagnóstico por las cuencas medias y altas de los ríos Vado Ancho y Novillero para detectar algunas características preliminares y la magnitud del fenómeno de la erosión y sus impactos ocasionados a lo largo de las cuencas.

En estos recorridos se encontró que los caminos de terracería que comunican a las poblaciones de la sierra son grandes aportadores de volúmenes de suelo por los cortes hechos en la construcción y su rehabilitación anual, así como la falta de estructuras en los cruces con arroyos y cárcavas profundas que forman la red hidrográfica de los ríos. Pero también las laderas cultivadas con maíz donde antes de la siembra las áreas son quemadas y expuestas a la erosión hídrica, las áreas de pastizal con sobre pastoreo, las partes de selvas que son arrasadas por incendios anuales formando acahuals, los cortes en montaña para el paso de terracerías, el cajeteo para las plantaciones de plátano y de cafetales con escasa cobertura arbolada y sin técnicas entre otros, son acciones que contribuyen al proceso de la erosión del suelo aunados a las lluvias torrenciales, las fuertes pendientes y la alta susceptibilidad del tipo de suelo a la erosión.

Los arrastres de sedimentos por los escurrimientos, favorecidos por las fuertes pendientes, son acelerados por la actividad agropecuaria y presión demográfica de las comunidades, cuyos suelos desprendidos y llevados en solución son conducidos por los cauces de los ríos, por aguas que bajan en gran volumen y fuerza destruyendo puentes, provocan derrumbes en taludes, azolvan causes y las áreas bajas que encuentran a su paso.

El Programa de Manejo del Agua y Preservación de Suelos, de la Comisión Nacional del Agua, está atendiendo actualmente 16 200 ha con diversa prácticas productivo - conservacionistas, no solo en la parte baja en microcuencas piloto, sino también en las partes medias y altas de las cuencas hidrográficas erosionadas, a través de cuatro Asociaciones Civiles y mediante 16 Contratos de Mano de Obra Campesina en la Costa de Chiapas. Esto con el fin de hacer frente al problema de la erosión y azolvamiento de las obras, con la participación corresponsable de los usuarios de la infraestructura

* Jefe de proyecto de Preservación de Suelo y Agua .-GDTT-CNA.

productores organizados, mediante las asociaciones civiles de usuarios en los distritos. Estas acciones son complementarias al Programa de la Conservación diferida y mantenimiento de la infraestructura construida, fortaleciéndose con el programa de Manejo de Agua y Preservación de Suelos, para controlar la erosión de los suelos, abatir el azolvamiento de la infraestructura, de los cuerpos de agua del litoral y proteger de inundaciones a las comunidades de la Costa entre otras acciones importantes.

Problemática de la erosión en la Costa de Chiapas

La problemática de la erosión en la Costa de Chiapas es espectacular y destructiva tanto en los sitios donde se desprende el suelo y se produce la erosión en lomeríos y laderas, como en los sitios y tramos donde se depositan estos son: los cauces de ríos, las obras de drenaje principal, los esteros, la infraestructura y cuerpos de agua.

Para estudiar el fenómeno erosivo en la Costa de Chiapas, la Comisión Nacional del Agua conjuntamente con el Instituto Nacional de Tecnología del Agua, realizó estudios de erosión actual, real y potencial en 120 000 hectáreas entre los ríos Novillero y el Vado Ancho donde se encuentran las zonas más erosionadas. Para ello se utilizaron las cartas topográficas 1: 50 000 de INEGI, e imágenes de Satélite de 1986 y 1997 digitalizadas por medios computacionales, para determinar los cambios del uso del suelo y su efecto erosivo en la franja comprendida entre ambos ríos y desde la cima de la Sierra del Soconusco hasta el litoral del Pacifico. Con esto se comprobó que las partes medias y altas de las cuencas hidrográficas son las que presentan mayores problemas de erosión destacando las barrancas con fuertes pendientes y lomeríos.

Para aplicar la tecnología productivo-conservacionista se realizó una división empírica de las cuencas hidrográficas, a lo largo de las mismas, con base en la geomorfología definida por los principales cambios de pendiente, que se presentan entre la cima de la Sierra del Soconusco y el mar, ubicando cuatro zonas que son:

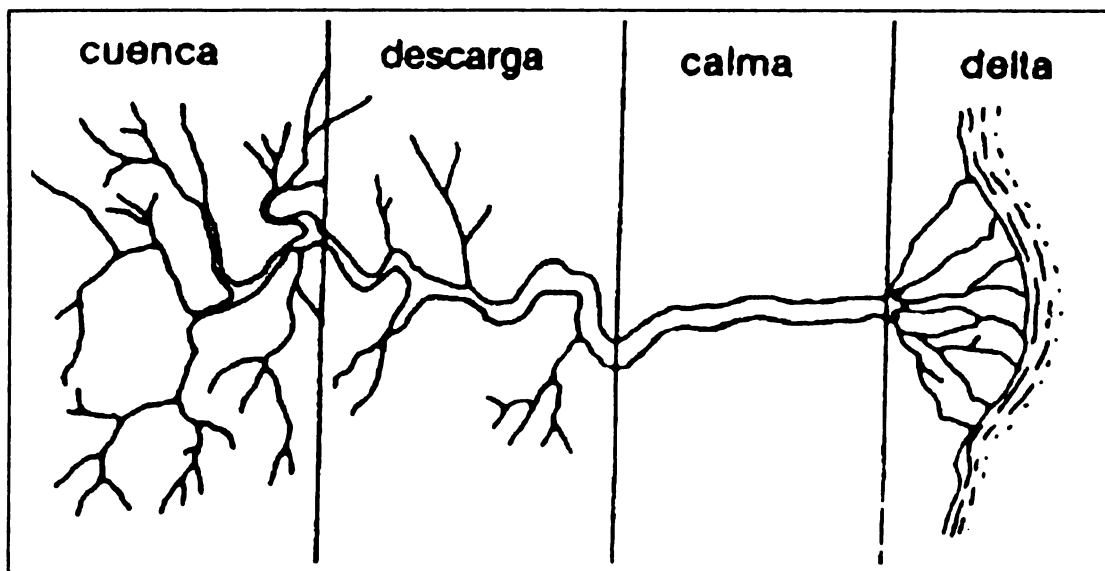


Diagrama hidrológico de Lates correlacionado con la división de cuencas hidrológicas, CNA.

- a.- La Cuenca alta, o zona de captación de escurrimientos.
- b.- La Cuenca media o zona de lomeríos y cañadas de escurrimientos torrenciales.
- c.- La Planicie Costera o zona agropecuaria con red de infraestructura hidroagrícola.

d.- La Zona de los Esteros, con lagunas litorales y deltas de ríos que desembocan al mar.

Esta estructura de división de cuencas se correlacionó con el diagrama hidrológico de Lattes (esquemas) que divide las corrientes superficiales en cuatro zonas que son: la cuenca alimentadora, el tramo de descarga torrencial, el tramo de calma, y el delta, con la desembocadura y estuario de los ríos. Ambas divisiones de las cuencas hidrográficas, guardan una alta correlación entre el área de toda la cuenca con su corriente principal, adoptándose esta división para el desarrollo de las prácticas productivo conservacionistas y pequeñas estructuras de control de azolves que la CNA viene construyendo, para el manejo de los escurrimientos y el control de la erosión de los suelos. Este manejo y control se realiza en función de las características físicas de las microcuencas o áreas piloto seleccionadas y de los diferentes sistemas de producción.

a.- Factores que influyen en el proceso erosivo.

Los factores que presentan mayor efecto son las precipitaciones máximas registradas en períodos cortos de tiempo (24 hs.), aun con las pendientes irregulares en áreas abruptas del terreno, los desmontes en ladera, el tipo de suelos altamente susceptibles de erosión (como los Regosoles de tipo granítico dominantes en la región), la actividad agrícola trashumante que se realiza tanto con la siembra de maíz en laderas desprotegidas, como las áreas sin vegetación debido a los incendios accidentales o provocados en zonas de pendientes fuertes y las áreas de pastoreo sin control en colinas y lomeríos bajos. En el cuadro siguiente se consignan los datos obtenidos de la pérdida de suelos a lo largo de las cuencas hidrográficas entre el río Vado Ancho y el río Novillero de la Costa de Chiapas, con diferentes grados de pendiente correlacionados con la división de cuencas y utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) de Wischmeier y Smit (1965-78).

Rangos de pérdida de suelo en cuencas hidrográficas de la Costa de Chiapas.

ZONAS Y PENDIENTES	CLASE	PERDIDA DE SUELO
Planicie Costera de 0 a 1.5 %	Normal o leve	> 2 ton/ha/año
Planicie Costera de >1.5 a 3%	Legera	> 2 a 5 ton/ha/año
Cuenca media >3 a 6%	Ligeramente Moderada	> 5 a 10 ton/ha/año
Cuenca media >6 a 12%	Moderada	>10 a 20 ton/ha/año
Cuenca media >12 a 25%	Moderadamente Acc.	>80 a 150 ton/ha/año
En barrancas > 50 %	Accidentada y abrupta	> 300 ton/ha /año
Cuenca alta >25 a 50%	Accidentada	>150 a 300 ton/ha/año
Cuenca alta >50 %	Abrupta	> 300 ton/ha/año

Fuente: Diagnóstico y evaluación de la erosión por (EUPS), CNA-IMTA-CP-1997

b.- Consecuencias adversas de la erosión

Las consecuencias son fundamentalmente de pérdida y acumulación de suelos estimada en varias toneladas de material superficial fértil desprendido en las zonas medias y altas de las cuencas, presentándose arrastres de suelos hacia las partes bajas, donde se acumulan provocando azolvamientos, como se indican ambos fenómenos a continuación:

Sistemas de producción tradicional y zonas con vegetación degradada	Pérdida de suelos cantidad ton/ha/año	con (1) prácticas conservacionistas
Siembras de maíz en ladera	40 a 80 ton/ha	16 a 32 ton/ha
Pastoreo sin control en lomeríos	20 a 40 ton/ha	8 a 16 "
Zonas de selvas perturbadas en lomeríos	80 A 150 Ton/ha	32 a 40 "
Plantaciones de cafetales con arboles de sombra	> de 20 a 30 ton/ha	8 a 12 "
Bosque perturbado de niebla en laderas	> de 150 a 300 ton/ha	40 a 120 "
Selva virgen de laderas pronunciadas	>15 ton/ha	-----
Barrancas desprotegidas	> mas de 300 ton/ha	120 ton/ha

(1) con la aplicación de una sola práctica mecánica tipo terraza individual o formación sucesiva

Sitios de acumulación de sedimentos	Cantidad estimada en % en tramos de ríos
Acumulación en cuenca alta de captación	>2 %
Acumulación en la cuenca media	0 % afloramiento rocoso en causes de ríos
Acumulación de material en remanso de río	20 % acumulación de material grueso
Azolamiento de material en infraestructura	20 % acumulación de material tamaño medio
Azolve en cuerpos de agua de esteros	40 % acumulación de material medio y fino
Aporte a las desembocaduras de ríos	18 % acumulación de material fino
Total	100 %

Objetivos de la Conservación de suelo y agua

El programa de Manejo del Agua y Preservación de Suelos de la CNA plantea los objetivos siguientes:

- Promover y concientizar a los usuarios de la infraestructura, a los propietarios de predios rústicos y unidades de producción agrícola, pecuaria y forestal, de la Costa de Chiapas de la necesidad de realizar un uso más racional y eficiente de los recursos naturales evitando su degradación, que permita aumentar la producción con mayor eficiencia en aras de aprovechar mejor los recursos y elevar el nivel de vida en las comunidades.
- Realizar acciones concretas y ordenadas en los Distritos de Temporal Tecnificado, encaminadas a evitar la erosión del suelo con prácticas productivo – conservacionistas que permitan obtener mayores tasas de productividad por unidad de inversión y un manejo sustentable del suelo, agua y vegetación con criterios de eficiencia técnica, viabilidad económica y participación social corresponsable.

a.- En la preservación y conservación de la infraestructura construida.

- Evitar al máximo posible el deterioro de la infraestructura, ocasionado por el depósito de sedimentos que proviene de los arrastres por avenidas de las cuencas medias y altas, mediante la construcción de represas filtrantes, represas de gaviones, bordos de contención, muros vegetativos en laderas entre otras prácticas de control de azolves.

b.- En la preservación del suelo y el agua

- Prevenir la erosión del suelo con prácticas productivo conservacionistas extensivas como: terrazas individuales, manejo de residuos, labranza de conservación, drenaje parcelario, muros vegetativos en ladera, chapeo de praderas controladas, cortinas rompevientos, reforestación de riberas de ríos, que protegen los suelos de la erosión, mejoran su fertilidad y aumentan los rendimientos en las áreas agropecuarias.
- Realizar un uso y manejo técnico de los escurrimientos en las partes medias y altas de las cuencas, lo cual permite promover la infiltración, aumentar las recargas de acuíferos, aprovechar el agua por gravedad a nivel parcelario y fomentar los huertos familiares para mejorar la microecología local, mediante sistemas integrados de manejo con prácticas más eficientes que garanticen la conservación del suelo y el agua y que obtenga ganancias el productor.
- Demostrar y promover objetivamente con los productores, las prácticas económicas y productivas más eficientes, para conservar y mejorar el suelo, hacer un uso y manejo adecuado del agua en cada zona en que se han dividido las cuencas hidrográficas.
- Difundir, capacitar, ampliar, consolidar e intensificar la aplicación de las prácticas conservacionistas en el campo, registrar inventarios con nuevas tecnologías, dentro y fuera del ámbito de los Distritos de Temporal Tecnificado y fomentar la participación y esfuerzos de los usuarios a través de las asociaciones civiles para la adopción de prácticas de mayor éxito.

Estrategias de Manejo del agua y Preservación de suelo

La CNA tanto en forma directa como a través de convenios con instituciones de investigación y enseñanza superior lleva a cabo el Programa de Manejo del Agua y Preservación de Suelos mediante las estrategias siguientes:

1. Concerta y coordina la participación con las Asociaciones Civiles de usuarios, las Jefaturas de Distritos, la Gerencia Regional y Delegaciones de SEMARNAP para su ejecución.
2. Proporciona asesoría técnica directa en el campo en cada práctica a los productores participantes y en reuniones de capacitación.
3. Induce la adopción de las prácticas más recomendables, mediante su realización en campo mostrando resultados en áreas piloto seleccionadas y resultados obtenidos.
4. Fomenta la participación directa haciendo los trabajos con grupos de productores en sus propias parcelas.
5. Capacita a técnicos y productores con el método de " aprender haciendo" en el servicio de asesoría en campo.
6. Difunde las prácticas de conservación mediante spots de radio, trípticos y carteles.
7. Apoya directamente al productor compartiendo el costo con un estímulo por práctica.
8. Transfiere la tecnología conservacionista con mayor éxito productivo y económico: buscando los mecanismos para su adopción, aplicación, intensificación y consolidación.

- 9 Redobla esfuerzos en las acciones de conservación de suelos y agua con la participación interinstitucional del gobierno federal, de los gobiernos de los estados, de los municipales y con instituciones de investigación y enseñanza superior como en la participación de las comunidades urbanas y rurales.

Prácticas productivo conservacionistas realizadas en la Costa de Chiapas.

El programa de preservación de suelo y agua que se realiza en 13 distritos de Temporal Tecnificado del trópico húmedo tiene documentadas con especificaciones técnicas 17 prácticas productivo-conservacionistas y están en proceso de documentación tres más durante 1998. En el caso de la Costa de Chiapas, se incluyen en el cuadro siguiente los resultados de las que se han aplicado en diferentes zonas de las cuencas hidrográficas, tanto en la cuenca alta, media y la planicie costera.

**PRACTICAS PRODUCTIVO CONSERVACIONISTAS REALIZADAS EN LA
CUENCA DEL RIO VADO ANCHO DE LA COSTA DE CHIAPAS
DTT. 006.- ACAPETAHUA , 018.- HUIXTLA,
017 TAPACHULA Y 020 MARGARITAS PIJIJAPAN, CHIS.**

DIVISION DE CUENCA (GDTT)	ALTITUD Y PENDIENTE	DIAGRAMA DE LATTES	PRACTICAS REALIZADAS	CANTIDAD
1.- Cuenca alta	1.- de 500 a 2900 msnm 2.- de 30 a 60 %	A.- Area de Captación	1.- Protec. Forestal 2.- Terrazas indiv. en cafetales 3.- Muros vegetativos 4.- Represas filtrantes	Masiva 675 ha 1'350 000 tz. 60 ha 0
2.- Cuenca media	2.- De 100 a 500 msnm. 2.1.-De 10 a 30%	B.- Area Destructiva	1.- Terrazas individ. 2.- Muros vegetativos. 3.- Represas filtrantes 4.- Manejo frutícola 5.- Gaviones	300 ha 30 ha 225 estructuras 185 ha 10 estructuras
3.- Cuenca Baja	3.- De 5 a 100 msnm. 3.1.- De 1 a 10%	C.- Area De calma y Remanso	1.- Manejo de residuos 2.- Drenaje parcelario 3.- Manejo pecuario. 4.- Refor. de riberas 5.- Emp. De drenes 6.- Cercos vegetativos 7.-Bordos de captación 8.- Lab. Conservación	10 500 ha 140 km 400 ha 125 km 18 km 120 km 12 estr. 650 ha
4.- Zona de esteros del litoral	4.- 0 a 5 msnm. 4.1.-Menor de 1%	B.- Area de Acumulación y delta del rio	1.- Estudio de aportación de sedimentos **	1.-Río Vadoa Ancho 1.-Río Novillero 1.-Río Pijijiapan, Chiapas.

Programa: Manejo del Agua y Preservación de Suelos CNA-GDTT, 1998

** No se incluyen obras de Conservación diferida y acciones contra inundaciones y desazolves.

En el caso de la presente ponencia se destaca la práctica de terrazas individuales en cafetales y marañón por la importancia que revisten dichas prácticas en la cuenca alta y media para las zonas cafetaleras del Soconusco.

Terrazas individuales para control de erosión

En las microcuencas seleccionadas, para la construcción de terrazas individuales en cafetales, coberteras vegetales, represas filtrantes, muros vegetativos en ladera etc., ubicadas en las partes medias y altas de las cuencas hidrográficas que convergen en los DTT donde se ubican áreas con mayores problemas de erosión, se construyen estas pequeñas obras de bajo costo, integradas a sistemas de manejo en las cuales se realizan las prácticas para que sean adoptadas y ampliadas a mayores superficies.

Las terrazas individuales son de varios tipos: las de cajete plantación y relleno se hacen en terrenos ligeramente planos hasta 2% de pendiente, las de media luna con bordo apisonado y protegido con pasto de 3 a 30 %, (en frutales), las terrazas de media de bordo protegido con trozos y troncos de las podas de árboles y estacas para laderas mayores de 30 a 60% de pendiente. Estos tipos de terrazas se usan para frutales en desarrollo, plantación y reforestación, y en plantaciones de cafetales según las características físicas del área

Funciones de las terrazas en plantaciones cafetaleras de ladera.

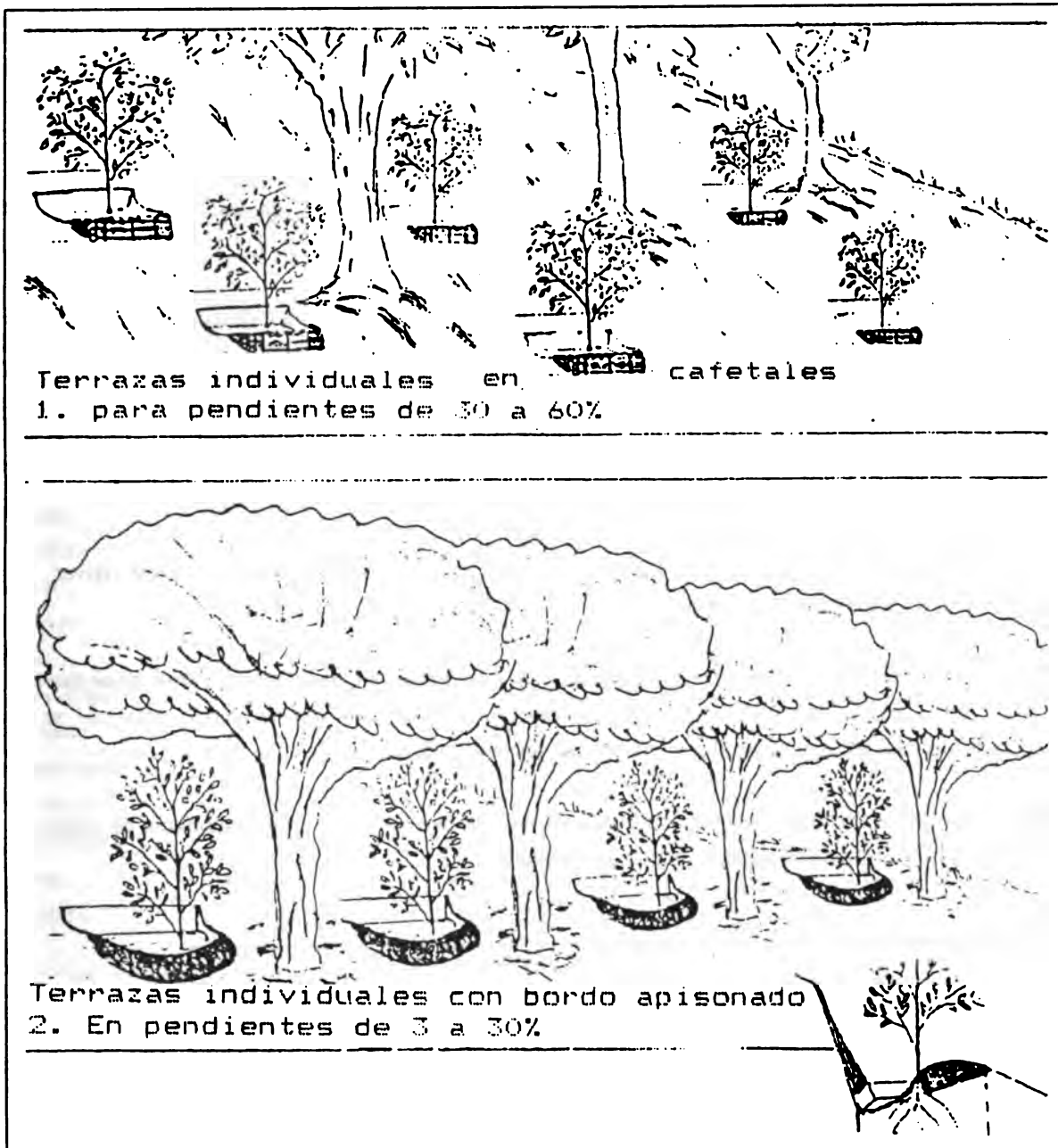
En forma sintetizada se indican las principales funciones de las terrazas en cafetales.

- Reducen la erosión laminar y evitan la pérdida de suelos y su fertilidad hasta un 60% respecto a condiciones de plantación y manejo tradicional
- Captan mayores volúmenes de agua de lluvias en las terrazas y retienen mayor humedad para la planta de café y árboles de sombra en laderas.
- Sirven como depósito y reciclado de la materia orgánica producida por la plantación
- Contribuyen en el aumento de los rendimientos al pasar de 1 ton/ha a 3 ton /ha en promedio en laderas con pendientes entre 10 a 50%.
- Preservan las laderas con sistemas de plantación agrosilvícolas de alta densidad, que tienen un efecto en el control de la erosión cercano a la de selvas primarias.

Terrazas en cafetales de laderas pronunciadas

Las terrazas en laderas pronunciadas con pendientes entre el 20 y 30 % y longitudes de 240 metros en promedio y entre 30 y 60 % con longitudes de 280 metros se han realizado en la microcuenca Manacar – Banderas y Francisco Villa en la cuenca media y alta del río Vado Ancho. Esta práctica ha logrado un cambio notable en el desarrollo de la plantación y un incremento en rendimiento de 2 ton/ ha, sobre la media que era de 1 ton/ha en el Ejido Sección Banderas y Francisco Villa del municipio Villa Comaltitlán, Chis.

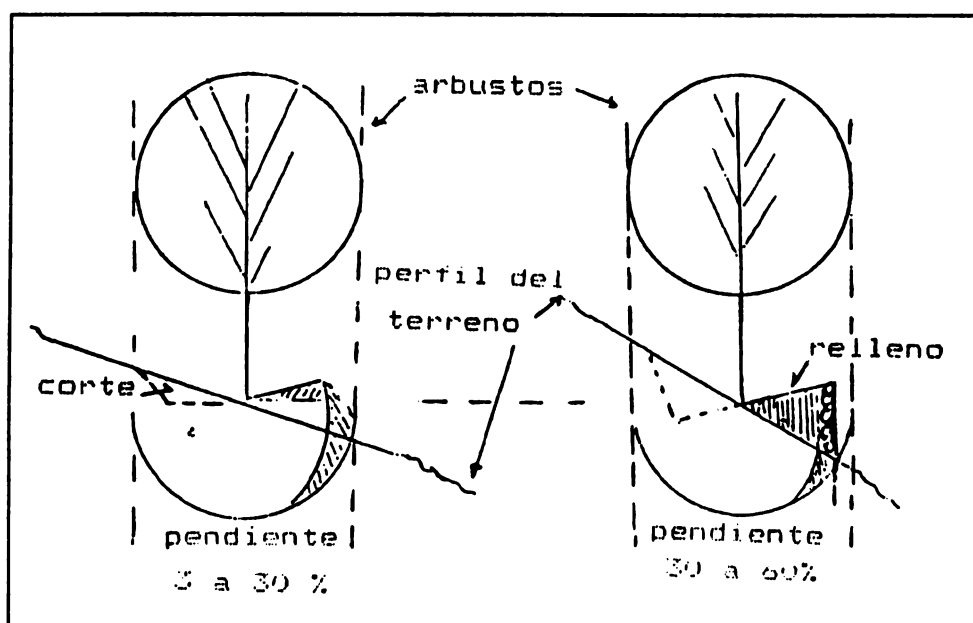
Es importante mencionar que la CNA ha buscado la forma técnica de reducir los costos de las terrazas con un diseño mas económico y efectivo. En las ilustraciones siguientes se presentan dos tipos de terrazas de las que se han construido en parcelas de minifundio ejidal en las zonas señaladas y donde se incluye un diseño modificado.



Terrazas en marañon con relieve irregular

El escurrimiento superficial del agua que baja a velocidades sin control a través de los suelos agrícolas, es tan perjudicial como el agua que sigue los cauces de los arroyos, al conducir el suelo fértil de las parcelas y dejando la tierra agotada en su capacidad productiva. Por ello se impulsa en las plantaciones frutícolas de la Costa de Chiapas, ubicadas en lomeríos bajos con pendiente de 2 al 16% un manejo integrado del suelo, el agua y la plantación. Este manejo integrado consiste en cambios en las labores tradicionales de los suelos recomendándose las prácticas que se indican en los siguientes puntos.

1. Construir terrazas de media luna dentro de la zona de gotco del árbol, apisonar el bordo y afianzar con siembra de pasto de corte para incorporación o para forraje de animales de traspatio.
2. Evitar el rastro a favor de la pendiente que expone el suelo a la erosión con las lluvias torrenciales, provocando deslave y aparición de la raíz del árbol.
3. Realizar chapeos (3 anuales) en callejones alternos y siguiendo el contorno de los callejones o las líneas perpendiculares a las pendientes dominantes del terreno.
4. Dejar el cauce de los bajíos y cárcavas que se encuentren en el área de la plantación sin chapear o hacerlo dejando los pastos con un corte de 30 o 40 cm de altura.
5. Construir sistemas de 3 represas filtrantes por cárcava a distancia sencilla o doble de pié-cresta entre represas y bloquear la punta de las cárcavas estableciendo un cabeceo con material vegetativo para evitar el avance de la erosión remontante en suelos productivos.
- 6.- Las represas se pueden construir con material del área, con estacado de trozos de las podas, con pasto vetiver, carrizo, bambú o piedra con reforzamiento vegetativo.
- 7.- Durante el crecimiento de la plantación, se recomienda sembrar leguminosas en los callejones (soya, frijol con labranza de conservación de alta densidad y en caso de sembrar maíz asociarlo con haba, calabaza y chile, así se tendrán otros productos para consumo en la finca y se pueden vender excedentes.
- 8.-Solicitar orientación sobre aplicación de encalado, fertilización, control de plagas y comercialización de productos a la asociación civil o a las dependencias del sector agropecuario.



1.- Diagramas de terrazas individuales.

A continuación se presenta una comparación de un paquete tradicional con uno productivo conservacionistas en plantaciones de cafetales en laderas con pendientes entre 30 a 60 % comunidad Secc. Banderas cuenca del río Vado Ancho, Costa de Chiapas

Prácticas en Plantaciones tradicionales	Cantidad de Prácticas Aplicadas	Prácticas productivo Conservacionista recomendadas	Cantidad de Practicas Aplicadas
Plantación de Marañon (laderas)		Plantación de Marañon (laderas)	
Preparación del Terreno		Preparación del Terreno	
- Desmonte	1	- Desmonte	1
- Subsoleo	1	- Subsoleo	0
- Barbecho	1	- Barbecho	0
- Rastreo	2	- Rastreo	0
- Empareje	1	- Empareje	1
subtotal.....	6	subtotal.....	2
Conservación del suelo		Conservación Del suelo	
(mínimo tradicional)		(conservacionista)	
- Trazo recto		- Trazo a nivel	1
- Cajete relleno	1	- terraza de media luna	278/ha
- Rastreo .	156/ha	- Rastreo .	0
- Cobertera	3 anuales pasto natural	- Cobertera	leguminosas
Manejo del Agua		Manejo del Agua	
- Microcaptación	156 Boqueada	- Microcaptación	278/ tz/ha
- Represas filtrts.	0	- Represas filtrts.	3/ cárcava
- Cetos en bajos	0	- Cetos en bajos	3/ bajo
Control de Malezas		Control de Malezas	
- Deshierbe	3 a 4	- Deshierbe	3 chapeos
- Poda	0	- Poda	1
- Rastreo	3	- Rastreo	0
- Control Sanit.	ocasional	- Control Sanit.	ocasional
Mejoramiento Del suelo		Mejoramiento Del suelo	
- Fertilización	3 N-P	- Fertilización	3 N-P-K
- Encalado	ocasional	- Encalado	3
- Micronutrientes	ninguno	- Micronutrientes	2 micromin

Formuló: González Dávila S. GDTT, CNA 1998

Disminución de costos en conservación de la infraestructura

El control de la erosión del suelo, evita la pérdida de tierras agrícolas fértiles, en las plantaciones de cafetales, en las zonas frutícolas, en las áreas agrícolas con cultivos anuales y en las de pastoreo controlado donde se realizan, resultando ventajoso para la estabilización de los suelos en su sitio, sobre todo en condiciones de relieve irregular y en las laderas pronunciadas, lo que beneficia a la infraestructura básica y a la actividad agropecuaria.

Los suelos retenidos por efecto de las prácticas realizadas en las partes medias y altas de las cuencas se refleja significativamente en las obras de infraestructura hidroagrícolas construidas, en lagunas litorales y en la ecología de las zonas en los aspectos siguientes:

- 1.- Reducen el azolvamiento de los drenes colectores y permiten su buen funcionamiento.
- 2.- Mantienen libres de azolve por mayor tiempo las estructuras como: alcantarillas, compuertas y sifones de descarga que conducen los excedentes de agua.
- 3.- Disminuyen las inundaciones de parcelas y en poblados que causan daños y perjuicios a terceros en las comunidades rurales.
- 4.- Abaten la acumulación de azolves en los cauces de ríos y en los esteros incrementado las posibilidades de aprovechamiento acuícola y pesca ribereña.
- 5.- Los costos en conservación de la infraestructura, se disminuyen a medida que se van ampliando las zonas conservadas a través del tiempo y se generalizan las prácticas adoptadas por los usuarios.

Aumento de la vida útil de la infraestructura

Las acciones productivo conservacionistas integradas para la preservación del suelo, están permitiendo, en superficies modestas, controlar la erosión en zonas productivas, retener los azolves en causes de arroyos con la construcción de represas filtrantes reteniendo considerables volúmenes de suelo que no llegan en su totalidad a las obras de infraestructura hidroagrícola y a las lagunas litorales.

Lo anterior empieza a manifestarse principalmente en la protección de la infraestructura de áreas conservadas en los aspectos siguientes:

- 1.- Los drenes principales conservan su forma y diseño original por mayor tiempo, prolongando el buen funcionamiento y la vida útil en la operación eficiente de las obras.
- 2.- Las estructuras de cruce de caminos, los puentes en ríos estarán menos expuestos a su destrucción por una menor acumulación de azolves.
- 3.- Los cuerpos de agua conservan su vaso de captación y los niveles de envase permanecen elevados por mas tiempo para mantener las actividades acuícolas en forma permanente.

4.- La infraestructura construida en general se mantiene funcionando por mas tiempo en beneficio de los usuarios y las comunidades de la región.

Impactos en incrementos de la producción

Cada práctica realizada tiene una respuesta positiva para retener el suelo, desde un 25 a un 90% del proceso erosivo actual. Las prácticas de tipo reducido o puntual sirven para retener el suelo en un sitio, así como recuperar áreas parcial o totalmente degradadas en los cauces de cárcavas, como las represas filtrantes que recuperan suelo en su área de captación, favorecen la infiltración al manto freático y mejoran su entorno vegetativo, geográfico y ambiental aguas arriba del lugar, en los tramos entre los sistemas de represas y aguas abajo de estas estructuras, pudiéndose aprovechar los espacios recuperados en la siembra de árboles frutales y en el cultivo de hortalizas para auto consumo en apoyo al minifundio y a otras alternativas de producción.

Las terrazas individuales en cafetales de laderas pronunciadas de 30 a 50% de pendiente, permiten retener suelos hasta un 60 % en condiciones normales, así como duplicar la producción y, en algunos casos se ha triplicado el rendimiento por hectárea. Esto último cuando la práctica se le adiciona abono orgánico (composta) elaborado con los subproductos de la cosecha del café y la hojarasca, que arroja la plantación suprimiendo o reduciendo la fertilización, lo que da lugar a la agricultura orgánica en las zonas cafetaleras de la Costa de Chiapas.

En el caso del marañón aún no se han tenido resultados en producción, pero se espera al final del año contar con los primeros datos en una plantación de 40 ha que se rehabilitó con terrazas de media luna, en el ejido 20 de Noviembre del municipio de Frontera Comalapa, Chis.

Conclusiones

- 1.- Las prácticas productivo - conservacionistas constituyen una alternativa económica para aumentar la producción en cualquier tipo de tenencia de la tierra (minifundio, parvifundio, pequeñas y grandes propiedades) o extensiones de tierras agrícolas, pecuarias, agroforestales y en explotaciones mixtas e integradas, lo cual es fundamental para el productor.
- 2.- La práctica productivo - conservacionista de terrazas individuales en café, comparada con las prácticas tradicionales, resulta más económica y provechosa, mas productiva (100%) y con beneficios adicionales en la conservación de los recursos en tiempos razonablemente mas duraderos.
- 3.- Las terrazas individuales en cafetales, es una solución viable para conservar el suelo de ladera (hasta 60% efectivo) en la Costa de Chiapas, mejorar la captación de agua de escurrimiento en las plantaciones, captar mayor cantidad de materia orgánica y humus para aumentar la producción de café, realizando un manejo integrado con la aplicación de composta y control biológico de plagas en el impulso a la **agricultura orgánica conservacionista**.
- 4.-La participación efectiva de usuarios y productores en forma coordinada como se inició a partir de 1996 y se reforzó en 1998, en los Distritos de Temporal Tecnificado en la Costa de Chiapas, puede traer al mediano y largo plazo resultados alentadores en conservación de suelos, el aprovechamiento del agua, en la prevención de uso eficiente de la infraestructura, en el control de azolvamiento de esteros y en obtener incrementos significativos en la producción agropecuaria.

5.-La Comisión Nacional del Agua inició desde 1996 un esfuerzo para atender las partes medias y altas de las cuencas hidrográficas que convergen en los Distritos de Temporal Tecnificado, fuera de sus límites para atenuar el problema del azolvamiento de la infraestructura hidroagícola de las partes bajas y de los esteros y lagunas litorales que está promoviendo un cambio en la participación efectiva y corresponsables de los productores en su propio beneficio.

Recomendaciones

- 1.- Se recomienda a las áreas responsables de las instituciones gubernamentales y privadas, encausar sus programas al campo, con la participación de usuarios y productores, donde se puedan desarrollar y evaluar acciones productivo-conservacionistas integradas a sistemas de producción anuales o perennes, para sumar esfuerzos en este lacerante problema, en donde hay mucho por hacer en aras de la conservación productiva de los recursos e incrementar los beneficios a los productores.
- 2.- Se recomienda a los usuarios y productores comparar los costos y ventajas entre las prácticas tradicionales que realizan y las prácticas conservacionistas, para que vean lo provechoso que resulta una buena práctica que puede ser mas económica y el beneficio que se obtiene con relación a prácticas inadecuadas que degradan paulatinamente sus tierras.
- 3.- Considerando que un buen sistema de terrazas individuales en cafetales y en frutales, constituye una solución viable para conservar los suelos en laderas y aumentar significativamente la producción en las partes medias y altas de la Sierra de Costa de Chiapas, es recomendable promover un programa estatal con participación corresponsable de los productores, para incorporar al sistema conservacionista una superficie superior a 60 000 ha de cafetales y frutales en diversas condiciones de relieve de la región del Soconusco.
- 4.- Sería recomendable también que se busquen mecanismos de participación efectiva de instituciones responsables, usuarios y productores para obtener y aplicar en forma coordinada paquetes productivo conservacionistas integrados, en el marco de cada sistema de producción, que se vaya substituyendo el barbecho y rastreo tradicional perjudiciales, por la labranza de conservación u otros métodos conservadores del suelo y de la humedad, sencillos y mas económicos.
- 5.- Es recomendable aprovechar en el corto, mediano y largo plazos, la estructura operativa y las experiencias de campo de cada institución como: CNA, SAGAR, Institutos de Investigación, empresas privadas, usuarios y productores en el marco de la coordinación de SEMARNAP y del Consejo de Cuencas de la Costa de Chiapas, para atender en principio las partes medias y altas de la cuenca del Vado Ancho que converge en los distritos de Temporal Tecnificado 006.-Acapetahua y 018.- Huixtla. Esto podría ser el inicio de un gran proyecto de acciones productivo-conservacionistas integrado que permitirá un mejor control y aprovechamiento de los recursos naturales de la región

Bibliografía

- CENTA-FAO-GCP-7EL004/NET Agricultura sostenible en zonas de ladera .- Resumen R. del Salvador.
- CNA -IMTA 1987.- Estudio de la dinámica de los sedimentos en tres ríos de la Costa de Chiapas: Vado Ancho, Novillero y Pijijiapan.
- CNA- IMTA Aplicación de tecnología productivo -conservacionista en el área compacta San Nicolás del DTT 006 Acapetahua, Chis.
- CNA- IMTA, 1997.- Actualización del inventario de superficies con prácticas productivo conservacionistas en el DTT 006 Acapetahua, Chis.
- CNA- IMTA.- Seguimiento y consolidación de la superficie atendida con prácticas de Conservación de Suelo y Agua en el DTT No. 006.- Huixtla, Chis.
- CNA-IMTA. 1996.- Seguimiento y consolidación de la superficie atendida con prácticas de Conservación de Suelo y Agua en el DTT No. 018 Huixtla, Chis.
- CNA-IMTA-CP. 1997.- Diagnóstico de la erosión Actual, potencial y permisible (del río Vado Ancho al río Novillero, Costa de Chiapas) Evaluación de la EUPS.- DTT 006.- Acapetahua,, Chis.
- Edmundo Torres Ruiz 1984.- Manual de Conservación de Suelos Agrícolas 2ª. Edición p 103-108 Editorial DIANA, México.

ESTUDIOS, PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE PEQUEÑOS BORDOS DE ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA USO AGRÍCOLA Y ABREVADERO

Pérez Nieto, S.¹; Sánchez Bravo, J. R.¹ y Hernández Saucedo, F. R.¹

Resumen

Tomando como base la necesidad de incorporar al riego las pequeñas superficies de terreno agrícola que ejidatarios y campesinos explotan bajo condiciones de temporal, con la finalidad de buscar garantizar al menos una cosecha al año, incorporar cultivos más remunerativos y mejorar con ello en lo posible sus condiciones de vida; se expone una metodología que involucra los estudios mínimos necesarios a desarrollar para el proyecto y construcción de pequeños bordos y presas de almacenamiento que posibilite lo anterior. Los bordos así proyectados y construidos implican bajas inversiones y requieren y posibilitan la participación del Gobierno para la aportación económica, de los beneficiarios para el desarrollo de los trabajos y de las instituciones del sector educativo como la Universidad Autónoma Chapingo, para la elaboración de los estudios, del proyecto y la asesoría para la realización de las obras, con lo que se garantiza su ejecución y se asegura su concreción. Aplicando el esquema de trabajo planteado, se desarrollaron los proyectos de dos obras en el estado de Oaxaca, una en el estado de Puebla, una en el estado de Guerrero y una en el Estado de México.

Introducción

En nuestro país, ha sido cada vez más evidente y urgente la necesidad de hacer un uso más racional y productivo de todos sus recursos con un criterio de sustentabilidad, particularmente en lo que se refiere al agua y al suelo. Prácticamente en su totalidad las grandes superficies de suelo susceptibles de aprovecharse desde el punto de vista agrícola lo están siendo y han sido incorporadas al riego, con lo que se están aprovechando los escurrimientos de las grandes cuencas hidrológicas y el mayor número de acuíferos están siendo explotados; la mayor parte de ellos sobre explotados.

Desde los años posteriores a la Revolución, y con mayor énfasis, a partir de 1926 en que se promulga la Ley Sobre Irrigación y se crea la Comisión Nacional de Irrigación, se construyeron gran número de obras de almacenamiento e infraestructura hidráulica que ha permitido aprovechar de manera regulada los escurrimientos superficiales; de esta manera en 1930, empieza a funcionar el primer Distrito de Riego del país.

Posteriormente, bajo la tutela de la SRH, creada en 1946, más tarde con la SARH y la SAGAR, y actualmente con la SEMARNAP a través de la Comisión Nacional del Agua (CNA), esta tarea ha continuado hasta nuestros días, en que prácticamente la totalidad de los recursos hidráulicos superficiales están siendo aprovechados y en su mayor parte para el riego agrícola de las grandes áreas. De manera similar, en las décadas recientes, se han venido aprovechando el recurso agua proveniente de los acuíferos subterráneos, para todas las actividades humanas, pero mayormente para uso urbano y para el riego agrícola. En nuestro país, de un total de 603 acuíferos, 258 están siendo explotados con la operación de más de 130,000 pozos profundos, movidos con energía eléctrica; de los cuales más de 80,000, que representan alrededor del 61% de ellos y aproximadamente el 70% del recurso, se emplean para irrigación, abasteciendo los requerimientos del 45% del área irrigada.

¹ Profesor-Investigador del Departamento de Irrigación de la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. E-mail: sperez@taurus1.chapingo.mx

Con el agua proveniente tanto de los escurrimientos superficiales, como de los almacenamientos naturales como lagos y lagunas, así como de la proveniente del subsuelo, a la fecha se tienen en nuestro país 6.1 millones de ha incorporadas al riego, que representan menos del 30% de la superficie total cultivable que se estima en alrededor de 22 millones de ha, siendo la superficie potencialmente aprovechable de 32 millones de ha. De la superficie bajo riego, 3.3 millones de ha, están ubicadas en los 81 Distritos de Riego que actualmente se tienen en operación, y; la superficie restante, se distribuye en aproximadamente 27 mil aprovechamientos que conforman las denominadas Unidades de Riego.

De los 6.1 millones de ha dotadas con infraestructura de riego, se obtiene el 56% del valor de la producción agrícola total, lo que significa que la productividad de estas tierras, es tres veces mayor que la de la superficie supeditada al temporal y muestra la enorme importancia de la agricultura de riego, en la producción de alimentos.

De estos datos, se deriva que existen casi 16 millones de ha cultivadas, en las que se desarrolla la producción agrícola en condiciones de temporal y con otras agravantes que implican que en ellas, en las más de las ocasiones, no se obtenga siquiera una cosecha y cuando algo se obtiene, es tan escaso que no es siquiera suficiente para la subsistencia de las familias que la practican.

Partiendo de la base de que es necesario y posible incorporar al riego esta superficie en pequeñas áreas mediante el aprovechamiento de los escurrimientos que ocurren en las cuencas aguas arriba y aledañas a ellas, mediante la construcción de pequeños bordos y presas de almacenamiento que además pueden tener otros fines que justifiquen la inversión y posibiliten su factibilidad, en el presente trabajo se plantea una secuencia metodológica que incluye los estudios mínimos indispensables para la construcción de este tipo de obras con la finalidad de buscar garantizar al menos una cosecha a año, incorporar cultivos más remunerativos y mejorar con ello en lo posible las condiciones de vida de sus beneficiarios, sirviendo además para otras finalidades.

Para llevar a cabo la construcción de una obra de almacenamiento se requiere la realización de varios estudios previos como apoyo indispensable en su diseño y construcción. La finalidad de llevar a cabo estos estudios es para definir la capacidad de almacenamiento y captación que tendrá la obra, además de conocer diferentes aspectos y parámetros de decisión, de carácter técnico, económico, social y ecológico. Estos estudios son los siguientes (Colegio de Postgraduados, 1977):

- 1.- Estudios Topográficos
- 2.- Estudios Hidrológicos
- 3.- Estudios Agrológicos
- 4.- Estudios Meteorológicos
- 5.- Estudios de Requerimiento de Agua por los Cultivos
- 6.- Estudios Geológicos
- 7.- Estudios de Mecánica de Suelo
- 8.- Estudios Socioeconómicos
- 9.- Aspectos Constructivos.

Los elementos e información que cada uno de estos estudios proporciona se describe brevemente enseguida:

Los estudios topográficos juegan un papel primordial y son imprescindibles. Se debe caracterizar topográficamente la cuenca de captación, el vaso de almacenamiento, la boquilla, un tramo de cauce y el área a regar cuando éste es el caso, así como el área donde se ubicará el canal de abastecimiento (Pérez, 1995). Para la realización de los levantamientos topográficos pueden emplearse diversos Procedimientos, Métodos e Instrumentos Topográficos, siendo el más recomendable para cualquier situación,

aquel que implique mayor rapidez en la realización del trabajo, proporcione la precisión requerida y sea el más económico; en cualquier caso, el trabajo de campo, se facilita enormemente con el empleo de los instrumentos modernos de distanciómetro y estación total que son los actualmente más empleados y recomendables. (Pérez y Hernández, 1997)

La finalidad del levantamiento de la cuenca de captación es la de determinar su área, la longitud y pendiente de sus cauces, la cobertura vegetal y otras características fisiográficas que permitan el cálculo del Volumen de Esguerrimiento Medio Anual y de la Avenida Máxima, que a su vez se emplean para el diseño de la cortina y de la obra de excedencias del bordo, respectivamente. El levantamiento topográfico del vaso de almacenamiento, tiene por objeto la obtención de un plano que permita conocer el área inundada y del volumen almacenado a distintas alturas de la cortina, diseñar la obra y cuantificar las áreas afectadas. De otra parte, la razón del levantamiento topográfico de la boquilla es el levantamiento el de elaborar un plano que posibilite el diseño de la cortina y sus estructuras y que sirva de base para la realización de otros estudios necesarios y básicos para el proyecto y la construcción de la obra, así como para establecer puntos de control y apoyo al proceso de construcción posterior de la obra (Pérez y Hernández, 1997).

Cuando se hace el levantamiento de un tramo de cauce, se busca conocer mediante el Método de Sección y Pendiente la avenida máxima, que a su vez permita diseñar la obra de excedencias. Finalmente, con el levantamiento topográfico de la zona de riego, se deben conocer las características de magnitud y relieve de las áreas a regar, cuando éste es el caso, a fin de cuantificar los volúmenes necesarios par satisfacerlos.

La finalidad de los estudios hidrológicos es la de conocer la ubicación, magnitud y calidad de la fuente de agua para el su almacenamiento en la obra en relación a su demanda y la de los estudios agrológicos es la de conocer algunas propiedades y características de los suelos, particularmente, las que se relacionan con la retención de humedad y el movimiento del agua en el mismo para determinar el requerimiento para el riego y, por lo tanto el volumen necesario a almacenar ; así como la definición de los cultivos por establecer.

Los estudios meteorológicos tienen como objetivo el conocimiento de la magnitud de los elementos climáticos que tienen que ver con la determinación del volumen posible y el requerido por almacenar, tales como la evaporación, precipitación, temperatura y período de heladas. El Colegio de Postgraduados (1977), señala que las características geológicas que son importantes, son las correspondientes a las áreas donde se construirán las obras que formarán el sistema de riego, tanto la cortina como sus estructuras y el sistema de conducción y distribución del agua en la zona de riego. Esta misma fuente bibliográfica establece que con los estudios de mecánica de suelos, se conocen las características y propiedades de los suelos en donde se construirán las estructuras, así como las de los materiales que se emplearán en su construcción; fundamentalmente se busca conocer el grado de permeabilidad del área de la boquilla y del vaso de almacenamiento, así como las características mecánicas del material que se platea emplear para la construcción del bordo, con la idea de garantizar su seguridad y permanencia.

Con los estudios socioeconómicos, se pretende determinar los costos y beneficios económicos y sociales de la obra proyectada, de manera que se pueda valorar sobre la conveniencia de su construcción. Por último, los estudios de tipo constructivo deben conducir al conocimiento de la ubicación de los materiales de construcción, así como a la definición del equipo, personal y el tiempo necesario para el proceso constructivo.

Los métodos de trabajo de campo y gabinete y los instrumentos y metodologías empleados para la realización de los estudios referidos, difieren según la profundidad con la que deben hacerse, la precisión deseada en los resultados, la magnitud de la obra y la disponibilidad presupuestal para su realización.

Materiales y métodos

Con base en lo señalado por la literatura especializada en cada uno de los temas, se han definido las formas de proceder para la realización de los estudios mínimos necesarios para el proyecto y construcción de pequeñas obras de almacenamiento de agua para riego, abrevadero, y otros fines, que al ser múltiples, justifican las inversiones que implican. Diversos proyectos se han desarrollado por el Departamento de Irrigación de la Universidad Autónoma Chapingo en distintas partes de la República Mexicana bajo este esquema, que consiste básicamente en los pasos que se describen a continuación:

1. Se recibe una solicitud de los futuros posibles beneficiarios, quienes con base en una necesidad, han identificado un sitio con las características que a su parecer posibilitan la construcción de un bordo de almacenamiento y solicitan la realización de los estudios necesarios, la elaboración del proyecto de la obra y la asesoría técnica para su construcción en su caso.
2. Se hace una visita de reconocimiento e inspección al lugar planteado para la construcción de la obra, recabando información de carácter general y preliminar que posibilita la definición de la factibilidad de la obra y la programación de los estudios a realizar, considerando tiempos, costos y recursos materiales y humanos necesarios.
3. Como punto de partida del trabajo de campo, se realizan los estudios topográficos de boquilla y vaso de almacenamiento, los cuales se realizan de manera simultánea, empleando el Procedimiento Topográfico de Poligonal, el Método de Radiaciones y un Distanciómetro o una Estación Total como instrumentos, que además de facilitar el trabajo por su alcance, precisión y rapidez, posibilita la realización del levantamiento de ambas áreas a partir de un número reducido de Puntos de Control y Apoyo. El trabajo empieza con la localización de dos Puntos de Control y Apoyo que definen el eje probable de la obra, el cual se traza ubicando puntos sobre la línea y donde cambia la pendiente en el terreno. El levantamiento del vaso cuando es pequeño se hace usando el mismo instrumento y empleando los mismos puntos como estación, y los adicionales necesarios en su interior.

El levantamiento de la cuenca de captación se hace solamente cuando ésta no es perceptible en las cartas topográficas de INEGI o cuando ellas no están disponibles; en tal caso el trabajo se hace mediante una combinación del método de radiaciones y el de intersecciones y empleando también distanciómetro y/o estación total. En cualquier caso, solamente se levanta información necesaria para el cálculo del área de la cuenca y para determinar las áreas con distinta cobertura vegetal para el cálculo del coeficiente de escurrimiento. El trabajo de gabinete de estos estudios se hace empleando software comerciales para la realización de los cálculos y de los planos correspondientes.

Cuando el Método para la determinación de la avenida máxima se hará por el Método de Sección y Pendiente, también se hace el levantamiento de un tramo de cauce por el Método Topográfico de Secciones Transversales para obtener el área hidráulica, el perímetro mojado de las secciones y la pendiente del cauce para aplicar la ecuación de Manning al cálculo de la Avenida Máxima.

4. Cuando la finalidad de la obra es el riego, con los estudios agrológicos se determinan las características de los suelos del área de riego, necesarias para la determinación de los requerimientos de riego.
5. Los estudios hidrológicos, meteorológicos y los socioeconómicos se cubren mediante la aplicación y llenado de un cuestionario elaborado expofeso en el que se incluyen todos los datos necesarios para la complementación de otros estudios y para el diseño de la obra.

6. La parte de campo de los estudios de mecánica de suelos se desarrollan paralelamente a los topográficos y consisten en dos partes. En la primera se hacen excavaciones de 1m x 1m de sección y tan profundos como sea posible o hasta encontrar material madre, y se realiza en ellos pruebas de permeabilidad; estas excavaciones se realizan tanto en las laderas y el fondo de la boquilla, como en el área del vaso y en la cantidad necesaria según se observen diferencias en el material madre y su conformación; los estudios geológicos se hacen paralelos a esta etapa. La otra parte consiste en la identificación de una área que pueda ser empleada como banco de préstamo para material de construcción de la cortina y en la recabación de muestras del material para su posterior análisis en laboratorio.

El trabajo de laboratorio a su vez, consiste de la realización de las pruebas de laboratorio necesarias para la determinación de las características mecánicas del material que se empleará para la construcción de la obra y la definición de las recomendaciones de humedad y compactación al momento de su construcción.

7. En lo relativo a aspectos constructivos, se define la disponibilidad del equipo para el proceso constructivo, que en la mayoría de los casos se limita a una máquina retroexcavadora de orugas que se emplea para excavar, acarrear, cargar y compactar, uno o más camiones de volteo para acarreo de materiales y transporte del personal y; una pipa de agua para el humedecimiento del material.
8. Conjuntando la información recabada con todos los estudios anteriores, se procede al diseño de la obra y sus estructuras y se entrega a los usuarios para su construcción en su caso. Cuando las obras se han construido se proporcionó asesoría técnica por parte del Departamento de Irrigación para esta etapa.

Resultados

Siguiendo el esquema planteado para el desarrollo de los estudios, la elaboración del proyecto y (en su caso) para el proceso constructivo, desde 1994 a la fecha se han desarrollado cinco proyectos de obras de almacenamiento para diversos fines; dos de ellos fueron construidos y están en operación. En todos los casos, el Departamento de Irrigación de la UACH aportó el trabajo técnico a través de profesores y estudiantes, para la realización de los estudios, la elaboración de los proyectos y la asesoría en la construcción cuando fue el caso; los beneficiarios aportaron la mayor parte de los costos de los estudios y de la asesoría técnica; y el gobierno municipal, estatal y/o federal colaboraron en los costos de la construcción de las obras. Las obras específicas, su ubicación y finalidad se dan enseguida:

1. Bordo de Almacenamiento de agua "Ndaruncajña" (Río del picante), para riego, abrevadero, cría de peces, fines recreativos, etc. en San Miguel Tulancingo, Oax. (Figura 1) . Proyectado y construido en 1994.



Figura 1. Bordo "Ndaruncajña", en San Miguel Tulancingo, de la Mixteca Alta Oaxaqueña.

2. Presa de mampostería de agua "La peña tendida", para riego, abrevadero, cria de peces, fines recreativos, etc. en San Miguel Tulancingo. Proyectada en 1994.
3. Bordo de almacenamiento "El Xintete", para abrevadero, cria de peces y fines recreativos, en la Comunidad de El Xintete, municipio de Zacapala, Puebla. Proyectado en 1995.
4. Bordo de almacenamiento "Tecuari", para riego, abrevadero y fines recreativos, en la Comunidad de Santa María Tecuanulco, municipio de Texcoco, Edo de México. Proyectado y construido en 1996. (Figura 2)

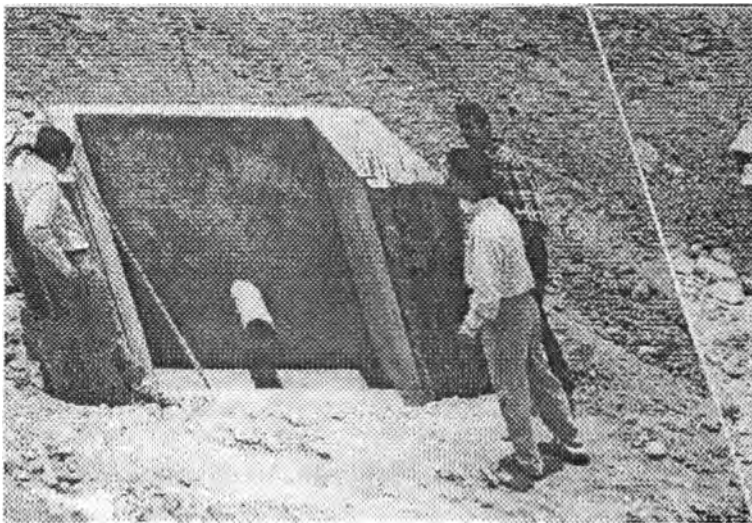


Figura 2. Acceso a la obra de toma del Bordo "Tecuari", en Santa María Tecuanulco, Edo. de México.

5. Bordo de almacenamiento para riego, abrevadero, piscicultura y fines recreativos en la comunidad de Platanillo, municipio de Iguala, Gro. Proyectado en 1996.

Conclusiones y recomendaciones

La construcción de pequeñas obras de almacenamiento de agua es posible con la aportación de trabajo, recursos y asesoría de los beneficiarios, del gobierno y de las instituciones, respectivamente; y considerando que su finalidad puede ser múltiple, abarcando el riego, el abrevadero de ganado, la cría de peces, la recreación y la conservación del recurso, su construcción se justifica totalmente, por más que la evaluación puramente económica reporte que no son viables.

Con la construcción de este tipo de obras, se posibilita la incorporación al riego de pequeñas áreas agrícolas que de otro modo su cultivo resulta irredituable, implica su abandono y propicia la emigración de sus propietarios. Se contribuye con ello, a la garantía de al menos una cosecha al año y se posibilita la obtención de dos; se hace factible la introducción de cultivos alternativos y más remunerativos y; se mejora, aunque sea mínimamente, las condiciones de vida de los beneficiarios.

Constatados los beneficios de este tipo de obras, se plantea que las dependencias e instituciones responsables o ligadas con su promoción, proyecto y construcción implementen las acciones necesarias para su ejecución.

Bibliografía

- Colegio de Postgraduados. 1977. Manual para Proyectos de Pequeñas Obras para Riego y Abrevadero; Instructivo de Gabinete. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Chapingo, México.
- Pérez Nieto, S.; Hernández Saucedo, F. R. Sánchez Bravo, R. y Sánchez Rosas, A. 1994. Estudios y Proyectos de los Bordos de Almacenamiento 'Ndaruncujña' y 'Ruteca' en San Miguel Tulancingo, Oax.". Departamento de Irrigación de la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Pérez Nieto, S. y Sánchez Rosas, A. 1995. Proyecto de un Bordo de Almacenamiento para Riego en la Comunidad de Platanillo, Iguala, Guerrero". Departamento de Irrigación de la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Pérez Nieto, S.; Sánchez Bravo, J. R. y Hernández Saucedo, F. R. 1996. Proyecto de un Bordo de Almacenamiento con Fines de Riego y Red de Drenaje Urbano para el Poblado de Santa María Tecuanulco, Municipio de Texcoco. Departamento de Irrigación de la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Pérez Nieto, S. 1995. Topografía Aplicada. Primera edic. Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Pérez Nieto, S. y Hernández Saucedo F. R. 1997. Topografía. Ed. Lito-grapho S. A. de C.V. México. D. F.

LA PARTICIPACION COMUNITARIA: UN ESTILO EMERGENTE DE SOBERANIA Y SUSTENTABILIDAD DE USO DE AGUA, FRENTE A UN DESARROLLO TURISTICO

Francisco Marini Zúñiga¹ Gisela Judith Flores Leyva² Carlos Antonio Paillés Bouchez²

Resumen

El presente estudio aporta elementos respecto al marco de planeación y análisis regional en un contexto de manejo integrado de cuencas, en el que cobran importancia central los usos y costumbres de las comunidades sobre el aprovechamiento y conservación de los recursos naturales. Se retoma como escenario prototípico el que vive la región de la Costa de Oaxaca, como un proceso acelerado de confluencias de gestiones e intereses de diversa índole, en el que las comunidades tienen oportunidades distintas de participación conforme a sus propios esquemas de planeación y toma de decisiones, respecto a sus recursos.

Se aborda la problemática y la dinámica de la cuenca del Río Copalita en la costa de Oaxaca. Huatulco como un complejo turístico de porte internacional, se ubica al noroeste de la desembocadura de ese Río, cuya cuenca hidrográfica cubre una superficie de más de 157,000 Has. El complejo se proyectó para 50 hoteles gran turismo y 200 de menor rango, en la actualidad operan 5 gran turismo y 40 pequeños; *las limitaciones para seguir creciendo hacia las metas establecidas es principalmente la garantía en el suministro de agua*. Las demandas del crecimiento, implican incrementar el suministro de agua en 1 m³ / seg., cada año(CNA, 1998).

La cuenca incorpora 16 municipios, 15 de ellos, catalogados como de muy alta marginación ubicados en las partes altas, mismos que consumen el 2% del recurso hídrico, mientras el 98% del consumo lo hace el complejo turístico. Los ríos de la región están sufriendo un proceso de desertificación de lechos como consecuencia del fuerte impacto ambiental ocasionado por los huracanes Pauline y Rick que azotaron la zona. Los escurrimientos superficiales y la erosión de suelos se incrementaron. *La presión sobre el recurso agua se intensifica, el acceso y su distribución también generan conflictos*.

En el origen del problema se establece que la creación del centro turístico tuvo peculiaridades muy propias, se expropiaron 21,000 Has, de tierras comunales a los pobladores de bahías de singular belleza; la vida cultural de los pescadores y agricultores cambió radicalmente y fueron arrinconados a vivir en las partes altas, justo en donde están las fuentes de agua. Otros se aglutinan en el cinturón de miseria que se ha ido formando en torno al complejo turístico, el cual tiene una tasa de crecimiento del 6%; en tanto algunos municipios aledaños tienen tasa de crecimiento negativa. La migración interna es alta y el desarrollo turístico es un agujero negro que genera y absorbe falsas opciones de desarrollo generalizado.

La necesidad de sobrevivencia de las comunidades, conjugada con la necesidad de conservación y regeneración de los mantos acuíferos, generan la urgencia de propuestas de desarrollo regional apropiadas. Por lo que se busca privilegiar *los estilos alternos de desarrollo, en base a una organización comunal, que atienda la satisfacción de las necesidades y apunten hacia un nuevo sistema de revalorización de la naturaleza, como eje articulador del desarrollo humano*.

¹ Profesores - Investigadores del Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca.

² Director del Centro de Soporte Ecológico de la Costa de Oaxaca

El trabajo pone de manifiesto el surgimiento de estos estilos alternos a través de la experiencia generada por el “Fideicomiso Río Magdalena”, considerando a la cuenca hidrográfica como unidad natural de planificación, manejo y administración de recursos y a la comunidad como la unidad básica de desarrollo autocentrado en valores.

Introducción

El presente estudio aporta elementos respecto al marco de planeación y análisis regional en un contexto de manejo integrado de cuencas, en el que cobra importancia central la participación de las comunidades sobre el uso y conservación de los recursos naturales. Se retoma como escenario prototípico el que vive la región de la Costa de Oaxaca, como un proceso acelerado de confluencias de gestiones e intereses de diversa índole, en el que las comunidades tienen oportunidades distintas de participación conforme a sus propios esquemas de planeación y toma de decisiones, respecto al aprovechamiento de sus recursos.

Se aborda la problemática y la dinámica de la cuenca del Río Copalita en la costa de Oaxaca. Huatulco como un complejo turístico de porte internacional, se ubica al noroeste de la desembocadura de ese Río, cuya cuenca hidrográfica cubre una superficie de más de 157,000 Has. El complejo está integrado por un conjunto de nueve bahías. Inicialmente en 1980, se proyectó para la construcción de más de 50 hoteles gran turismo y más de 200 hoteles de menor rango. En la actualidad operan 5 hoteles gran turismo y aproximadamente 40 hoteles pequeños; *las limitaciones para seguir creciendo hacia las metas establecidas es principalmente la garantía en el suministro de agua.* El complejo turístico se abastece de una batería de pozos profundos perforados a 1 Km, antes de la desembocadura del río, con una aportación continua inicial de 5 m³ / seg., que ha venido reduciéndose. Las demandas del crecimiento, implican incrementar el suministro de agua en 1 m³ / seg., cada año.

La cuenca incorpora 16 municipios, 15 de ellos, catalogados como de muy alta marginación que están ubicados en las partes altas, mismos que consumen el 2% del recurso hídrico, mientras el 98% del consumo lo hace el complejo turístico. El Centro de Soporte Ecológico, ubicado en Huatulco, estimó para los años de 1986 a 1992, una disminución de la capacidad disponible de los acuíferos, de un 26%, ya en 1995 se secaron dos pozos. Durante 1997 y 1998, los ríos de la región están sufriendo un proceso de *desertificación de lechos* como consecuencia del fuerte impacto ambiental negativo ocasionado por los huracanes *Pauline* y *Rick* que azotaron la zona. Los escurrimientos superficiales y la erosión de suelos se incrementaron. *La presión sobre el recurso agua se intensifica, el acceso y su distribución también generan conflictos.*

En el origen del problema se establece que la creación del centro turístico tuvo peculiaridades muy propias, se expropiaron 21,000 Has, de tierras comunales a los pobladores de nueve bahías de singular belleza; la vida cultural de los pescadores y agricultores cambió radicalmente y fueron arrinconados a vivir en las partes altas, justo en donde están las fuentes de agua. Otros se aglutinan en el cinturón de miseria que se ha ido formando en torno al complejo turístico, el cual tiene una tasa de crecimiento del 6%; en tanto algunos municipios aledaños tienen tasa de crecimiento negativa. La migración interna es alta y el desarrollo turístico es un agujero negro que genera y absorbe falsas opciones de desarrollo generalizado.

El polo turístico en el que la iniciativa privada ha efectuado grandes inversiones en infraestructura, contrasta entonces con las comunidades campesinas que le rodean y que viven en condiciones de pobreza y marginalidad, aún cuando sean los poseedores de valiosos recursos naturales y de las fuentes de agua que abastecen al citado centro. Estas contradicciones agudizan la creciente presión sobre los recursos naturales y los cambios de uso del suelo, generando una lucha entre el centro y el hinterland.

En este caso, la necesidad de sobrevivencia de las comunidades, conjugada con la necesidad de conservación y regeneración de los mantos acuíferos, generan la urgencia de propuestas de desarrollo regional apropiadas. Por lo que se busca *privilegiar los estilos alternos de desarrollo, en base a una organización comunal, que atienda la satisfacción de las necesidades, y apunte hacia un nuevo sistema de revalorización de la naturaleza.*

Salvo la franja costera, alrededor del desarrollo turístico, la densidad de población en la cuenca es de aproximadamente 20 hab./Km², lo cual numéricamente favorece las acciones de conservación. A esto hay que añadir la caracterización de los asentamientos humanos en la cuenca; aún cuando se observan a primera vista las condiciones de marginación, producidas principalmente por factores de excesiva intermediación económica, social y política, *los valores comunitarios están aún vigentes y en disposición de integrarse a procesos de sustentabilidad. Retomar medidas de conservación se considera viable, en tanto se acceda a la toma de decisiones de la comunidad.*

En este sentido se plantean las interrogantes :

¿Cuál es la mejor forma de coadyuvar a la producción de alimentos, a la conservación ambiental y a la búsqueda de una relativa autonomía comunitaria?

¿Cómo integrar a las agencias y promotorías del desarrollo rural que operan en la Costa de Oaxaca, entorno a la acción protagónica de las comunidades en la búsqueda de sus propios modelos alternativos de bienestar?

¿Cómo potenciar la interacción del capital social, ecológico, económico, cultural y organizativo que tienen las comunidades, en la generación de mejores condiciones de vida?

¿Por cuál vía alternativa optarán las comunidades?

El contexto macroeconómico del desarrollo rural

Es importante considerar el escenario macroeconómico en el que se ubica el campo, especialmente los impactos que el proceso tecnológico y la reforma agraria tuvieron sobre la tenencia de la tierra y la polarización de las lógicas productivas. Al respecto la CEPAL estima (1982) para América Latina, que menos del 20% de los productores están en la categoría de *agricultura empresarial* en las mejores tierras con productos de exportación, y más del 80 % son pequeños agricultores de *economía campesina* subsistiendo en terrenos de productividad marginal. Particularmente para México las cifras son 12 y 88 %, respectivamente, y en específico para el estado de Oaxaca son 8 en agricultura empresarial y 92 % de economía campesina, de los cuales el 80% se consideran en un nivel de *infrasubsistencia*. La región de estudio difícilmente mejora estas cifras.

Las políticas macroeconómicas adoptadas o impuestas por los países desarrollados a través de sus organismos reguladores como el Banco Mundial (BM), el Fondo Monetario Internacional (FMI) y el Acuerdo General sobre Tarifas y Comercio (GATT), entre otros, no se ajustaron ni tomaron en cuenta el estado de cosas de esta realidad objetiva de los hombres del campo, mismos que al aplicarle las políticas neoliberales en un proceso de globalización económica, *quedaron inmerso en un laberinto de transferencia de riquezas de capital, mano de obra, productos y biodiversidad hacia los mercados mundiales libres.* En vastas regiones la transferencia se tornó en degradación ambiental y productiva, pérdida de

valores culturales y éxodo hacia los cinturones de miseria urbana, propia de un escenario de marginación y pobreza extrema. Esta es una característica conspicua en la costa oaxaqueña.

El mercado libre es promovido por los países poderosos controladores del BM, FMI y el GATT; su libertad esta en función de la riqueza del comerciante en cuestión y sus beneficios dependen del intercambio voluntario en un mercado perfecto; ambos postulados son ficticios y alimentadas por la venta especulativa de valores en un mundo de enormes diferencias de poder político y económico. En este escenario competitivo, los pobres nunca podrán actuar libremente ni ser beneficiarios directos de las “voluntades” de los ricos. Por lo que *cifrar el desarrollo de la región en proyectos productivos, cuyos productos sean destinados a un mercado mundial libre es sumamente riesgo y vulnerable*; además de que existe una gran limitación en la infraestructura productiva.

El esquema tradicional de crecimiento ha llevado a vivir en la utopía de que un país subdesarrollado puede llegar a ser desarrollado, o de que uno del tercer mundo puede llegar al primero, en la escala de valores y criterios que ellos han fijado. Hasta ahora ninguno lo ha logrado, ni siquiera acercarse a ellos, mas sin embargo seguimos creyendo que ese es nuestro destino y algún día seremos merecedores de él. Pero *hay quienes no piensan así, los que han reafirmado sus valores en esta contradicción que los ha trastocado y que luchan por ser ellos mismos sin intentar vanamente parecerse a alguien. Ellos conforman una masa crítica ante los gobiernos de nuestros países en la búsqueda de otra vía. Algunos lo hacen por vía de la insurgencia armada, como lo es el caso de Chiapas, otros de una forma más participativa, como la experiencia que aquí presentamos; ante esta disyuntiva los gobiernos habrán de reorientar sus respuestas.*

La seguridad alimentaria del futuro es incierta, particularmente en nuestro país, por lo que confiar totalmente en el mercado mundial para el aprovisionamiento de alimentos es una actitud riesgosa e irresponsable que vulnera la soberanía nacional y la estabilidad interna. *Esto ha llevado a numerosas comunidades a buscar sus propios estilos de satisfacción de necesidades, que resultan ser estilos alternativos de desarrollo, que por no encajar en las tendencias mundiales del paradigma de los países ricos, se les considera como opositores al verdadero desarrollo (Sunkel y Gligo, 1980).*

De acuerdo a Daly y Cobb (1993: 246) “la teoría económica moderna creció con la industrialización y ha centrado su atención en la producción industrial. Su aplicación plena a la agricultura ha sido tardía. Pero ahora que lo ha hecho; los efectos de tal aplicación a la comunidad rural han sido desastrosos.

Las políticas derivadas de la teoría actual operan en tres formas interrelacionadas. El *compromiso con la productividad* reduce la necesidad de los agricultores y despuebla el área rural. El *compromiso con la maximización del beneficio*, con precios que no incluyen los costos sociales y ecológicos, conduce a un uso insostenible de la tierra. El *compromiso con el libre comercio* conduce a la producción especializada para la exportación y, sobre todo en los trópicos a la incapacidad de los habitantes rurales para alimentarse por sí solos.

Si la economía se concibiera al servicio de la comunidad, empezaría por preocuparse por la agricultura y específicamente por la producción de alimentos. Esto es así porque una comunidad saludable será relativamente autosuficiente. *La dependencia completa de una comunidad del exterior, en lo tocante a su mera supervivencia, la debilita [...] el requerimiento más fundamental es el de los alimentos. Por lo tanto, cómo y donde se cultiven los alimentos es algo fundamental para la economía de una comunidad”.*

La cuestión conceptual que debe aclararse enseguida es el grado de la autosuficiencia que deberá buscarse a ciertos niveles. Una región que depende económicamente de centros de poder externos, aunque que se encuentren dentro de la nación, asume a menudo las características de una colonia y no puede controlar su vida política interna.

Por lo que las vinculaciones entre la agricultura campesina y la macroeconomía no se deben descuidar, los campesinos producen principalmente alimentos básicos, y su estructura productiva es más intensiva en bienes internos operando en predios pequeños, en tierras de calidad marginal, donde la agricultura capitalista no tiene viabilidad (Figueroa, 1991: 384, 388).

Si una nación no busca solo su autosuficiencia agrícola sino también su autosuficiencia relativa en sus regiones y unidades agrícolas, ¿cuáles políticas debiera adoptar para avanzar en esa dirección? ¿Cómo potenciar integralmente el aprovechamiento de los recursos naturales de una región y sus capacidades tecnológicas, económicas y organizativas para la generación de elementos de productividad, calidad, equidad y sostenibilidad de las condiciones de vida?

En estos paradigmas se cifra el proyecto comunitario Río Magdalena y su extrapolación hacia otras cuencas, como una alternativa de búsqueda de participaciones locales ajustadas en un escenario macroeconómico de definición de políticas sectoriales. Parece que la voluntad local existe, pero se requiere la generación de elementos cohesionadores para integrar las participaciones entorno a la acción protagónica de las comunidades.

Actores sociales y estilos de desarrollo en la región

Las *comunidades campesinas* de la región de la costa, constituyen sin duda, el elemento protagónico de la problemática local en un escenario de convergencia de acciones diversas, tales como las *gubernamentales, no gubernamentales y de la iniciativa privada*. Estas comunidades tienen frente a sí posibilidades alternas en la vía de la satisfacción de sus necesidades básicas: una representada por empresas orientadas al mercado de cultivos industriales y madera, que operan generalmente bajo contrato con uso indiscriminado de agroquímicos; la de los programas gubernamentales con esquemas tradicionales de subsidio y fomento a la producción, y una tercera que se vislumbra como emergente retomada por el liderazgo comunitario que integra participaciones de ONG's, gobierno e iniciativa privada en figuras sociales de cooperativas y fideicomisos orientados hacia acciones de conservación y regeneración de cuencas, a través de rehabilitación de acuíferos y ríos, reforestación, conservación de suelos, manejo agroecológico de cultivos, educación ambiental y proyectos ecoturísticos, entre otros.

La propuesta emergente expone los planteamientos convencionales del desarrollo, en contraposición a respuestas locales concretas y posibilidades distintas de satisfacción de necesidades, en un escenario divergente y polarizante. Se resaltan las acciones organizativas y productivas propias que los pueblos indígenas, orientan hacia la búsqueda de nuevos estatus de convivencia y arraigo comunitario *autocentrado en valores*; así como las alianzas que llegan a establecer con el exterior. Los estilos alternos de desarrollo buscan la revalorización de la naturaleza y la organización social, desde una perspectiva cultural amplia, que favorezcan la convivencia familiar y comunal, como eje articulador del desarrollo humano.

El manejo integral de cuencas en el marco institucional de acciones

La regeneración de microcuencas es un criterio que ha venido consensándose en diversos foros e iniciativas de conservación. Durante los años 50's, el manejo de cuencas se extendió bajo criterios de administración de la abundancia del agua. Durante los 70's, se dio amplia aceptación al manejo hidrológico de cuencas como resultado de los primeros

conflictos evidentes de escasez de agua. En los 80's, con la conjunción de disciplinas profesionales en la búsqueda de la conservación del ambiente, se estableció la secuencia de alcanzar el equilibrio hidrológico a partir de una regeneración integral de las cuencas. Finalmente en la década de los 90's, como un instrumento válido y eficaz para lograr la recuperación de ecosistemas y acuíferos bajo una dimensión de participación social (Paillés, 1996). Esta nueva dimensión, considera a *la cuenca hidrográfica como unidad natural de planificación, manejo y administración de recursos y a la comunidad como la unidad básica de desarrollo.*

El marco institucional de planeación promueve y orienta acciones diversas de manejo y conservación de recursos bajo el enfoque generalizado de cuencas hidrográficas; los cuales requieren conocerse de manera ampliada a fin de posibilitar su confluencia e integración en los esquemas organizativos comunitarios. Resalta sobremanera el planteamiento generalizado que la Comisión Nacional del Agua (CNA) viene realizando al respecto, con la integración del Consejo de Cuenca de la Costa de Oaxaca, como una *propuesta que reorienta los esquemas de planeación entorno al recurso agua.* La iniciativa divide la región hidrológica en cuencas y subcuencas de manera convencional, hasta alcanzar superficies en las que sea factible operacionalizar la integración de los diversos actores de la cuenca.

Por su parte el COPLADE, a través del Programa de Desarrollo Microregional (PDMicro), orienta la asignación de recursos económicos a los municipios, *bajo el criterio de su agrupación natural étnica – biológica en pequeñas regiones;* en la medida de lo posible se trata de circunscribirlas a cuencas hidrográficas. Promover el desarrollo integral, sobretodo de grupos vulnerables y el fortalecimiento de las capacidades de gestión y organizativas de los pueblos, es el objetivo central del programa. En la región se han tenido importantes avances de integración, particularmente en los municipios de las regiones de Ozolotepec y Pochutla, donde ha habido acciones en conjunto.

Tras los fuertes impactos de los huracanes *Pauline y Rick*, la Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), enfoca sus acciones de regeneración y conservación de los recursos naturales hacia *las cuencas hidrográficas, considerando a éstas como la unidad básica de manejo.* Las acciones de conservación de suelos, reforestación y la regeneración de lechos de ríos y humedales, así como la prevención de incendios forestales, son ponderadas como prioritarias en su atención. La SEMARNAP a través de sus organismos sectorizados como la CNA y la PROFEPA, son los que más pueden potenciar la integración de acciones en este marco.

El Centro de Soporte Ecológico de la Costa de Oaxaca realiza una importante labor en la regeneración de la Cuenca del Río Magdalena, en la que al esfuerzo comunitario se han sumado acciones de CNA, FIRCO, SEDESOL, WWF, fondos municipales, estatales, federales y de iniciativa privada, como un proyecto prototípico de integración de participaciones, mismo que describimos con más detalle en el presente análisis.

Por su parte la Comisión Oaxaqueña de Defensa Ecológica (CODE), ha realizado importantes estudios en la zona, y actualmente también tiende a orientar sus acciones de regeneración y preservación considerando a la cuenca como unidad natural. La CODE como organismo colegiado puede potenciar de manera importante los nuevos esquemas de planeación del desarrollo en base a los recursos naturales.

Igualmente importante es la experiencia que la Sociedad de Estudio de los Recursos Bióticos de Oaxaca (SERBO) realiza en la región, particularmente ha privilegiado la generación de información georeferenciada a través de sistemas de información geográfica. Estos se constituyen en elementos básicos de diagnóstico en la planificación regional. Por su parte el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), y el Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca (ITAO), realizan importantes enlaces de acciones y estudios regionales, bajo el enfoque de

cuenas. Estas iniciativas ponen de manifiesto la disponibilidad de sumarse a los proyectos comunitarios en un marco institucional de participaciones.

Otras experiencias igualmente importantes en la región son las de ECOSOLAR, GAIA, ECODEMA y ECOSTA, que han logrado capitalizar acciones locales en áreas específicas de desarrollo y en disponibilidad de integrarse a un marco regional de actuación.

El Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) reorienta sus proyectos hacia un enfoque de manejo de cuencas y su participación más notoria en este apartado ha sido el río Magdalena. La apertura que ha mostrado en el manejo de los proyectos de labranza de conservación y empleo temporal, son puntos de referencia para una evaluación y su posterior consideración por otras instancias que atienden el desarrollo rural, particularmente en la producción de alimentos básicos.

Por su parte la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR) y la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Forestal (SEDAF) del gobierno del estado, han mantenido sus esquemas tradicionales de fomento agrícola a través de proyectos direccionales como el paquete de Alianza para el Campo, que si bien en algunas regiones han tenido un notable éxito, no dejan de ser acciones aisladas. Por lo que, ante una redefinición de políticas de planeación se requiere de una apertura en ambas secretarías para incorporar el marco de planeación que las demás instancias vienen definiendo, entorno a un *manejo integrado de recursos bajo planes rectores consensados de producción y conservación*.

Plan Piloto Río Magdalena

El Río Magdalena fue elegido por el Centro de Soporte Ecológico, como área piloto para acciones de conservación y regeneración, representativas de la región central de la costa. Por lo que su experiencia sirve en este trabajo como punto de referencia guardando las proporciones del caso, particularmente hacia las cuencas de los ríos Copalita y Tonameca.

El *Fideicomiso Río Magdalena*, es una figura jurídico – social entre la Presidencia Municipal, el Comisariado de Bienes Comunales y la iniciativa privada, con la finalidad de administrar recursos orientados a la regeneración de cuencas. La cuenca del Río Magdalena nace en las faldas del Cerro Espino, rodea el Cerro Huatulco y desemboca en Bajos de Coyula; en sí es un corredor genético que alberga bosque conífero de niebla, bosque mixto de pino – encino, bosque de galería (específicamente en áreas de cafetal), selva alta, media y baja subcaducifolias. La variabilidad en el manejo de los recursos es alta, y el hecho de ser un espacio compartido por los municipios de Pluma Hidalgo, Pochutla y Huatulco, con administraciones distintas, posibilita la generación de elementos de consensos políticos, sociales, ecológicos, técnicos e incluso culturales.

El área de la cuenca del Río Magdalena es de aproximadamente 9,000 Has, altamente representativa de la faja costera que tiene por límite de fondo la Sierra Madre del Sur y va de los cerros costeros de Huamelula a la zona lagunar de Chacahua-Mazunte, abarcando de manera significativa las cuencas de los ríos Tonameca, Copalita, Zimatán y Ayuta, con una superficie que sobrepasa las 600,000 Has. Retomar la experiencia que genera el Fideicomiso Río Magdalena es de suma importancia ante la diligencia de integrar corresponsablemente acciones gubernamentales, no gubernamentales y de iniciativa privadas entorno al eje comunitario de desarrollo.

La dinámica regional y el análisis de la problemática redimensiona los escenarios de planeación y participación, posibilitándole a las comunidades el liderazgo en la gestión social ambiental y productiva, hacia *formas alternativas de*

producción de agua, alimentos, biodiversidad, conocimientos, microempresas familiares y comunales de valor agregado a los productos bajo la denominación orgánica, así como la venta de servicios culturales a través del turismo ambiental.

La estructura organizativa comunitaria por usos y costumbres, y la figura social del fideicomiso son una garantía de participación ciudadana, que centra dos terceras partes de representación y toma de decisiones en la comunidad y un tercio de representatividad en la iniciativa privada. El marco filosófico de esta estructura, considera a *la participación democrática de los beneficiarios como un principio elemental del programa de regeneración ambiental y desarrollo comunitario.*

La participación ha ido en gradual aumento, tanto localmente al integrarse un Comité de Regeneración del Río Magdalena, como en la comunidad global al participar el Comisariado de Bienes Comunales de manera activa en el programa de regeneración. Existe un convenio tripartita desde 1994 entre el Municipio, Bienes Comunales y el Centro de Soporte Ecológico.

En las comunidades de la zona de influencia del proyecto, las actividades de sustento son la agricultura de temporal, la producción de café y la producción de madera en rollo principalmente. La participación usual ha sido la agricultura nómada y de asalariados en los casos del café y la madera. Recientemente, con la asignación de las autorizaciones forestales a las comunidades, las iniciativas de recuperación cafetaleras con participación comunal y las opciones de labranza de conservación, se han generado corrientes de participación comunal que han sido capitalizadas en el Programa de Regeneración del Río Magdalena. Este esquema ha sido revalorizado posterior al paso de los huracanes *Pauline y Rick*, en el que la participación de la comunidad toma los siguientes pasos:

1. Al ser invitados los comuneros a participar en los subprogramas con *incentivos* de jornales proporcionales al avance de las acciones, se exalta en las comunidades, gradualmente, una cultura y un compromiso de conservación, que existiendo de manera latente en la mayoría no se había manifestado. De esta manera, la conservación de cuencas se equipara, comunalmente, a la construcción de caminos de acceso, introducción de agua potable y construcción de escuelas.
2. Al introducirse el *criterio de sustentabilidad* por la vía de la agricultura sustentable, de las plantaciones forestales y del turismo ambiental, el comunero promedio empieza a revalorizar sus bosques y sus cuencas, lo que no había hecho de manera explícita ante la demanda de tierra de labranza, de pastoreo o de simple venta de trozo de madera.
3. La *capacitación de comuneros* en todas y cada una de las labores de regeneración va creando una actitud conservacionista, una disposición productiva hacia procesos sustentables y un compromiso gradual que se promueve desde las familias, la escuela, las asambleas comunitarias y los grupos de interés local. El enfoque central de la conservación de especies y ecosistemas radica en mejorar las condiciones de vida de los pobladores de la región, en elevar su nivel de conocimiento sobre las características y el potencial de sus recursos, así como la susceptibilidad de éstos al deterioro.
4. El fideicomiso garantiza la participación ciudadana en la toma de decisiones a través de sus representantes municipales y comunales. Esta participación permite el *desarrollo de las capacidades autogestivas y de administración de la comunidad* en los programas, fortaleciéndose la estructura organizativa basa en usos y costumbres.

Programas de abasto y arraigo comunitario

El Fideicomiso Río Magdalena tiene como estrategia garantizar el abasto y el arraigo comunitario. Las comunidades participantes privilegian la producción alimentos básicos por encima de las acciones de conservación y regeneración. Estas se abordan con un enfoque agroecológico, que además de garantizar la producción contribuyen a la regeneración y conservación de los recursos naturales. Principalmente se atienden las demandas de granos básicos, el fomento del huerto familiar y ganadería de traspatio, como elementos sustantivos de la economía y el abasto familiar. Este esquema ha sido altamente valorado sobre todo después del paso del huracán *Pauline* que provocó un desabasto generalizado en la región.

Los programas de *empleo temporal incentivan la movilización* de hombres, mujeres y niños hacia proyectos productivos y de conservación, en el que los lugareños encuentran una oportunidad concreta de participación, generación de ingresos y arraigo comunitario, así como de la apropiación de sus espacios.

Con iniciativas como el aserrío de madera, elaboración de muebles, artesanías, construcción de cabañas ecoturísticas y la creación de microempresas de carácter familiar o comunal, se les da *valor agregado a los productos*. La etiquetación de ellos como productos orgánicos o ecológicos, amplían sus posibilidades de participación en mercados alternativos, permitiéndoles el acceso a fuentes financiamiento y fondos de ayuda diversos, que redundan en la capitalización y el incremento de la planta productiva de la comunidad.

En breve el agua será el recurso más cotizado en el mercado de valores; por lo que *la producción de agua en la cuenca es el negocio de más alta rentabilidad*, ante el cuál las organizaciones comunitarias se preparan a través de la *captación, cosecha y recarga de acuíferos que garanticen el suministro y la calidad del líquido en las fuentes de abasto. Este será uno de sus más altos valores intercambiables con los empresarios hoteleros situados aguas abajo.*

El turismo ambiental se perfila como una actividad altamente remunerativa que fomenta la producción de bienes y servicios en el marco de la sustentabilidad. Muchas de las acciones emprendidas aquí confluyen para integrarse en programas de educación ambiental y la venta de *servicios culturales que hacen revalorizar y mejorar la alimentación, la vivienda, y los espacios de interacción comunitaria.*

Con las acciones emprendidas, resulta alentador el efecto que sobre la recreación de la diversidad biológica y cultural se está teniendo. La vida comunitaria gira entorno al río y las zonas de amortiguamiento, que si bien el huracán *Pauline* afectó drásticamente, la movilización de diversos sectores con acciones de regeneración están teniendo una respuesta sustancialmente positiva hacia estas zonas de singular aprecio. La alta interacción naturaleza – sociedad que el proyecto induce, *acelera el proceso de toma de consciencia y revalorización de la cuenca y sus elementos, como un espacio para la construcción social de conocimientos y la recreación de los valores culturales de los pueblos.*

En la apropiación de los espacios y toma de decisiones se generan contradicciones y conflictos en la defensa de intereses y puntos de vista, tanto al interior como al exterior de la comunidad. *Las conciliaciones de carácter social, económico, político, cultural e incluso técnico, constituyen el escenario del verdadero aprendizaje*, en la búsqueda de los elementos cohesionadores del desarrollo, particularmente en condiciones de alta polarización y contrastes como lo es esta región. Las voluntades activadas, motivan a apostarle al fortalecimiento de la soberanía de los pueblos indígenas, en aras de *nuevos esquemas de planeación del desarrollo autocentrado basado en valores, antiguamente arraigados en usos y costumbres.*

Propuesta de alternativa de planeación

En la región, el esquema de desarrollo centralista ha llegado a trastocarse en sus extremos a través una convivencia cercana de ricos y pobres. Resulta interesante analizarla como una interfase entre el primer y el tercer mundo, donde la transferencia de recursos es obvia actuando como una posición satélite del capitalismo central. También resulta preocupante ver que muchos recursos, sobre todo ecológicos y culturales se deterioran sin siquiera ser transferidos e incrementándose los índices de pobreza y marginación.

En Huatulco las polaridades se tocan y a veces se invierten, *los dueños de la principal fuente de atracción que es la gran riqueza natural y el agua, son los pobres que al carecer de infraestructura y acceso a oportunidades de desarrollo real, la degradan en aras de la sobrevivencia; por otro lado, los capitalistas vendedores del paisaje cultural dependen de las acciones de conservación y regeneración que realicen los pobres y marginados auspiciados por los raquíticos programas gubernamentales. Ante las inseguridades internas ellos prefieren transferir los recursos a un mercado internacional de valores, antes que invertirlo en acciones locales de desarrollo. Este es el esquema tradicional de centralismo que también ha llegado a sus límites de crecimiento.*

El proceso de globalización a través de la revolución tecnológica y el crecimiento exponencial del capital, han acelerado y eficientado la transferencia de información propiciando respuestas alternativas locales muy concretas. *La globalización amenaza la identidad local y genera una respuesta lógica de reafirmación de esa identidad, con la necesidad de tener representantes y autoridades más cercanos, propiciándose así, un movimiento hacia la descentralización del poder. Esto parece ser una contradicción a la globalización, pero en esencia no lo es porque conlleva, a que con la reafirmación local abrirse al mundo pero sin tener que pasar por el control del centro. Esto es un nuevo dimensionamiento de la soberanía, de desarrollo de libertades y de la generación de elementos de cohesión nacional.*

Las comunidades indígenas del sur de México han entrado a esta dinámica de redimensionamiento de la soberanía, de abrirse al mundo desde su espacio local, de ser mexicano a la vez que se reafirma como zapoteca, mixe o huave; de revalorizar sus riquezas para interactuar y convivir con el primer mundo sin pretender ser como ellos, ni sentirse saqueado ni denigrado. En este sentido los pobladores de Huatulco han dado significativos avances; reafirmando la hipótesis de Wolf cuando señala que a nivel mundial las Sociedades están interconectadas, funcionando como conjuntos culturales de costumbres e ideas que entran en juego por determinados actores humanos.

El ejercicio de planeación propuesto deberá orientarse hacia el fortalecimiento de las comunidades

Bibliografía

- Barkin D. 1997. Riqueza, pobreza y desarrollo sostenible. UAM. México.
- CEPAL. 1982. Economía campesina y agricultura empresarial (tipología de productores del agro mexicano). Siglo XXI, editores. México.
- Daly H. E. y J. B. Cobb, Jr. 1993. Para el bien común. Fondo de Cultura Económica. México.
- Ekins P., M. Hillman y R. Hutchison. 1992. Riquezas sin límite. Edaf. España.
- Figuroa A. 1991. Desarrollo Agrícola en la América Latina, en El Desarrollo desde Dentro, compilado por O. Sunkel. CEPAL. Fondo de Cultura Económica. Chile.

- Leff E. 1986. Ecología y capital. Racionalidad ambiental, democracia participativa y desarrollo sustentable. Editorial Siglo XXI. México.**
- ONU. 1992. Agenda XXI. Capítulo 14. Río de Janeiro, Brasil.**
- Pailés B. C. 1997. Reporte de informe. Centro de Soporte Ecológico de la Costa de Oaxaca Huatulco.**
- Sunkel O. y N. Gligo. 1980. Estilos de desarrollo y medio ambiente en la América Latina. Fondo de Cultura Económica. México.**
- Wolf E. R. 1987. Europa y la gente sin historia. Fondo de Cultura Económica. México**

EL IMPACTO SOCIOCULTURAL DE LAS CORTINAS RETENEDORAS DE AGUA DE LLUVIA DEL CIIDIR-IPN-OAXACA

Griselle Velasco Rodríguez¹

EL Estado de Oaxaca tiene una superficie de 95, 364 km²: de ellos, un considerable porcentaje se encuentra severamente erosionada y deforestada, presentando un panorama semiárido.

La idea de detener el agua y disminuir sus efectos erosivos, siempre ha estado presente en las sociedades humanas, siendo una de las formas más antiguas la de atravesar bordos de tierra o de mampostería en los cauces de los arroyos temporales, con ellos se almacena el agua y se atrapan considerables cantidades de suelo arrastrado por los escurrimientos

Esta misma idea, es decir, almacenar el agua y contribuir al aumento de las reservas hídricas que se utilizarían en el largo periodo de estiaje que se presenta en las regiones semiáridas del Estado de Oaxaca así como disminuir los efectos erosivos de los escurrimientos, motivó al CIIDIR-IPN Unidad Oaxaca al desarrollo de una alternativa tecnológica a base de estructuras de ferrocemento en arco, alternativa aplicable en cauces rocosos, se ensaya desde 1992 en algunos arroyos temporales de los lomeríos circundantes a los valles centrales de Oaxaca.

EL ferrocemento se conoce como una estructura constituida por entramados con mortero arena y cemento, recubiertos con malla de gallinero, mortero, arena y cemento, para formar cáscaras cilíndricas de 4 a 5 cm de espesor, rígidas e impermeables. Con estas cáscaras colocadas en posición vertical a lo ancho del cauce del arroyo se forman cortinas que exponen al agua su superficie convexa de manera que trabajan como arco.

Los primeros diseños y ensayos con estas estructuras aplicadas en algunos arroyos temporales de los lomeríos circundantes a los valles centrales de Oaxaca, en las que participaron las comunidades rurales con su mano de obra, mostraron que si almacenan agua y retienen suelo y una gran aceptación por parte de los campesinos, por su sencillez, bajo costo y rapidez en su construcción.

Sin embargo, además de medir la estructura técnica, era necesario conocer: la construcción de la pantalla como bien de capital o infraestructura, dentro del proceso productivo y reproductivo de las familias que participaron en su construcción.

De esta forma, se aplicó la evaluación socioeconómica y sociocultural en dos rancherías una, en San Felipe Tejalapam y la otra en San Pablo Huitzo ambas del distrito de Etlá. En ambas era importante conocer lo siguiente:

¿Con éstas obras se está contribuyendo al desarrollo comunitario?

¿Qué es el desarrollo comunitario? ¿Cómo se contribuye y cómo se mide?

Estas preguntas encierran varios conceptos que aunque antiguos siguen teniendo vigencia, pues los problemas no han podido solucionarse.

¹ Investigadora del CIIDIR-IPN-Unidad Oaxaca

En 1950 las Naciones Unidas, precisó los elementos que abarca el desarrollo de la comunidad en la forma siguiente:

“La expresión desarrollo de la comunidad designa aquellos procesos en cuya virtud los esfuerzos de una población se suman a los de su gobierno para mejorar las condiciones económicas, sociales y culturales de las comunidades, integrar a éstas a la vida del país y permitirles contribuir plenamente al progreso nacional”

En este complejo de procesos intervienen por lo tanto, dos elementos esenciales:

- a) **.- la participación de la población** misma en los esfuerzos para mejorar su nivel de vida, dependiendo todo lo posible de su propia iniciativa; y
- b) **el suministro de servicios técnicos y de otro carácter** en formas que estimulen la iniciativa, el esfuerzo propio y la ayuda mutua.

Revisando la definición práctica de la ONU y sus distintos organismos, podemos decir que el desarrollo de la comunidad por su esencia social e implicaciones humanas, es parte indivisible del desarrollo económico y social; que su naturaleza es esencialmente socioeconómica, y que está dirigido a beneficiar principalmente a poblaciones de bajos niveles de vida en zonas rezagadas de los países, que viven de una economía de subsistencia.

Asimismo debemos resaltar dos aspectos en el concepto transcrito

- La participación de la población en los esfuerzos por mejorar su nivel de vida, dependiendo en todo lo posible de su propia iniciativa.

Donde la necesidad de asegurar la máxima participación, del grupo social, mediante la utilización correcta de procedimientos que garanticen a los individuos la oportunidad de colaborar significativamente desde la iniciación del programa.

El segundo aspecto, el suministro de servicios técnicos y de otro carácter, en forma que estimulen la iniciativa, el esfuerzo propio y la ayuda mutua, es la meta primordial de quienes prestan este tipo de servicios, que debe ser lograr una cabal comprensión por parte de la comunidad en relación con los beneficios que obtengan para facilitar la resolución de sus problemas en forma consciente.

Concretando y de acuerdo con Escalante y Miñano (1984: 79), el desarrollo de la comunidad como proceso de integración nacional, planificada, continua y permanente; y con la meta de alcanzar el bienestar del grupo y consecuentemente el bienestar del país persigue los siguientes fines:

Conseguir el mejoramiento integral de las condiciones de vida de la comunidad en consideración a los aspectos económicos, sociales y culturales, comprendiendo en lo económico el aumento en el nivel de ingresos, el mejoramiento de los medios y sistemas de producción y la introducción de innovaciones tecnológicas; dentro de lo social, el fortalecimiento de la personalidad de la comunidad, mejorando su organización y ampliando su responsabilidad y rol dentro del desarrollo, conduciéndola hacia su propia capacidad de administración; favoreciendo la movilidad social y la mejor utilización de recursos humanos y la formación de capital social básico a nivel local; es decir: pensamos que la construcción dentro de la comunidad, de obras hidráulicas contribuyen desde el punto de vista material a la mejor

transformación del medio ambiente en el que se desarrollan las actividades del grupo, y que se **constituirán** en elementos importantes para que , dentro de lo cultural, se logren los cambios de actitud que favorecen el **desarrollo** económico-social y la formación de nuevos dirigentes comunales.

Asentando que las metas del desarrollo de la comunidad, no se traduce simplemente en obras materiales o en la consecución de medios y satisfactores para la solución de los problemas de la comunidad, sino que lo fundamental de esta acción es **desarrollar una actitud favorable hacia la permanente confrontación y búsqueda de soluciones a los problemas**, consiguiendo impregnar en la mente de los individuos del grupo, la motivación necesaria para incitar constantemente al mejoramiento.

Dando respuesta a la otra pregunta: ¿ Qué debe evaluarse en el proceso de desarrollo?

Considerando y de acuerdo con los estudiosos del desarrollo de la comunidad que deben ser dos los aspectos principales que deben ser evaluados.

a) Las realizaciones materiales susceptibles de evaluación

Que son las que resultan de los objetivos tangibles del desarrollo de la comunidad cuyo primer grupo y objetivos corresponden precisamente a programas de contenidos fundamentalmente económicos como son: *La introducción de innovaciones tecnológicas.*

Siendo objetivos tangibles del proyecto, los que buscan tanto la formación de bienes de **capital social básico** , así como el incremento del mismo. Definiendo capital social como:” *los atributos o componentes de una sociedad determinada, que convergen esencialmente en la confianza de una sociedad en sí misma y en las instituciones que forman la macroestructura : ya sea local, municipal, regional, etc; también lo forman las normas de reciprocidad, que se dan mediante la solidaridad manifiesta en redes de participación del colectivo y los compromisos comunes.* (De lo interpretado de Rello, 1998.)

Es decir, el capital social está formado por las instituciones (concebidas como normas o reglas del juego) formales e informales (instituciones de gobierno , religiosas, la familia, el tequio, la guelaguetza, etc.) , así como por las redes que estas forman en su interacción, a través de las cuales se discuten y toman decisiones.

El capital social, facilita la acción colectiva , misma que incrementa la eficacia de cualquier sociedad en la realización de acciones coordinadas en busca de objetivos que la comunidad ha definido. Sólo de esta forma es posible avanzar, pues , gracias al “tequio” y la “guelaguetza” se han construido muchas obras en las comunidades, tales como: casas, aulas, clínicas, drenajes, servicios sanitarios ,etc.

En nuestro caso, podríamos evaluar la parte técnica o el comportamiento de las pantallas después de 5 años de uso, el resultado favorable de esta evaluación nos llevaría primeramente a buscar la optimización de la tecnología, a la difusión de la misma, así como a implementar otros proyectos conjuntos (comunidad científica- comunidad campesina) complementarios a la misma como: canalización, abrevaderos, cámaras especiales para el criadero de peces, manejo de la cuenca, recuperación de suelos, reforestación, etc. De manera que la utilidad del agua represada se maneje en forma integral.

b) Los cambios de actitud

La evaluación de esta última constituye unos de los problemas más difíciles de la organización de la comunidad, es preciso saber hasta qué punto la utilidad o servicio del proyecto penetraron en la vida social de la ranhería, consiguieron integrar a los demás grupos e incrementaron el capital social de las instituciones y, principalmente, hasta donde los habitantes de la localidad tienen conciencia de su importancia.

Así como, saber en qué medida el logro de este bienestar inicial y futuro está en la conciencia de las instituciones gubernamentales financieras a través de una actitud favorable que permita la continuación conjunta de otros proyectos hidráulicos

La parte socio-cultural nos llevaría a una mejor comprensión de la organización social, así como, a una primera experiencia en la apreciación de la sensibilización de una comunidad por el cambio y la apropiación de la obra.

Las evaluaciones fueron realizadas mediante técnicas de Evaluación Participativa o autoevaluación, en talleres, donde los usuarios dieron sus propios testimonios sobre si hubo cambio tanto en su forma de vida como en la visión y confianza en las instituciones. En el primer grupo, es decir, el de San Felipe Tejalapam, se detectó un grupo organizado, con una fuerte cohesión o solidaridad grupal basada en relaciones de parentesco, así como una fuerte conservación de sus tradiciones culturales y respeto entre sí y ayuda mutua. A la fecha no existen problemas por el agua, la posesión de ésta ha abatido un tanto las condiciones de pobreza extrema teniéndose una mejora en sus condiciones de vida tanto económica como social.

Confirmándose algunas de las hipótesis de Rello (1998):

1.-A Mayor organización de un grupo corresponde una mayor capacidad de obtener oportunidades de producción económica, fuentes privadas, así como la obtención de créditos

2.-Las redes sociales o capital social sirven para que la comunidad cree bienes públicos

La evaluación del impacto socioeconómico en el caso de ambas pantallas retenedoras de agua de lluvia fue positivo, pues ambas benefician con riego de auxilio a una cantidad de más de 30 hectáreas, se han diversificado los cultivos e incrementado la cantidad de animales, así como, la existencia de nuevas especies faunísticas y florísticas, teniéndose un cambio importante en el paisaje. En el aspecto sociocultural, en el caso de la Pantalla de San Felipe Tejalapam fue positivo, incrementándose su capital cultural y la confianza en las Instituciones de Gobierno. Pues después de 1993, las Organizaciones campesinas y aún las de mujeres se ha fortalecido, gozando de los Programas de Gobierno.

En el caso de la evaluación de los efectos de la pantalla sobre la ranhería Agua Blanca de San Pablo Huitzo, puede verse un grupo no integrado, puesto que la población de la ranhería se ha formado con gente venida de otros estados o por personas que han salido de la ciudad para vivir aquí, es decir no existen lazos de parentesco, ni cohesión intergrupal, mucho menos las mismas costumbres y tradiciones. En este caso la evaluación resultó negativa en cuanto al aumento de capital social, puesto que el grupo que gestionó la obra y comenzó a trabajar en ella, se desintegró, beneficiándose únicamente a dos familias que actualmente controlan el agua. La recomendación fue no continuar trabajando en esta comunidad y solamente dar seguimiento técnico a la pantalla construida en 1993.

Lo anterior demuestra la necesidad de realizar estudios socioculturales comunitarios antes de iniciar cualquier obra o infraestructura a fin de tener un perfil de los atributos de los grupos con quienes se va a trabajar, pues muchos líderes, no buscan el beneficio común, sino intereses meramente personales, que son indicadores que obstaculizan el trabajo de las instituciones y por ende el progreso comunitario.

BIBLIOGRAFÍA

Escalante y Miñano, 1984, Investigación, Organización y Desarrollo de la Comunidad. Ed. Oasis. México.

Rello Fernando. 1998.-Conferencia dictada en la ISUABJO

Velasco Griselle., 1998 - Impacto de las Obras de Retención de Agua de Lluvia construidas por el CIIDIR-IPN en dos comunidades del Valle de Etlá.- Tesis de Maestría.

SISTEMA PRODUCTIVO DE ASOCIACION GIRASOL (*Helianthus annuus* L.) Y MAÍZ (*Zea mays* L.) COMO ALTERNATIVA ECONOMICA EN LA COMARCA LAGUNERA CON RESISTENCIA A SEQUIA

M.C. Santiago Valenzuela Rey^{*}, M.C. Rodolfo Zamora Núñez*
Ph. D. Enrique Salazar Sosa^{**}, Ing. Emeterio Lira Cortés**

Introducción

El maíz y el girasol son dos cultivos de capital importancia en la alimentación básica de los mexicanos. Ocupando a nivel nacional el primero en superficie cultivada, sin embargo su producción en ocasiones no alcanza a satisfacer la demanda interna y se tiene que recurrir a su importación. En el caso del girasol este se considera un cultivo realmente nuevo ya que presenta cualidades que lo hacen un cultivo potencialmente importante tanto en las zonas de riego como en las de temporal debido a su bajos requerimientos de humedad, y en el caso de la Comarca Lagunera presenta una alternativa económica ya que además de utilizarse como planta forrajera, su semilla tiene la cualidad de producir hasta un 45% de aceite de excelente calidad y que lo hace atractivo a las compañías aceiteras considerando que en nuestro país existe un gran déficit de semillas oleaginosas superior al 80%.

Los cultivos múltiples han sido practicados por siglos y a pesar de las ventajas que presentan, tales como estabilidad en la producción, minimización de riesgos, diversidad en la dieta, empleo eficiente de recursos, incremento en las fuentes de ingreso y distribución del trabajo manual durante el año han sido realmente poco tocados por la investigación (Gutiérrez, 1994).

En base a lo anterior la Facultad de Agricultura y Zootecnia dependiente de la UJED en Venecia, Dgo., tiene entre sus metas principales el desarrollar tecnología susceptible de ser adoptada por el agricultor que le permita maximizar sus recursos, incrementando así la productividad y sus ingresos. En ese caso se estudió el girasol y el maíz en el sistema de asociación en surcos paralelos con el propósito de alcanzar los siguientes objetivos.

Objetivos

- 1.- Estudiar el potencial de rendimiento de grano en girasol y maíz en el sistema de asociación en surcos paralelos.
- 2.- Explicar el rendimiento a través de sus componentes y determinar su contribución al mismo.
- 3.- Determinar la eficiencia relativa del terreno en términos físicos para explicar la ventaja de los sistemas de cultivo.

Metas

- Contribuir a la diversificación de cultivos en la Comarca Lagunera.
- Presentar al productor un sistema de cultivo que le permita optimizar sus recursos como lo es el agua de riego, factor limitante al crecimiento agropecuario de la región.

* Maestros Investigadores de la D.E.P.-FAZ-UJED.

** Alumnos de Maestría en Sistemas de Producción Agropecuaria

Hipótesis

- 1.- Existen diferencias significativas en las características agronómicas, el rendimiento y sus componentes del girasol y el maíz cuando estas especies se cultivan en el sistema de asociación en surcos paralelos.

Revisión de literatura

Turrent et al. En 1970, trabajó con asociaciones de maíz y frijol en el Valle de México, donde consignó que la productividad de la asociación maíz-frijol de guía puede incrementarse mediante el aumento de fertilización y en las densidades de población de ambas especies.

Lépiz (1974) asentó mediante varios años de investigación sobre el ecosistema de producción maíz-frijol asociado y encontró lo siguiente: en general, los rendimientos unitarios de frijol en la asociación son menores que los logrados al sembrar frijol sólo y lo mismo sucede con el maíz. En la asociación el maíz reduce los rendimientos del frijol en función directa del número de plantas de maíz por hectárea. La ganancia combinada de ambos cultivos en la asociación supera sistemáticamente a la ganancia que se obtiene al sembrar frijol y maíz solos.

Lépiz (1978) realizó un estudio en el área de Chapingo, México, con el fin de determinar el aprovechamiento de la luz por el sistema de producción maíz y frijol intercalado, maíz y frijol asociado y de ambas especies creciendo en monocultivo, establece que desde el punto de vista de rendimiento económico y del parámetro ERTF la siembra de maíz y frijol asociado es mejor que la siembra de ambas especies en forma intercalada; este sistema de producción a su vez, es generalmente mejor que las siembras de maíz y frijol en unicultivo.

Espinoza et al. (1990) indica que en México el girasol es considerado como un cultivo realmente nuevo y aún más el hecho de utilizarlo al igual que el maíz es también una alternativa de ahí que es importante que se busquen sistemas de producción basados en especies anuales eficientes en el uso del agua y adaptables a la región.

Materiales y métodos

Localización del sitio experimental.

El lugar donde se llevó a cabo el presente trabajo de investigación fue en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia, ubicada a la altura del km. 30 de la carretera Gómez Palacio Tlahualilo, Dgo., en la Región Lagunera.

Material genético

Se utilizaron dos especies forrajeras diferentes; maíz y girasol cuyas características de los materiales se describen enseguida.

Híbrido de Maíz A-791

Híbrido triple con excelente potencial de rendimiento y gran estabilidad.

Descripción Varietal

USO:	Producción de grano y forraje
COLOR DE GRANO	Blanco cremoso
MADUREZ	Intermedia
DIAS A FLORACION	53 - 80
DIAS A COSECHA	140 - 160
ALTURA DE PLANTA	Media
AREA DE ADAPTACION	Occidente, el bajío, centro norte y noreste de México.
DENSIDAD DE SIEMBRA	Densidad media para producción de grano y altura para producción de forraje.

Variedad de girasol iregi csikos

Se utilizó la variedad Iregi Csikos mejorada con ciclo vegetativo de 110 a 120 días a cosecha, con un amplio rango de adaptación por lo que puede sembrarse durante el ciclo primavera-verano. Por su rusticidad próspera bajo un sistema de labranza mínima, excluyendo de la preparación del suelo el barbecho o un paso de rastra sin afectar el establecimiento y la producción. Por su tolerancia a sequía requiere menos agua que el maíz, pues en el ciclo primavera bastan 2 riegos para llevar la cosecha y solo uno en verano, su potencial de rendimiento de grano oscila entre 2.5 a 3.5 toneladas por hectárea y para forraje 49.6 ton. de materia verde por hectárea., el porcentaje de aceite de esta oleaginosa es superior al 35 por ciento.

Sistemas de cultivo evaluados.

En el presente estudio se analizaron los materiales en el sistema de asociación en surcos paralelos en proporciones diferentes y sus respectivos testigos de cada especie, cuyos tratamientos se citan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Sistema de Cultivo FAZ -UJED. 1997.

<u>1 X 10³ PLANTAS / HECTAREA</u>		
TRATAMIENTO	GIRASOL	MAIZ
ASOCIACION	80	80
ASOCIACION	50	80
ASOCIACION	80	50
UNICULTIVO	80	--
UNICULTIVO	--	80

Características del experimento:

Los tratamientos fueron distribuidos en base a un arreglo de bloques completos al azar, se distribuyeron los 5 tratamientos en tres repeticiones. La parcela experimental consistió de 12 surcos de 10 m. de largo a una distancia entre ellos de 0.75 m, considerándose como parcela útil los diez surcos centrales excluyéndose las plantas de los extremos de cada surco y la densidad de plantas por hectárea requerida por tratamiento se obtuvo ajustando la cantidad de semilla a sembrarse. Para la densidad de 80 y 50 mil plantas por hectárea en maíz, se utilizaron respectivamente 26 y 16 kg. de semilla, para girasol en las mismas densidades se utilizaron 9.6 y 6.0 kg. de semilla por hectárea.

Modelo estadístico:

Los valores medios de cada parámetro se utilizaron para la ejecución de los análisis de varianza bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones.

Resultados y discusión

En el Cuadro 2 se observa la significancia de cuadrados medios para rendimiento de grano, componentes de rendimiento e índice de cosecha donde se tiene para girasol que rendimiento económico es el único que presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos, lo que señala que este carácter si es afectado por la densidad de plantas tanto de girasol como de maíz, existiendo por lo tanto la posibilidad de seleccionar aquel tratamiento que produzca más rendimiento económico. No presentaron diferencias estadísticamente significativas el número de semillas por planta, peso de 250 semillas, índice de cosecha y diámetro de capítulo, lo que significa que la asociación con maíz a diferentes densidades de población, no influye en estos caracteres. Se tiene un coeficiente de variación aceptable en rendimiento económico de grano, componentes de rendimiento, indicando que en los datos obtenidos no hubo mucho sesgo en su medición. En tanto que para el índice de cosecha si es alto debido tal vez a que la técnica para determinarlo no se realizó de forma adecuada, particularmente para determinar el rendimiento biológico.

En lo referente a la comparación de medias de rendimiento económico y sus componentes en girasol, Cuadro 3, se observa que el mayor rendimiento económico se encuentra en el tratamiento G80-M50 (6.39 ton/ha) el cual es estadísticamente superior al resto de los tratamientos; asociando este mayor rendimiento con un mayor número de semillas por planta y un mayor diámetro de capítulo; el rango para este parámetro oscila de 4.16 ton/ha a 6.39 ton/ha en los tratamientos GU80 y G80-M50 respectivamente.

El mejor tratamiento en cuanto a número de semillas por planta corresponde G80-M50 (1104.95) el menor A G80-M80 (869.16); Así mismo G80-M50 y G50-M80 forman un grupo estadísticamente superior con un valor arriba de la media.

Con respecto al peso de 250 semillas los valores medios se observan que no hubo diferencias estadísticas entre los valores medios lo que indica que el girasol independientemente de la densidad de planta a que se someta tiene una capacidad similar para llenado de grano. El rango varió de 17.75 gr a 18.61 gr en los tratamientos G80-M50 y G80-M80.

El índice de cosecha igualmente no presentó diferencias significativas entre los valores medios señalando que el girasol independientemente de la densidad dentro de las trabajadas, tiene un potencial similar para producir materia seca y transformarla a llenado de grano. El rango varió de 0.23 a 0.56 respectivamente para GU80 y G80-M50.

Para el diámetro de capítulo se observa que no hubo diferencias significativas entre sus valores medios, fluctuando el rango entre 16.29 cm. y 18.33 cm. para GU80 y G80-M50 respectivamente, así mismo G80-M50 y G50-M80 presentan valores arriba de la media.

En el Cuadro 4 se observa la significancia de cuadrados medios para rendimiento económico de grano, componentes de rendimiento e índice de cosecha en maíz, donde se observa que no hubo diferencias estadísticamente significativas en la fuente de variación tratamientos lo que indica que la asociación con girasol a diferentes densidades no influye en rendimiento económico,

número de semillas por planta, peso de 250 semillas, índice de cosecha, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, granos por hilera y en número de hileras por mazorca; se presenta el coeficiente de variación aceptable en rendimiento económico de grano, componentes de rendimiento, señalando que estos valores se midieron con una técnica eficaz y adecuada. Mientras que para índice de cosecha es alto, debido a que al tomarse rendimiento biológico algunas hojas se caían durante el traslado antes de pesarse.

En lo que se refiere la comparación de medias (Cuadro 5) para rendimiento económico de grano, componentes de rendimiento e índice de cosecha se observa en maíz que las medias de rendimiento económico en grano y componentes de rendimiento son estadísticamente iguales, donde se tiene para el rendimiento económico que el mejor tratamiento es el MU80 con (8.76 ton/ha) también es el que produjo mayor número de semillas por planta (440.52), mayor longitud de mazorca (20.00 cm) y en lo que se refiere a diámetro de mazorca fue menor con (4.42 cm), presentó mayor cantidad de granos por hilera (29.62) pero menor número de hileras por mazorca (14.53). El tratamiento que presentó el menor rendimiento económico es el G80-M80 con (7.25 ton/ha) y obtuvo el menor número de semillas por planta (382.22), así como menor longitud de mazorca (17.89 cm) y menos granos por hilera (25.58). También se tiene que el mejor tratamiento en peso de 250 es el G80-M50 con (86.14 gr), así mismo el que muestra mayor diámetro de mazorca es el G50-M80 con (4.56 cm) y por lo tanto es el que presenta mayor número de hileras por mazorca (15.20). En relación al índice de cosecha se observa que si hay diferencias entre las medias de los diferentes tratamientos, siendo el tratamiento G80-M50 con (0.28) esto indica que no se tomó el rendimiento biológico con precisión ya que algunas hojas estaban desprendidas antes de determinarse este parámetro.

Se observa en términos generales que el mejor tratamiento es el MU80 y el peor es el G80-M80 esto indica que el maíz unicultivo tiene ventaja sobre el asociado con girasol.

El índice de eficiencia relativa del terreno en términos físicos es otra forma de evaluar la superioridad de un sistema en asociación contra sus respectivos unicultivos, al respecto se observa en el Cuadro que el girasol presenta valores arriba de la unidad indicando que si hubo una eficiencia del girasol cuando es sembrado en asociación con maíz que en unicultivo, dicho de otras palabras, se obtuvo mayor rendimiento de girasol asociado que en unicultivo; el mayor valor de ERTF (1.53) corresponde al tratamiento G80-M50 y el valor menor (1.02) al tratamiento G80-M80.

En lo referente a maíz en términos generales se observa que no hubo ERTF lo que señala que el rendimiento de maíz asociado con girasol no es más alto que en maíz unicultivo.

Considerando la ERTF tomando en cuenta a ambos cultivos, tenemos que si existió una eficiencia ya que los valores son arriba de la unidad, al mismo tiempo que el sistema de asociación ofrece diversidad de productos al agricultor.

CUADRO 2 Significancia de cuadrados medios para rendimiento económico de grano, componentes de rendimiento e índice de cosecha del girasol asociado con maíz FAZ-UJED 1997.

F.V.	G.L.	Rendimiento económico	# de Semillas por planta	Peso de 250 semillas	Índice de cosecha	Diámetro de capítulo
Tratamientos	3	3.33**	38375.33 NS	0.43 NS	0.06 NS	2.39 NS
Bloques Error	2	0.14 NS	15694.00 NS	1.48 NS	0.01 NS	0.44 NS
C.V.%	6	0.29	11248.33	0.02	0.02	2.48
		11.22	10.53	43.28	43.28	9.01

** = Significancia al 0.01 de probabilidad

* = Significancia al 0.05 de probabilidad

NS = No significancia

CV = Coeficiente de variación

CUADRO 3 Comparación de medias para rendimiento económico de grano, componentes de rendimiento e índice de cosecha del girasol asociado con maíz FAZ-UJED 1997.

Tratamientos	Rendimiento económico ton/ha	# de semillas por planta	Peso de 250 semillas (gr)	Índice de cosecha	Diámetro de capítulo (cd)
1. G80-M80	4.27 b	869.16 b	18.61 a	0.43 a	17.28 a
2. G50-M80	4.47 b	1093.46 a	18.48 a	0.30 a	17.95 a
3. G80-M50	6.39 a	1104.95 a	17.76 a	0.56 a	18.33 a
4. GU	4.16 b	958.97 ab	18.44 a	0.23 a	16.29 a
X	4.82	1006.63	18.32	0.38	17.46

Valores unidos por la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a DMS (0.05).

X = Media general

GU = Girasol unicultivo a 80 mil plantas/ha

MU = Maíz unicultivo a 80 mil plantas/ha

80 = Miles de plantas por ha

50 = Miles de plantas por ha

CUADRO 4 Significancia de cuadrados medios para rendimiento económico de grano, componentes de rendimiento e índice de cosecha del maíz asociado con girasol FAZ-UJED 1997.

F.V.	G.L.	Rendimiento económico	No. de semillas por planta	Peso de 250 semillas	Índice de cosecha	Longitud de mazorca	Diámetro de mazorca	Granos por hilera	# de hileras/mazorca
Tratamientos	3	1.37	2149.83	44.40	0.09	2.83 NS	0.01 NS	8.57	0.24 NS
	2	NS	NS	NS	NS	1.40 NS	0.10 NS	NS	0.71 NS
Bloques	6	7.60	3971.00	95.75	0.03	2.11	0.02	15.00	0.39
Error		NS	NS	NS	NS	7.52	3.31	NS	4.23
C.V. %		3.78	2101.37	38.31	0.03			10.78	
		23.65	10.89	7.57	38.83			11.82	

** = Significancia al 0.01 de probabilidad

* = Significancia al 0.05 de probabilidad

NS = No significancia

CV = Coeficiente de variación

CUADRO 5 Comparación de medias para rendimiento económico de grano componentes de rendimiento e índice de cosecha del maíz asociado con girasol FAZ-UJED 1997.

Tratamientos	Rendimiento económico ton/ha	# de Semillas/planta	Peso de 250 semillas (gr)	Índice de cosecha	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)	Granos/hilera	# de Hileras/mazorca
1.G80-M80	7.25 a	382.22 a	78.48 a	0.28 b	17.89 a	4.43 a	25.58 a	14.77 a
2.G50-M80	8.61 a	437.23 a	83.67 a	0.45 ab	19.44 a	4.56 a	28.33 a	15.20 a
3.G80-M50	8.25 a	422.39 a	86.14 a	0.70 a	19.88 a	4.53	27.60 a	14.73 a
4. MU X	8.76 a	440.52 a	78.47 a	0.37 ab	20.00 a	4.42 a	29.62 a	14.53 a
	8.21	420.59	81.69	0.45	19.30	4.48	27.78	14.80

Valores unidos por la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a DMS (0.05)

X = Media general

GU = Girasol unicultivo a 80 mil plantas/ha

MU = Maíz unicultivo a 80 mil plantas/ha

80 = Miles de plantas/ha

50 = Miles de plantas/ha

CUADRO 6 Eficiencia relativa de terreno en términos físicos (ERTF).

Tratamientos	Rendimiento girasol asociada ton/ha	Rendimiento girasol monoc ton/ha	E.R.T.F	Rendimiento maíz asociación ton/ha	Rendimiento maíz monocultivo ton/ha	E.R.T.F	E.R.T.F
G80-M80	4.270	4.167	1.024	7.257	8.765	0.827	1.852
G80-M80	4.476	4.167	1.074	8.610	8.765	0.982	2.056
G80-M50	6.398	4.167	1.535	82.58	8.765	0.942	2.477

Conclusiones

1. La asociación de girasol y maíz a las densidades de 80 y 50 mil plantas por hectárea respectivamente favoreció al rendimiento económico siendo este tratamiento G80-M50 el mejor en un 56.60% respecto al unicultivo del girasol. Así mismo las asociaciones no difirieron en su potencial respecto al unicultivo del maíz.
2. Respecto a la eficiencia relativa del terreno en términos físicos se obtuvieron valores por encima de la unidad en el cultivo del girasol mientras que el cultivo del maíz, aunque sus valores no rebasan la unidad este parámetro no fue afectado. En general la mejor combinación correspondió al tratamiento G80-M50.

Bibliografía

- Espinoza B.A. et al. 1990. El girasol forrajero como una alternativa en el patrón forrajero de la Comarca Lagunera. Informe técnico final FAZ-UJED Venecia, Dgo.
- Gutiérrez, L.J.L. 1994. Asociación de Girasol (*Helianthus annuus* L.) y Maíz (*Zea mays* L.) bajo el Sistema de Surcos Paralelos para determinar Rendimiento y otras Características Agronómicas en la Comarca Lagunera. Tesis Profesional Venecia, Dgo., 48 p.
- Lepiz I. y R. 1974. Asociación de cultivos maíz-frijol. Folleto técnico No.58. INIA-SAG. México.
- Lepiz I., R. 1978. La asociación maíz-frijo y el aprovechamiento de la luz solar. Tesis. Doctor en ciencias, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Robles S. R. 1978. Cultivo del maíz. Producción de grano y forrajes, Segunda edición. Ed. Limusa. México. pp. 17-31.
- Turrent et al. 1970. Las asociaciones de maíz frijol, una alternativa en el uso de los recursos de los agricultores del plan Puebla. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 94 p.

COMPETITIVIDAD AGRICOLA Y USO RACIONAL DEL AGUA DE GRAVEDAD. ESTRATEGIAS PARA UN DESARROLLO SUSTENTABLE

Fortis Hernández, M; Leós Rodríguez, J.A; Salazar Sosa, E*

Introducción

A escaso un par de años para terminar el siglo XX¹, se ha impuesto una intensa presión sobre el medio ambiente y los recursos naturales para satisfacer las necesidades de una sociedad compleja y diversa. El acelerado crecimiento de la población mundial y la carencia de modelos adecuados de desarrollo, en el umbral del nuevo siglo, ha dejado de ser preocupación exclusiva de científicos e investigadores y se ha convertido en una prioridad de la sociedad en su conjunto; la preocupación es restituir el imprescindible balance de la naturaleza, es decir, la búsqueda e implementación de nuevas alternativas de desarrollo basadas en la competitividad, y el equilibrio entre las necesidades de conservación y desarrollo.

Las aparentes fuerzas antagónicas de conservación o desarrollo sobre las que descansa en buena medida el futuro de la sociedad, encuentran un punto de balance y conciliación en el concepto de desarrollo sostenible. A través de éste se busca la armonía entre la satisfacción de las necesidades de esta generación y las de generaciones futuras, así como también las estrategias que permiten el desarrollo económico actual, pero que al mismo tiempo sienten bases firmes para que en el futuro aún sea posible hablar de conservación y desarrollo y no solamente de restauración y corrección.

Dentro de este contexto destacan los recursos hidrológicos, que hasta hace poco tiempo se consideraban baratos y abundantes, hoy se reconoce su escasez y su alto valor. Más de 230 millones de personas viven en 26 países clasificados como "Con déficit de agua", México² es uno de ellos. La demanda de agua va en rápido aumento y esto contribuye a intensificar la competición entre los usuarios, ya que en muchas zonas darle agua a un usuario significa negársela a otro. Y en vista de que los recursos superficiales de agua dulce del mundo presentan una distribución sumamente irregular, esta situación puede llegar a suscitar controversias a nivel nacional, regional e internacional.

Un riego mal administrado contribuye a la escasez de agua y a su contaminación, al empobrecimiento de la tierra y a la difusión de las enfermedades transmitidas por el agua.

Por lo que la preocupación en el seno de la economía por las características naturales de un país no proviene solo de las ventajas comparativas sino de la necesidad de articular modelos de explotación sostenible de este y en general de los recursos, base de la riqueza de cualquier territorio.

En este sentido la presente investigación pretende determinar la competitividad agrícola para una región y las estrategias de uso racional del agua de gravedad, para lograr un desarrollo sustentable.

* Estudiante de Doctorado de la Universidad Juárez del Edo. de Durango (FAZ). Miembros del Comité Principal de tesis. Coordinador de posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo, Jefe de la División de Estudios de Posgrado de la FAZ-UJED.

¹California Department of Resources, (UCLA), EUA, 1997

²FAO, El agua: Demanda creciente, Recursos Limitados. EUA, 1997.

II- Planteamiento del problema

II.1. Justificación

La Comarca Lagunera ha sufrido durante los dos últimos años una sequía largamente anunciada, de las más severas registradas en este siglo. Lo que ocurre se expresa en una baja precipitación pluvial que incide notablemente en los aportes que requiere la agricultura y la ganadería y el abastecimiento de agua para consumo humano e industrial. Sin duda, el sector rural ha resentido más los efectos ocasionados por la sequía. Ello se debe en muy buena parte a las variaciones de su disponibilidad³.

Si es un enorme reto garantizar el líquido para consumo humano en el campo y en los centros urbanos, no lo es menos asegurar los volúmenes necesarios para la producción de alimentos que consume la población, para exportar algunas cosechas de cultivos competitivos hacia los mercados internacionales, y principalmente, en la región, para asegurar el alimento del ganado lechero. Para estos fines, la Comarca Lagunera posee una infraestructura hidroagrícola⁴ con dos presas de almacenamiento, cuatro presas derivadoras, diversos tanques de almacenamientos, 3,200 pozos, más de 1,266 kilómetros de canales y drenes, y otras obras complementarias que potencialmente permitirían irrigar alrededor de 248,000 hectáreas, equivalentes al 5% de la superficie total de la región.

Cabe señalar que en los últimos años se han agudizado los problemas en esta región, en repetidas ocasiones se escuchan problemas por la falta de lluvias, desconocimiento de qué cultivos sembrar (ventajas comparativas), sobre-explotación del manto freático, insuficientes créditos, disminución de las superficies de producción, deficiente comercialización, renta de la tierra, problemas de migración, salud, empleo, y en general, un aumento en los desajustes sociales y económicos en la Comarca.

En relación a la precipitación pluvial registrada en los últimos cuatro años se sitúa por abajo de su nivel histórico, ocasionando que las aportaciones en las presas se observen reducidas, ubicándose actualmente los almacenamientos en un 20% de su capacidad total. Respecto a los aprovechamientos subterráneos operados, de acuerdo a estadísticas de la Comisión Nacional del Agua (CNA, 1996) en la Comarca Lagunera, anualmente se extraen volúmenes estimados de 1,185 mm³, estas extracciones comparadas con el volumen de recarga, que en promedio se estima en 350 mm³, ha originado un déficit anual de 835 mm³, lo que manifiesta una evidente sobreexplotación de los mantos acuíferos de la región. La calidad de esta agua subterránea es muy heterogénea, dadas las características geoquímicas de los acuíferos, por lo que existe cada vez mayor concentración de sales contaminantes (sulfatos, cloruros y arsénico), originando una creciente disminución en la calidad del recurso.

Esta problemática ha traído como consecuencia una significativa disminución de áreas de riego por gravedad en los últimos ciclos agrícolas 96-97', la asignación de cultivos no se ha realizado en base a estudios de competitividad y eficiencia lo que ha ocasionado una serie de efectos tanto en la actividad agropecuaria, como en la generación de empleos y en otros sectores de la economía⁵.

El diagnóstico de esto que sucede es alarmante; se desperdicia más de la mitad (49%) del agua de riego por deficiencias en la conducción y aplicación del líquido a nivel parcela; existe deterioro físico de la infraestructura hidráulica por falta de recursos

³SAGAR, Programa para atenuar los efectos de la sequía en la Región Lagunera, Coahuila, México, Octubre de 1995.

⁴CONAGUA, Región Lagunera, 1997.

⁵Investigación personal, de acuerdo a estadísticas de producción de los últimos años.

y por mal uso; se requiere nivelar, recuperar suelos, entubar y revestir canales, construir drenajes; han disminuido los rendimientos del distrito de riego notablemente⁶ (del 2 al 0.6 por ciento anual) en los últimos 15 años, en comparación con el obtenido en las décadas sesenta y setenta; los costos de producción agrícola aumentaron sin cesar y en general existe una falta de planeación de las actividades agrícolas en base a la racionalización de los recursos y sus ventajas competitivas.

Es alarmante comprobar que un recurso escaso y clave para el desarrollo regional no se aprovecha adecuadamente; por el contrario, se desperdicia. No hay una cultura del agua. Luego de tantos diagnósticos certeros de las dependencias oficiales y los estudiosos del tema, no se aplican las medidas urgentes para revertir la crisis que afectan finalmente a toda la sociedad, pero mucho más a los pobres. La crisis largamente anunciada del vital líquido disminuirá todavía más la calidad de vida de miles de personas en la región.

Como consecuencia de este problema el presidente de México, Ernesto Zedillo, estableció en mayo de 1996 el Programa Emergente de Sequías⁷ (un programa de asistencia de emergencia) con fondos por 720 millones de pesos (108.2 millones de dólares) para los estados afectados. Los fondos destinados a la Comarca Lagunera (261.4 millones de pesos) han sido empleados para expandir sistemas de irrigación y de canalización de agua, así como para abastecimiento de agua potable, entre otros.

Este hecho ha generado diversos cuestionamientos de agricultores, investigadores, y -en general- de la sociedad sobre la relación que guardan los problemas del agua (escasez) y los efectos de ésta sobre la región.

En consecuencia, en el amanecer del siglo XXI, la sociedad reclama un nuevo proyecto de desarrollo, que a través de estrategias bien definidas, coherentes con sus particularidades características y circunstancias competitivas, con políticas de conservación y aprovechamiento racional de los recursos naturales satisfaga, al mismo tiempo, sus requerimientos impostergables de desarrollo humano, es decir el mejoramiento de su calidad de vida y la ampliación de sus oportunidades.

Es así, que este proyecto de investigación plantea la posibilidad de desarrollar estrategias para un uso racional del agua de gravedad, tomando como base a las ventajas competitivas regionales y propiciar un desarrollo agrícola sustentable para la Comarca Lagunera.

L2.- Objetivos generales

- 1.- Determinar la situación actual de competitividad y uso de los recursos de la actividad agrícola de la Comarca Lagunera.
- 2.- Determinar la situación de eficiencia de la actividad agrícola y uso del agua de gravedad en la Comarca Lagunera.
- 3.- Identificar las actividades competitivas en el sector agrícola de la Comarca Lagunera.
- 4.- Desarrollar estrategias de operación para el aprovechamiento racional y competitivo del agua de las presas de la región.

⁶En un estudio realizado por Fortis en julio de 1997, se calcularon las tasas de crecimiento de los rendimientos de los principales cultivos en la región observándose tasas negativas de crecimiento del periodo de 1981-1997.

⁷Gobierno del Estado de Coahuila, SAGAR, CONAGUA, FIRCO. "Programa para atenuar los efectos de la sequía en la región lagunera", octubre de 1995.

- 5.- Proponer algunos lineamientos generales que contribuyan al diseño de políticas que los gobiernos *federal y/o Estatal* puedan instrumentar en el sector agrícola de la Comarca para propiciar un desarrollo sustentable.

III.- Revisión de literatura

El objetivo básico del proyecto es plantear el desarrollo de una nueva estrategia en donde se recomponga dinámicamente los equilibrios entre el hombre y sus necesidades de crecimiento económico con el mantenimiento del medio ambiente. Esto requiere un esfuerzo integrador orientado a modificar aspectos básicos del comportamiento social y del patrón tecnológico en el que se sustentan las actividades competitivas que aseguren la supervivencia de la sociedad en una región.

Desarrollo Sustentable

En la actualidad las demandas cada vez más apremiantes de la sociedad han ido configurando nuevos espacios de debate público y de interacción política, donde participan con inusitado vigor gobiernos, organizaciones civiles, centros académicos y de investigación, instituciones internacionales y partidos políticos. Gran parte de los temas y de las aspiraciones que mueven a la sociedad han quedado estrechamente vinculados a los procesos ambientales, a grado tal que no es posible ya pensar en soluciones a los problemas del medio ambiente sin replantear las formas de la convivencia productiva (Young, 1997).

La discusión acerca de los problemas ambientales ha evolucionado hacia el cuestionamiento del contenido y de las modalidades mismas del desarrollo. En este contexto surgió el concepto de desarrollo sustentable. El contenido de esta expresión, que ya es de uso común, integra un conjunto de principios orientadores para hacer frente al desafío de diseñar un futuro más racional, estable y equitativo. El desarrollo sustentable configura un nuevo paradigma que se articula en torno a un proceso gradual de transición hacia formas cada vez más racionales de utilización de los recursos naturales.

Solow (1957), menciona desde una perspectiva amplia, que la riqueza de la nación puede conceptualizarse en función de cuatro dimensiones: * Dimensión física, (o capital físico) que engloba el concepto tradicional y productivo de capital, incluyendo la infraestructura, maquinaria, equipo, etc. * Dimensión humana, constituida por las capacidades individuales de los ciudadanos y sus potencialidades productivas. Invertir en la superación de los individuos es una actividad de alto rendimiento, esencial para una estrategia de desarrollo. * Dimensión institucional o social, constituida por las formas organizativas, institucionales, expresiones culturales predominantes y patrones de comportamiento que permiten acrecentar las capacidades productivas de una nación, y la * Dimensión ecológica, que abarca el conjunto de activos o recursos comunes ambientales que proveen un flujo vital de bienes y servicios ecológicos, renovables y no renovables, comerciables y no comerciables.

Es así que, el desarrollo sustentable demanda un conocimiento más profundo de las interacciones entre el sistema económico y los sistemas biofísicos, que fundamenta decisiones públicas y privadas eficientes y acordes con criterios ecológicos y de viabilidad social a largo plazo.

Esto presupone valorar y ponderar los costos ambientales en que incurren los procesos de producción y de consumo, así como una cuantificación de los beneficios económicos y sociales derivados de la producción del medio ambiente.

La valoración sistemática de los bienes y servicios ambientales permitirá su plena inclusión entre los indicadores de bienestar social y calidad de vida. El autor Hutchinson, propone por ello la construcción de esquemas de información y contabilidad

ambiental, que complementen y enriquezcan las cuentas nacionales y ayuden a evaluar de manera más objetiva al desempeño productivo de nuestra sociedad y sus avances hacia un desarrollo sustentable.

Por tanto, para abrirle cauce a un futuro sustentable es preciso promover la productividad efectiva de regiones y sectores, asegurar su dinamismo económico y conjurar los peligros derivados de la obsolescencia, el abandono y la ineficiencia. No puede soslayarse la creciente dependencia de la política ambiental respecto de las condiciones macroeconómicas generales del país, lo que obliga a una gestión atenta al devenir de los mercados nacionales y globales.

De acuerdo a Monke y Pearson (1990), la apertura económica determina nuevos incentivos de localización, reestructura ramas completas de actividades y favorece el surgimiento de nuevas oportunidades en sectores emergentes, transformando las ventajas comparativas existentes. La política fiscal y las reglas de coordinación federal en materia tributaria transforman las perspectivas de gestión de los estados y municipios, mientras la política de precios de los bienes y servicios clave ofrecidos por el gobierno federal incide en forma directa en los patrones de conducta, como es el caso de los combustibles en relación con el transporte, la contaminación atmosférica y los usos del suelo y agua.

En función de esta nueva forma de inserción en la economía mundial, surgen nuevos retos en materia de competitividad que tienen fuertes repercusiones sobre la política ambiental. Tratar de ganar competitividad a costa de aflojar la política ambiental resulta no viable no sólo por oponerse a los intereses nacionales de mediano y largo plazo, sino también por contradecir acuerdos y compromisos internacionales establecidos.

Por lo que los retos por afrontar se pueden esquematizar en los siguientes elementos: Un sistema de precios que no incorpora información ambiental y que plantea un conflicto entre el beneficio privado y el interés colectivo, libre acceso a recursos ambientales estratégicos por indefinición de derechos de propiedad, utilización de los sistemas biofísicos, de los recursos tanto renovables como no renovables, trasgrediendo los umbrales de sustentabilidad (capacidades de carga, tasas de renovabilidad, agotamiento prematuro), patrones de consumo depredadores, mantenimiento de subsidios y otros incentivos que promueven conductas productivas de consumo divergentes de los objetivos de protección ambiental y sustentabilidad, no se suele reflejar el costo de oportunidad de deteriorar o destruir los bienes y servicios, etc.

Desarrollo sustentable agrícola

A continuación y con el propósito de entender el desarrollo sustentable y su aplicación a las ciencias agrícolas, es necesario investigar los antecedentes actuales de estudios y conceptos que faciliten una mayor comprensión para la realización de la presente investigación. En principio, el desarrollo agropecuario sustentable se define como "aquel que es capaz de mantener, a través de los años, niveles aceptables de productividad biológica y económica, preservando el ambiente y los recursos naturales y satisfaciendo al mismo tiempo requerimientos impostergables de la sociedad" (Iker, 1990).

Bartra (1993), planteo una situación interesante entre agricultura y modelo alternativo de desarrollo: "El sistema capitalista despliega sus indudables virtudes en el mito de la homogeneidad. En cambio donde reina la heterogeneidad, la diversidad, el mercado no funciona como hacinador racional de recursos. La agricultura evidentemente es el reino de la heterogeneidad por definición. Hoy el problema ya no radica sólo en pagar el costo o reposición de los recursos naturales, sino en asumir que la diversidad natural y social son paradigmas de la civilización humana que invalidan las pretensiones homogeneizantes tanto del mercado ciego irrestricto como de los paquetes tecnológicos universales".

La construcción de una agricultura sustentable se ve pues estrechamente ligada a la construcción de un modelo alternativo de desarrollo y para ello es necesario analizar a profundidad el papel que se le ha dado y que se le adjudica a la agricultura en el modelo y en la sociedad actual.

Un diagnóstico de la agricultura en México realizado por Juárez (1993), plantea diversos aportes que el actual modelo capitalista, ahora en su fase neoliberal, agudizan aún más el desarrollo, destacándose la tendencia a concentrar los beneficios de la producción agrícola en grupos cada vez más reducidos de seres humanos, a la vez que aumenta la concentración de tierras y se intensifica el uso de agroquímicos y de maquinaria.

Por desgracia las políticas gubernamentales han reducido el apoyo a la producción agrícola: crédito, infraestructura, etc. Las políticas de precios mantienen una oferta de insumos a bajo costo, a pesar de los riesgos. Nada, desde el punto de vista económico, estimula un manejo sustentable de la fertilidad o del uso del agua. Los precios de los productos agrícolas y forestales son bajos, lo que presiona hacia una sobreexplotación de suelos, aguas y bosques (Alatorre, 1993).

En la Conferencia cumbre sobre el Desarrollo Sostenible de Santa Cruz (1996), se menciona que a pesar de muchos esfuerzos, subsisten algunas modalidades de extracción, producción y consumo de bienes y servicios que han respondido primordialmente a objetivos a corto plazo, causando la explotación inadecuada de nuestros recursos naturales y la degradación ambiental, lo que ha traído aparejado que los pobres asuman una cuota desproporcionadamente elevada de tales costos.

Respecto al uso del agua, en la declaración final de la misma reunión de Santa Cruz de la Sierra (1996), se menciona que los principales desafíos son la mejora de la gestión y el uso de los recursos hídricos y evitar la contaminación; cooperación en aspectos transfronterizos; participación de los usuarios en la gestión de los recursos hídricos. Por lo que se deben de poner en ejecución iniciativas para fortalecer y coordinar las políticas sobre agua, su legislación y regulaciones, tomando en cuenta el valor social, económico y ambiental del agua, la necesidad de la sostenibilidad de los recursos hídricos, la protección de los ecosistemas marinos y la conservación de la biodiversidad.

En un diagnóstico de la Comarca Lagunera, elaborado por diversas instituciones científicas, señalan que el panorama a nivel regional, a partir de la década del 80, presenta una producción agropecuaria cambiante la cual necesitaba adaptarse a los nuevos mercados mundiales de alimentos, con tecnologías que produjeron espectaculares aumentos en la producción, en las exportaciones y los ingresos, pero a la vez fue acompañada de un paquete dependiente del uso sistemático de agroquímicos, maquinaria agrícola, intensificación del uso del agua y suelo, y la eliminación de la rotación de cultivos.

Sin embargo, las consecuencias prontamente se pusieron de manifiesto en un acelerado proceso de deterioro de los recursos naturales que ha puesto en peligro la sustentabilidad productiva y ambiental del modelo (Fortis, 1997).

En cuanto a los recursos naturales, los cambios operados en los sistemas de producción (especialización progresiva), el crecimiento de la demanda de forrajes para la industria lechera, el cambio tecnológico (artificialización y dependencia de energía creciente) y la crisis de precios del algodón y en general de los productos a nivel nacional e internacional, constituyen los argumentos explicativos del aumento en la presión e intensidad de uso de las tierras, del agua, de la desestabilización de los ecosistemas naturales y de la velocidad de degradación y destrucción de los recursos naturales, sobre todo en la última década⁸.

⁸En base a un estudio considerando aspectos agroecológicos y económicos realizado en la materia de Agricultura Sustentable durante el primer semestre del Doctorado de la FAZ-UJED, noviembre 1997.

Un rasgo destacable de la región, como se destaca en un estudio realizado por la Subsecretaría de Agricultura (SARH, 1992a), es la existencia de ciclos de gran variabilidad entre años que muestran los rendimientos de la mayor parte de los cultivos, y lo que se confiere a la producción agrícola un riesgo significativo. Los fenómenos climáticos, especialmente la magnitud y distribución de las precipitaciones, son generalmente los responsables de esta variabilidad. Sin embargo, la incidencia de estos factores es mayor en la medida en que el ambiente, especialmente el agua y suelo, se deterioran en sus condiciones productivas dando lugar a sistemas agrícolas-ganaderos no competitivos ni sustentables en el tiempo.

IV.- Materiales y métodos

A continuación se presentan los materiales y métodos para alcanzar los objetivos propuestos. para determinar la competitividad y las ventajas comparativas, se puede utilizar la metodología "Matriz de Análisis de Política" (MAP) y para desarrollar las estrategias de operación para el almacenamiento racional y competitivo del agua de las presas de la región utilizaremos la "Programación Matemática Dinámica" (PD).

Descripción de la Matriz de Análisis de Política

La Matriz de Análisis de Política es un instrumento de análisis de política macroeconómica y sectorial sobre la rentabilidad privada de un cultivo/producto, bajo un sistema de producción determinado y en una región específica.

La MAP se sustenta en la teoría de las ventajas comparativas, por lo que también permite identificar la eficiencia y la contribución de los distintos sistemas de producción al ingreso nacional.

Así, el enfoque de la MAP (el análisis de la rentabilidad privada y social y la determinación de ventajas comparativas mediante el coeficiente "domestic resource cost") no es novedoso, pero como tal, esta metodología fue desarrollada hasta 1989 por Eric Monke (Universidad de Arizona) y Scott Pearson (Universidad de Stanford) (Monke, 1989), y estructurada en el programa de cómputo Lotus 123 por Rosaamond Naylor y Carl Gotsch (Naylor y Gotsch, 1990).

Uno de los propósitos de desarrollar esta metodología fue el dar respuesta a la necesidad de contar con un modelo práctico y sencillo que permitiera conocer de manera detallada la competitividad y las ventajas comparativas de la agricultura a nivel regional, considerando los impactos de cambios de política macroeconómica y sectorial, sin tener que llevar a cabo modelos complejos cuyo manejo, interpretación y actualización por lo general no permiten ser utilizados oportunamente en la toma de decisiones.

Mediante la MAP, es posible evaluar el impacto directo de las políticas macroeconómicas y sectorial sobre la rentabilidad privada de una actividad productiva. Asimismo, permite evaluar la eficiencia en el uso de los recursos productivos, expresada como rentabilidad social y las ventajas comparativas, mediante el coeficiente "domestic resource cost". Además, la MAP permite cuantificar los subsidios que efectivamente recibe el productor bajo los distintos sistemas de producción, los cuales pueden ser expresados como Equivalentes de subsidio al Productor.

Descripción de la Programación Dinámica

Por otra parte, para definir la política de operación óptima del sistema de presas en la región se recurrirá a realizar un análisis mediante el uso de la Programación Matemática. Este es un método de optimización que puede aplicarse a numerosos problemas ya que intenta encontrar una solución de un problema de optimización en forma secuencial. Este método permite resolver un problema que depende del tiempo en forma de una secuencia de problemas de un solo periodo, en los que los parámetros de cada periodo dependen del periodo que se considera (Bellman, 1957).

Esta metodología requiere la identificación de etapas, variables, rendimientos, decisiones y relaciones recurrentes. Ya que lo que se pretende es encontrar una política de extracciones que indique la cantidad de agua que debe extraerse durante un tiempo determinado en terminos del almacenamiento existente, para hacer máximo el beneficio acumulado del agua acumulada a lo largo de la operación de la presa, considerando todas las etapas por las que pasa.

Requerimientos de información

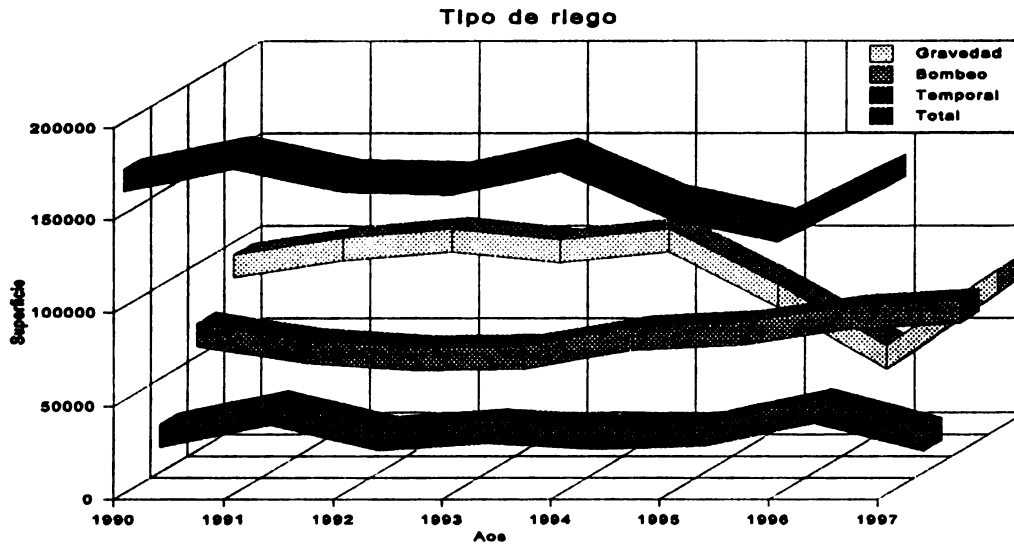
Para clasificar y determinar la cobertura de los distintos sistemas de producción de los 34 cultivos de la región, es necesario contar con toda la información productiva a nivel de Distrito de Desarrollo Rural (superficie, producción, precios, costos, extracciones de agua, subsidios, tecnología, etc.).

Resultados

Para el análisis de la región Lagunera se consideraron tres regiones, mismas que corresponden a los Distritos de Desarrollo Rural de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos: DDR 125 (Durango-Laguna); DDR 126 (Durango-Coahuila); y DDR 127 (Coahuila-Laguna). La superficie total cosechada en la región correspondiente a los ciclos Primavera-Verano 1997, Otoño-Invierno 1996/97 y a los cultivos perennes, ascendió a 170,549 hectáreas. El distrito 126 posee poco más del 80 por ciento de la superficie bajo cultivo y coincide en su mayor parte con el Distrito de riego 017 que opera la Comisión nacional del Agua. En los ciclos primavera-Verano se han sembrado una superficie 9.3 veces mayor que la de otoño-Invierno (véer gráfica 1).

En los ciclos considerados, a nivel regional, la alfalfa, maíz grano, el frijol, y el maíz forrajero, en orden, cubren casi el 64 por ciento de la superficie y en cuanto a los cultivos de alta densidad económica destacan para 1997 la alfalfa (303%), nogal (116.2%), vid (83.4%), esto para el caso del sistema de riego por gravedad. En el sistema de riego por bombeo, los cultivos que presentaron una mayor rentabilidad fuerón el nogal (62.35%), la vid (63.1%), y la alfalfa (52.27%). En años anteriores las hortalizas melón y sandía eran altamente rentables.

Gráfica 1. Superficie cosechada (Laguna)



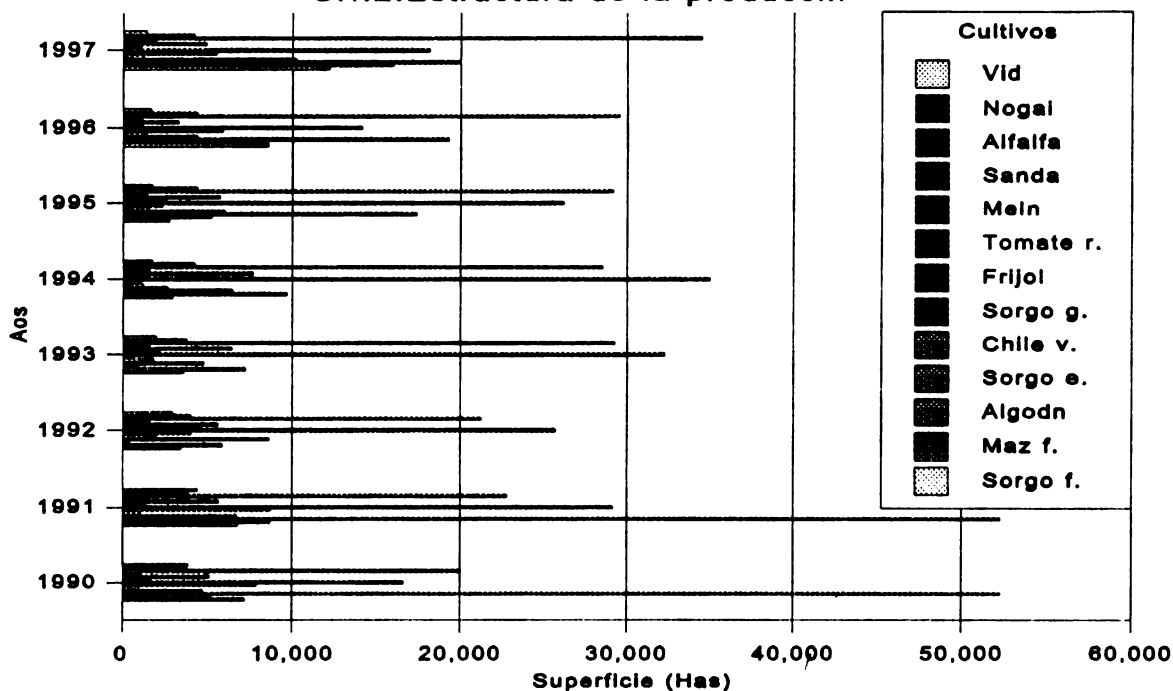
En esta región el 85 por ciento de la superficie sembrada es de riego, la fuente principal proviene de la presa Lázaro Cárdenas cuyas aguas son derivadas a través del río Nazas, presas reguladoras y derivadoras, además de una extensa red de canales.

Esta presa atiende dos terceras partes de la superficie de riego. La fuente alterna corresponde a las aguas subterráneas que son extraídas mediante más de dos mil pozos profundos que sobrepasan en mucho la capacidad de recarga de los acuíferos, provocando el abatimiento de los niveles de bombeo.

El Distrito 126 concentra el 83 por ciento del total de la superficie regada.

El algodón característico de la Región Lagunera por décadas dejó de sembrarse (incluyendo el periodo de 1992-94), debido principalmente a sus altos costos y malos manejos. Lo fueron sustituyendo cultivos como maíz, frijol (gravedad y bombeo), trigo y alfalfa (gravedad y bombeo). Las hortalizas como el tomate rojo, melón y sandía, mostraron una tendencia al crecimiento durante este periodo.

Grf.2.Estructura de la produccion



Recientemente, ha aumentado la superficie de cultivos forrajeros, y en general el patrón de cultivos se ha modificado aceleradamente en los últimos años, ya que en 1990 la predominancia era de los cultivos básicos ó granos (42%), y los forrajeros (28%). En la actualidad 1997, los cultivos forrajeros son los que ocupan mayores niveles de superficie; alfalfa (34,499 has.), maíz forrajero (15,962 has.), sorgo forrajero (12,154 has.). Esto se puede apreciar en la gráfica 2.

Cabe destacar que, en 1995 se autorizó la siembra de 17,382 hectáreas de algodón, esto como consecuencia de los escasos almacenamientos de las presas que abastecen al Distrito de Riego 017. El "Programa Emergente por Sequia" definido por la Comisión Nacional del Agua (CNA) implementó un programa de riegos con un volumen autorizado de 470 millones de metros cúbicos para una superficie inicial de 26,000 ha. mismas que se supone al eficientar la aplicación de las láminas de riego sería superada hasta alcanzar a 27,283 ha. correspondientes 13,831 ha. a la región lagunera de Coahuila y las 13,452 restantes a la región Lagunera de Durango.

La superficie del ciclo Otoño-Invierno ha sido poco desarrollada. En el ciclo 1996-1997 se cosecharon 18,390 hectáreas, principalmente de trigo (5,398 has) y avena forrajera (5,500 has.).

Tabla 1. Superficie y producción por cultivo en la Comarca Lagunera.

Cultivo	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Sorgo f. Rend.	7,191 44	6,761 36.5	3,423 40.0	3,577 44.8	2,918 41.6	2,747 39.8	8,561 43.6	12,154 42.1
Cebolla	136 20.0	271 36.7	319 18.3	366 15.7	229 20.10	n.d.	n.d	n.d
Máiz f.	5,198 36.0	8,697 35.4	5,840 39.0	7,216 39.7	9,693 43.0	5,241 44.2	6,404 44.1	15,962 47.2
Algodón	52,281 3.7	52,281 2.0	385 5.0	842 1.7	6,463 5.7	17,382 3.4	19,319 2.7	19,273 3.9
Maíz g.	15,917 1.4	35,706 2.3	51,088 3.3	51,691 3.0	50,602 3.2	32,152 2.5	24,282 1.6	19,914 3.0
Sorgo e.	4,746 4.1	6,721 4.4	8,660 4.7	4,761 4.6	2,637 4.7	5,985 4.5	4,383 4.3	10,233 4.6
Chile v.	958 9.0	1,050 15.3	1,928 6.5	1,829 7.8	1,213 0.98	1,503 11.20	1,402 12.62	1,207 9.29
Sorgo g.	7,879 3.0	8,708 3.8	4,049 3.47	661 3.0	1,037 3.6	2,334 3.63	5,871 2.21	5,481 3.00
Frijol	16,605 0.54	29,184 0.81	25,710 1.01	32,274 1.04	35,003 1.06	26,208 1.00	14,111 0.35	18,140 0.83
Tomate Rojo	1,653 19.0	1,347 18.7	4,188 11.4	2,132 17.8	1,528 15.4	2,521 17.6	1,180 16.8	1,101 14.82
Melón	5,099 17.3	5,660 12.2	5,618 18.4	6,432 16.2	7,687 16.4	5,740 17.45	3,275 19.66	4,935 20.0
Sandía	1,087 19.6	1,583 16.7	1,594 22.37	1,592 17.1	1,587 17.4	1,419 22.9	1,107 21.8	1,933 22.17

Superficie y producción de cultivos perennes en la Comarca Lagunera.

Alfalfa	20,026 75.8	22,814 61.8	21,269 63.0	29,272 71.0	28,545 71.6	29,146 70.24	29,548 72.00	34,499 71.64
Nogal	3,779 1.17	3,811 1.14	3,988 1.19	3,772 0.89	4,244 1.03	4,385 0.72	4,390 1.01	4,199 1.10
Vid	3,857 9.54	4,390 6.03	2,911 10.35	1,964 8.06	1,746 12.72	1,741 11.28	1,661 9.46	1,410 12.38

Fuente: Elaboración propia en base a estadísticas regionales de la SAGAR, varios años.

En relación a las condiciones de operación de los equipos de bombeo de los pozos profundos se caracterizan por una muy baja deficiencia electro-mecánica y abatimiento en los niveles de bombeo, aunado esto a la sequía prolongada por más de tres años, explican que las superficies regadas por bombeo sigan incrementandose en la región, durante los últimos ocho años disminuyeron en un 143.2 por ciento (vé tabla 1). Se ha llegado a niveles tan críticos en la actualidad que hoy es más importante la superficie neta regable por sistemas de bombeo que la de gravedad, con los problemas obvios que esto representa (escasez de agua, abatimiento de mantos freáticos, etc.).

Tabla 2. Superficie dominada por la infraestructura Hidráulica (1990-1997)

Estado	Superficie Neta regable					
	Dominada		Gravedad		Pozos	
	1990	1997	1990	1997	1990	1997
Durango	77,900.32	66,639	44,414	32,872	23,891	33,767
Coahuila	121,702.81	86,261	56,305	45,952	27,891	40,309
TOTAL	199,603.13	152,900	100,719	78,824	51,700	74,076

Fuente. En base a estadísticas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, SAGAR, 1990-1997.

En la Comarca Lagunera el acuífero está sometido desde hace tiempo a una fuerte sobreexplotación, provocando una acelerada profundización del nivel freático, que en la actualidad alcanza ya magnitudes importantes; ello conlleva a costos elevados y crecientes en la extracción y al deterioro en la calidad del agua.

La agricultura consume el 90.6 por ciento del agua disponible, el uso Público Urbano el 5%, la Industria 2.3% y otros el 1.3%, en la actualidad existen cerca de 2,140 pozos de uso agrícola (CNA, 1997), de los cuales alrededor de 500, principalmente del sector ejidal no operarán durante 1995, por problemas de carácter económico. Para 1996, y como consecuencia de la disminución del plan de riegos, se puso en proceso la reactivación de 70 pozos. Estos tienen que regar cultivos cuya demanda de agua es altísima de acuerdo al uso consuntivo y a las deficiencias actuales de riego, como es el caso del Sorgo forrajero (131.9 cm para bombeo y 191.0 para gravedad), Maíz forrajero (124.1, 191.0), la Alfalfa (271.9, 393.8 cms), y el Nogal (204.1, 351.7), entre otros.

En el caso del agua rodada, el productor paga una cantidad anual por el uso de esta agua; dicho monto se ha destinado a la conservación de la infraestructura de riego. La Ley Federal de Aguas establece que el usuario pague solo el 60% del costo de este insumo. Para 1988 la cuota fija era de 35 pesos por hectárea por riego "completo" y de 7 a 12 pesos por el "medio riego" del aguanaval, en 1995 la cuota era de 185 pesos para el riego por gravedad y de 140 para el agua de río, en 1997 la cuota fue de 240 pesos para el agua de gravedad. Por ejemplo para el maíz forrajero en el ciclo agrícola 95-95' el costo del agua, para el riego por gravedad, representaba el 12% del costo total, para el riego por bombeo fue del 27%.

A continuación se presenta una tabla de uso de agua calculado para las condiciones actuales en la región, el fin de mostrar esta información es para analizar la congruencia del patrón de cultivos que se sigue cada ciclo agrícola en base a las restricciones de agua que hay en la región.

Tabla 3. Láminas de agua calculadas de acuerdo al uso consuntivo y las eficiencias actuales de la Comarca Lagunera (Distrito de Riego 017, 1997).

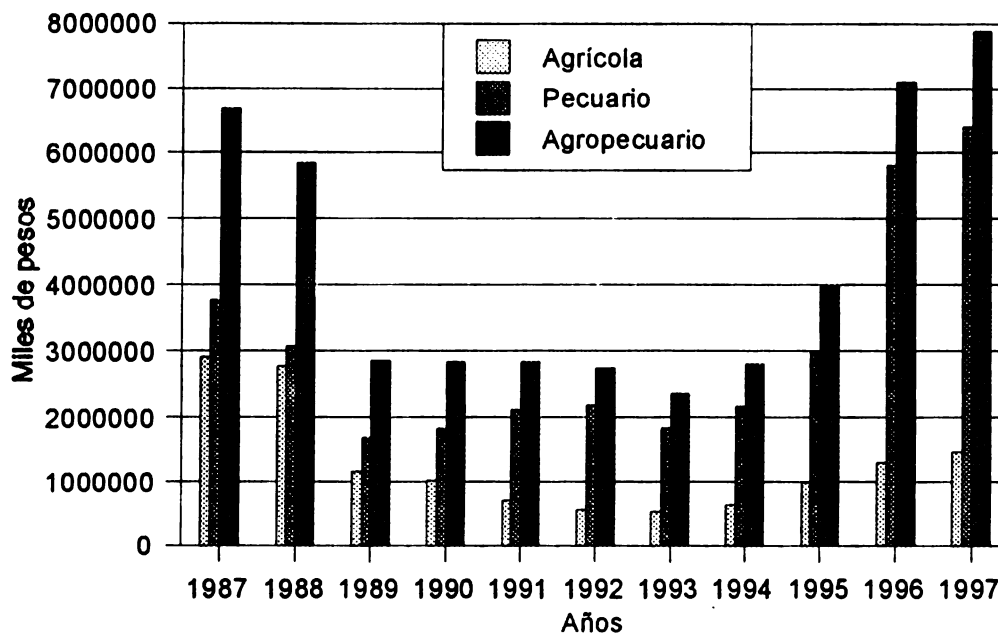
Cultivos: Ciclos agrícolas: Primavera-Verano	Lamina neta Bombeo y Gravedad (cm)	Lamina Bruta	
		Bombeo (cm)	Gravedad (cm)
Sorgo Forrajero	83.1	131.9	191.0
Cebolla	78.2	124.1	179.8
Zacate Sudan	70.5	111.9	162.1
Maíz Forrajero	69.6	110.5	160.0
Maíz Palomero	67.3	106.8	154.7
Algodón	66.5	105.6	152.9
Maíz Grano	62.8	99.7	144.4
Cacahuete	62.2	98.7	143.0
Girasol	53.9	85.6	123.9
Sorgo Escobero	51.4	81.6	118.2
Chile Verde	50.4	80.0	115.9
Sorgo Grano	50.1	79.5	115.2
Frijol	47.4	75.2	109.0
Tomate Rojo	46.0	73.0	105.7
Repollo	44.4	70.5	102.1
Flores	41.3	65.6	94.9
Melón	40.2	63.8	92.4
Sandía	40.2	63.8	92.4
Calabacita	29.5	46.8	67.8
PERENNES			
Alfalfa	171.3	271.9	393.8
Palma Datilera	153.0	242.9	351.7
Nogal	128.6	204.1	295.6
Esparrago	119.9	190.3	275.6
Vid	102.6	162.9	235.9

Fuente: Modelo digital para estimar cuando y cuanto regar (Palacios Velez, E., Exebio García, A. Colegio de Postgraduados, Méx. 1990).

La producción de alfalfa para la industria lechera conlleva problemas con relación al uso del agua en la región, pues como se puede apreciar en la tabla, su riego se logra fundamentalmente con agua proveniente del acuífero y requiere una lámina de riego bruta superior a los 3 metros. Cabe anotar que la producción de un litro de leche requiere la utilización de mil litros de agua en los distintos pasos del proceso (incluido el riego de la alfalfa).

El desempeño productivo del sector agropecuario ha sido el reflejo de las actividades agrícolas mostradas anteriormente. En las últimas figuras se puede apreciar que el desarrollo sustentable dista mucho de serlo para este sector, ya que durante la última década la actividad agropecuaria de la Comarca ha ido perdiendo su dinamismo cada vez en mayor medida, esto ocasionado por la pérdida de valor del sector agrícola.

Gráfica 4. Valor de la Producción del Sector Agropecuario



La tendencia es que en el futuro el sector pecuario apunte al sector primario de la Comarca, ya que en los dos últimos años (1996-97) la actividad agrícola ha participado con el 18% del total del valor producido (1,470,270 pesos), contra los 6,409,682 del sector pecuario que en conjunto sumaron 7,879,952 pesos. Siendo que en 1987 participaba el sector agrícola con 2,902,095 pesos (el 43%) , el pecuario con 3,773,236 (56.4%) de los 6,675,331 pesos.

El análisis económico del sector agrícola durante el último año mostro una falta de rentabilidad en siete cultivos en el sistema de riego por gravedad, estos cultivos fuerón: avena forrajera, cartamo, maíz grano, melón, sandía, sorgo grano y el tomate, sin embargo, los restantes cultivos mostraron tasas de rentabilidad inferiores al del sistema por gravedad. El costo del agua disminuyo tal rentabilidad.

Los cultivos bajo el sistema de riego por gravedad que no generaron utilidades fuerón: cártamo, maíz grano, sorgo escobero, y sorgo grano, sin embargo, destaca la producción de alfalfa como la actividad más rentable (303.35%) para este sistema.

La poca rentabilidad en los cultivos horticolas en la región, aunado a la gran cantidad de mano de obra que demandan, determinan que en la actualidad estos cultivos sean sustituidos por aquellos que demandan tecnologías intensivas y generen altos ingresos, siendo el algodón, alfalfa, nogal, vid, y trigo, los cultivos que la tecnología (paquete tecnologico, tecnificación, agroinsumos, etc.) a representado su principal competitividad para su producción. (Cuadro de análisis económico).

La dotación física y natural de la Comarca Lagunera, agua, tierra y un clima propicio, determinó que el primer eje de desarrollo regional se sustentara en un modelo de producción agropecuaria.

Sin embargo, durante las últimas décadas la actividad agropecuaria de la Comarca ha ido perdiendo su dinamismo cada vez en mayor medida. La tasa de crecimiento media anual del valor de la producción pasó de 5.1% en los años setenta, a 1.6% en la década de los ochenta. En los primeros cinco años de la década de los noventa la tasa fue la más baja del periodo, alcanzando una tasa negativa de -0.475%, sin embargo, en los dos últimos años se logró una tasa de crecimiento del 14.16% (Cuadro 5.1).

Como consecuencia de este raquítico crecimiento, la participación del sector agropecuario regional presenta una clara tendencia al descenso dentro del producto total de la zona. Entre 1970 y 1989 el sector disminuye su participación pasando del 37 al 24%, respectivamente, y en la década de los noventa en promedio es del 10%.

Cuadro 5.1. Estructura de la economía de la Comarca Lagunera, 1987-1994 (Porcientos).

Año	Agropecuario	Industrial	Terciario	Total
1987	29.9	27.5	42.6	100.0
1988	28.1	28.2	43.7	100.0
1989	12.6	34.3	53.1	100.0
1990	12.2	34.3	53.6	100.0
1991	11.9	34.3	53.8	100.0
1992	11.3	34.5	54.2	100.0
1993	9.8	34.7	55.5	100.0
1994	9.4	34.8	55.8	100.0

Fuente: Elaborado con información de "El Siglo de Torreón", Torreón, Coahuila, 10 de enero de 1994.

No obstante tal disminución, la Comarca Lagunera sigue siendo una de las zonas más importantes a nivel nacional en materia agropecuaria.

El desempeño de la producción agropecuaria no se ha generalizado, observándose diferencias de crecimiento en los dos subsectores que conforman el sector agropecuario.

Entre 1970 y 1980, el sector agrícola presentó una tasa de crecimiento anual de 2.0%, frente al 7.8% de la ganadería. Para la década de los ochenta y noventa la situación se tornó más grave; en 1980 la ganadería sigue registrando tasas de crecimiento, 5.1% frente a una tasa negativa de -0.03%, en la última década fue de 17% para la actividad pecuaria y 4.72% para el sector agrícola (Cuadro 4).

El crecimiento desigual, que deriva de una recomposición productiva del agro de la Comarca, determinó que el sector agrícola pase a ocupar un segundo lugar en el valor del sector agropecuario.

En efecto, para 1989 el sector pecuario aportó el 59% del valor de la producción agropecuaria, y el restante 41% correspondió al sector agrícola.

El sector pecuario en los dos últimos años (1996-97) la actividad agrícola a participado con el 18% del total del valor producido (1,470,270 pesos), contra los 6,409,682 del sector pecuario que en conjunto sumaron 7,879,952 pesos. Siendo que en 1987 participaba el sector agrícola con 2,902,095 pesos (el 43%) , el pecuario con 3,773,236 (56.4%) de los 6,675,331 pesos.

Sector Pecuario

La actividad ganadera regional participa en forma decisiva en el desarrollo económico regional, ya que genera fuentes de empleo cosntantes. Además, la producción generada en el sector es base para las industrias de lácteos y derivados, que son de gran importancia tanto a nivel regional como nacional.

La gandería regional se practica principalmente en el área de riego, destacando los establos lecheros, las engordas de bovinos, las granjas de aves y cerdos y la caprinocultura que también cobra relevancia en la superficie temporalera.

Es importante la influencia que tienen estas actividades en el patrón de cultivos de la región. En 1997, los cultivos destinados a la alimentación animal ocuparon más del cuarenta porciento de las tierras cosechadas durante el año de 1997 (Cuadro 5).

Cuadro 5.2. Superficie cosechada por grupo de cultivos en la Comarca Lagunera, 1997.

Grupo	Hectáreas	%
Forrajes	70,628	41.4
Frutales	5,609	3.2
Básicos	43,452	25.5
Industriales	40,240	23.6
Hortalizas	9,595	5.6
Otros	1,025	0.7
Total	170,549	100.0

Fuente: Elaboración propia con información de: SARH; Delegación en la Región Lagunera, "Estadísticas de la Producción Agropecuaria y Forestal 1997", Lerdo, Durango, 1998.

El inventario ganadero por especie para el año de 1991 se presenta en el Cuadro 6. Prácticamente todas las especies ganaderas se localizan en la Comarca Lagunera.

En términos de valor, la especie más importante es la bovina de leche participando con el 42.0% del valor de la producción (2,907,571.9 millones de pesos). De hecho, la cuenca lechera de la Comarca Lagunera es de una relevancia importante, puesto que contribuye a cubrir parcialmente la demanda de lácteos a nivel nacional. Parte de la producción de leche se envía a las principales ciudades del país, contribuyendo a disminuir en parte el problema de las fuertes importaciones que se han realizado en los últimos años.

En 1997, las aves productoras de carne, proporcionaron el 28.7% del valor de la producción (1,992,024.5 millones de pesos), lo cual determinó que dicha especie logrará ocupar el segundo lugar después de la producción de leche.

Las aves de postura ocuparon el tercer lugar como generadores de valor en el sector pecuario, participando con el 16.7%, y la carne de res ocuparon el cuarto, proporcionando el 9.375 del valor de la producción.

Las especies que tienen una menor importancia dentro del sector pecuario de la Comarca Lagunera son los caprinos, porcinos y equinos. En efecto, como se aprecia en el Cuadro 6, dichas especies generaron menos del 5% del valor en 1997.

Cuadro 6. Inventario ganadero y valor de la producción por especie en la Comarca Lagunera, 1997.

Especie	Inventario	Valor de la producción	
	Cabezas	Millones de \$	%
Bovinos leche	327,906	2,907,571.9	42.0
Bovinos carne	107,846	648,647.0	9.37
Caprinos	419,975	79,738.0	1.10
Porcinos	49,323	48,006.0	0.70
Ovinos	563	211.8	0.03
Aves huevo	7,592,342	1,164,880.5	16.7
Aves carne	17,835,340	1,992,024.5	28.7
Equinos	25,970	101,441.8	1.4
Total		6,942,521.5	100.0

Fuente: Elaboración en base a estadísticas de la SAGAR, Delegación en la Región Lagunera. Lerdo, Durango 1998.

Cuadro 8. Producción de leche en la Comarca Lagunera (1987-1997)

Años	Bovinos leche	Producción Leche (Ltos)	Producción anual/vaca	Producción diaria/vaca
1987	105,615	519,517	4,919	14
1988	109,198	484,582	4,438	12
1989	99,583	457,535	4,595	13
1990	101,587	538,621	5,302	15
1991	83,685	596,582	7,129	20
1992	110,070	655,707	5,958	17
1993	133,744	965,707	7,221	20
1994	144,516	1,011,889	7,002	19
1995	134,342	1,056,324	7,863	22
1996	165,221	1,236,513	7,484	21
1997	169,717	1,352,359	7,968	22
1998*	144,482			
1999	147,968			
2000	151,453			
2001	154,939			
2001	158,424			
2003	161,910			
2004	165,395			
2005	168,881			

Fuente: * Valores estimados en base a modelos econométricos.

Elaboración en base a estadísticas de la SAGAR, Lerdo, Gomez Palacio. Dgo. 1998.

Conclusiones

En relación a la producción del cultivo más importante en la región, la alfalfa, inducida por la industria lechera, no da señas de poder disminuir, tanto por la arraigada tradición de utilizarla como forraje, como por la falta de una cultura de producción que promueva la sustitución de la alfalfa por otros forrajes eficientes en el uso del agua subterránea y de gravedad.

En base a los estudios de precios económicos que pagaron y recibieron los agricultores de la región por insumos directos e indirectamente comerciables, uso de factores internos y productos, ajustados por las tasas de interés, se tiene que para las 170,000 hectáreas ocupadas por los cultivos analizados en el año de 1992, 65,000 (54%) no tuvieron viabilidad económica (competitividad), del total correspondieron a maíz (21%), a algodón (17%), y a frijol (13%). Lo que ha ocasionado una menor participación de este sector en el PIB agropecuario durante los últimos años en la región.

Esto ha traído como consecuencia que en la actualidad las tecnologías actuales y potenciales sean la clave para diseñar la conversión del sector agrícola. En el corto plazo la estrategia consiste en reforzar los apoyos y estudios para extender las tecnologías actuales que muestren ventajas comparativas que se pudieran presentar en cada ciclo agrícola.

La Comarca Lagunera es una de las regiones del país donde el uso del agua se ha vuelto crítico, tanto por la escasez del recurso hídrico, como por el crecimiento de la demanda para usos urbanos, industriales y agrícolas. Esto ha traído por consecuencia que el Gobierno Federal, Productores, Instituciones privadas y Universidades, realicen acciones encaminadas a efectuar estudios a fin de analizar el estado actual y el esperado a futuro, de la explotación de las aguas superficiales y subterráneas disponibles en esta zona.

Los resultados de estas investigaciones permitirán contar con elementos de juicio para implantar medidas correctivas que promuevan aprovechar en forma más eficiente los recursos hidráulicos de la región.

En la toma de decisiones, sobre la forma de manejar estos recursos hidráulicos, es importante tomar en cuenta el costo del agua. Cuando el agua es escasa y cara (en términos de costo de oportunidad), es importante definir cuál es el costo real del agua para la sociedad, por lo que es justificable hacer inversiones considerables con objeto de aumentar las investigaciones que tengan por objeto eficientar el uso de dicho recurso.

Finalmente, los resultados del análisis regional permiten visualizar dos vertientes interdependientes sobre los cuales se puede fincar la estrategia de conversión de la Laguna hacia un desarrollo sustentable. La primera es externa al sector agropecuario y se refiere a las políticas macroeconómicas y sectoriales que el ejecutivo federal pueda instrumentar vía financiamiento, política cambiaria, impositiva o subsidios. La otra es propia del sector y está estrechamente vinculada a las condiciones tecnológicas y económicas de la agricultura y tiene que ver con la utilización óptima de sus recursos naturales y las competitividad de sus actividades productivas.

Bibliografía

- Alcerraz, S V.M., "Ingeniería y Desarrollo Sustentable, aportaciones en la solución de los problemas ambientales", México D.F., 1997.
- Ayers, R. y Kneese, A.V. "The Economics of Water Utilization in the Beet Sugar Industry", Baltimore: Johns Hopkins Press, EUA, 1996.

- Byerlee, Derek, "Ventajas Comparativas y Política Agrícola para la producción de Trigo en Ecuador", Programa de Economía del CIMMyT, México, 1995.
- Byerle, Derek y Longmire, J., "Ventaja Comparativa y Políticas Agrarias de la producción de Trigo en Zonas Irrigadas y de Secano en México", Programa de Economía del CIMMyT, México, 1996.
- Conferencia Cumbre sobre Desarrollo Sostenible Santa Cruz Bolivia, 1996, *Hacia el Desarrollo Sostenible en las Américas Rev.2.*, Septiembre 17, Bolivia 1996.
- Fortis, H.M, et al, "Impacto de la sequía en la producción agrícola de la Comarca Lagunera", Foro Regional La Laguna hacia el plan de Ciencia y Tecnología 1997 - 2000". Torreón, Coah., Septiembre de 1997.
- Hirschleifer, J., De Haven, J.C. y William, J.W. "Water supply: Economics, Technology and Policy". University of Chicago Press, Chicago, EUA, 1960.
- Morris, Michael L., "Comparative Advantage an Policy Incentives for Wheat Produccion in Zimbabwe", CIMMyT Economics Working Paper 88/02, México, 1988.
- Mcneill, R., "The Economics Theory of Water Pricing", Vancouver, Environment Canadá, Inland Waters, Directorate, Pacific and Yukon Region, Canadá, 1989.
- Pearse, P. H. y Tate, D.M."Economic Instruments for Sustainable Development of Water resources", Victoria, Canadá, 1997.
- Rosamond Naylor y Carl Gotsch, "Agricultural Policy Analysis Course-The Policy Analysis Matrix (PAM), Computer Exercises", Stanford University, US-AID, 1990.
- SARH/Subsecretaría de Agricultura-Colegio de Postgraduados, "Análisis Regional de Impactos de la Política Macroeconómica, Estrategia para la Reconversión de la Agricultura", Montecillo, Estado de México, 1992.

ANTECEDENTES

Tenemos conocimiento que de las 200 millones de ha. de superficie total de México, el 48% está dominada por climas desérticos (BW) y semidesérticos (BS) según la clasificación de W. Koppen. Por lo tanto existen 96 millones de ha. de zonas áridas y semiáridas, donde habita un número significativo de mexicanos, que para algunos autores alcanza la cifra de 25 millones, en condiciones de extrema pobreza. Esto tiene una importancia de enormes magnitudes, en especial si lo vemos desde la perspectiva de las acciones que podemos y debemos urgentemente emprender. La cifra anteriormente señalada, representa el 96% de los mexicanos en extrema pobreza, cifra que alcanza los 26 millones según declaró recientemente el Secretario de Desarrollo Social Andrés Moctezuma B. en la comparecencia en la Cámara de Diputados en Septiembre de 1998. Habitantes en tal condición representan por su parte, aproximadamente el 26% de la población total. En una visión prospectiva el panorama resulta desolador, ya que este grupo nada despreciable de mexicanos aumentará en forma considerable, si la política hacia tal sector no se modifica, las condiciones tanto de pobreza como de deterioro ambiental, se verán seriamente agravadas por cuestiones demográficas principalmente, aunque no exclusivamente.

Por lo anteriormente expuesto, resulta imprescindible comenzar ya a emprender acciones que reviertan tal situación. Un punto importante de destacar, es lo errático de la precipitación pluvial en la mayor parte del territorio mexicano, lo que por una parte significa, un factor limitante para actividades tan importantes como la agricultura, que no siempre es considerado y por otra, puede representar un enorme factor de riesgo para la población como las inundaciones recientemente ocurridas en Chiapas. En este contexto, se pueden adoptar algunas medidas, como un sistema de alerta temprana para pronosticar la sequía y de allí, derivar planes de acción para combatirla, ya sea a nivel de predios o de cuencas hidrográficas, que prevean desde estrategias sustitutivas de cultivos hasta la promoción de técnicas de captación de agua de lluvia, que contemplen aspectos tan importantes, que como en el caso de los sistemas de captación de agua de lluvia coadyuven a transformar tal situación, en el entendido que por sí solos no solucionan el problema.

TECNICAS DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA

Existen numerosas técnicas que seguramente serán discutidas y analizadas ampliamente en esta Reunión, las que como sabemos pueden servir para fines tan diversos como consumo humano, agrícola, pecuario o forestal. Nosotros solo mencionaremos algunas de ellas. Sin embargo, lo que queremos destacar y presentar en este artículo, son los factores que se deben considerar para el éxito tanto del establecimiento como del mantenimiento y continuidad de los sistemas.

Algunas de las técnicas más comunes son las siguientes:

- Microcaptaciones
- Bordos en contorno
- Bordos semicirculares
- Bordos Trapezoidales

¹ Area de Asesoría de la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria

- Camellones en contorno
- Bordos de piedra en contorno
- Presas permeables de piedra
- Bordos escalonados

Como podemos observar existen innumerables sistemas, algunos sencillos y baratos otros muy sofisticados y caros. Es importante por lo tanto saber tomar las decisiones en cuanto al tipo de obra y el sitio de acuerdo a ciertos criterios , tales como:

Criterios técnicos básicos:

- a) Pendiente: Factor considerado crítico, por lo que no se recomienda la captación de agua de lluvia en pendientes mayores al 5%
- b) Suelos: Aquellos que son apropiados para el riego. Una limitante severa la constituyen los suelos arenosos
- c) Costos: Conocer la magnitud de los recursos con que se cuenta, ya sean en dinero o mano de obra vs. el costo del proyecto

Aspectos sociales y culturales

Consideramos que estos son factores claves para el éxito o fracaso en la sostenibilidad de un sistema. Es por ello que nuestro trabajo se centra en el ser humano o actor directo del proyecto o técnica a desarrollar

LOS PROTAGONISTAS

Estamos conscientes que existen diversas técnicas de aprovechamiento del agua. Entre ellas, en este espacio, se están analizando las de captación de agua de lluvia. En algunas regiones pueden resultar ideales por varios factores como los anteriormente mencionados, en otros lugares pueden no ser las más idóneas. Pensamos que ese problema no es difícil de resolver, existen herramientas cuantitativas muy confiables que nos ayudan a la toma de decisiones, por qué entonces muchas de las obras emprendidas no se logran mantener si no es con subsidio o ayudas de otro tipo; especialmente del Estado.? Nuestra respuesta se orienta en el sentido siguiente.

Que al tomar las decisiones en cuanto al tipo de obra, selección del sitio etc. solo se consideran los criterios que podríamos llamar técnicos, objetivos, cuantitativos o mensurables y se abandona por completo a los actores, protagonistas y beneficiarios de tales obras, de quienes depende su éxito o fracaso . Ellos no solo representan el componente principal, dentro de la compleja estructura de factores a considerar, sino el mundo de la subjetividad que no por representar lo inmensurable debe ser obviado, cancelado o ignorado. Creemos sin temor a equivocarnos que aquí está la clave del futuro de cualquier proyecto.

Por otra parte y de igual importancia es el proceso de acompañamiento en asesoría técnica y capacitación, que se debe emprender para lograr la participación activa, consciente y comprometida de los beneficiarios de los proyectos

Con tales afirmaciones, suponemos que es de utilidad hacer algunas sugerencias.

En primer término es necesario aclarar, que no existen recetas para lograr el éxito de estas acciones, pero si algunos factores claves a considerar tales como:

Es fundamental contar con un modelo o plan que oriente las acciones, bien estructurado, pero no exclusivamente desde el punto de vista técnico, sino con un profundo enfoque humano. Esto significa, ubicar al ser humano en el centro, como uno de los factores claves, con el que se trabaja para transformar su entorno, a través de su propia transformación. Por ello sugerimos:

- Integrar a la comunidad lo más tempranamente posible, es deseable desde el principio de las acciones o del proyecto
- Conocer cuales son sus prioridades y si están dispuestos a comprometerse con la construcción y mantenimiento de la obra, dejando muy bien establecido que el apoyo puede ser en un inicio, para posteriormente ser responsabilidad de ellos.
- Considerar tanto los factores culturales (creencias, mitos, trabajo solidario etc.) así como aspectos de género (que papel juegan los hombres, las mujeres, los niños en la economía familiar o en actividades comunitarias etc .)

Tales elementos parecen muy difíciles de conocer y normalmente se piensa en encuestas o entrevistas. Sin embargo, frecuentemente esto se dificulta por restricciones económicas, razón por la cual optamos y sugerimos otras técnicas como, reuniones participativas que nos aportan datos valiosísimos para acercarnos y conocer a la comunidad, especialmente en la ya mencionada parte subjetiva. Conocer sus deseos, aspiraciones prioridades, así como las limitantes y problemas que presentan y como vislumbran las soluciones. Esto, a su vez se puede combinar con técnicas de diagnóstico rural rápido, donde además es posible que participen, al lado de los técnicos, algunos representantes que la comunidad elija, por su conocimiento de la zona. La información recabada se cruza con datos técnicos y se les da a conocer a los participantes de la comunidad. Una vez que ya se han tomado algunas decisiones en cuanto al tipo de obra, que va a servir, quienes se van a beneficiar y en que magnitud. Si la comunidad está de acuerdo, se puede invitar a participar a otras instituciones tan variadas como académicas, gubernamentales o no gubernamentales etc.

Es muy importante, contemplar dentro del plan acciones de capacitación, especialmente cuando se trata de obras poco conocidas por la comunidad, pero que ellos han elegido por sus beneficios, entre los que se cuentan los económicos o ambientales. Es probable que sea necesario un proceso de sensibilización, en el período previo a la toma de decisiones, en cuanto al tipo de obra y el sitio, en especial si ello va a representar un cambio en algún ámbito de su vida.

Desde nuestra perspectiva, el mayor desafío consiste en lograr la participación activa y comprometida de los beneficiarios de las obras. Por ello es fundamental que éstas no se vean de una manera aislada, aunque sean consideradas pequeñas. Es necesario contextualizarlas y considerar todos los factores como los económicos, ecológicos, políticos sociales y culturales. Es además de vital importancia, diseñar junto con los interesados, los indicadores que nos permitan hacer el seguimiento y evaluación de los impactos de los factores anteriormente señalados, para corregir algunas distorsiones en caso de presentarse o bien difundir las experiencias de éxito, como un aliciente para los integrantes de la comunidad que estén participando o aún no lo hayan hecho, por temor o desconocimiento.

CONCLUSIONES

Los sistemas de captación de agua de lluvia pueden contribuir a evitar los llamados “refugiados ecológicos” en un país donde la mayor parte del territorio presenta características de lluvias erráticas y graves problemas de sequía y desertificación. Sin embargo, por sí solos no son capaces de tener éxito en una empresa tan grande. Es necesario que se tomen en cuenta factores muy diversos, lo que representa una gran complejidad. Por ello hemos recomendado, un plan de acción por muy pequeña que parezca la obra, con acciones estructuradas y con una congruencia interna, que solo se logra

CON UN TRABAJO EN EQUIPO, INTERDISCIPLINARIO. Reconocemos que tal vez no sea posible en algunos casos, sin embargo es necesario considerarlo. Es decir , y volvemos a insistir en lo mismo. el enfoque debe ser profundamente humano. Ni siquiera la inclusión de un componente educativo es garantía de éxito, porque en ocasiones se cae nuevamente en el sesgo de una sola disciplina y se cree que la educación es la panacea. Sin embargo, sin desconocer que este es un elemento de gran importancia, lo es aún más el enfoque humano y las metodologías educativas en tal sentido. No ganaremos nada si el programa educativo es impecable, pero no ha considerado a los agentes o beneficiarios. Consideramos que es más productivo un aprendizaje significativo que responda a las demandas de los agentes, que sea adecuado tanto al nivel como a las costumbres de los participantes. Estas metodologías se caracterizan por la flexibilidad y plasticidad, lo que significa que se adaptan a las circunstancias particulares de cada comunidad y aunque existen lineamientos generales, es como un “traje hecho a la medida”,. Esto representa un desafío para los integrantes del equipo de trabajo, el que se debe caracterizar por presentar una ausencia de temor al cambio.

Es muy conveniente considerar actividades de difusión, las cuales pueden ser tan diversas como la elaboración de materiales escritos, hasta actividades artísticas que aborden el tema, reforzando así el proceso educativo en la propia comunidad o con el objeto de sensibilizar a otras que tienen dificultad para iniciar un proceso de cambio.

Los mensajes deben ser sencillos, así como accesibles a los destinatarios, no solo en términos de léxico, sino también en lo que se refiere a que las acciones propuestas se encuentren al alcance de los mismos.

Es indispensable que el proyecto por pequeño que parezca, tenga un enfoque de sustentabilidad, lo que para nosotros significa de manera muy simplificada, que se deben considerar los siguientes elementos: Producción, Conservación, Equidad y Calidad de vida.

Seguramente en muchos de ellos no tendremos una influencia directa, sin embargo no por eso los debemos ignorar. Como un ejemplo concreto, en aspectos de equidad es fundamental el enfoque de género, lo que nos indicará como en la mayoría de los casos sucede, la necesidad de emprender acciones específicamente orientadas a mujeres.

Otro factor importante es el político, que también es necesario conocer para saber que tan viables y exitosas pueden ser las acciones que deseamos llevar a cabo.

Un aspecto que se convierte en una limitante para efectuar proyectos integrales que tengan como propósito una mejoría en la calidad de vida, es lo que se refiere a la escasez de recursos financieros y el prácticamente nulo acceso a los créditos. En el caso de las mujeres, parecería que la situación es aún más grave. Según el Informe de Desarrollo Humano de 1995 solo un 5% del crédito rural de los bancos multilaterales llega a las mujeres. Es necesario, entonces buscar caminos alternativos de acceso al crédito . Existen experiencias innovadoras, como son las cajas de ahorro campesinas u otros instrumentos apoyadas por organismos como el FIDA, que las comunidades necesitan conocer . Es en este campo, donde se deben emprender también fuertes procesos de capacitación.

Otra vía, es invitar al sector privado a invertir en proyectos productivos en estas zonas y en el proceso educativo que lo acompaña.

La mayoría de las experiencias indican que los incentivos no son adecuados , en especial cuando se refieren a las fases de mantenimiento de las obras. Es más conveniente que los usuarios se apropien de su proceso desde el inicio, que lo hagan suyo, que se comprometan, pero para ello deben transitar por un proceso de aprendizaje.

BIBLIOGRAFIA

Agenda 21. Cap.12 y 36.1992. PNUMA

Anaya G., Manuel.1998. Sistemas de captación de agua de lluvia en América Latina y el Caribe. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. México.

Calderón C., Robino A. et.al. 1995. Uso tradicional de los recursos: Las chinampas de Xochimilco. Aplicación de una metodología para abordar sistemas complejos. Universidad Iberoamericana.

Chaparro O., Robino A. et. al. 1997. Manual de capacitación "Hacia el uso sostenible de la tierra". CIAT. Cali. Colombia. En prensa.

Comisión Nacional de Zonas Aridas. CONAZA. 1994. Plan Nacional de Combate a la Desertificación. México.

Ortiz A., Robino A. et. al.1996. Propuesta de plan de manejo integral para el uso sostenible de la cuenca del río Turrialba. CATIE. Costa Rica.

ADMINISTRACION DE LAS ACTIVIDADES AGROPECUARIAS EN EL EJIDO SEIS DE ENERO, DGO. EN BASE A LA OPTIMIZACION. UNA PROPUESTA

Serrato Sánchez Raúl^{*} y Castro Moreno Miguel Angel^{**}

Summary

Linear programming can be used when starting a program of rational use of natural resources. Objective of this research was: To obtain a model suggest real alternatives in the best utilization of natural resources in the public land "Seis de Enero, Dgo.". Using that model resulted in 35% higher income than traditional management.

Introducción

A medida que se hace más difícil la vida económica en el sector agropecuario más se evidencia la necesidad de racionalizar el uso de todos los recursos de que dispone el agricultor para lograr la sustentabilidad. Es por ello que resulta imperativo el uso adecuado de herramientas que posibiliten, con estrategias bien definidas, alcanzar un esquema más eficiente de planeación en el ámbito de las actividades productivas de los distintos sistemas de producción silvoagropecuarios prevaecientes en el País.

La Comarca Lagunera cuenta básicamente con los sistemas de producción agrícola y ganadero. Dentro del sistema de producción agrícola ejidal bajo riego se sembraban hasta el año de 1990 aproximadamente 176,876 hectáreas siendo el cultivo principal el algodón, en menor proporción maíz y frijol para autoconsumo, y algo de hortalizas para su comercialización.

En 1997, año en que se realizó este estudio, el sistema de producción agrícola en el Ejido Seis de Enero, Municipio de Lerdo, Dgo. Tenían una superficie de 1,774 hectáreas de las cuales se consideraban 584 de riego, con agua del Río Nazas y de pozos profundos, en las que se sembraban tomate, chile jalapeño, zanahorias, calabaza y pepino, maíz forrajero, sorgo forrajero, avena forrajera y alfalfa.

Para iniciar un programa de uso racional de los recursos utilizando la programación líneas es importante realizar un análisis del estado actual de los mismos con la finalidad de detectar la potencialidad del área en cuestión.

El objetivo de este trabajo fue: Obtener un modelo que permitiera proponer alternativas viables en el aprovechamiento óptimo de los recursos del Ejido Seis de Enero, Municipio de Lerdo, Dgo.

Materiales y métodos

El estudio se realizó durante 1997. Se levantó la información relativa a los recursos humanos, agrícolas, pecuarios, forestales y de infraestructura utilizando la metodología descrita y usada por Medina y Natividad (1986). Además de ello, para determinar la ubicación geográfica, topografía, clima y uso del suelo se utilizaron las cartas descriptivas del INEGI elaboradas en 1971 (INEGI, 1996).

^{*} Profesor - Investigador. División de estudios de Postgrado, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango.

^{**} Estudiante de Postgrado. DEP-FAZ-UJED.

Para determinar el esquema óptimo de manejo se tomó la sugerencia de Beneke y Winterboor (1973) que proporcionen a la programación lineal como metodología bastante útil para la simulación del comportamiento de las actividades productivas.

La formación matemática general de la programación lineal la proporciona Prawda (1984) en forma condensada, pero también se puede ver en Gass (1975) en forma estructural.

El procedimiento para alcanzar la solución óptima está dado por tres componentes esenciales: a) un conjunto de actividades o alternativas de trabajo, b) un grupo de restricciones ya sea de carácter social o ecológico y c) una función objetivo que puede maximizar una ganancia o minimizar un costo.

Para alcanzar el objetivo planteado en este estudio la solución al problema de maximización de ingresos económicos está dada por las variables de decisión, las cuales están definidas por las hectáreas a sembrar de cada cultivo obteniéndose así un beneficio neto por hectárea. Las restricciones tomadas en cuenta serán en base a la disponibilidad del suelo, agua y costos de producción de los cultivos.

Después de someter el modelo al proceso computacional se obtendrán las actividades que se deben realizar en el predio para optimizar el beneficio económico sin dañar la ecología del área. En caso de que una respuesta no sea técnicamente aceptable, el modelo se presta para hacer los ajustes correspondientes, disminuyendo con esto los riesgos de equivocarse en el campo.

La información correspondiente a los costos, utilidades y manejo de cada uno de los cultivos que se están proponiendo como alternativas de manejo se tomó de los paquetes tecnológicos recomendados por la SAGADER (SARH-BANRURAL, 1996).

La información se analizó utilizando el programa de computadora QSB.

Resultados y discusión

El Ejido Seis de Enero, Mpio. de Lerdo, Dgo. se localiza por la carretera Matamoros-Mazatlán a 15 km al sur de la cabecera municipal. La población económicamente activa del ejido son 349 personas entre los cuales existe una gran diversidad de profesionistas que participan en los distintos procesos productivos, por lo que la mano de obra es suficiente y profesional.

El Ejido cuenta también con maquinaria y equipo adecuadas para cultivar hortalizas y forrajes, así como para el funcionamiento de dos establos con 600 cabezas de bovino de leche. Cuentan también con dos pozos profundos de 8" con lo que siembran 80 ha con alfalfa, maíz y sorgo forrajero y avena. Producen hortalizas en 400 ha distribuidas en las riveras del Río Nazas, siendo las principales tomate, pepino, chile, calabacita y zanahoria.

De la vegetación natural se aprovecha sólo algunas especies medicinales, aromáticas o industriales como es el caso de la gobernadora, el orégano o el mezquite y se desconoce los valores tanto en costo de recolección como de las posibles ganancias, por lo que de momento no se considero pertinente trabajar con ellas en el modelo.

De acuerdo al diagnóstico realizado sobre los recursos disponibles y a la forma actual de manejo de los mismos se detectaron algunas posibilidades para incrementar el beneficio económico para lo cual se trabajó con el siguiente modelo:

$$\max z = 7828 X1 + 568 X2 + 450 X3 + 312 X4 + 320 X5 + 270 X6 +$$

$$+ 1935 X7 + 265 X8 + 1810 X9 + 2391 X10 + 470 X11$$

sujeto a las siguientes restricciones formuladas verbal y matemáticamente:

1. La superficie destinada para cada uno de los cultivos no debe ser mayor a 584 hectáreas.

$$X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 + X11 \leq 584$$

2. Los costos de producción de todos los cultivos no deben ser mayores a cuarenta y cinco millones de pesos.

$$5871 X1 + 4160 X2 + 5400 X3 + 2985 X4 + 8970 X5 + 5100 X6 + 4300 X7 + 9300 X8 + 5450 X9 + 3850 X10 + 6609 X11 \leq 45,000,000$$

3. La superficie destinada para el cultivo de la alfalfa no debe ser menor de noventa hectáreas.

$$X1 \geq 90$$

4. La superficie de maíz forrajero puede ser menor o igual a doscientos cincuenta hectáreas.

$$X2 \leq 25$$

5. La superficie destinada para tomate debe ser mayor o igual a doscientos cincuenta hectáreas.

$$X8 \geq 250$$

En el Cuadro 1 se puede ver el significado de las variables utilizadas en este estudio, así como los costos de producción y las utilidades de acuerdo a la SARH-BANRURAL (1996):

CUADRO 1. VARIABLES UTILIZADAS, COSTO DE PRODUCCIÓN Y UTILIDAD

CULTIVO	COSTO DE PRODUCCION	UTILIDAD
X1 = Alfalfa	5871	7828
X2 = Maíz forrajero	4160	568
X3 = Sorgo forrajero	5400	450
X4 = Avena forrajera	2984	470
X5 = Chile jalapeño	8970	312
X6 = Zanahoria	5100	320
X7 = Calabaza	4300	270
X8 = Tomate	9300	1945
X9 = Pepino	5450	265
X10 = Frijol	3850	1810
X11 = Sandía	6609	2391

El modelo resultante mostró que para obtener la máxima ganancia de \$ 1,885,674.00 se debe hacer lo siguiente:

Sembrar 90 ha de alfalfa y 494 ha de tomate.

El modelo no contempla algunos de los cultivos usados hasta ahora.

Los resultados obtenidos fueron presentados a los productores pero no fueron de su completo agrado ya que algunos de los productos agrícolas que aun obtienen los utilizan exclusivamente para autoconsumo, por lo que actualmente se está trabajando variando las restricciones para satisfacer los deseos y necesidades, además de optimizar las ganancias económicas.

Dentro de las variables que se están incorporando al modelo se tiene la disponibilidad de agua de bombeo y de riego, la disminución de los costos de producción en algunos cultivos por la incorporación de prácticas de labranza mínima así como por el uso más eficiente de plaguicidas, el aprovechamiento de la vegetación natural por medio de la recolección o con ganado caprino y la posibilidad de desarrollar áreas recreativas.

La utilidad de metodologías de este tipo es innegable, el problema principal es el desconocimiento generalizado por parte de la mayoría de los técnicos y de los productores para su aplicación intensiva en el manejo de los predios (Serrato, 1994). Medina (1980) aplicó esta metodología en una área cubierta por vegetación natural del estado de Zacatecas, concluyendo que es una

contribución importante a la modelación de sistemas en ecología y manejo de recursos naturales renovables. Este investigador sugiere que un plan básico de manejo, en un predio con ganadería extensiva, deberá especificar: tipo de clase de ganado, capacidad de carga, sistema de pastoreo e infraestructura.

De igual forma, Medina y col. (1990) planearon el uso del pastizal y recursos asociados en el Municipio de Ramos Arizpe, Coah. Para fomentar esquemas de desarrollo productivo silvoagropecuario municipal, recomendando la implementación de sistemas de apacentamiento que mejoren la utilización del pastizal por el ganado caprino, el ajuste de la carga animal, elevar el nivel tecnológico de la actividad agrícola específicamente la de riego, así como estructurar mecanismos para la gestión oportuna de créditos, asistencia técnica, adquisición de insumos y aplicación de prácticas tecnológicas en la agricultura de temporal.

Conclusiones

El modelo obtenido propone alternativas de manejo que permitirían incrementar el beneficio económico hasta en un 35% del que están obteniendo actualmente.

La participación de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED en este predio se inició con este trabajo por lo que los productores aún se muestran renuentes a aceptar todas las sugerencias, sin embargo, están dispuestos a empezar con la aplicación de lo que ellos consideran que tiene menos riesgo.

De momento se consideró no pertinente usar información de la vegetación natural porque no es del interés de los productores.

Por los aportes que brinda la programación lineal en la administración óptima de los recursos, es deseable que los administradores silvoagropecuarios la utilicen como herramienta de trabajo, tal como se hace con más frecuencia en el área industrial.

Bibliografía

- Beneke, R. R. and R. R. Winterboor. 1973. Linear programming. Applications to agriculture. The Iowa State University Press. AMES, USA. 375 p.
- Gass, S. I. 1975. Linear programming. Methods & applications. McGraw-Hill, Kogakusha, LTD, México. 406 p.
- INEGI. 1996. Cartas descriptivas "BERMEJILLO " G13D25 Topográfica, Uso del suelo y Edafología. Gómez Palacio, Dgo.
- Medina- T. J. G., O. Cavazos. L. Natividad y J. Gutiérrez. 1990. Planeación de pastizal y recursos asociados: Un enfoque de metas. Revista Manejo de Pastizales. 3(3) :16-23.
- Medina T., J. G. 1980 Critical elements in land use and research design in northern México. Dissertation. Colorado State University. Fort Collins, Co 110 p.
- Medina, J. G. y L. A. Natividad. 1986. Metodología de planeación integral de los recursos naturales. Departamento de Recursos Naturales Renovables. UAAAN. Saltillo, Coah. 161 p.
- Prawda, J. 1984. Métodos y modelos de investigación de operaciones. Vol. I. Modelos determinísticos. Ed. Limusa. 627 p.
- SARH-BANRURAL. 1996. Paquetes tecnológicos y costos de cultivo en la Comarca Lagunera. Torreón, Coah.
- Serrato-S. R. 1994. Administración de predios ganaderos del norte de México. Texto de apoyo al estudio de los sistemas de producción agropecuarios. Facultad de Agricultura y Zootecnia, UJED. Venecia, Dgo. 57 p.

LA SEQUIA: SUS EFECTOS, CAUSAS Y POSIBLE SOLUCION

Sergio Prieto Gamboa

RESUMEN

Los alimentos pueden ser esenciales para la vida, pero el agua es crítica y en muchas partes del mundo el abastecimiento puede volverse insuficiente. En los años por venir, la creciente competencia por el precio del agua se establecerá por la contaminación agrícola y por la seguridad del abastecimiento de alimentos entre los principales interesados, los agricultores y los consumidores. Aumentarán las sequías, en agotamiento de los acuíferos y la competencia por las menguadas fuentes de agua, aumentando las dudas sobre la seguridad del abastecimiento futuro.

La solución más frecuentemente propuesta para ayudar a rectificar esta situación es usar menos agua (conservación) y si bien esto es necesario, la solución no se está enfocando a la causa principal: la eficacia del ciclo del agua.

Conociendo como trabajan los procesos fundamentales del "ciclo del agua" y como podemos empezar a hacerlo más eficaz, estaremos en el camino correcto para solucionar el problema de la sequía. Esto, desde luego, requiere de concienciación y capacitación de los usuarios de la tierra en cualquier tipo de tenencia y en cualquier tipo de actividad.

INTRODUCCION

La ponencia que me ocupa tiene como objetivo principal analizar las causas y proponer algunas soluciones para mitigar los efectos de la sequía desde los puntos de vista económico, social y ecológico.

Pero antes de continuar con el tema quiero definir con la mayor precisión posible, a que nos referimos cuando hablamos de sequía. Aunque no se encontró en la literatura una definición completa, me permito sugerir la siguiente que abarca las actividades agrícolas, ganadera y forestal.

Definición del término sequía. El término sequía en general se refiere a la deficiencia de humedad para el crecimiento normal de las plantas y se puede presentar por tres causas principales o por algunas combinaciones de ellas: A) precipitación pluvial inferior a la media registrada a largo plazo para una localidad dada, b) presentación tardía de la precipitación, que puede ser mayor de 30 días y c) distribución errática de la lluvia.

Hay una cuarta causa, que a mi ver es la más importante, el mal manejo de la tierra en áreas agrícolas, ganaderas y forestales, que ha dado como resultado la degradación de la escasa cubierta del suelo, baja producción forrajera y baja captación y disponibilidad de agua para todos los usos. Por esta causa, algunos autores han llegado a expresar que la sequía la provoca el hombre.

ANTECEDENTES

El fenómeno de la sequía en los últimos años ha provocado pérdidas económicas y ecológicas y conflictos sociales de grandes proporciones en todo el país, hasta en las regiones de alta precipitación se quejan de sus efectos.

En las zonas áridas y semiáridas, en especial en el estado de Chihuahua, se tiene memoria que desde hace más de cuarenta años los agricultores y ganaderos organizados están solicitando apoyos oficiales de distintos tipos para hacer frente a la sequía.

En este siglo se han presentado periodos de sequía de uno o varios años (1900-1903, 1909-1910, 1917-1918, 1922-1923, 1933-1935, 1944-1945, 1953-1956) Intercalados con años de alta precipitación y de precipitación promedio. Durante las décadas de los sesenta y los setenta empezaron a ser de mayores proporciones, llegando a tener grandes repercusiones a fines de la década de los ochenta (1988-1990).

Últimamente (1994-1998), tan sólo en 1994, en un estudio realizado por la Unión Ganadera Regional de Chihuahua, se reporta la muerte de 142,787 cabezas de ganado bovino y equino y ventas forzadas de 464,879 cabezas de ganado bovino, entre las que se incluyen 116,363 vacas en edad y condiciones de reproducción (Chávez, 1994).

En el mismo estudio se muestra que el impacto económico de la sequía de 1994 equivale a una pérdida total estimada en 598 millones 181 mil 625 pesos por los siguientes conceptos:

Muerte de animales	\$ 142,787,000
Pérdida de peso en vacas	24,436,230
Pérdida de peso en vaquillas, becerras y toros	37,262,575
Pérdida de peso en ganado de exportación	170,824,500
Costo extra de suplementación	222,871,320
Total	598,181,625

El aumento en la gravedad de la sequía, como se verá más adelante, tiene su origen en la mala utilización de los recursos por falta de manejo adecuado.

En la actividad ganadera, la forma tradicional de afrontar los años de baja precipitación se ha basado en la práctica de dar alimentos concentrados y forrajes producidos fuera de los ranchos (comprados). En la agricultura se ha promovido la irrigación, la fertilización, semillas mejoradas y el uso de maquinaria sofisticada. En la actividad forestal la tenencia ha sido eliminar el ganado de las áreas coscosas. Muy poco se ha realizado sobre adopción de tecnología en el manejo, conservación y mejoramiento del agostadero, tierra de cultivo y bosques.

En la producción de alimentos y materia prima directamente de la tierra, en condiciones "normales", gradualmente se ha recurrido con mayor frecuencia y por mayores cantidades a los apoyos de los gobiernos federales y estatales para hacer "rentables" las actividades del campo. En los años de baja precipitación, la situación se agrava, por lo que han sido necesarios programas emergentes de apoyo.

Actualmente tanto la ganadería como la agricultura cuentan con programas ordinarios y emergentes para mantener la producción y a los productores.

REVISION DE LITERATURA

1. Precipitación pluvial

Los registros de la precipitación pluvial en el ámbito mundial demuestran que los efectos de la baja precipitación se hacen más graves por su gran variabilidad. Tanto la precipitación mensual como la anual se desvían grandemente de la media registrada a largo plazo, son comunes de los períodos prolongados arriba o debajo de la precipitación "normal", pero se ha observado claramente que la tendencia de la media se ha mantenido y no se espera una reducción a corto o largo plazo.

Cuando en más de un año, seguidos, se presenta una precipitación por debajo de la media los efectos se intensifican. El cálculo del número de años con precipitación significativa menor a la normal (menos de 85 por ciento de la precipitación normal anual), muestran que la frecuencia de precipitaciones deficientes es en 40 por ciento de los años en zonas áridas y semiáridas, de 20 a 40 por ciento en las regiones de trópico seco y de 10 a 20 por ciento en las regiones tropicales húmedas. (Stoddart, 1975).

Esto es un hecho histórico que no podemos cambiar y tampoco predecir, lo más que podemos hacer es conocerlo lo mejor posible para seleccionar adecuadamente el uso de la tierra en cada caso y aplicar el manejo y tecnología más adecuados. El que muchos productores piensen que ahora llueve menos que antes, hasta cierto punto está justificando, pero no se debe a la causa que ellos piensan, sino a la pérdida de capacidad de captación retención de agua en el suelo. Esto lo demuestran los registros de precipitación que existen en el país, en el estado de Chihuahua, en algunas regiones, durante 1996 y 1997 llovió arriba de la media historia (COTECOCA, 1998).

2. Movimiento del agua (ciclo del agua). El problema de la sequía tiene más que ver con la velocidad del movimiento del agua dentro del ecosistema que con la cantidad de precipitación.

Para una misma cantidad de precipitación, la respuesta de la vegetación varía principalmente por las características de la superficie del suelo, tipo, calidad y cantidad de cubierta (Savory, 1993). En un suelo desnudo el golpe de la gota de lluvia disgrega las partículas de los agregados del suelo sellando los espacios porosos e impidiendo la infiltración del agua, la cual escurre rápidamente por la superficie y se pierde hasta en un 73 ó más por ciento en forma casi instantánea (Branson et al, 1972). Este movimiento rápido del agua lleva consigo el arrastre del mismo suelo y de la materia orgánica que pudiera haber en, y sobre él. El solo escarificar la superficie del suelo desnudo disminuye la velocidad del movimiento del agua sobre la superficie fomentando su infiltración, si cuenta con una buena cubierta de materia orgánica y vegetación (varios estratos, herbáceas, arbustivas y arbóreas) el beneficio se incrementa notablemente y además se evitan las pérdidas por evaporación, de suelo y materia orgánica.

De no menos importancia es la influencia de las características biológicas y fisicoquímicas del suelo sobre el movimiento del agua dentro de él. Un suelo de buenas estructura y textura es muy conveniente, pero su valor aumenta cuando hay un alto contenido de materia orgánica y organismos vivos, estos últimos son los responsables de que esas características deseables se mantengan indefinidamente.

La capacidad de captación, retención y disponibilidad de agua para la producción de vegetación y otros usos, depende en último término del uso y manejo que el productor practique sobre la tierra y todos sus componentes (Savory, 1988).

3. Importancia de los árboles y arbustos en el movimiento del agua en el ecosistema.

En el punto anterior se menciona la importancia de los árboles y arbustos sobre la velocidad del movimiento del agua dentro del ecosistema, aquí se verá con más detalle la influencia de estos elementos en el aprovechamiento de la precipitación pluvial. Se ha comprobado que a la sombra de árboles y arbustos hay una mayor producción de estos mismos elementos y de la vegetación herbácea, tanto en zonas agrícolas como ganaderas y forestales debido a la acumulación de materia orgánica debajo de ellos (INIFAP, 1997 y Savory, 1998), a la protección del golpe de las gotas de lluvia, a la menor tasa de evaporación (por menor insolación y velocidad del aire) y al movimiento nocturno del agua dentro del suelo de las raíces de estas leñosas a las plantas herbáceas (Jolly, 1994).

Con estas investigaciones relativamente recientes, se están cambiando los métodos de producción y manejo de la tierra. En el ámbito mundial ha aumentado la superficie con cultivos mezclados (policultura), la conservación de árboles y arbustos en el agostadero, praderas inducidas y cultivadas, y el manejo del pastoreo en las zonas de bosques y árboles frutales.

4. Pérdida de suelo, materia orgánica y capacidad de retención de agua. La investigación en esta materia ha mostrado que las pérdidas de suelo en los pastizales de subalpinos de la cuenca de Ephraim, Utah, en diferente condición, varía de 0.1 a 12.2 toneladas por hectárea con una lluvia de 62 milímetros en una hora y el escurrimiento superficial (pérdida de agua) de 2 al 73 por ciento del agua de lluvia. (Branson et al, 1972).

Las pérdidas de suelo pueden aumentar a disminuir considerablemente de acuerdo al manejo y uso que se le destine a la tierra.

En las áreas agrícolas las pérdidas de suelo son aún mayores, en Estados Unidos de Norte América, el Servicio de Conservación del Suelo determinó pérdidas de 1.8 (considera como "tolerable") hasta 24.4 toneladas por hectárea por año. En el verano de 1993, en algunos campos de Iowa, fueron superiores a las 45 toneladas por hectárea en una sola lluvia. (Butterfield, 1994).

La pérdida de suelo representa también pérdida de la materia orgánica y de su capacidad de retención del agua, haciendo que los efectos de la sequía se agraven.

5. El hombre hace la sequía.

Por lo anterior, con justa razón se dice que el hombre hace la sequía. Savory, 1993 ha demostrado la importancia y los efectos de la eficacia del ciclo del agua. Cuando aumentamos su eficacia en el agostadero y en el bosque, se aumenta la producción biológica representada por el incremento en la densidad de las plantas, el porcentaje de hojas anchas, la tasa de crecimiento de las plantas, los microorganismos del suelo y el número de animales (ganado y fauna silvestre).

Como ejemplo para demostrar la diferencia entre un ciclo del agua eficaz y uno ineficaz: asumanos que estamos observando una porción de tierra planta en la que el escurrimiento superficial del agua es mínimo. En una parte, el suelo está bien cubierto por plantas vivas y material muerto de éstas debido al impacto animal por el constante movimiento de ganado (pastoreo planificado) y por las poblaciones sanas de organismos del suelo. En otra parte, la mayoría de la superficie del suelo está desnuda debido al sobre pastoreo de las plantas y al sobre descanso de plantas y suelo por el efecto del pastoreo continuo con una baja densidad animal.

La tierra en ambos casos recibe tres lluvias iguales, de 25 mm. Cada una, con espacio de un mes entre una y otra. La primera lluvia, en ambos casos, el suelo la absorbe en su totalidad.

Durante el siguiente mes, la mitad de esa agua (12.5mm) es removida del suelo a través de las hojas de las plantas (transpiración), agua que fue usada para el propio crecimiento. La otra mitad del agua de lluvia (12.5 mm), permanece en el suelo que tiene cubierta y organismos vivos, pero en la porción con gran cantidad de suelo desnudo (entre las pocas plantas que existen) se evapora. Esos 12.5 mm. De lluvia en un rancho de 4,048 hectáreas representan 529 millones de litros.

Después de la segunda lluvia, la tierra cubierta ha acumulado un total de 38 mm de agua y la tierra desnuda únicamente los 25 mm de la segunda lluvia que acaba de caer. Durante el siguiente mes, la mitad de la lluvia (12.5 mm) es removida del suelo en ambos casos a través del trabajo de crecimiento de las plantas. En el suelo cubierto se conservan 25 mm de agua en el suelo, mientras que en el suelo desnudo, una vez más se evapora a través de la superficie desnuda.

Después de la tercera lluvia, la tierra cubierta ha acumulado 50 mm de lluvia, y la tierra desnuda 25 mm. Las plantas en el suelo cubierto transpiran 12.5 mm, 25 mm permanecen en el suelo y los otros 12.5 mm se mueven por la fuerza de gravedad hacia los mantos acuíferos. Las plantas detienen su crecimiento, o es más lento, por las bajas temperaturas, pero la humedad permanece en el suelo y asegura un crecimiento temprano en la próxima temporada.

Las plantas del área con suelo desnudo transpiran también 12.5 mm y los otros 12.5 mm se evaporan a través de la superficie desnuda expuesta a la insolación y a los vientos. No hay movimiento de agua hacia los mantos acuíferos y tampoco queda almacenada en el suelo para que en la siguiente temporada haya crecimiento temprano. Los ríos, manantiales y los pozos se empiezan a secar. Los ganaderos en esta área dicen que “ya no llueve como antes” y a esto le echan la culpa de la “sequía” (Savory, 1993).

EFFECTOS

Los efectos de la sequía en primer término están relacionados con el crecimiento de las plantas en todos los sistemas de producción. Los efectos sobre los animales y el hombre son secundarios y fuertemente ligados a las decisiones que toma el productor sobre el uso y manejo de los recursos. Las implicaciones de carácter económico, social y ecológico también dependen de la toma de decisiones.

Dado el carácter de mi profesión y la disponibilidad de información, en la mayor parte de mi ponencia, me referiré en primer lugar a los efectos sobre la ganadería en segundo sobre la agricultura, sin entrar en detalles en ésta y otras actividades del campo. Sin embargo los principios que revisé en este capítulo son válidos para todas ellas.

1. Producción de forraje.

Existen grandes variaciones en la producción de forraje de un año a otro. Los estudios realizados en diferentes países y muestran variaciones de 61 hasta 67 por ciento arriba o debajo de la capacidad promedio del agostadero.

El período de 1949 a 1954 fue uno de los más secos en Texas la vegetación fue afectada seriamente, la muerte del zacate toboso chino *Hilaria belangeri* en algunos lugares llegó hasta el 88 por ciento.

Como es conocida la producción de forraje está estrechamente relacionada con el clima, especialmente con la precipitación. Una precipitación significativamente menor a la media (85 por ciento) va acompañada de una disminución en la producción de forraje y pérdida de plantas y organismos del suelo. La mayor pérdida de plantas se presenta cuando hay varias épocas de crecimiento seguidas con humedad deficiente. Es durante estos periodos secos cuando se deteriora severamente el agostadero.

El grado con el cual disminuye la producción de forraje debido al clima varía de acuerdo al tipo de vegetación, al sitio de pastizal y al manejo de pastoreo. En las planicies del Río Snake, en el sur este de Idaho, durante el periodo de 1932 a 1935, en áreas no pastoreadas la vegetación total se redujo a 84 por ciento de la cubierta que existía en 1932 la cubierta de zacates en particular se redujo a 48 por ciento de la que existía en 1932. En el sur oeste, en un periodo de 13 años, hubo dos de sequía, uno de tres años consecutivos y otro de cinco, durante los cuales la cubierta del zacate navajita negra *Bouteloua eriopoda*, disminuyó tanto que llegó a formar únicamente el 10.6 por ciento de la cubierta original. Esta marcada reducción en los rendimientos de forraje es el resultado de las malas condiciones de crecimiento que por sí solas hacen evidente el hecho de que no deben hacerse planes de pastoreo sin tomar en cuenta las variaciones en la producción debidas a las condiciones del medio ambiente.

El daño a las plantas por la sequía está asociado directamente con el uso del pastoreo. Los estudios indican que el pastoreo conservador (ligero) es muy poco menos dañino que la protección total del agostadero, sin embargo las plantas con pastoreo pesado (sobre pastoreadas) sufren más daño y se vuelven más susceptibles de ser afectadas por la sequía. Esto ultimo se debe a la reducción del sistema radical (Stoddart, 1975)

2. Reproducción, peso, condición y mortandad del ganado.

El efecto de la sequía sobre estos parámetros productivos es secundario, depende más de la forma de la toma de decisiones y del manejo de las empresas del campo. Sin embargo, actualmente es un hecho que los productores no están debidamente preparados para manejar adecuadamente todos los factores de la producción en un entorno donde se han alterado drásticamente los procesos fundamentales de la Naturaleza.

Existe abundante información derivada de la investigación y experimentación científica, experiencias de productores y metodología especializada sobre sistemas de producción que se aplica en un porcentaje muy bajo. Será necesario trabajar con los productores y las comunidades para concientizarlos y capacitarlos bajo los nuevos esquemas de uso y manejo de los recursos para lograr cambios positivos en la producción y conservación de los medios de producción. (Savory, 1988).

3. Degradación del suelo. Capacidad de almacenamiento y disponibilidad del agua y nutrimentos.

La falta de manejo adecuado de la tierra ha provocado la pérdida de vegetación, materia orgánica y suelo por partida doble. Cuando hay sequía se pierde vegetación y animales y por tanto la protección del suelo, en años de buena precipitación el suelo se erosiona severamente, se pierden las partículas más valiosas de este recurso, la materia orgánica y con estos la capacidad de retención y disponibilidad del agua y los nutrimentos para las plantas y los organismos del suelo. Bajo estas condiciones gradualmente los efectos de la sequía se vuelven más severos.

Con la pérdida del suelo y sus principales componentes (físicoquímicos y biológicos), se pierde la capacidad y el medio de producción primaria más importante con que contamos. Esta es una pérdida ecológica que económicamente no se ha evaluado y en muchos casos ni siquiera considerado. Tradicionalmente la falta de fertilidad y capacidad de retención de

humedad del suelo ha sido sustituida con fertilizantes químicos e irrigación a un costo que gradualmente ha disminuido la rentabilidad de la producción del campo hasta hacerla no rentable en la mayoría de los casos.

COSTO

El costo de la sequía se debe considerar en toda su amplitud para estar en condiciones de diagnosticar las causas del problema y definir las acciones para resolverlo.

Al igual que la toma de decisiones, el costo de la sequía se debe considerar desde los puntos de vista económico, social y ecológico. Las acciones particulares y oficiales que no tomen en cuenta estos tres aspectos están destinadas a fracasar.

1. El aspecto del costo económico es de grandes proporciones como quedó ejemplificado en la revisión de literatura con el caso de Chihuahua durante 1994-1995. En la agricultura y en la actividad forestal, aparte de las pérdidas, hay que considerar el costo de los insumos, maquinaria y equipo más sofisticados cada vez más usados y el aumento gradual su precio.

2. El costo social es difícil determinarlo, pero aquí hay que incluir los subsidios a las actividades del campo, el gasto en servicios para la gente que emigra a las ciudades en busca de mejores oportunidades, el combate a la delincuencia, la desintegración de la familia y la insuficiencia en la producción de alimentos y otros productos que tienen que ser sustituidos con importaciones. Este costo repercute en la calidad de vida y estabilidad de la sociedad.

3. El costo ecológico, es el más importante y a su vez el menos entendido y atendido en toda su magnitud por los productores y las instituciones oficiales y privadas. Está representando el primer término por la pérdida de suelo y todas sus propiedades. Directamente provoca la pérdida del capital biológico, que junto con el suelo, forman el medio de producción más importante con que cuenta la humanidad. Conservar nuestro medio de producción natural con buena salud, representa reducir los costos de producción en 35 a 50 por ciento.

PROPUESTAS PARA SOLUCION DEL PROBLEMA

Hasta la fecha las acciones han estado dirigidas a corregir los efectos de la sequía, tanto productores como instituciones gastan en la compra de alimentos para el ganado, fertilizantes, equipo de irrigación, presas, obras de conservación de suelo y agua, maquinaria y subsidios. No se ha entrado de lleno en diagnosticar y corregir las causas.

Por lo anterior, la propuesta en esta ponencia es conminar a instituciones y productores para implantar las acciones necesarias dirigidas a corregir las causas del problema que ahora nos afecta en el ámbito nacional.

Debido al deterioro actual de la tierra, las soluciones no se pueden concentra exclusivamente en las causas, es necesario seguir corrigiendo síntomas, pero con un plan simultaneo de largo plazo enfocado a corregir las causas.

Específicamente el trabajo que nos espera es la formación de técnicos, de instituciones oficiales, en lo individual o constituidos en despachos de servicios, capaces de realizar las tareas de educación, capacitación y entrenamiento de los productores. Así como la prestación de servicios de asistencia técnica y administrativa de calidad para sus empresas.

Existe suficiente información y experiencia de tipo técnico y administrativo para implantar acciones emergentes (a corto plazo para corregir efectos) y de planeación a largo plazo para corregir las causas de la sequía. El problema actual es la falta

de personal capacitado y con experiencia que realice el efecto multiplicador para dar atención a la mayoría de los productores.

Por último, me permito hacer énfasis en realizar como una práctica constante la selección de plantas y de ganado, con el fin de lograr individuos resistentes (rústicos) a las condiciones adversas del mesio. En ganadería es una práctica poco usada o enfocada a características que poco o nada tiene que ver con la productividad. (Lasater, 1996).

CONCLUSIONES.

La sequía es un fenómeno recurrente sobre el cual el hombre no tiene control, no puede modificar la distribución y la cantidad de precipitación, pero si las condiciones de la superficie del suelo, su cubierta y organismos para captar y utilizar la mayor cantidad posible del agua de lluvia.

Las acciones para evitar los efectos de la sequía deberán estar encaminadas a conservar un ciclo del agua eficaz, tanto en zonas de baja como de alta precipitación. En ambos casos un mal manejo del suelo, cultivos y ganado es desastroso para la producción y conservación del medio ambiente.

La mejor forma de promover un buen ciclo del agua es mantener el suelo cubierto con vegetación viva, con la mayor diversidad posible, y/o residuos de ésta, por el mayor tiempo posible. Este principio es válido para todos los tipos de actividades productivas del campo.

BIBLIOGRAFIA

- Anónimo. 1998. Guía práctica para el manejo de la sequía. Folleto No. 1. Unión Ganadera Regional de Nuevo León. Cd. Guadalupe N.L. México.
- Bingham, S. Y A. Savory. 1990. Holistic Resource Management Workbook. Island Press. Washington, D.C. – Covelo, California. E.U.A.
- Brason, F.A. et al. 1972. Range Hydrology. Range Science Series No.1. Society for Range Management. Denver, Colorado. E.U.A.
- Cambell, D. 1994. Pulling Through a Drought. Rev. Quarterly. Invierno de 1994, No. 42. Center for Holistic Resource Management. Albuquerque, Nuevo México, E.U.A.
- COTECOCA, SAGAR. 1998. Diagnóstico de los agostaderos del estado de Chihuahua. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. COTECOCA. México, D.F. México.
- Chávez S.A.H. 1994 Impacto de la sequía en la ganadería chihuahuense. Unión Ganadera Regional de Chihuahua. Chihuahua, Chih. México.
- INIFAP. 1997 Efecto de los arbustos en la producción de forraje. Rev. Rancho. INIFAP y Comité de Fomento Ganadero del Estado de Sonora. Hermosillo, Sonora. México.
- Jolly, T. 1994. Plants Drench Thirsty Neighbors. Rev. Quarterly. Invierno de 1994, No. 42. Center for Holistic Resource Management. Albuquerque, Nuevo México. E.U.A.

ABASTO SUSTENTABLE DE AGUA PARA EL MUNICIPIO DE XALAPA

Jesús Dorantes López y Raúl Alvarez Oseguera*

En México, “la política de aguas debe incorporar criterios económicos de asignación óptima entre los diversos usuarios y parámetros para la resolución de conflictos, dentro de un marco que considere planes de aprovechamiento y conservación por cuencas, en donde todos los usuarios de una misma cuenca tengan participación en la formulación del Plan”¹

SITUACION ACTUAL

Xalapa se surte de siete fuentes de agua:

- Seis ubicadas en la ladera oriental del Cofre de Perote y
- Una en el estado de Puebla bajo un esquema de concesión de 20 años de los cuales ya han transcurrido 7.

Según el ayuntamiento de Xalapa, se tiene resuelto el abasto de agua para los próximos 12 años importando desde el río Huitzilapan, en el estado de Puebla 1,000 lt/seg.²

En 1995, Xalapa consumió 28.8 millones de metros cúbicos de agua, 62% de este volumen se generó en el volcán Cofre de Perote en 8,132 hectáreas.

Para el año 2010, más del 50% del consumo de agua se importará desde el estado de Puebla.

ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA XALAPA

Tradicionalmente Xalapa se ha surtido de manantiales ubicados en la ladera oriental del Cofre de Perote. La alta densidad de población, ha incrementado la presión que las prácticas agrícolas, pastoreo y extracción de recursos como suelo, fauna, y leña ocasionan sobre los recursos naturales.

Esta situación repercute también en una disminución en la calidad y cantidad de agua que se obtiene actualmente. El clima no ha cambiado sustancialmente, históricamente no se observan variaciones en la distribución y cantidad de las lluvias, sin embargo, la cubierta vegetal se ha modificado incrementando el escurrimiento superficial y exponiendo los suelos a la acción erosiva del agua. Esta situación ha modificado la capacidad de infiltración de los suelos. De esta forma

* Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Pesquero. Gobierno del Estado de Veracruz Dirección General de Desarrollo Forestal. J.J. Herrera N° 6 Col. Centro. CP 91000. Xalapa, Ver. Tel. (28) 18-45-60 Fax. (28) 12 23 03

¹ " Luis Téllez Kuenzler (1994), La modernización del sector agropecuario y forestal, una visión de la modernización de México. Fondo de Cultura Económica, México, D.F.

² H. Ayuntamiento de Xalapa. 1995. Ordenamiento, Conservación y Desarrollo Integral de la Cuenca Hidrológica que surte los Cuerpos de Agua del Municipio de Xalapa. Serie Xallapam, Documentos de Trabajo/2. Xalapa, Veracruz. 23-24.

en temporada de lluvias se tiene agua de sobra y de muy mala calidad y en tiempos de estiaje hay que recurrir a los tandeos.

El agua que se consume proviene de la precipitación. El mayor volumen de esta precipitación se distribuye en escurrimientos superficiales y un pequeño porcentaje se infiltra al suelo y queda disponible pasado algún tiempo en lo que se conoce como agua subsuperficial o agua aflorante. Esta agua es la que "nace" en los manantiales y es la que abastece el consumo en tiempos de secas. Los bosques ayudan a disminuir el escurrimiento superficial e incrementan la captación de agua en el suelo.

Dentro de las experiencias que se conocen, todas concuerdan en que los bosques son los mejores productores de agua, aún y cuando en México son muy contadas las experiencias a este respecto.

Un bosque se puede manejar no sólo para la producción de madera sino también para la producción de agua. No existen en México experiencias documentadas de este tipo.

Las microcuencas del Cofre de Perote que surten de agua a la ciudad de Xalapa tienen una superficie de 8,132 ha. de estas 6,844 hectáreas presentan algún tipo de arbolado. De la superficie arbolada sólo existen 156 hectáreas bajo esquemas de manejo forestal. La superficie con bosque cerrado es superior al 50%. Sin embargo, estos "bosques cerrados" están siendo sometidos a una continua presión de extracción del arbolado. Esta situación está conduciendo a la degradación y pérdida de los recursos naturales. De continuar este proceso, en el mediano plazo estarán en una situación de deterioro avanzado.

Tabla 1 *Cuadro de distribución de la superficie por tipo de uso del suelo en las microcuencas que surten de agua a la Ciudad de Xalapa.*

USO DEL SUELO	SUPERFICIE (ha)
Agrícola	537.81
Ganadero	746.40
Forestal	6,844.51
Urbano	3.3
TOTAL	8,132.02

La actual legislación y políticas de apoyo al sector forestal, se preocupan sólo por las áreas bajo explotación forestal maderable o no maderable. De esta forma se presentan situaciones como la del ejido San Pedro Buenavista, municipio de Acajete donde el área arbolada es de 713 hectáreas y sólo 62 son propias para el aprovechamiento; ¿entonces, qué opción de manejo queda para el resto?. Es obvio que si esta superficie no representa una opción de ingreso para los

dueños, poco van a hacer para asegurar su conservación como espacio arbolado o, lo que es lo mismo, como espacio de captación de agua para los habitantes de Xalapa.

Es necesario buscar mecanismos de retribución para "pagar" de alguna forma los costos que representa para los dueños de los recursos el mantener espacios arbolados que permitan la infiltración de la precipitación y su posterior afloro en manantiales.

Con una acción concertada entre municipios, instituciones y sociedad civil, se puede trabajar en una propuesta de ordenación que permita incrementar la superficie arbolada bajo manejo asegurando la captación del agua de lluvia.

Acciones a implementar:

Los métodos propuestos para tener una mejor captación de agua, proteger al bosque, incentivar la economía y beneficiar a sus dueños son:

Intensificación de la agricultura y ganadería.

Se deben buscar esquemas altamente productivos que permitan reducir el área necesaria para obtener la producción de subsistencia de los pobladores de la zona con obras de conservación del suelo y agua. En ganadería: el estabulamiento, manejo de praderas y adición de forrajes de corta puede incrementar cuatro veces la capacidad de carga animal³.

Introducción de sistemas mixtos agroforestales y silvopastoriles.

Incorporación de las áreas excedentes de la producción agrícola y pecuaria a esquemas de plantaciones comerciales y dendroenergéticas.

Incorporación de la totalidad de las áreas arboladas a esquemas de manejo forestal.

El aprovechamiento forestal bien llevado, además de generar recursos para los propietarios del bosque, permite la infiltración del agua de lluvia.

Sin embargo, no toda la superficie arbolada es factible de aprovecharse comercialmente.

Hace falta desarrollar esquemas que involucren alternativas de manejo diferentes a la producción de materia prima forestal como: agua, paisaje, no maderables, esparcimiento, reserva de germoplasma etc.

Todas estas acciones se deben enmarcar dentro de un Plan de Ordenamiento a nivel de Cuenca Hidrográfica. Este plan deberá estar consensado entre los poseedores de los recursos, las instituciones involucradas y la sociedad civil (como parte usufructuaria de los servicios ambientales). Para la implementación del Plan de Ordenamiento se deberá integrar un órgano

³ Proyecto "Conservación de los recursos forestales del Cofre de Perote a través del semiestabulamiento de ovinos y caprinos Sedap-Kellog's.

con la representatividad de todos los sectores interesados en el mejor manejo de la cuenca. Asimismo para el financiamiento de la propuesta se deberá contar con aportaciones tanto institucionales como de la sociedad civil ya sea por pago directo o donativos.⁴

Algunas consideraciones para establecer un "costo" de la producción de agua.

En un bosque bajo manejo el agua es un producto secundario que no tiene un costo adicional. De esta forma, apoyando la realización de planes de manejo forestal indirectamente se está asegurando la producción de agua, como se muestra en el cuadro siguiente:

Tabla 2 *Balance hídrico de una hectárea tipo en las Microcuencas que surten de agua a la Ciudad de Xalapa. (metros cúbicos)*

USO DEL SUELO	PRECIPITACION	ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL	EVAPOTRANSPIRACION	INFILTRACION	AGUA AFLORANTE (de nacimiento)
Agricultura	15,000	11,100	9,000	-5,202	
Ganadería	15,000	6,263	8,000	738	169
Forestal	15,000	6,260	2,175	6,565	1,510

* El agua aflorante se calculó como el 23% del agua infiltrada ⁵

Dentro de la zona que abastece de agua a Xalapa la cultura forestal es prácticamente nula, además de que la atomización de los predios dificulta la comunicación con los poseedores del recurso. Para lograr la incorporación del área al manejo forestal no basta con la elaboración de programas de manejo forestal sino que hay que reforzar éstos con programas intensivos de capacitación y concientización. En números gruesos, para la elaboración de programas de manejo forestal se debería cotizar en 500 pesos la hectárea. Sirva como referencia el costo de 100 pesos por hectárea que se cobran en la región por la elaboración de Programas de Manejo Forestal en predios con extensiones arboladas de 200 a 1,000 ha.

En la elaboración de programas de manejo, se segregan áreas al manejo forestal comercial por criterios de conservación de suelo y/o de biodiversidad. La conservación de estas áreas sí tiene un costo de mantenimiento y no es justo que sean los propietarios de los predios los únicos que soporten este costo. Por ejemplo:

- En un estudio de caso para el ejido San Pedro Buenavista, municipio de Acajete por criterios de conservación de biodiversidad se segregaron 711 hectáreas. Estimando un costo de mantenimiento de 418.50 pesos por hectárea por año.

⁴ H. Ayuntamiento de Xalapa...op. cit.

⁵ Springall, G. R. 1970. Hidrología, primera parte. Instituto de Ingeniería, UNAM. México. D.F. pp. 210.

- Se estimó el gasto que representa para el ejido Ingenio del Rosario, municipio de Xico el mantener las 131 hectáreas segregadas al manejo y definidas como área de reserva y conservación de biodiversidad, estimando un costo de mantenimiento de 1,643 pesos por hectárea por año.

Aunque es arriesgado aventurar números, sirvan estos ejercicios como una primera aproximación para orientar la discusión sobre lo que se debería remunerar a los propietarios de predios forestales para retribuir el gasto que conlleva el mantener las áreas arboladas. Si se toma como cierto el hecho de que una hectárea arbolada en la zona produce 1,500 m³ de agua por hectárea por año, entonces el "costo de producción" un m³ de agua estaría entre 0.27 y 1.09 pesos al año.

Hasta aquí sólo se ha hablado de las microcuencas que surten de agua a la ciudad de Xalapa y que se encuentran en territorio Veracruzano. Sin embargo es tiempo ya de iniciar acciones concertadas a través de una coalición de municipios de la Cuenca la Antigua que incluya a la sub-cuenca del río Huitzilapan en Puebla para mantener el abasto de agua a Xalapa. Dentro del estado Veracruz están involucrados 6 municipios y se enumeran en orden de importancia: Acajete, Coatepec, San Andrés Talnehuayocan, Xico, Xalapa y Perote.

Bibliografía

- H. Ayuntamiento de Xalapa. 1995. Ordenamiento, Conservación y Desarrollo Integral de la Cuenca Hidrológica que surte los Cuerpos de Agua del Municipio de Xalapa. Serie Xallapam, Documentos de Trabajo/2. Xalapa, Veracruz. 23-24.
- López, C. et. all. 1994. Restauración Hidrológico Forestal de Cuencas y Control de la Erosión. TRAGSA, Mundi-Prensa. Madrid. 10-111.
- Springall, G. R. 1970. Hidrología, primera parte. Instituto de Ingeniería, UNAM. México. D.F. pp. 210.

Apéndice

Balance hídrico:

Con los datos de precipitación anual registrados en las estaciones climatológicas de Tembladeras y Oxtlapa, se obtuvo una precipitación promedio anual de 1,500 mm. El escurrimiento superficial se calculó tomando como referencia los coeficientes de escurrimiento según uso del suelo, pendiente y textura que se presentan en la publicación de López, C. (1994). El cálculo de la evapotranspiración se realizó empleando láminas. Para coníferas se consideró una evaporación anual de 150 mm y 250 mm para latifoliadas. En agricultura se tomó una lámina de evaporación de 3.9 mm diarios durante 150 días de cultivo y 2.2 mm diarios durante 120 días de vegetación arvense, se consideraron además 60 mm de evaporación para los meses de febrero y marzo durante la época de barbecho. La lámina de evapotranspiración total anual para agricultura es de 900 mm. En ganadería se consideró una transpiración diaria de 2.2 mm lo cual da una lámina total anual de evapotranspiración de 800 mm. Op, cit. Estos dos datos de evapotranspiración, aunque estimados de manera gruesa, se consideran cercanos a la realidad ya que se registra una evaporación total anual para la zona de 1,096.13 mm. La infiltración se calculó restando a la precipitación total el escurrimiento superficial y la evapotranspiración. El dato que se registra como infiltración incluye el agua higroscópica, capilar y gravitacional. Como agua disponible (aflorante) se consideró el 23% del agua infiltrada. Los resultados se presentan en la tabla siguiente:

Microcuencas que abastecen a Xalapa							
Cuenca	Uso potencial	Sup/ha.	Agua total	Esc. sup.	Evtransp.	Infiltrac.	aflorante
Pixquiac	Agrícola	178.57	2,679	1,982	1,607	- 911	
	Ganadero	140.31	2,105	940	1,122	42	
	Forestal	2,872.02	43,080	17,878	5,925	19,277	4,434
	Subtotal	3,190.89	47,863	20,800	8,655	18,408	4,434
Palo Blanco	Agrícola	110.54	1,658	1,227	995	- 564	
	Forestal	316.74	4,751	1,995	713	2,043	470
	Subtotal	427.28	6,409	3,222	1,708	1,479	470
Xocoyolapan	Ganadero	25.50	383	153	204	26	
	Forestal	1,224.47	18,367	7,653	2,755	7,959	1,831
	Subtotal	1,249.97	18,750	7,806	2,959	7,985	1,831
Atopa	Agrícola	148.80	2,232	1,652	1,339	- 759	
	Ganadero	206.20	3,093	1,309	1,650	134	
	Urbano	3.30	50	45	5	0	
	Forestal	1,350.34	20,255	8,406	2,786	9,063	2,085
	Subtotal	1,708.64	25,630	11,411	5,779	8,439	2,085
Sedeño	Agricultura	99.90	1,499	1,109	899	- 509	
	Ganadería	374.40	5,616	2,246	2,995	374	
	Forestal	1,080.94	16,214	6,810	2,432	6,972	1,604
	Subtotal	1,555.24	23,329	10,165	6,326	6,837	1,604
	TOTAL:	8,132.02	121,980	53,406	25,427	43,148	10,422
Agua disponible:	63,828	- (53,406	+	10,422)			

Nota : Miles de metros cúbicos





