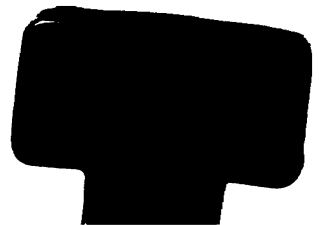


VI

REUNIÓN NACIONAL SOBRE
SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE
AGUA DE LLUVIA



25 al 28 de octubre de 1999
Xalapa, Veracruz, México



IICA
BIBLIOTECA VENEZUELA
26 ENE. 2001 *
RECIBIDO



1230000

VI REUNIÓN NACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

25 AL 28 DE OCTUBRE
1999



00007454

110A
010
37

GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ-LLAVE

Miguel Alemán Velazco

Gobernador del Estado de Veracruz-Llave

Nohemí Quirasco Hernández

Secretaria General de Gobierno

Juan Amieva Huerta

Secretario de Finanzas y Planeación

Juan Maldonado Pereda

Secretario de Educación y Cultura

Everardo Sousa Landa

Secretario de Desarrollo Económico

Alfonso Gutiérrez de Velasco Olivier

Secretario de Comunicaciones y Obras Públicas

Porfirio Serrano Amador

Secretario de Desarrollo Regional

Ramón Ferrari Pardiño

Secretario de Desarrollo Agropecuario y Pesquero

Mauro Loyo Varela

Secretario de Salud y Asistencia

Ignacio González Rebolledo

Procurador General de Justicia

Ricardo García Guzmán

Contralor General del Estado

Sabás Huesca Rebolledo

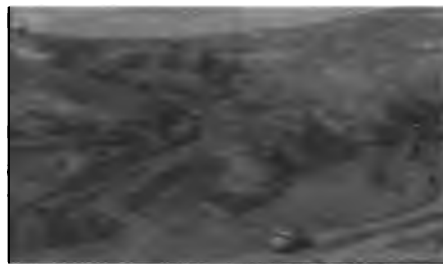
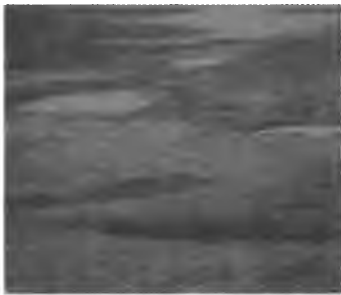
Coordinador del Programa de Comunicación Social

Lorenzo Lazo Margáin

Jefe de la Oficina del Programa de Gobierno

VI

REUNIÓN NACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA



25 al 28 de octubre de 1999
Xalapa, Veracruz, México

COMITÉ ORGANIZADOR

Lic. Miguel Alemán Velasco
Gobernador Constitucional del Estado de
Veracruz
Presidente Honorario

Dr. Ramón Ferrari Pardiño
Secretario de Desarrollo Agropecuario Forestal y
Pesquero

Lic. Santiago Barreda Nader
Delegado de la SAGAR-Veracruz

Dr. Juan José Salazar Cruz
IICA – México

Dr. Víctor Ordaz Chaparro
Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C.

M.C. Jorge L. Tovar Salinas
Instituto de Recursos Naturales C.P.

Dr. Víctor Arredondo Álvarez
Rector de la Universidad Veracruzana

Dr. Sergio Guevara Sada
Director General del Instituto de Ecología, A.C.

Ing. José Luis Lee Requena
Gerente Estatal del FIRCO

Dr. Heriberto Román Ponce
Director Regional del INIFAP

Lic. Juan Carlos Zamorano Morfín
Delegado Federal de la SEMARNAP

Ing. Horacio Francisco Rubio Vega
Gerente Regional Golfo-Centro de la C.N.A.

Lic. Keyla Franco Guerrero
Directora de Ecología de la Sría. de Des. Regional

Lic. Pascual Hernández Mergoldd
Director General CEAS

M.C. Juan de Dios Rebolledo Vélez
Coordinador Estatal DGETA

Lic. José Miguel Moto
Secretario Ejecutivo INVEDER

Dr. Glafiro Torres Hernández
Director del Campus Veracruz-C.P.

Dr. Lauro Bucio Alanís
Director del Campus Córdoba-C.P.

Dr. Manuel Anaya Garduño
Instituto de Recursos Naturales C.P.
Coordinador General

Copyright © 1999

Impreso en México / Printed in Mexico

Memorias de la VI Reunión Nacional Sobre Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (25 al 28 de octubre de 1999), Xalapa, Veracruz. Editado por Dr. Manuel Anaya Garduño e Ing. David Rivera Olivar, Instituto de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Edo. de México.

ISBN: 968-6201-48-3

NOTA: Los trabajos publicados en estas memorias se presentaron bajo absoluta responsabilidad de los autores y coautores.

PREFACIO

La desertificación y la sequía son problemas de carácter global, afectan a más de 100 países y 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 sostenible de la humanidad.

Las 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 biodiversidad.

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; de los animales y de los seres humanos; es por ello, la urgente necesidad de establecer programas masivos sobre sistemas de captación de agua de lluvia.

En la actualidad se hace imprescindible la sistematización de la aplicación masiva de las tecnologías sobre captación y aprovechamiento del agua de lluvia ya que los sistemas de producción agrícola, pecuaria y forestal dependen de este vital líquido en más del 90% de la superficie mundial.

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 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 programas 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 indica la urgente necesidad 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 así como para el consumo humano sustento de la 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 de 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; para lograr esto, se contará con el apoyo del IICA a través de su representante en México, el Dr. Juan José Salazar Cruz.

La Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C. ha realizado cinco Reuniones Nacionales sobre Sistemas de Captación de Agua de Lluvia, la primera en la Cd. de Zacatecas, Zac. en 1990. La segunda en la Cd. de Torreón, Coah. en 1994. La tercera en la Cd. de San Luis Potosí, S.L.P. en 1996. La cuarta en la Cd. de Torreón, Coah. en 1997, la quinta en la Cd. de Oaxaca, Oax. en 1998. La sexta tendrá lugar en la Cd. de Xalapa, Ver., en el mes de octubre de 1999.

Las memorias de la VI Reunión Nacional Sobre Sistemas de Captación de Agua 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 a todas aquellas personas involucradas en la planeación y desarrollo integral sostenible.

En esta reunión se presentan 43 ponencias preparadas por representantes de más de 25 instituciones gubernamentales y no gubernamentales así como organismos internacionales; se encuentran representantes de Estados Unidos de América, Islas Vírgenes, Brasil, Taiwan, Filipinas y México. Cabe recalcar la presencia del Dr. Andrew Lo, Presidente de IRCSA, de la Dra. Jessica Salas, Secretaria General de IRCSA, del Dr. Harold Dregne, Profesor Emérito del Texas Tech University y Asesor del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

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 Ciudad de Xalapa.

Finalmente se expresa un reconocimiento especial al C. Dr. Ramón Ferrari Pardiño Secretario de Desarrollo Agropecuario y Pesquero del Estado de Veracruz, así como al Lic. Santiago Barreda Nader, Delegado Estatal de la SAGAR por su invaluable y decidido apoyo para el desarrollo de este evento de gran trascendencia para el desarrollo de nuestro país.

Dr. Manuel Anaya Garduño
Coordinador del Evento y
Director Regional de IRCSA

ÍNDICE

Juan José Salazar Cruz Visión Renovada de la Agricultura en el Contexto de la Cooperación Técnica del IICA.	1
H. E. Dregne Reflections on the United Nations Desertification Program.	5
Robert H. Schmidt, Jr. Precipitation, Hydrology, and Environmental Consideration of the Río Conchos. Chihuahua, México.	11
Ramón Arteaga Ramírez Disponibilidad Hídrica de la Región de Martínez de la Torre, Veracruz.	18
Mario Alberto Vázquez Peña Evaluación de la Resistencia a Sequía en Maíz Basado en un Índice Hidrotérmico.	36
José de Jesús Narvar Chaidez La Superficie Agrícola del Distrito de Riego "Bajo San Juan" Escenarios Futuros con la Presencia de Sequías.	53
Raúl Serrato Sánchez Utilización de Carga Animal Moderada para Prevenir Daños por Sequía en la Explotación Pecuaria Extensiva.	65
Catalino Jorge López Collado Precipitación y su Relación con la Erosión del Suelo en tres Agroecosistemas Tropicales.	71
Catalino Jorge López Collado Análisis de Datos de Precipitación de la Estación Meteorológica del Campus Veracruz, Colegio de Postgraduados.	81
Miguel Equihua Zamora Análisis de Vulnerabilidad para Sequía en Chihuahua.	94
Abel Muñoz Orozco Efectos Genéticos Específicos a Sequía y la Adaptación de las Plantas.	98
Henry H. Smith Considerations for Developing Guidelines for Rainwater Catchment Systems in the US Virgin Islands.	106
Dinorah Sotres Narvaes Captación Manejo y Conservación del Agua de Lluvia y Humedad Relativa.	111
Moisés Téllez Téllez Impacto Social, Económico y Ecológico de Sistemas de Captación de Lluvia.	122
Tanya Müller García Naturación de Azoteas.	127

<i>Miguel Armando Calderón Solano</i>	134
Captación de Agua de Lluvia para el Uso y Manejo Integral del Traspatio. Una experiencia en el Municipio de Tuxpan, Jal. en la Comunidad “El Poblado”, donde se Implementó la Casa Modelo.	
<i>Jesús Gómez Méndez</i>	142
Sistema de Captación de Agua de Lluvia para uso Doméstico.	
<i>Roberto Licono Franco</i>	145
Agua de Lluvia para Beneficiar Café: Una Opción Ecológica.	
<i>Luciano Cordoval de Barros</i>	151
Barragens de Contencão de Águas Superficiais de Chuvas.	
<i>José Dimas López Martínez</i>	160
Modelo de Predicción de Rendimiento en Medicago sativa, L. en Función de las Propiedades Físicas del Suelo.	
<i>J. Santos Escobedo Rosales</i>	169
Algunos Sistemas de Laboreo al Suelo para Captar el Agua de lluvia en Zacatecas.	
<i>Sergio Uribe Gómez</i>	175
Conservación de Suelo y Agua en Suelos Agrícolas de Ladera del Estado de Veracruz.	
<i>Laura C. Ruelas Monjardin</i>	181
La Cuenca, un Sistema de Captación de Agua de Lluvia.	
<i>Tertuliano Caballero Aquino</i>	186
El Ferrocemento Aplicado en Obras de Captación de Agua de Lluvia en Oaxaca.	
<i>Juan de Dios Quevedo Guillén</i>	197
Producción de Variedades de Cártamo (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) Bajo Cinco Métodos de Riego Parcelario en la Comarca Lagunera.	
<i>Samuel Pérez Nieto</i>	203
Proyecto y Construcción de un Bordo de Almacenamiento de Agua para Riego en Tulancingo, Oax.	
<i>Sebastián González Dávila</i>	217
Modelo de Manejo Integrado en Cuencas Hidrográficas (Modelo: MMICH 1999).	
<i>Sergio Trueba Castillo</i>	224
Sistemas de Captación de Agua de Lluvia para la Producción Agropecuaria y Forestal.	
<i>Manuel Anaya Garduño</i>	228
Eficiencia en el Uso de Agua de la Coquia (<i>Kochia scoparia</i> L. Schrad Var. Esmeralda), Cultivo Forrajero.	
<i>Win Spaan, J. Ringersma</i>	234
Estimation of Water Use by Vegetation Barriers Based on Climatological Factors and Soil Moisture Levels.	

<i>K.F. Andrew Lo</i>	241
A Simulation Model of Flood Runoff Utilization in Taiwan.	
<i>Jessica Calfoforo Salas</i>	247
Community Based Resource Management: Philippine Experience.	
<i>Jorge L. Tovar Salinas</i>	252
Agua: Mito y Cultura en México Prehispánico.	
<i>Martín D. Mundo Molina</i>	273
La Importancia de las Ciencias Sociales y de Comunicación en la Transferencia de Tecnología, Caso de Estudio: Construcción de un Colector de Agua de Lluvia en la Comunidad Indígena Tzotzil de Yalentay, Chiapas.	
<i>M. Fortis Hernández</i>	282
Disponibilidad y Productividad en el Uso del Agua de Gravedad en la Laguna.	
<i>Enrique Salazar Sosa</i>	299
Alternativas de Desarrollo Sustentable en el Ejido Tres Manantiales.	
<i>Everaldo Rocha Porto</i>	314
Captação e Aproveitamento de Água de Chuva na Produção Agrícola dos Pequenos Produtores do Semi-árido Brasileiro: O que Tem Sido Feito e Como Ampliar Sua Aplicação no Campo.	
<i>Rubén Ríos Ángeles</i>	328
La Organización de una Cuenca Hidrográfica y las Acciones que Permiten Mejorar la Captación de Agua de Lluvia.	
<i>Abel Domínguez Rivero</i>	333
Agua, Vida o Muerte.	
<i>Luis Acosta González</i>	336
Sistema de Captación de Agua de Lluvia a Nivel de Piso. Zona de Zongolica.	
<i>Julio Rueda Rebolledo</i>	346
Conservación del Suelo y Agua en el Alto Papaloapan.	
<i>Pedro León Romero</i>	353
Sistemas de Captación de Agua de Lluvia.	
<i>Guía del itinerario de la ruta Xalapa-El Conejo</i>	355
Secretaría de Desarrollo Regional, Dirección General de Asuntos Ecológicos, Subdirección de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.	

VISIÓN RENOVADA DE LA AGRICULTURA EN EL CONTEXTO DE LA COOPERACIÓN TÉCNICA DEL IICA

JUAN JOSÉ SALAZAR CRUZ*
VÍCTOR TUNAROSA MURCIA*

La cooperación técnica que el IICA viene desarrollando presenta un enfoque sistémico, que permite dar cuenta de una realidad mucho más interdependiente, multidimensional y dinámica, incorporada en tres ejes: una concepción práctica, una finalidad viable y una estrategia para la acción.

El primer eje representa la visión multidimensional, interdisciplinaria y dinámica de la agricultura, reconociéndola como una estructura sistémica con cuatro tipos de interdependencias: las técnico-productivas, que se dan en la finca y en su entorno rural y medioambiental; las intersectoriales, que van de la finca hasta el consumidor; las macrosectoriales, que abarcan el conjunto de políticas macroeconómicas y sectoriales; y las de gobernabilidad, que implican los arreglos y la institucionalidad y sintetizan las relaciones entre el Estado, la sociedad civil y los mercados.

El segundo eje, la finalidad, que plantea el enfoque sistémico de la agricultura es el desarrollo sostenible de la agricultura y el medio rural, sustentado en el logro combinado y simultáneo de la competitividad, la equidad y la sustentabilidad.

El tercer eje, la estrategia, es la encargada de guiar la acción, la parte central del enfoque sistémico de la agricultura, es la transformación inducida, en la cual se consideran cuatro tipos de transformaciones: las humanas, las comerciales, las productivas y las institucionales, de tal forma que se logre la transformación social y humana en el marco de la globalización y la integración.

Globalización y Agricultura

La apertura y la integración son los procesos hegemónicos del presente y de los próximos años en las Américas y demás regiones del mundo. En este contexto, ha surgido con gran fuerza la "paradoja de la agricultura", la cual se refiere a las dificultades de reconocer el renovado papel y la gran importancia que ella y el medio rural han adquirido para la sociedad y los otros sectores económicos.

La dimensión supranacional de los procesos de integración, tales como los diversos acuerdos bilaterales y multilaterales que se han establecido en las Américas, el TLCN, la CARICOM, el MERCOSUR, la CAN, el MCCA, el ALCA y la OMC, entre otros, llegan a reconocer cuán compleja pero importante es la agricultura en toda la región, entre otras

* Representante AC-IICA/México

* Especialista en Desarrollo Rural Sostenible AC-IICA/México

razones, por las múltiples interdependencias económicas, sociales, culturales, territoriales y ecológicas que mantiene con los demás sectores económicos y la sociedad.

Cada vez es menos práctica y útil la concepción sectorialista y autárquica de la agricultura, que predominó hasta principios de los años ochenta y la cual se ve hoy fuertemente cuestionada, ante los procesos de integración y apertura, por su eficacia y disfuncionalidad. Esta situación se compadece con los grandes retos que enfrenta la institucionalidad pública y privada de la agricultura y el medio rural de los países de las Américas.

En consecuencia, uno de los grandes desafíos que enfrentan nuestros países es cómo lograr crear simultáneamente: a) una visión renovada de la agricultura que permita un accionar congruente, es decir holístico y sistémico, en el nuevo contexto de la globalización y la integración; b) una nueva institucionalidad que, en el actual y en los futuros escenarios, ampliamente protagonizados por los actores públicos y privados que cada vez adquieren importancia estratégica, permita hacer viables las grandes metas públicas de lograr la competitividad y de superar la pobreza; y c) el posicionamiento y revaloración de la agricultura y el medio rural de las Américas, a fin de que contribuyan esencialmente al desarrollo económico y social de nuestros países.

Coadyuvar con sus Estados Miembros a lograr esta visión sistémica, una nueva institucionalidad y el posicionamiento y revaloración de la agricultura y el medio rural en el nuevo entorno es, precisamente, una de las guías esenciales que orientan la cooperación y el que hacer del IICA, lo cual constituye un mandato de los países reflejado en el Plan de Mediano Plazo del Instituto para el período 1998-2002.

El nuevo papel de la agricultura en la Globalización

La necesidad de lograr el triángulo estratégico de una visión renovada, una nueva institucionalidad y el posicionamiento de la agricultura y el medio rural, además de corresponderse con el entorno, se debe sobre todo al nuevo papel que la agricultura juega en el desarrollo de la economía y la sociedad, hoy cada vez más globalizadas.

Hay dos conjuntos de hechos, de la mayor trascendencia, que han surgido en la etapa actual y han llevado a la agricultura a cumplir funciones y a hacer aportes renovados al resto de la economía y la sociedad. El primero de ellos es hacia el modelo sustitutivo de importaciones, como sector abastecedor de alimentos, proveedor de materias primas y mano de obra, generador de divisas y fuentes de empleo, creador de mercados y canalizador de excedentes, hoy se han visto ampliamente transformadas cuantitativa y cualitativamente con el nuevo modelo de apertura e integración y en el entorno de la globalización.

Los Ejes Estratégicos de la Cooperación del IICA

La necesidad de los países de generar una visión renovada, una nueva institucionalidad y el posicionamiento de la agricultura y el medio rural, así como de reconocer el nuevo entorno y el renovado papel de la agricultura y el medio rural y sus múltiples funciones, llevan al IICA a orientar estratégicamente su cooperación técnica, con el fin de apoyar a sus países miembros para que alcancen el desarrollo sostenible de la agricultura y el medio rural, en el contexto de la integración y como contribución al desarrollo rural humano.

Para ello el IICA colabora con los países para hacer frente a tres retos estratégicos mutuamente condicionantes: 1) Elevar la competitividad de la agricultura, 2) Lograr la sostenibilidad de los recursos naturales, 3) Mejorar las condiciones de vida en el medio rural.

Consecuentemente, el Instituto canaliza su cooperación técnica mediante seis áreas estratégicas, de las cuales cuatro son de concentración temática: Políticas y Comercio, cuyo campo prioritario es la inserción de la agricultura en el comercio internacional y en el proceso de integración de las Américas; Ciencia, Tecnología y Recursos Naturales, cuyas acciones prioritarias fortalecen los sistemas de innovación tecnológica y el desarrollo y manejo integrado de los recursos naturales; Sanidad Agropecuaria e Inocuidad de los Alimentos, orientada de forma prioritaria al fortalecimiento de los sistemas de sanidad agropecuaria y de inocuidad de los alimentos; y Desarrollo Rural, que da prioridad al mejoramiento de las condiciones de vida en las comunidades rurales.

Las otras dos áreas estratégicas, además de ser temáticas, son, dado su carácter universal, ejes articuladores de la acción de cooperación del Instituto: Capacitación y Educación, cuyo campo prioritario de acción es el fortalecimiento e integración de la educación agrícola superior y media de América Latina y el Caribe; e Información y Comunicación, cuya prioridad es apoyar el intercambio horizontal de información y la modernización de las instituciones que manejan los procesos informáticos y comunicacionales para la agricultura.

El Instituto, además, promueve el logro de un diálogo hemisférico sobre temas estratégicos y prospectivos que permita a los países adelantarse, con una mirada de futuro, los acontecimientos, combinando la urgencia de las acciones de corto plazo con la importancia de las prioridades de largo plazo.

El IICA, aprovechando la amplia red técnica, humana, física y comunicacional que tiene en 34 países de las Américas, también es un importante catalizador del intercambio horizontal de conocimientos, experiencias, informaciones y diálogos entre sus Estados Miembros y sus instituciones, lo que le ha permitido ser cada vez más útil y efectivo, justamente en un momento en que así lo requiere el proceso de integración de las Américas.

En este contexto de actuación, el Instituto colabora y apoya a las instituciones públicas y privadas, así como a organizaciones de enseñanza, educación y de servicios que desarrollan actividades encaminadas a facilitar la disponibilidad de agua para diversos usos, en especial para las comunidades y familias rurales, en donde este insumo es crítico o deficitario y está afectando la calidad de vida de las personas.

El cumplimiento y desarrollo del objetivo de “propiciar un intercambio de experiencias que permitan lograr un esfuerzo concertado hacia la búsqueda de lineamientos estratégicos sobre el uso racional del agua, con sistemas de producción económicamente viables que repercutan en el bienestar social”, concuerda con las orientaciones que sigue el Instituto en sus programas operativos que realiza en varios de los países de centro y sur América y en los últimos años en México.

Así mismo, nuestra institución está interesada en apoyar los esfuerzos que se vienen generando para la creación y puesta en marcha de una Red para América Latina y El Caribe, sobre los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia, a fin de que se puedan vincular y relacionar todas aquellas instituciones y personas interesadas con la generación y aplicación de estas tecnologías, así como con todos aquellos que trabajan en la aplicación de las mismas.

Finalmente, es motivo de inmensa satisfacción para la Representación del IICA en México, comunicar el apoyo que se brindará, a través de nuestra amplia red de oficinas de América Latina y El Caribe para que se pueda acceder a la Red y a través de ella adelantar Cursos de Capacitación a Distancia en la región, aprovechando el amplio material didáctico que viene produciendo el Colegio de Postgraduados.

REFLECTIONS ON THE UNITED NATIONS DESERTIFICATION PROGRAMS

**H. E. DREGNE
INTERNATIONAL CENTER FOR ARID AND SEMIARID LAND STUDIES
TEXAS TECH UNIVERSITY
LUBBOCK, TEXAS U.S.A.**

INTRODUCTION

Desertification is a term that received worldwide attention when the General Assembly of the United Nations decided in 1974 to convene a United Nations Conference on Desertification (UNCOD) to address the consequences of drought on human welfare. The call for convening such a conference came from a group of countries in the African Sahel that had experienced a catastrophic drought that lasted from 1968 to 1973. The prolonged drought did untold damage to humans, livestock, and vegetation. At least 100,000 people—mostly pastoral—were believed to have died from famine and disease as a result of the drought, despite relief efforts by private organizations, national governments, and United Nations agencies valued up to as much as \$200 million. The conference was convened in Nairobi, Kenya in 1977.

Drought was not a new phenomenon in the Sahel. A major one had struck the region in 1940 and what was perhaps the worst in history had occurred in the 1911 to 1913 period. What was different this time was the worldwide publicizing of the drought efforts and the existence of an organization—the United Nations—to bring international forces to bear on the coping with the disaster.

DESERTIFICATION

No one seems to know who came up with the idea to call the proposed international meeting a Conference on Desertification. Presumably, someone was looking for a term to describe the development of desert-like conditions that the drought had caused in the Sahel. In any event, the selection was a stroke of genius because it evoked a mental picture of desolation and tragedy that virtually guaranteed popular and political support for the conference. Everyone knew that a desert was something bad. Why or how it was bad was not important. It was only later, when a definition for desertification had to be devised, that the arguments began about just what desertification was supposed to be. Prior to UNCOD, the accepted cause of desertification was drought, and drought was expected to be the focus of the meeting.

At UNCOD, the following definition of desertification was adopted:

Desertification is the diminution or destruction of the biological potential of the land, and can lead ultimately to desert-like conditions.

In that definition, desertification was not confined to any particular climatic zone, dry or wet. Throughout the preparations for the conference, however, it was tacitly accepted that desertification was associated with land degradation in the arid regions. The climatic zones

of reference were those shown on a map prepared by Peveril Meigs, a geographer, and published by UNESCO in 1954 (Meigs, 1953). Those zones were labeled extremely dry, arid, and semiarid on the Meigs map.

A new definition was adopted unofficially at a meeting held at United Nations Environment Programme (UNEP) headquarters in Nairobi in 1991. That definition was much more specific than the UNCOD definition. It stated that Desertification is land degradation in arid, semi-arid, and dry sub-humid areas resulting mainly from human activities.

That definition is my favorite because it states unequivocally that humans are mainly responsible for desertification. A corollary conclusion is that if humans cause the problem, humans can correct it.

The latest United Nations definition was adopted at the United Nations Conference on Environment and Development in Rio de Janeiro in 1992. It is, presumably, the official United Nations definition. It is similar to the UNEP definition but clearly different in assigning causes of desertification.

Desertification is land degradation in arid, semi-arid and dry sub-humid areas resulting from various factors, including climatic variations and human activities.

The “climatic variations” term was a roundabout way to allow drought to be considered as a cause of desertification. In fact, what is now usually referred to as the United Nations Convention to Combat Desertification, which was proposed at Rio de Janeiro, actually is the United Nations Convention to Combat Desertification in Those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa.

Interestingly, the term “desertification” had been used in at least two scientific publications long before preparations for UNCOD had begun. The first was written by a French zoologist doing ecological research in the south of Tunisia (Lavauden, 1927). He never defined the word but described it as a process of misuse of grazing land, using as an example a fenced ranch in which grazing was controlled. The vegetation inside the fence was markedly more productive than the overgrazed land outside the fence. He blamed the poor pastoral lands outside the fence to human mismanagement of livestock.

The second publication was a book titled *Climats, Forêts, et Desertification* and published in 1949 (Aubreville, 1949). The author was a French botanist working in the humid forests of the Cote d’Ivoire and other French colonies. Aubreville never defined desertification, either. His description of desertified land was of forests that had been put under cultivation and become so badly eroded by water that they were useless for growing crops or trees.

My opinion now is that whoever named the Conference on Desertification probably had never read about Lavauden or Aubreville. And it probably did not make any difference in how the conference did its work or what the UNCOD definition was.

JUSTIFICATION FOR CONFERENCE

In the United Nations General Assembly, drought and its effects provided the reason for holding UNCOD. Yet, droughts are a normal part of the hydrologic cycle. Humans have been unable to cause or prevent droughts, at least until greenhouse gas emission became significant. Instead, all that could be done about droughts was to alleviate their effects. That remains true today. Droughts are inevitable.

At the beginning of the preparations for UNCOD, in 1975, the primary focus of meetings of the scientists who were asked to advise the Executive Director of UNEP, Dr. Mostafa Tolba, was on drought, its characteristics, effects, and how to ameliorate adverse impacts. That focus faded rapidly as it became apparent that there was nothing unusual about the 1968-1973 drought. Instead, drought was seen to be but one of the problems of arid regions. And one that could not be predicted but for which relief preparations could be made to minimize the human and natural resource damage that droughts brought. Rather, the underlying and pervasive problem was land (soil and vegetation) degradation, due primarily to voluntary or involuntary human misuse of the resource. Drought merely exacerbated the problem.

After that conclusion was reached, virtually all attention on UNCOD preparations centered on the social, economic, physical, and biological aspects of land degradation in the drylands. The attitude in the advisory group changed from one of near-hopelessness (when unpredictable and uncontrollable drought was the villain) to guarded optimism (what humans did, humans could undo). The fatalism of inshallah (God willing) was replaced by the optimism of pioneers (anything is possible).

DESERTIFICATION ASSESSMENT

The United Nations resolution on UNCOD specified that a world map should be prepared showing areas affected and likely to be affected by desertification, all available information on desertification and its consequences should be gathered and assessed, needed research should be identified, and a plan of action to combat desertification should be prepared.

In 1976, the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), the United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization (UNESCO), and the World Meteorological Organization (WMO) were charged with construction of maps of the global status of desertification (land degradation) and of vulnerable lands. The map that was produced was labeled a "World Map of Desertification" (FAO & UNESCO, 1977). In fact, though, it was only a vulnerability map. No attempt was made to show the global status of desertification or to even indicate where desertification was or was not a problem.

Failure to formulate a desertification status map was apparently due to lack of data or lack of time. In any event, it left the conference participants with no idea of where the affected areas were. Because of the misleading name, the map has been used as a problem-area map, not just a map showing where desertification was likely to occur if the land was misused.

In the absence of a desertification status map, which I thought was essential for any intelligent planning globally, I offered to create my own map in the short time remaining before the conference was to begin. My status map was published by UNCOD as one of three volunteered maps. The other two maps were a climate aridity index map, by D. Henning and

H. Flohn of the University of Bonn, and a scheme of aridity and drought probability by V. A. Kovda, B. G. Rozanov, and S. K. Onischenko of U.S.S.R. Academy of Sciences (UNCOD, 1977).

My desertification status map was a crude one, based on little information, most of which was anecdotal. Later, I compiled country-by-country estimates of the severity of desertification by three land uses (rangeland, rainfed cropland, and irrigated land) for 100 countries in the arid regions (Dregne and Chou, 1992). These estimates have low validity because the data base on the effects of land degradation on soils and vegetation is negligible.

Estimates depend heavily on informed opinion. It was my hope that the individual country estimates would stimulate local scientists to make their own estimates which, in turn, could be improved by others in a series of approximations that would ultimately produce a reasonably reliable map and tables of country estimates. Regrettably, that has not happened.

Although there has been no improvement, by and large, in country desertification status estimates, an excellent global map of soil degradation has been created. The map is the result of UNEP's Global Assessment of Soil Degradation (GLASOD) project. The project was executed by the International Soil Research and Information Centre (ISRIC) in Wageningen, The Netherlands. The project map refers only to soil degradation, not to land degradation. Only human-induced degradation is shown on the map (Oldeman et al., 1991).

DESERTIFICATION INFORMATION

Four scholarly reviews were commissioned by the UNCOD secretariat to comply with the General Assembly resolution (Table 1). The reviews were in depth analyses of available information on land degradation in the drylands. They covered data sources from around the world, then proposed possible solutions for the problems, and identified further research needs.

Table 1. Component reviews of desertification

<u>Review</u>	<u>Title</u>	<u>Author(s)</u>
Climate	Climate and Desertification	F. K. Hare
Technology	Technology and Desertification	M. Anaya Garduño
Ecology	Ecological Change and Desertification	A. Warren and J. K. Maisels
Social Factors	Population, Society and Desertification	R. W. Kates, D. L. Johnson, and K. Johnson

The four comprised the scientific base for the plan of action that came out of the conference (United Nations, 1978). A panel of scientists was appointed to provide advice and guidance to each of the component review authors.

These little-publicized component reviews were excellent assessments of the current status of knowledge on the four principal subjects. In each instance, the authors acted on the assumption that there already was adequate information on land degradation processes and their control to enable immediate action to be taken. Further research certainly was needed, but lack of knowledge was no excuse for doing nothing.

One of the first descriptions of the history of water harvesting was included in the technology review (Anaya, 1977). It described large and small catchments, made a comparative evaluation of their cost and effectiveness, and indicated the level of technology needed for successful operation of the systems. Field studies have demonstrated the value of water harvesting as a practice to alleviate drought impacts and also to reduce the risk associated with crop production in arid regions.

CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION

Drought is, at first glance, a major concern addressed by Convention to Combat Desertification, in Those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa. The convention is commonly referred to, for reasons of brevity, as the CCD. Why drought was made the first topic of concern in the title is unknown. UNCOD ignored drought, more or less, and UNEP has done the same in the intervening years. More telling, for the CCD, is the near total absence of any discussion of drought in the preparatory phase of development of the convention. As the title makes clear, drought is a concern of the convention whether or not desertification has occurred.

While the convention repeatedly refers to “combat desertification and mitigate the effects of drought”, drought—whether serious or not—is of only passing interest. It is as though everyone knows droughts cannot be controlled, only mitigated, so there is little reason to think

about drought when times are good. Water harvesting successes show the fallacy of that reasoning, since water harvesting is valuable when rainfall is average, as well as when it is below normal.

Drought is a natural event which is quite independent of desertification, if for no other reason than drought is natural and desertification is human-induced. Even though drought occurrence can neither be predicted nor controlled, mitigation of its effect can be helped by knowing more about the historical record and the atmospheric science of droughts. Emergency relief is not the only option.

CONCLUSIONS

Droughts of a significant magnitude to affect human welfare probably occur every year somewhere on earth. Yet, little is being done to better understand the factors that influence the occurrence and severity of droughts. Efforts to mitigate the impact of droughts utilize more than emergency measures or storage of crop reserves. Droughts begin as a shortage of water but they soon affect many other aspects of the physical, biological, social, and economic environment. Analysis of the 1968-1973 Sahel drought has shown that ultimately the greatest damage to the livestock industry and human welfare came from a shortage of food and feed, not water. Drought studies were neglected after UNCOD ended and they are being ignored again now that the CCD has been adopted.

REFERENCES

- Anaya Garduño, M. 1977. Technology and Desertification. United Nations Conference on Desertification A/CONF. 74/6, Nairobi. 122 p.
- Dregne, H. E., and N. T. Chou. 1992. Global desertification dimensions and costs. In H. E. Dregne (ed.), *Degradation and Restoration of Arid Lands*, Texas Tech University, Lubbock, p. 249-282.
- FAO & UNESCO. 1977. World Map of Desertification. United Nations Conference on Desertification A/CONF. 74/2, Nairobi. Map scale 1/25,000,000.
- Meigs, P. 1953. World distribution of arid and semi-arid homoclimates. In *Reviews of Research on Arid Zone Hydrology*, Arid Zone Programme 1:203-210, Unesco, Paris.
- Oldeman, L. R., R. T. A. Hakkeling, and W. G. Sombroek. 1990. World map of the status of human-induced soil degradation, An explanatory note. International Soil Research and Information Centre, Wageningen, The Netherlands. 27 p. Map scale 1/10,000,000.
- UNCOD. 1977. Experimental Maps on Desertification. United Nations Conference on Desertification A/CONF. 74/31. Map scale 1/25,000,000.
- UNESCO. 1979. Map of the world distribution of arid regions. Explanatory Note, UNESCO, Paris. 54 p. Map scale 1/25,000,000.
- United Nations. 1979. Round-up, Plan of Action, and Resolutions, United Nations Conference on Desertification, United Nations, New York. 43 p.

**PRECIPITATION, HYDROLOGY, AND ENVIRONMENTAL CONSIDERATIONS
OF THE RIO CONCHOS, CHIHUAHUA, MEXICO □**

**ROBERT H. SCHMIDT, JR.
DEPARTMENT OF GEOLOGICAL SCIENCES
THE UNIVERSITY OF TEXAS AT EL PASO
EL PASO, TEXAS 79968**

ABSTRACT

Abstract. The Rio Mayo is a very important exotic river that flows across the Chihuahuan Desert from the Sierra Madre Occidental. The river is the largest tributary to the Rio Grande (Rio Bravo del Norte) contributing more than 23 percent of all water that flows in the total river system. An assessment of the ongoing and future threat to the environmental integrity of this naturally renewable resource is extremely important and has basically been neglected. This drainage basin and others in the Sierra Madre is under substantial pressure and stress as a result of assorted land use abuses. Less than 20% of the watershed contributes to substantial runoff and much of that is the result of a strongly confined seasonal flow. Mean annual precipitation for the area above the upper reservoirs varies from about 600 mm to 1100 mm. The precipitation gradient for the river's entire watershed is only 20 mm/100 m, but the mean average precipitation increases to over 50 mm/100 m in upper-gaining section. The climatic-hydrologic fragility of the watershed coupled with thin soils, steep slopes, rapid runoff, and reckless and environmentally abusive land use practices are resulting in the loss of this truly vital watershed. Erosion is already a major problem and stripping the mountains of the remaining forest will fill the already heavily silted reservoirs. If not properly managed, this naturally renewable resource will be lost or seriously impacted at the cost of very short-term economic gains.

In Mexico where more than half of the land is dominated by arid (22%) and semiarid (31%) climates, and similarly in the adjoining U.S., water, its quantity, quality, and efficient control is extremely crucial. As a result of orographic precipitation often substantially augmented by tropical storms and hurricanes, the Sierra Madre Occidental represents the most important watershed in Mexico certainly in terms of its value to irrigation agriculture and forestry. Approximately a third of the major rivers in Mexico have their origin in the Sierra Madre. More than a dozen of the largest and most valuable irrigation districts in nine states including Texas derive a substantial proportion if not all of their water from the Sierra.

Seldom appreciated is the eastward flowing Rio Conchos. This exotic river represents the only water to flow across the Chihuahuan Desert from the Sierra Madre Occidental and reach the Atlantic Ocean. Its headwaters originate only 235 km from the Gulf of California/Pacific Ocean. The Rio Conchos is the largest tributary to the Rio Grande contributing between 23 and 27% of all water that flows in the total river system (computation by author based upon IBWC data). The quantity and quality of water contributed by the Rio Conchos is much more important than this figure suggests, because the Rio Grande now operates as two rivers. There is very little waterflow for about 225 kilometers downstream from the El Paso-Juarez valley to its confluence at Ojinaga-Presidio just west of the Big Bend National Park, Texas. Nearly the entire Rio Conchos watershed is located within the boundaries of Mexico's largest state - Chihuahua. A small, but very significant portion of the watershed lies in the mountains of northern Durango. Here the major tributaries of the rios Florida, Parral, and Balleza have their origin in one of the highest and wettest areas in the entire Sierra Madre. Officially the entire drainage basin consists of 76,407 km², which represents 31% of the state's area. For certain purposes researchers may wish to base calculations on an area of 62,881 km² which excludes the 13,526 km² representing the immediate drainage along the Rio Grande.

The Rio Conchos headwaters originate at 2860 m in one of the highest areas in the northern Sierra. From here it flows eastward through a very remote region, and eventually becomes an exotic river as it traverses the Chihuahuan Desert to its junction with the Rio Grande at approximately 800 m. Almost a third of the entire watershed is above the river's largest dam and reservoir - - Presa la Boquilla. Only 20% or less of the watershed contributes to substantial runoff and much of that is the result of a strongly confined seasonal flow. Approximately three-fourths of the watershed is in the semiarid and arid losing portion or where evapotranspiration exceeds precipitation.

Precipitation. The relatively high mountainous knob, that represents the humid headwater area, creates orographic lifting of moisture laden air coming from both the Atlantic and Pacific oceans. An unknown combination of orographic lifting, moisture plumes from organized tropical storms, and mesoscale convective systems produce the high precipitation totals found in this area. These localities receive more than two-thirds of their annual precipitation from June through September with maximum rainfall occurring in July and August. Nearly all of the moisture falls as rain. Although snowfall gets a lot of attention when it does occur, it only represents a minor proportion of the total. Snow depth

measurements are not made on an official basis in the Sierra, except for the number of days it falls. Although greater snow depths undoubtedly do occur at higher altitudes, the largest number of days with snowfall in the entire Sierra Madre Occidental and in the Rio Conchos watershed is at Bocoyna with 7 days annually. Other high altitude locations average 4½ to 6 days of snowfall each year.

The entire watershed of the Rio Conchos receives an official average precipitation of 420 mm annually (IBWC, 1997). The Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 1997) calculates the mean as 430 mm/yr during the period 1960-1995 for the immediate watershed (62,881 km²), and an average of 410 mm for the all inclusive area (76,407 km²). As a measure of annual precipitation dispersion, the coefficient of variation for both areas of the watershed was approximately 23.5. This value is very similar to the coefficients of variation the author found for interior localities in Sinaloa (Schmidt, 1978). The averages for the watershed are essentially the same as that obtained by the author who constructed a precipitation map based upon a compilation of climatic data and its corresponding terrain-altitudinal features (Schmidt, 1975 with updating of data), and making planimeter measurements of the area(s) within the parameters. This is also the methodology used for the distributions of the climatic classifications. Because there are so few reporting stations in the high Sierra, weather data from surrounding areas was relied on more heavily than normal in constructing the isohyetal map. Those areas receiving 600 mm of precipitation or more each year (considered here as the gaining area) is only 7 percent. This fact coupled with the strong concentration of rainfall in the 3-4 summer months (> 65% of total) represents a very fragile environment.

The most representative highland areas (eg. > 2100 m) receive 800 to 1100 mm of moisture each year. The maximum precipitation actually recorded in the watershed is at San Juanito (2438 m) with approximately 835 mm followed closely by nearby Bocoyna. Other nearby stations just west of the continental divide receive mean annual rainfalls in excess of 1100 mm. The lowest rainfall totals occur in the river's lower section and receive less than 200 mm annually.

Precipitation and Altitude. The precipitation gradient for the entire Rio Conchos watershed averages nearly 45 mm/100 m for the 2050m altitudinal gain. The lower two-thirds of the watershed, which lies in the Chihuahuan Desert and below the upper dams, increases in altitude by approximately 500 m (from approximately 800 m to 1350 m). Here the rainfall increases by an annual average of only 100 mm producing a precipitation gradient of only 20 mm/ 100 m which is less than half of the overall average. The gradient for the gaining area above the upper reservoirs is much more important. For this portion of the watershed the mean average precipitation increases to over 50 mm/100 m.

Environmental Considerations. As can be ascertained from the foregoing, the well-being of the Rio Conchos, although large in total area, is extremely dependent upon a very small area of its watershed to supply the quantity and quality of water people have come to expect. This expectation level extends down its entire length to the Gulf of Mexico. Judging from human exploitation and land use activities, it appears that little thought has been given to protecting this vital watershed and its far reaching effects.

Recent data procured by environmental groups (e.g. American Rivers News Release, 1993) indicates that the Rio Grande - Rio Conchos is one of the most environmentally endangered rivers in North America. Further, a February 1996 press release by Mexico's National Water Commission (CONAGUA) indicates that 79 percent of Mexico's surface water supplies are contaminated by farm or domestic residues, and that more than 90 percent of domestic wastewater was dumped untreated into surface or subsurface waters. There is no reason to suspect that the Rio Conchos and its extensive tributaries are not represented in these statistics. A large number of cities, towns, and villages utilize surface water from the Rio Conchos for domestic purposes. The larger settlements include Chihuahua City, Hidalgo del Parra, and Delicias. Although the upper reaches of the Rio Conchos are an area that has experienced substantial logging since the Chihuahua to the Pacific railroad penetrated the region decades ago, it was not until the late 1980's that the most recent threat to the well being of Mexico's most important watershed was formulated by the World Bank. This project which was promoted as a "Forestry Development Project" that would cut-over approximately 81,000 km² of forest in the Sierra. The Bank was to provide a \$45.5 million (U.S.) loan to assist the financing of a \$91 million (U.S.) logging scheme. The loan was intended to help the Mexican government correct its trade deficit mainly by reducing its dependence on imported paper pulp and increasing the production of wood. Apparently this is not unique situation. Recently the German chapter of the World Wildlife Fund accused both the International Monetary Fund and the World Bank of contributing to the deterioration of the global climate and biodiversity by forcing many tropical countries to destroy their forest to earn the income needed to make debt and interest payments. The main objectives of this loan were to provide for road repair and maintenance, more saw mills and logging equipment, and forest management training. The World Bank had stressed that the project was designed to improve the area's watersheds by refurbishing "only" 1200 kilometers of existing logging roads. Although 1200 kilometers of forest roads may not seem like much to some, this is a substantial amount considering the few all weather roads found in the region today. Conveniently overlooked is the impact created by all the settlers and their livestock that follow the roads into the logged-over areas.

Although the project is touted as forestry development, it is fraught with massive problems, inconsistencies, misconceptions, and naivete. For example, their climatic information represented a wish list rather than factual data. Included were rainfall and snow accumulations that were far above average, and a growing season-tree growth cycle that was totally unrealistic. In reality the World Bank was attempting to fund a logging operation that has far reaching and permanent consequences. As a result of substantial pressure from environmental and human rights organizations, the project was put on hold. But other schemes to exploit the watershed will and have come with or without the World Bank's involvement.

A large proportion of the land in the forested region under the jurisdiction of the Tarahumara and Tepehuan Indians. Unfortunately these people rarely possess the organizational and technical skills to protect or benefit from their resources. Often they do not want to sell their trees at any price, but through various forms of coercion, corruption, and clandestine operations the trees have disappeared.

Of particular concern are new policies within the Mexican government that pose as an additional threat to the already embattled Sierra Madre ecosystem and its indigenous inhabitants. In 1992, the Mexican Congress initiated a fundamental restructuring of Mexican agrarian law resulting in the privatization of ejidos (communal held lands), the abolishment of ancestral claims, and the economic participation by foreign business corporations.

Summary. The Rio Conchos is a deteriorating and increasingly threatened river system. The very small gaining or contributing area of the watershed, coupled with substantial variability and seasonal concentration of rainfall, thin soils, steep slopes, and rapid runoff make this area rather fragile to any form of exploitation or development activities. Erosion is already a major problem. Stripping the mountains of the remaining forest will fill the already heavily silted reservoirs and seriously impact, if not eliminate irrigation agriculture in north-central Mexico and by extension down through the entire lower Rio Grande.

An assessment of the ongoing and future threat to the environmental integrity of the largest tributary to the Rio Grande is extremely important and has basically been neglected. The Rio Conchos watershed and its environmental issues are very far reaching. This topic and its solutions are certainly important to both sides of the U.S.-Mexico border. The threat to health, well being, and economic development of the region are major components of this project. If logging practices, overgrazing, leaching from mine tailings, and other land uses that are environmentally abusive are allowed to continue in a reckless fashion, the ability to maintain water quantity and quality for irrigation agriculture, electrical generation, domestic uses, tourism, wildlife, and other naturally renewable resources, which are extremely valuable activities, will be lost or seriously impacted at the cost of very short-term economic gains.

This on going study is focusing on the collection, interpretation, and presentation of information pertaining to the climate, hydrology, and land use of the Rio Conchos watershed. By determining and clarifying the importance of this watershed, the basin and its environmental ingredients will provide a much needed baseline of information for the region's water balance and its relation to specific land uses. The main outgrowth of this research is to promote environmental awareness of an extremely important and overlooked topic, and to stimulate the formulation of substantial and meaningful safeguards to protect the naturally renewable resources of this watershed from short-term and short-sighted economic gains. Judging from human and development activities in this area, both in the past and in the planned future, it appears that little thought has ever been given to protecting the integrity of this vital watershed.

BIBLIOGRAPHY

- Alvarez Gómez, Angel. Various dates. Agenda Agroclimatologica y Geografica por Municipios, and various Compendio Estadistico... Estado de Chihuahua, Servicio Meteorologico y Geografico.
- CONAGUA. 1997. Unpublished office records in the regional centers at Cd. Chihuahua and Hermosillo.
- De Martonne, Emmanuel. 1926. Areisme et Indice d'aridite. Comptes Rendus de L'Academie des Sciences de Paris, 182: 1395-1398; & (in English) 1927. Regions of Interior Basin Drainage. Geographical Review, 17: 397-414.
- Direccion General de Geografia del Territorio Nacional. 1982. Atlas Carta de Mexico: Topografica 1:250,000. Mexico, D.F.: Coordinacion General de los Servicios Nacionales de Estadistica, Geografia e Informatica (now INEGI). Earlier editions include Departamento de Cartografico Militar de México, Inter-American Geodetic Survey, and Army Map Service (U.S.) Mapas de los Estados Unidos Mexicanos. Washington: U.S. Army, Corps of Engineers, Series F501, scale 1:250,000, 1963-1966.
- Garcia, E. 1970. Carta de Climas. Instituto de Geografia, Univ. Autonoma de Mexico. Comision de la Republica del Territorio Nacional, scale 1:500,000.
- Garcia, E. 1964. Modificaciones al Sistema de Clasificacion de Köppen, Mexico, D.F.: Offset Larios.
- International Boundary and Water Commission. 1997. Flow of the Rio Grande and Related Data. Water Bulletin No. 58.
- INEGI 1981. Carta Hidrologica, Aguas Superficiales. Scale 1:1 mil, and 1:250,000, 1984.
- Instituto de Geografia. 1970. Carta de Climas de la Republica: Comisión de Estudios del Territorio Nacional, Universidad Nacional Autónoma de México, scale 1:500,000. Chihuahua 13R-111.
- Lowerre, Richard, 1990. Evaluation of the Forestry Development Project of the World Bank in the Sierra Made Occidental in Chihuahua and Durango Mexico. Unpublished report. Texas Center for Policy Studies, Austin, TX
- Mosiño P.A. and Garcia, E. 1974. The Climate of Mexico. In Climates of North America, R.A. Bryson and F.K. Hare (eds.), Vol. 11 of World Survey of Climatology, H.E. Landsberg (ed. in Chief), Amsterdam: Elsevier, 345-404.
- Mosiño P.A. 1964. Surface Weather and Upper-Air Flow Patterns in Mexico. Geofisica Internacional, Technical Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology, Vol. 4: 117-169.

- Schmidt, Robert H., Jr. 1993a. The Significance of Mexico's Sierra Madre Occidental as a Watershed. Pp. 242-243; and La Importancia de la Sierra Madre Occidental Mexicana Como un Vertedero de Agua. Pp. 243-244. In: Goodell, P.C. and I. Reyes C. eds. Energy Resources of the Chihuahua Desert Region. Univ. of Texas, El Paso. Dept. of Geological Sciences.
- Schmidt, R.H., Jr. 1993b. Chihuahua, Tierra de Contrastes Geográficos. In Historia General de Chihuahua I: Geología, Geografía y Arqueología. Arturo Marques-Alameda, Vol. Coordinator, 45-101.
- Schmidt, R.H., Jr. 1986. Chihuahuan Climate. Pp 40-63 in Barlow, J.C., A.M. Powell and B.N. Timmermann eds., Chihuahuan Desert-U.S. and Mexico II. Alpine, Texas: Chihuahuan Desert Research Institute.
- Schmidt, R.H., Jr. 1983. Climatic Data Base for the State of Chihuahua: A 5 mega byte data base assembled and verified with support from the Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) and Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) of Mexico with the cooperation of A. Alvarez Gomez, Director, Servicio Meteorológico y Geográfico del Estado, Cd. Chihuahua, Chih., Mexico.
- Schmidt, R.H., Jr. 1978. The Climate of Sinaloa, Mexico. Climatological Publications, Mexican Climatology Series 2. Tempe: Arizona State Univ. State Laboratory of Climatology.
- Schmidt, R.H., Jr. 1975. The Climate of Chihuahua, Mexico. Technical Reports on the Meteorology and Climatology of Arid Regions. Tucson: Inst. of Atmospheric Physics, Univ. of Arizona.
- Secretaria de Recursos Hidraulicos. 1977. Boletin Hidrologico No. 29, Region Hidrologica No. 24, Cuenca del Bajo Bravo y Conchos. Tomos I, II & III.
- Servicio Meteorologico y Geografico. 1990. Compendio Estadistico de Precipitacion Pluvial Registrada (& 5 various statistics for temperatures). Chihuahua: Boletin Meteorologico, Tomos 1-7.
- Servicio Meteorologico y Geografico. 1988. Agenda Agroclimatologica y Geografica Por Municipios: Estado de Chihuahua, Cd. Chih., Mexico.
- Servicio Meteorologico Nacional. 1976. Normales Climatologicas: Period 1941-1970. Mexico: Direccion General de Geografia y Meteorologia, Secretaria de Agricultura y Ganaderia. Reprinted in 1982.

DISPONIBILIDAD HIDRICA DE LA REGION DE MARTINEZ DE LA TORRE, VERACRUZ

ARTEAGA RAMÍREZ RAMÓN ¹

VÁZQUEZ PEÑA MARIO ALBERTO ²

INTRODUCCION

Generalmente las clasificaciones climáticas utilizan valores promedios mensuales de los elementos que éstas consideran para definir el clima de una región, para el caso de la temperatura media estos valores son representativos, no así para el caso de la lluvia, ya que su valor más frecuente es la moda y no la media. Partiendo de lo que se acaba de comentar las clasificaciones que utilizan lluvia media, para definir el clima de una zona, están sobreestimando la disponibilidad de este elemento.

Hargreaves (1975 y 1977), señala que los criterios que a continuación se mencionarán han sido ampliamente aplicados en el análisis de climas o evaluación de rangos o potencial agrícola en varios países de América Latina y Africa, en base a la disponibilidad hídrica, que se determina por medio de un índice que éste propone. Reporta el criterio de clasificación climática que utilizó en un estudio de precipitación relacionada a la producción agrícola en el noreste de Brasil, (cuadro 1).

Cuadro1. Clasificación climática y productiva para el Índice de Hargreaves (MAI)

Criterio	Clasificación Climática	Clasificación Productiva
Todos los meses con un MAI de 0.00 a 0.33	Muy árido	No apropiado para agricultura de temporal
Uno o dos meses con un MAI \geq 0.34	Arido	Poco apropiado para agricultura de temporal
Tres o Cuatro meses con un MAI \geq 0.34	Semiárido	Posible producción para cultivos 3 a 4 meses
De cinco a más meses consecutivos con un MAI \geq 0.34	Semihúmedo	Posible producción para cultivos que requieren un buen nivel de contenido de humedad durante 5 meses o más.

FUENTE : Hargreaves (1975 y 1977)

Además indica que se encontró una buena relación entre esta clasificación y el potencial agrícola en campos de Brasil y México. Así mismo Hargreaves (1975 y 1977), cita la propuesta que hizo el mismo en 1972 en la que menciona que el MAI* sea adoptado como

^{1 y 2} Departamento de Irrigación Universidad Autónoma Chapingo.

un índice estándar para la medición de las deficiencias y excesos de agua; para esto propone la siguiente clasificación.

Cuadro 2. Clasificación de deficiencias y excesos de agua con el uso del MAI*.

Rangos de MAI	Clasificación
0.00 a 0.33	Muy deficiente
0.34 a 0.67	Moderadamente deficiente
0.68 a 1.00	Poco deficiente
1.01 a 1.33	Adecuado
≥ a 1.34	Excesivo

FUENTE: Hargreaves (1975 y 1977)

Menciona que esta clasificación puede aplicarse para la mayoría de las condiciones de suelo. La lluvia probabilística confiable o más probable que utiliza en su índice, según Hargreaves (1975 y 1977), es la precipitación que tiene una probabilidad específica de ocurrencia en este caso él propone al 75 % de excedencia, basándose en el análisis de registros de precipitación anteriores y es la que utiliza en sus dos clasificaciones mencionadas.

Otro criterio que sirve para determinar el potencial hídrico de una región es el de la FAO (1981) que considera al período de crecimiento como el número de días durante el año en el que existe disponibilidad de agua y una temperatura favorable para el desarrollo de cultivos. El cálculo del período de crecimiento se basa en un modelo simple de balance de agua, al comparar la precipitación con la evapotranspiración potencial (ETP) ambas en datos promedios mensuales. A continuación se describen los diferentes tipos de períodos de crecimiento por disponibilidad de humedad:

A) Período de crecimiento normal

En el período de crecimiento normal se destacan los siguientes puntos:

a.1) Inicio del período de crecimiento y de la temporada de lluvia. Se define cuando $P \geq 0.5$ ETP y se considera que esta cantidad de agua es suficiente para la germinación de las semillas de los diferentes cultivos.

a.2) Período húmedo. Es el intervalo de tiempo en el cual $P > ETP$. En este caso se satisfacen las demandas tanto de la evapotranspiración de los cultivos a una máxima cobertura, como el déficit de humedad en el perfil del suelo.

a.3) Terminación de la estación lluviosa. La estación lluviosa termina cuando la $P \leq 0.5$ ETP, después del período húmedo.

a.4) Terminación del período de crecimiento. Cuando existe un período húmedo la terminación del período de crecimiento va más allá de la terminación de la estación lluviosa, ya que los cultivos frecuentemente maduran con las reservas de humedad almacenadas en el perfil del suelo. Por tanto la terminación del período de crecimiento excede un número de días a la terminación de la estación lluviosa, tal que es suficiente para evapotranspirar las reservas de humedad del suelo.

B) Período de crecimiento intermedio

Son aquellos en los que a través del año la precipitación no excede la evapotranspiración potencial, pero excede a la mitad de la evapotranspiración potencial, es decir, no tiene períodos húmedos. En este caso no hay reservas de humedad en el suelo, esto origina que el inicio y terminación del período de crecimiento coincida con el inicio y terminación de la temperatura de lluvias.

C) Período de crecimiento húmedo todo el año.

En este caso la precipitación sobrepasa a la evapotranspiración potencial durante todo el año. A este tipo de período de crecimiento se le considera como período normal de 365 días.

D) Período de crecimiento seco todo el año.

La precipitación durante todo el año es menor a la mitad de la evapotranspiración potencial. En este caso se tiene un período de crecimiento de cero días. Aunque la FAO no lo indica, estos periodos de crecimiento definen la disponibilidad hídrica de un clima dado.

Los *objetivos* de este trabajo son: el primero realizar el estudio de la disponibilidad hídrica de la región de Martínez de la Torre, Veracruz para lo cuál se consideraron los criterios de Hargreaves (1975 y 1997) y el de la FAO (1981), con las adecuaciones que se indican. El segundo fue determinar las diferencias que existen de estos dos criterios entre ellos y con una clasificación tradicional y por último definir la adecuación hídrica de varios cultivos a esta región al utilizar el MAI*.

MATERIALES Y METODOS

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.

Localización geográfica.

La zona de estudio está ubicada, en su mayor parte, en el Estado de Veracruz, en la llamada Planicie Costera Nororiental (Tamayo, 1962 citado por Cisneros, 1985) y una pequeña parte de área denominada Lomerio Nororiental I, entre las coordenadas: lat. 19° 55'N, long. 96° 30'W y lat. 20° 15'N, long. 97° 15'W, comprende principalmente a los municipios de Martínez de la Torre, Nautla, Tlapacoyan y partes de Tecolutla, Vega de Alatorre (Planicie Costera Nororiental) Misantla, Copila (Lomerio Nororiental I), además del municipio de San José Acateno y parte de Hueytamalco (Estado de Puebla). En la figura 1, se muestra gráficamente la zona de estudio.

Clima.

A partir del atlas nacional del medio físico, INEGI (1988), la variación del clima en la región tiene dirección suroeste de un clima cálido subhúmedo a un semicálido húmedo. Hacia las partes planas, en el litoral se tiene un clima $Aw_1(x')$, clasificado como cálido subhúmedo con lluvias

en verano; en el norte y una pequeña parte del sureste del área de estudio el clima predominante es $Am(f)$, cálido húmedo con abundante lluvia en verano. Hacia una franja de altitud transicional (para el suroeste), se presenta un clima $AF(m)$; diferente del anterior

en que es más húmedo con lluvias todo el año. Más hacia el suroeste, para la zona alta, la situación altitudinal modifica tanto el monto de la temperatura como de precipitación, resulta un (A)C(fm): semicálido húmedo con lluvias todo el año; en esta zona la temperatura disminuye y la precipitación aumenta como con secuencia del choque de las masas de aire provenientes del Golfo,(figura 2).

METODOLOGIA.

Manejo de la información meteorológica.

✓ Para realizar el presente trabajo se obtuvo información climatológica a nivel diario de temperaturas máximas y mínimas, precipitación y evaporación para las estaciones meteorológicas del área de estudio. La información necesaria, se obtuvo a partir del software ERIC (Extractor Rápido de Información Climatológica), editado por el IMTA (1996).

Selección de las Estaciones Meteorológicas utilizadas.

La etapa inicial consistió en ubicar todas las estaciones meteorológicas que se encontraran dentro del área de estudio. En el Cuadro 3 se muestra dichas estaciones con su localización, categoría y el año a partir del cual tiene información. Posteriormente se seleccionaron las estaciones que tuvieran por lo menos 10 años de información continua. Debido a que la mayoría de las estaciones no cumplían este requisito, se tomaron en cuenta las estaciones que tuvieran espacios sin información dentro del período de información considerado, de máximo dos meses.

En el cuadro 4 se reportan las estaciones meteorológicas que cumplieron con el criterio de selección, además del número de años de registro para cada variable. Así mismo, en la figura 3, se muestra la distribución de las estaciones seleccionadas en el área de estudio.

Obtención de la información

La información climatológica necesaria, se obtuvo a partir de la base de datos del software ERIC, el cual es una base de datos compactada, con un programa administrador para extraer la información, programado para poder hacer diversos tipos de consultas, según criterios de tiempo y de región geográfica, las cuales se mencionan más adelante. La información requerida se obtuvo en formato estándar de archivos de texto, que puede editarse en una hoja de cálculo o en cualquier programa editor.

Estimación de la información faltante.

Después de haber seleccionado las estaciones a tomar en cuenta, para el desarrollo del trabajo, se estimó la información que faltaba entre los períodos que se tomaron en cuenta para cada variable y cada estación. La información se estimó de la siguiente manera: para el caso de la temperatura máxima, temperatura mínima y evaporación, ésta se estimó con el cálculo del promedio, a nivel diario, de los datos de los años que si contaba con dicha información y, para el caso de la precipitación, ésta se estimó con la moda, para este caso se usó igualmente los datos diarios de los años que cuentan con dicha información.

Agrupación de la información.

Cuando se trabaja con probabilidades, el análisis de la lluvia a nivel diario, presenta el inconveniente de tener poco ajuste.

La agrupación de la información climatológica que se tenía a nivel diario, para su análisis se realizó de manera pentadal. La agrupación se hizo en una hoja de cálculo de la siguiente forma:

- Para los datos de temperaturas, se determina el promedio de éstas, a nivel pentadal, es decir se calcula el promedio de cada cinco días. Para el caso del mes de febrero y los meses 31 días, la última pentada se calcula con tres o cuatro días y seis respectivamente. De esta manera se tienen 72 datos por año.
- Por lo que respecta a la precipitación y la evaporación, las pentadas se determina de la misma forma que la temperatura, con la diferencia de que en este caso se calculan sumatorias en lugar de promedios.

Elección de los cultivos.

Se utilizaron diez cultivos de los más importantes para la región, así como algunos que en la actualidad no lo son, pero que existe la posibilidad de que aumente su área cultivada. Después de la elección de los cultivos, se hizo una revisión de sus requerimientos bioclimáticos y edáficos así como algunas características fenológicas de los cultivos anuales en la región o en áreas cercanas y/o similares a ésta en México.

Régimen hídrico

El índice de Hargreaves (MAI) se calculará, en el caso de los cultivos anuales, a lo largo de la duración del ciclo vegetativo y en los cultivos perennes éste, se calculará para todo el año. Cabe mencionar que el MAI se usó como el índice prioritario para el establecimiento de los cultivos anuales.

Análisis probabilístico de la lluvia.

Para el análisis probabilístico de la lluvia, se trabajó con datos de lluvias, a nivel pentadal. Se utilizaron las funciones de distribución; Normal, Galton, Gamma incompleta y Raíz cúbica, a las cuales se les hizo una prueba de bondad de ajuste por el método Kolmogorov-Smirnov; la función que mejor se ajustara, para los datos de cada estación, se utilizó para calcular la lluvia a un 75% de probabilidad de excedencia. Para realizar lo anterior, se utilizó un programa en lenguaje Quick BASIC.

Estimación de la evaporación

Para las estaciones que carecen de dato de evaporación, ésta se estimó a partir de datos de evaporación de las estaciones que si cuentan con registros de dicho parámetro, además de temperatura y precipitación. En el cuadro 4, se muestran las estaciones que cuentan con toda la información. De éstas, dos se utilizaron para obtener el modelo que estimaría la evaporación y una tercera para comprobar la precisión de dicha estimación.

El procedimiento consistió en relacionar datos de evaporación con la temperatura (máxima, mínima y la diferencia de ambas) y con la precipitación; de estas combinaciones se tomaron las que mejor se ajustaran a un modelo, en este caso, lineal (debido a que se obtuvieron

buenos diagramas de dispersión); los modelos se determinaron a partir de regresión lineal. Posteriormente se comprobó la precisión de estimación de los modelos, esto se hizo comparando los datos de evaporación real con los estimados (para cada modelo), se graficaron y se les realizó una regresión lineal para obtener: la constante u ordenada al origen (a) y el coeficiente de pendiente (b); se seleccionaron los modelos que tuvieran la constante "a" más cercana a cero y el coeficiente "b" que más se aproximaran a uno. Por último se calculó el residual para los modelos seleccionados y se escogió, para estimar la evaporación, el que tuviera un menor valor. La fórmula que se utilizó para calcular el residual es la siguiente:

$$R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Ev_{ci} - Ev_{ri}}{Ev_{ci}} \right| * 100$$

Donde:

R = Residual

Ev_{ci} = Evaporación calculada para la pentada i

Ev_{ri} = Evaporación real para la pentada i

n = Número de pentadas, en este caso 72.

Evapotranspiración

A) Cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP)

Se determinó la evapotranspiración potencial por medio de información de evaporación del tanque tipo "A" para todas las estaciones.

Para este caso se utilizó la siguiente fórmula:

$$ETP = C * Ev$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración potencial

Ev = Evaporación medida en el tanque tipo "A"

C = Coeficiente de tanque(0.75)

B) Cálculo de la evapotranspiración máxima (ETM)

La evapotranspiración máxima o de cultivo se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$ETM = Kc * ETP$$

Donde

ETM = Evapotranspiración máxima

ETP = Evapotranspiración potencial

Kc = Coeficiente de cultivo

Para los cultivos anuales, la obtención de los coeficientes de cultivo se hizo a partir de los Kc reportados por Palacios (1989), en donde los relaciona con el porcentaje de desarrollo del cultivo (cada 5% de desarrollo); posteriormente estos valores se graficaron y se ajustó a una curva en la cual se obtuvieron los valores de Kc para cada pentada. En el caso de los cultivos perennes, se tomaron los Kc reportado en la bibliografía.

Estación de crecimiento por disponibilidad de humedad (criterio FAO, 1981).

El período de crecimiento por disponibilidad de humedad se calcula de manera gráfica tal como se menciona a continuación:

- Se grafican los valores de evapotranspiración potencial (ETP), 0.5 ETP y los valores calculados de lluvia (P) a 75 % de probabilidad de excedencia en el eje de las ordenadas y el tiempo en pentadas en el eje de las abscisas.
- Con las curvas se definen los puntos de intersección y, con éstos, se define el tipo de estación de crecimiento, de acuerdo a los expuesto anteriormente. Se resalta que la información que utiliza la FAO es a nivel de promedios mensuales y en este trabajo se utilizaron datos agrupados en periodos de cinco días para la ETP se determinó su promedio y para la lluvia se calculó el valor que corresponde al 75 % de probabilidad de excedencia.

Índice de Hargreaves.

Con el fin de relacionar la precipitación con el rendimiento de los cultivos es conveniente evaluar la lluvia a un nivel dado de probabilidad y relacionar la disponibilidad efectiva con el uso potencial del agua.

El índice de Hargreaves o índice de disponibilidad de humedad (MAI, Moisture Availability Index), es una medida relativa de la precipitación más probable y la ETP que indica la satisfacción de las necesidades de humedad de los cultivos. Se obtiene mediante la división de la lluvia probabilística (confiable) y la evapotranspiración potencial ($MAI = PD/ETP$). Esta indica la cantidad de agua disponible en el cultivo por la lluvia probabilística.

Este criterio se utilizó, tanto para clasificar el potencial hídrico la zona de estudio como para establecer la época de siembra de los cultivos anuales en el período de crecimiento por disponibilidad de humedad. El MAI se calculó usando la ETP y P al 75 % de probabilidad de excedencia ($MAI = PD/ETP$) con datos agrupados cada cinco días.

Para estimar las deficiencias y excesos de humedad que se puede presentar en los cultivos se utilizó la clasificación propuesta por Hargreaves que se indicó en la introducción. En este trabajo el MAI* se calculó con la evapotranspiración máxima para cada cultivo con la siguiente relación: $MAI^* = PD/ETM$.

RESULTADOS Y DISCUSION

Selección De Las Estaciones Meteorológicas Utilizadas

La ubicación de las estaciones meteorológicas que se encontraban en el área de estudio, se realizó a partir de información tanto del Servicio Meteorológico Nacional, 1984, como del software ERIC. Después de la revisión de dicha información, se encontraron registradas 13 estaciones meteorológicas; de éstas, se seleccionaron las que se cumplieran con el criterio de selección, el cual se describió anteriormente, quedando seleccionadas 6 estaciones.

En el cuadro 3, se muestra la relación de estaciones que se encuentran dentro del área de estudio. Se indica además, el año de inicio, altura sobre el nivel del mar, localización geográfica (latitud y longitud) y categoría de cada una de las estaciones.

Cuadro 3. Relación de estaciones climatológicas localizadas en la área de estudio

ESTACION	Año De Inicio	Altitud (msnm)	Latitud (Norte)	Longitud (Oeste)
El Raudal, Nautla	1971	35	20° 10'	96° 43'
Fanal de Nautla, Mtz. de la T.	1971	152	20° 04'	97° 03'
Fco.Sarabia, Misantla.	1970	---	20° 01'	96° 57'
Martínez de la Torre, Mtz. de la T.	1971	152	20° 04'	97° 03'
Misantla, Misantla.	1971	410	19°56'	96° 50'
San Rafael, Mtz. De la T.	1963	12	20°11'	96° 54'
Vega de Alatorre, V.A.	1959	10	20°02'	96° 38'
Puente Tomata, Atzalan.	1971	650	19° 56'	97° 12'
Nautla, Nautla.	---	---	20°12'	96° 46'
Libertad, Misantla.	1980	---	20° 10'	96° 58'
CIEEGT.- UNAM, Mtz. de la T.	1979	---	---	---
Nvo. Poblado, Mtz. de la T.	---	---	20° 13'	97° 03'
San José Acateno.	1975	120	20° 08'	97° 12'

FUENTE: Servicio Meteorológico Nacional, (1984).

En el cuadro 4, se reportan las estaciones seleccionadas y período de información para cada variable; entre paréntesis se presenta dicho período y fuera de éste, a la derecha, el número de años con información. Además en la Figura 3, se presenta gráficamente la ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas seleccionadas dentro del área de estudio.

Cuadro 4. Estaciones climatológicas seleccionadas y período de información para cada variable.

ESTACION	Temperatura Máxima	Temperatura Mínima	Precipitación	Evaporación
Vega de Alatorre	(72-87) 16	(72-87) 16	(72-87) 16	(72-87) 16
Misantla	(70-81) 12	(70-81) 12	(70-81) 12	---
San Rafael	(70-87) 18	(70-87) 18	(70-87) 18	---
El Raudal	(70-83) 14	(70-83) 14	(70-83) 14	(70-83) 14
Martínez de la Torre	(79-89) 11	(79-89) 11	(79-89) 11	(79-89) 11
San José Acateno	(75-84) 10	(75-84) 10	(75-84) 10	----

Régimen Hídrico.**Análisis probabilístico de la lluvia.**

La función que mejor se ajustó, en todas las estaciones, fue la Raíz cúbica y por ello, fue la que se utilizó para determinar la lluvia al 75% de probabilidad de excedencia. Los resultados de esta prueba se presentan en el cuadro 5, en éste se tiene el número de pentadas en que una función tuvo mejor ajuste que las demás, esto se hizo para cada una de las estaciones.

Este nivel de probabilidad indica que cada 3 de 4 años se presentan lluvias iguales o mayores a la estimada, ésta da un nivel de seguridad mayor que cuando se usa la precipitación media, pero las precipitaciones estimadas al 75 % de probabilidad son menores.

Cuadro 5. Resultados de la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov, para las estaciones en estudio.

ESTACION	FUNCION DE DISTRIBUCION			
	Normal	Galton	Gamma Inc.	Rayleigh
Vega de Alatorre	1	3	0	68
Misantla	24	5	0	43
San Rafael	5	4	0	63
Raudal	2	10	0	60
Martínez de la Torre	08	8	0	56
San J. Acateno	9	3	0	60

Estimación de la evaporación

Debido a que las estaciones, Misantla, San Rafael y San José Acateno, no cuentan con registros de evaporación, ésta se estimó a partir de los registros de evaporación de las estaciones que si cuenta con dicha información, además de temperatura (máxima y mínima) y precipitación; todas las estaciones cuentan con estos tres últimos parámetros y, por tanto el modelo para calcular la evaporación debe estar relacionado con alguno de éstos.

Las estaciones que cuentan con toda la información son: Martínez de la Torre, Vega de Alatorre y Raudal. De éstas, dos se utilizaron para obtener el modelo y una tercera para comprobar la precisión de estimación de éste.

En la obtención de dicho modelo, se fueron obteniendo resultados preliminares. A continuación indica estos resultados y la fase del proceso en que se obtuvieron:

1) Primero se hicieron diagramas de dispersión, en los que se relacionó la evaporación (Ev), como variable dependiente, con la precipitación (P), temperatura máxima (Tmax), mínima (Tmin) y con la diferencia de éstas dos últimas (Dt), como variables independientes. De aquí, se tomaron en cuenta los diagramas de Ev-Tmax y Ev-Tmin, ya que éstos presentan una tendencia lineal.

2) Una vez que se obtuvieron los parámetros que mejor tiene relación con la evaporación se obtuvieron cuatro modelos, estos son:

- Dos modelos a partir de información, de temperatura máxima y mínima, de las estaciones Martínez de la Torre y Vega de Alatorre.

$$\begin{aligned} Ev &= -25.07 + 1.43T_{max}; \quad r^2 = 73.6 \% \\ Ev &= -15.39 + 1.64T_{min}; \quad r^2 = 84.1 \% \end{aligned}$$

- Así también, dos modelos a partir de información de las estaciones Vega de Alatorre y Raudal.

$$\begin{aligned} Ev &= -28.92 + 1.62T_{max}; \quad r^2 = 87.2 \% \\ Ev &= -15.72 + 1.66T_{min}; \quad r^2 = 84.1 \% \end{aligned}$$

3) Por último, se comprobó la precisión de estimación de los modelos, lo anterior consistió en comparar los datos de evaporación real, de la estación que no participó en la obtención del modelo a evaluar, con la evaporación estimada (a partir de este modelo) en dicha estación. De aquí se seleccionó, de los cuatros, el modelo para calcular la evaporación, para esto se siguieron los siguientes dos pasos.

3.1) Primero se gratificaron la evaporación real con la estimada, para cada modelo, posteriormente se realizó una regresión lineal para obtener la constante u ordenada al origen (a), y el coeficiente de pendiente (b). Se seleccionaron los dos modelos que tuvieran la constante "a" más cercana a cero y el coeficiente "b" más próximo a uno. Los modelos seleccionados son los que se indican con una flecha; a continuación se presentan los resultados para los cuatro modelos:

$$\begin{aligned} \rightarrow Ev &= -25.07 + 1.43T_{max}; \quad a = 0.6, \quad b = 1.09 \\ Ev &= -28.92 + 1.62T_{max}; \quad a = -1.31, \quad b = 0.87 \\ \rightarrow Ev &= -15.72 + 1.66T_{min}; \quad a = -0.54, \quad b = 0.98 \\ Ev &= -15.39 + 1.64T_{min}; \quad a = -1.65, \quad b = 1.05 \end{aligned}$$

3.2) Por último se calculó el residual como se indico, para los modelos seleccionados y se escogió el que tuviera un menor valor.

El modelo seleccionado es el que se indica con la flecha.

$$\rightarrow \underline{Ev = -25.07 + 1.43T_{max}}; \quad \text{Residual} = 10.67$$

$$Ev = -15.72 + 1.66T_{min}; \quad \text{Residual} = 12.55$$

El modelo seleccionado, fue el que se usó para estimar la evaporación de las estaciones que no contaban con dicha información.

Determinación de la evapotranspiración potencial (ETP)

La evapotranspiración potencial se determinó a nivel pentadal para todas las estaciones en estudio. La estación Vega de Alatorre presenta la evapotranspiración potencial anual más alta con un valor de 976.1 mm y la estación Misantla la mínima con 706.7 mm.

Determinación de la evapotranspiración máxima (ETM).

. La ETM se obtiene multiplicando la ETP por un coeficiente de cultivo (Kc). Los coeficientes de cultivo se obtuvieron a partir de los reportados en la bibliografía.

Determinación de la estación de crecimiento por disponibilidad de humedad (criterio FAO, 1981)

La determinación de dicha estación de crecimiento, se realizó con el fin establecer los tipos de períodos de crecimiento que se presentan en las estaciones del área de estudio, según el criterio de la FAO; además, se usó este criterio, para compararlo con la estación de crecimiento por disponibilidad de humedad, según criterio de Hargreaves (1975).

Los resultados obtenidos al respecto, para las estaciones en estudio, se presentan en el cuadro 6; en éste se observa que se presentan dos tipos de período de crecimiento: intermedio y seco.

Se observa que, en todas las estaciones, existe mucha variación en la precipitación. A excepción de la estación Vega de Alatorre, que durante todo el año fue seca, las demás estaciones con período seco, tuvieron algunas pentadas aisladas con $P > 0.5$ ETP; de igual forma, para las estaciones con período intermedio, hubo algunas pentadas aisladas con $P > 0.5$ ETP, pero en ambos casos por ser pocas, éstas se desprecian.

Cuadro 6. Tipos de períodos de crecimiento (criterio FAO, 1978), para las estaciones en estudio.

ESTACION	TIPO DE PERIODO	DURACION
Misantla	Intermedio	34-03: (Junio 16-Enero 15)
Martínez de la Torre	Intermedio	66-04: (Noviembre 26- Enero 20)
San J. Acateno	Seco	---
Vega de Alatorre	Seco	---
San Rafael	Seco	---
Raudal	Seco	---

La duración del período de crecimiento de la estación Martínez de la Torre es muy corto, como se puede observar en el cuadro 6, ésta es de solo 11 pentadas (55 días), mientras que para la estación Misantla, la duración del período de crecimiento es de 42 pentadas (210 días), es decir, siete meses.

Índice de Hargreaves

El índice de Hargreaves o índice de disponibilidad de humedad (MAI), se utilizó para clasificar climatológicamente el área de estudio (A), así como para clasificar las deficiencias y excesos de humedad para los cultivos (B).

A) Cabe mencionar que Hargreaves (1975 y 1977), no define una metodología detallada para determinar la estación de crecimiento y su duración, como es el caso de la metodología de la FAO, sino que indica como límite mínimo para el desarrollo de los cultivos un $MAI \geq 0.34$ y, a partir de este límite, establece una metodología para hacer una clasificación climática y productiva, dependiendo del comportamiento de éste durante el año. A partir de esta clasificación se definió si es apropiada la zona para agricultura de temporal, si lo es, establecer la fecha de siembra de los cultivos anuales. En el cuadro 7, se muestran los resultados de la clasificación climática y productiva que se realizó a cada una de las estaciones en estudio, para esto se analizaron las gráficas de la estación de crecimiento las cuales se determinaron de la siguiente forma:

El período de crecimiento inicia cuando el MAI es mayor o igual a 0.34 y termina cuando éste es menor al valor indicado, esto equivale a decir que el período de crecimiento inicia cuando la precipitación es mayor o igual a 0.34 ETP, a diferencia de la metodología de la FAO (1981), la cual indica que el período de crecimiento inicia cuando la precipitación es mayor o igual a 0.5 ETP; esto origina que la duración de la estación de crecimiento determinada por el criterio de Hargreaves es mayor, esto se puede observar en los cuadros 6 y 7.

Se observa que al generar al MAI se simplifica y/o facilita la interpretación de las gráficas, ya que por ejemplo, en este caso es fácil detectar que a veces una precipitación pequeña puede satisfacer las demandas evapotranspirativas de manera semejante a una precipitación que es considerablemente más grande, lo anterior se debe a que el MAI es un parámetro indicador de disponibilidad de agua.

Cuadro 7. Clasificación climática y productiva para las estaciones en estudio

ESTACION	Duración de la Est. De Crecimiento	Clasificación climática	Clasificación productiva
Misantla	34-09 (8 meses) Junio 16-Febrero 15	Semihúmedo	Producción de cultivos que requieren buen nivel de humedad en 5 meses o más.
Martínez de la Torre	66-09 (2.6 meses) Nov. 26-Febrero 15	Arido	Poco apropiado para agricultura de temporal
San J. Acateno	---	Muy árido	No apropiado para agricultura de temporal
Raudal	---	Muy árido	No apropiado para agricultura de temporal
San Rafael	---	Muy árido	No apropiado para agricultura de temporal
Vega de Alatorre	---	Muy árido	No apropiado para agricultura de temporal

En las estaciones donde se reporta que la duración de la estación de crecimiento es nula, en realidad no es así, ya que en todas las estaciones se encuentran pentadas en donde el MAI > 0.34, pero no se toman en cuenta porque éstas no se presentan en un período continuo o, por lo menos, la gran mayoría de las pentadas que se encuentran dentro del período tomado en cuenta, no son mayores a este límite; en el caso de la estación Raudal se presentan 12 pentadas (dos meses), con un MAI mayor a 0.34, pero estas se presentan en un período de 35 pentadas y están distribuidas de tal forma que no se puede establecer una estación de crecimiento.

Los resultados obtenidos indican, en general, que la región de estudio no es apropiada para la agricultura de temporal, ya que como se muestra en el cuadro 7, cuatro de las seis estaciones se clasifican de esta forma, mientras que los resultados del MAI para la estación Martínez de la torre la clasifican como poco apropiada para la agricultura de temporal y por último la estación Misantla es la que presenta las mejores condiciones, se clasifica como apta para la producción de cultivos que requieren un buen contenido de humedad durante cinco meses o más, en este caso, debido a que la estación de crecimiento es de ocho meses, se pueden establecer cultivos que requieran buen nivel de contenido de humedad durante ocho meses.

A partir de esta clasificación se definió si es apropiada la zona para agricultura de temporal y si lo es, establecer la fecha de siembra de los cultivos anuales.

Se consideró, para el establecimiento de cultivos, un período mínimo de tres meses de MAI ≥ 0.34 , por lo que solo en la estación Misantla se pueden establecer cultivos en condiciones de temporal. La fecha de siembra de los cultivos anuales se estableció en la pentada 34, ya que en ésta se inicia el período de crecimiento por disponibilidad de humedad según el criterio de Hargreaves (1975). En el caso de la estación Martínez de la Torre, la duración de la estación de crecimiento es de 2.6 meses, y la duración del ciclo vegetativo del cultivo del frijol es muy corto (3 meses), se determinó el MAI al inicio de la estación de crecimiento.

B) El índice de Hargreaves (MAI*), como ya se mencionó, también se usó para clasificar las deficiencias y excesos de humedad para los cultivos. En este caso el MAI* se obtuvo mediante la división de la lluvia al 75 % de probabilidad de excedencia y la evapotranspiración máxima, para cada cultivo ($MAI^* = P/ETM$).

En la estación Misantla, debido a que el período de crecimiento es considerablemente grande, se probaron varias fechas de siembra para los cultivos, de tal forma que todo su ciclo vegetativo quedara dentro de este período, se observó que el MAI*, calculado en estas fechas, variaba muy poco por lo que se estableció la fecha de siembra al inicio de la estación de crecimiento ya que en esta fecha se prepara el terreno en el período seco.

El MAI* se determinó, para los cultivos anuales, en el período de disponibilidad de humedad, es decir, de la pentada 34 hasta el final del ciclo vegetativo de los cultivos. En el caso de los cultivos perennes el MAI* se determinó, para todo el año. Los resultados al respecto se reportan en el cuadro 8.

Cuadro 8. Clasificación de las deficiencias y excesos de agua de los cultivos, en el período de crecimiento por disponibilidad de agua, para la estación Misantla.

CULTIVO	MAI*	Clasificación	Duración de la estación de crecimiento
Cacahuate	1.56	Excesivo	34-63: Junio 16 - Noviembre 15
Sandía	0.96	Poco deficiente	34-53: Junio 16 - Septiembre 25
Maíz	0.80	Poco deficiente	34-59: Junio 16 - Octubre 25
Frijol	0.77	Poco deficiente	34-51: Junio 16 - Septiembre 15
Jitomate	0.93	Poco deficiente	34-61: Junio 16 - Noviembre 05
Cítricos	0.82	Poco deficiente	01-72: Enero 1 - Diciembre 31
Caña	0.67	Moderadamente deficiente	01-72 Enero 1 - Diciembre 31
Plátano	0.49	Moderadamente deficiente	01-72 Enero 1 - Diciembre 31
Café	0.51	Moderadamente deficiente	01-72 Enero 1 - Diciembre 31
Piña	1.04	Adecuado	01-72: Enero 1 - Diciembre 31

El MAI* que se utilizó para la anterior clasificación, es el promedio de los índices que se obtuvieron a nivel pentadal durante el ciclo de los cultivos, en el caso de los cultivos anuales, y durante todo el año en los cultivos perennes.

Los resultados de los cultivos anuales indican que en general, en ambas condiciones, los cultivos tienen pocas deficiencias de humedad durante todo el ciclo a excepción del cacahuate que, en el período de crecimiento por disponibilidad de humedad, presenta excesos de agua a lo largo de su ciclo.

En el caso de los cultivos perennes, los cultivos de la caña, plátano y café, presentan deficiencias moderadas de humedad a lo largo del año; para los cítricos, debido a que sus requerimientos de agua son menores, presenta pocas deficiencias de agua; por último, el régimen hídrico de la estación Misantla es el adecuado para el cultivo de la piña.

En el caso especial de la estación Martínez de la Torre, los resultados del cultivo del frijol son los siguientes: en el período de crecimiento por disponibilidad de humedad el MAI* = 0.87, se recomienda establecer el cultivo del frijol en el período de crecimiento por disponibilidad de humedad, ya que se clasifica como poco deficiente.

Para las estaciones y cultivos restantes, en donde no se definió un período de disponibilidad de humedad mayor de tres meses, se recomienda establecer los cultivos de riego.

CONCLUSIONES

- Al comparar el potencial hídrico definido tanto por criterio de la FAO como por el de Hargreaves, se observa que ambos criterios llegan a resultados muy semejantes, aunque con diferente denominación (cuadros 6y7).
- Los resultados que se obtuvieron en la clasificación climática del MAI, Cuadro 7, indican que cuatro de las seis estaciones representan condiciones de clima muy árido una se clasifica como árida y solo una se clasifica como semihúmeda; al parecer esta clasificación resultó ser muy estricta para esta región, ya que el clima que se reporta para la zona es cálido húmedo con lluvias en verano. Esto se debe a que hay una gran diferencia entre los valores de la precipitación estimada al 75% de probabilidad de excedencia y la precipitación media pero esta última presenta una probabilidad de ocurrencia del 40 % lo que indica que solo se presenta 2 de cada 5 años.
- Los resultados del MAI*(P/ETM) de los cultivos anuales, para la estación Misantla, indica que, los cultivos tienen pocas deficiencias de humedad durante todo el ciclo, a excepción del cacahuate que, en el período de crecimiento por disponibilidad de humedad, presenta excesos de agua a lo largo de su ciclo. En el caso de los cultivos perennes, los cultivos de la caña, plátano y café, presentan deficiencias moderadas de humedad a lo largo del año, los cítricos, presenta pocas deficiencias de agua, y por último, el régimen hídrico de la estación Misantla es el adecuado para el cultivo de la piña.
- En el caso de la estación Martínez de la Torre, la duración del período de crecimiento es de 2.6 meses y el único cultivo que se puede establecer es el frijol y éste presenta pocas deficiencias de humedad.

BIBLIOGRAFIA

- Cisneros S., V. M.** 1985. Estudio para la caracterización del marco geográfico regional de la producción agropecuaria de la zona central del estado de Veracruz. CRUO. UACH. Huatusco, Ver. México.
- FAO** (1981). Informa del proyecto de zonas agroecológicas. Metodología y resultados para América del Sur y Central. Vol 3. Roma, Italia.
- Hargreaves, G. H.** 1975. Water requeriment manual for irrigated crops and rainfed agriculture. Utah State University. Utah, USA.
- Hargreaves, G. H.** 1977. World Water For Agriculture. (Climate, Precipitation Probabilities and Adequacies For Rainfed Agricultere). Utah State University. Utah, USA.
- IMTA.** 1966. Extractor rápido de información climatológica (ERIC), manual del usuario. 1ª Edición subcoordinación de hidrometeorología, coordinación de tecnología hidrológica, IMTA. Jiutepec, Morelos, México.

Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI). 1988. Atlas nacional del medio físico. INEGI. Aguascalientes, Aguascalientes, México.

Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI). 1988. Síntesis Geografía del Estado de Veracruz. INEGI. México.

Palacios V., E y Exebio G., A. 1989. Introducción a la teoría de la operación de distrito y sistemas de riego. Centro de Hidrociencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Estado de México. México.

Servicio Meteorológico Nacional. 1984. Relación de estaciones y observatorios de la Red Meteorológica Nacional. SARH, México.

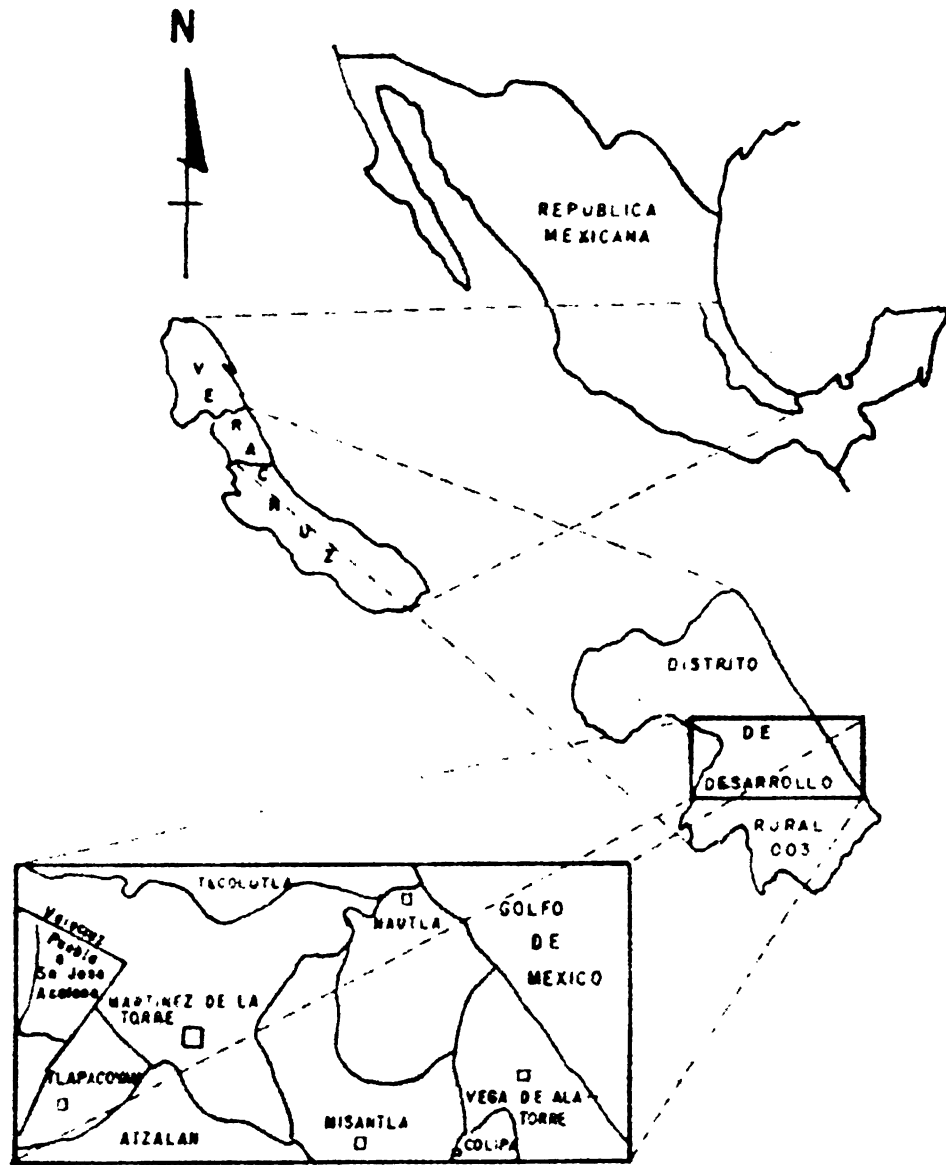
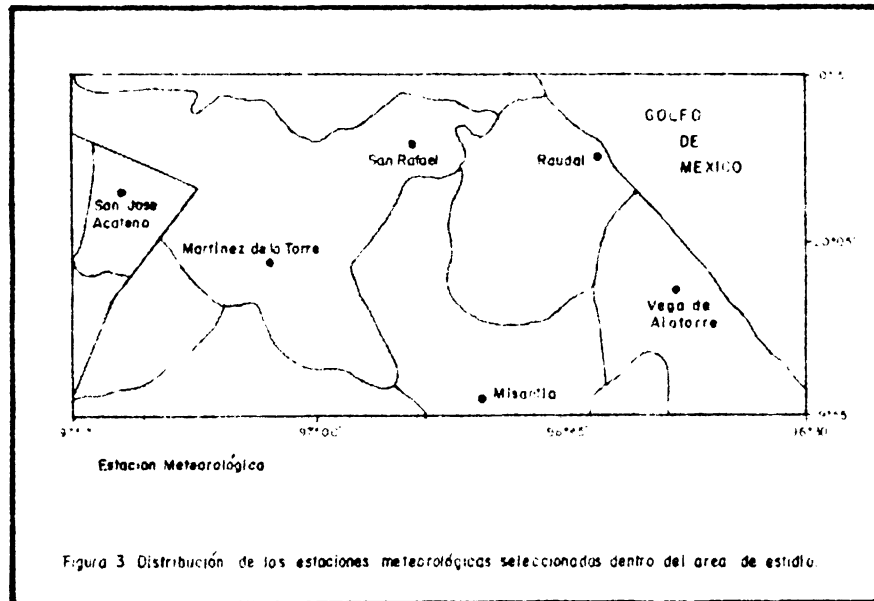
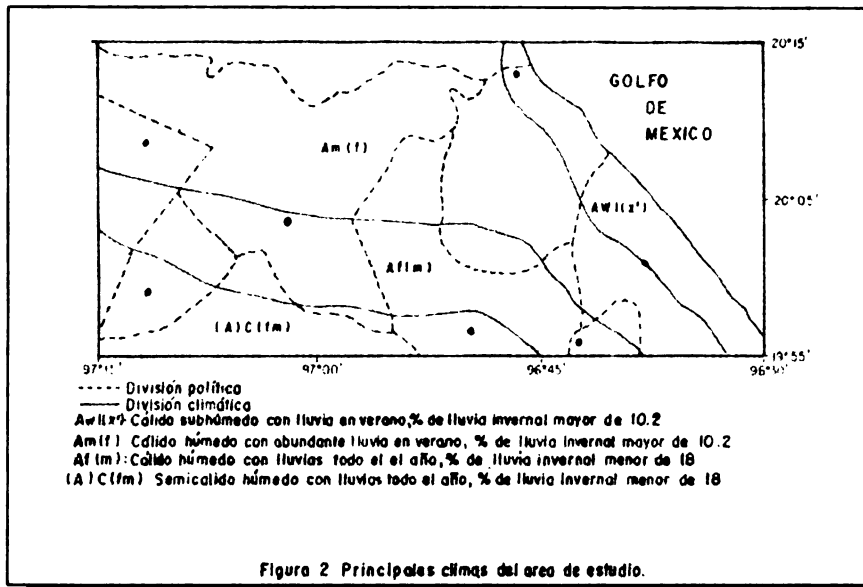


Figura 1. Localización geográfica de la zona de estudio.



EVALUACION DE LA RESISTENCIA A SEQUIA EN MAIZ BASADO EN UN INDICE HIDOTERMICO

VÁZQUEZ PEÑA MARIO ALBERTO ¹
ARTEAGA RAMÍREZ RAMÓN ²

INTRODUCCION

La agricultura que se practica en la mayor parte de la superficie de México es de temporal, ya que cerca del 80 por ciento de la superficie cultivada del territorio nacional depende de las condiciones de lluvia que se presenten a lo largo del año, poniendo de manifiesto la gran influencia que tienen las condiciones atmosféricas sobre la actividad agrícola, donde al no contar con riego, los cultivos que se practican quedan expuestos a la presencia irregular en cantidad y tiempo de las lluvias, a ello se suma la baja capacidad de almacenamiento de agua de los suelos: como consecuencia se presentan las deficiencias de humedad en el suelo que dependiendo de su magnitud y la etapa fenológica en la que se presenten, puede afectar ligera o gravemente el rendimiento final de un cultivo.

Ante el crecimiento acelerado de la población, la demanda de alimentos es el principal motivo para incrementar la producción de las plantas cultivadas. La atención a esos incrementos debe tomar en cuenta los factores climáticos y la interrelación que guarda la planta con su medio ambiente.

Se han estudiado diversas alternativas para evitar el efecto producido por las sequías o las deficiencias de agua en el suelo, entre ellas destacan: la selección y generación de especies y variedades resistentes a sequía, obtención de híbridos de ciclo vegetativo corto/selección de las fechas de siembra óptimas que no expongan al cultivo de maíz a la presencia de sequías o deficiencias de lluvias, zonificación de cultivos de acuerdo a las características climáticas y edáficas que se presentan en cierta área de interés, de tal manera que es posible seleccionar aquellos cultivos que se pueden desarrollar de acuerdo a sus necesidades de clima y suelo. Pero no se ha podido encontrar una solución definitiva debido a la variabilidad de los elementos meteorológicos y su interacción con las condiciones topográficas y edafológicas presentes en cada sistema de producción.

En este trabajo se plantea una manera alterna de estudiar el efecto del clima (a través de la precipitación y la temperatura) y seleccionar aquella variedad más resistente a sequía.

¹ y ² Departamento de Irrigación Universidad Autónoma Chapingo

OBJETIVOS

- 1.- Estudiar el comportamiento del rendimiento del cultivo de maíz en diferentes variedades con respecto a un índice de humedad y temperatura en tres sitios experimentales diferentes
- 2.- Presentar la manera de interpretar la disminución del rendimiento en base al índice de humedad y temperatura.

REVISION DE LITERATURA

Efecto del clima sobre la producción agrícola.

McQuigg (1975) indica que las tres principales fuentes de variación en el rendimiento de los granos sobre períodos de varios años son: a) Cambios tecnológicos, b) Variabilidad meteorológica y c) Ruido aleatorio. Los cambios tecnológicos son la fuente de variación más importante en el rendimiento e incluye el impacto de la fertilización, las prácticas de manejo, el control de plagas y enfermedades, el mejoramiento genético y otros factores controlados por el hombre para lograr un incremento en rendimiento.

Con respecto a los cambios tecnológicos Kulkarni y Narahari (1988) mencionan que en el contexto de la estimación de las relaciones tiempo atmosférico - rendimiento de los cultivos, es necesario considerar la influencia de nuevas tecnologías sobre el rendimiento de los cultivos a lo largo de varios años, para tal fin sugieren introducir un efecto de tiempo discreto para analizar la tendencia lineal del rendimiento del cultivo de sorgo en Parbhani, India, encontrando dos subperiodos en los que se observa una influencia marcada en el rendimiento producido por el efecto tecnológico denominado vieja y nueva tecnología concluyendo que es necesario considerar el efecto de introducir nueva tecnología al estudiar la tendencia del rendimiento de los cultivos para un sitio determinado a lo largo de los años.

Las sequías definidas como las deficiencias de agua en el suelo producidas por un periodo sin lluvia que afectan a las plantas y las heladas que se refieren a las temperaturas mínimas letales para el cultivo, son los fenómenos meteorológicos que más afectan a las zonas agrícolas de temporal de nuestro país. Así durante el año de 1982 se registraron tres millones 541 mil hectáreas perdidas por sequía y heladas ocupadas principalmente por maíz, sorgo y arroz (SARH, 1982).

En general se puede asegurar que conforme las plantas sufren más déficit de agua, menores serán sus rendimientos y si éstos se presentan en etapas críticas de su desarrollo, como lo es el inicio de la floración, los abatimientos en los rendimientos son de mayor intensidad. Palacios (1998).

La respuesta de las plantas a las deficiencias de agua en el suelo se indica a nivel celular y de los tejidos por una falta de turgencia. La tensión hídrica puede variar desde un pequeño descenso del potencial hídrico, que sólo puede percibirse si se mide con instrumentos específicos como es el tensiómetro, pasando por el marchitamiento transitorio al mediodía, que a menudo se observa en el tiempo caluroso y soleado del verano, hasta el marchitamiento permanente y la muerte por desecación.

Las relaciones encontradas entre cultivo, temperatura, agua y suelo son complejas, estando involucrados muchos procesos biológicos, físicos y químicos. Se dispone de una gran cantidad de información respecto a investigaciones referentes a estos procesos en relación con el agua. Sin embargo, para su aplicación práctica estos conocimientos deben reducirse a un número manejable de variables para poder hacer un análisis del efecto del agua sobre el cultivo a nivel de campo según Stern y Coe, (1982).

Para la planificación, diseño y explotación del agua de riego, es posible analizar el efecto del suministro de agua sobre el rendimiento de los cultivos. La relación entre el rendimiento del cultivo y el suministro de agua puede determinarse cuando se pueden cuantificar, por una parte, las necesidades de agua del cultivo y los déficit de agua de éste, y por otra, el rendimiento máximo y el real del cultivo. Los déficit de agua en los cultivos, y la penuria de agua resultante en la planta, tienen un efecto sobre la evapotranspiración del cultivo y su rendimiento. La penuria de agua en la planta puede cuantificarse mediante la relación entre la tasa de evapotranspiración real (ETR) y la tasa de evapotranspiración máxima (ET_o) según Doorenbos y Kassam(1979).

Palacios y Martínez (1978) enfatizan que el rendimiento de un cultivo depende de muchos factores variables, algunos controlables como la preparación del suelo, la fertilización, el riego, etc. otros parcialmente controlables como algunas plagas y enfermedades y otros no controlables como son los elementos atmosféricos, otro tipo de plagas y enfermedades, algunos factores edáficos, etc. Estos autores consideran que en forma general, el rendimiento de un cultivo específico puede expresarse mediante una función como:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_m)$$

donde: Y, es el rendimiento del cultivo, y X_j, es el factor variable j que influye en el rendimiento.

Además señalan que este tipo de modelo de producción sirven para la estimación de los rendimientos esperados en diferente régimen de lluvia.

Stewart y Hagan (1973) proponen un modelo para la estimación de rendimiento en materia seca usando la siguiente expresión:

$$\frac{Y}{Y_m} = 1 - \beta_0 ET_D$$

donde Y, es el rendimiento en materia seca, Y_m, es el máximo rendimiento de materia seca cuando se presenta el valor máximo de evapotranspiración, ET_D, es el déficit de evapotranspiración y β₀, es la pendiente de la relación entre el rendimiento relativo (Y/Y_m)

y $ET_D = 1 - \frac{ETR}{ET_m}$, además ETR, es la evapotranspiración real y ET_m, es la evapotranspiración máxima del cultivo,

Stewart *et al.* (1977) también desarrollaron un modelo para predecir la influencia de la evapotranspiración sobre el rendimiento del cultivo de maíz y la expresión es:

$$Y/Y_m = 1 - (\beta_v * ET_{D,V} + \beta_p * ET_{D,P} + \beta_M * ET_{D,M}) / ET_m$$

Donde: $ET_{D,V}$, $ET_{D,P}$ y $ET_{D,M}$ son los déficits de evapotranspiración para las etapas de crecimiento vegetativo, polinización y madurez respectivamente, Y y Y_m se definen como en el modelo anterior y β_v , β_p , y β_M son los coeficientes de regresión.

Shaw (1974), propone un índice de estrés de humedad ponderado para maíz definiendo el estrés de humedad a nivel diario como:

$$\text{Estrés} = 1 - \frac{ETR}{ET_m}$$

donde ETR , es la evapotranspiración real del cultivo y ET_m , es la evapotranspiración máxima del cultivo. El mismo autor propone dar ponderaciones al anterior índice, considerando que la etapa de floración es la más sensible a las deficiencias de humedad, y dando los valores más altos para la etapa de fecundación del óvulo con un valor de 2 para períodos que agrupan cinco días consecutivos, encontrando que dicho índice ponderado explicó hasta un 88% de la variación lineal de los rendimientos.

Hanks y Hanks (1980) presentan una recopilación de modelos que van desde los más sencillos que usan la técnica de regresión lineal simple entre la razón de la evapotranspiración del cultivo con respecto a la evapotranspiración potencial y el rendimiento obtenido hasta los modelos que consideran el flujo de agua en el suelo.

Hill *et al.* (1982) proponen la estimación de rendimientos en función de la satisfacción de la evapotranspiración y de un coeficiente de estrés de humedad para cada etapa fenológica, utilizan la ecuación:

$$\frac{Y}{Y_a} = K \prod_{i=1}^n \left(\frac{ETR_i}{ET_m} \right)^{\alpha_i}$$

Donde: Y , es el rendimiento actual o estimado en kg/ha. Y_a , es el rendimiento potencial o promedio de 20 años en kg./ha. ETR_i y ET_i , son como ya se definieron, mientras que α_i , es el factor de ponderación que se le da a la etapa de crecimiento i , y K , es una constante de ajuste, siendo n el número de etapas en las que se divide el ciclo de vida del cultivo.

Radulovich (1987) desarrolló y validó un modelo que considera los déficits y excesos de agua como días de estrés calculados a partir de un balance de humedad a nivel diario, considerando datos de precipitación a nivel diario y evapotranspiración potencial promedio a nivel mensual, considerando parámetros de cultivo y de etapa de desarrollo que afectan el agua disponible para los cultivos, generó un programa de cómputo llamado AQUA, el cual aplicó a los datos de la parte Noroeste de Costa Rica y a partir del índice creado pudo explicar de 60 a 90 % de las variaciones en el rendimiento, a pesar de contar con un número de datos de rendimientos limitados y solo considerar información mensual.

Vidal (1963) citado por García (1979) trabajó con un índice climático integrador de 8 variables donde relacionó el clima y la fenología del cultivo logrando explicar el rendimiento con un coeficiente de determinación del 86 %. Sin embargo una sola variable por si sola explicaba el 50 %.

En México Barrales *et al.* (1984) estudian las relaciones termopluviométricas en familias de maíz bajo condiciones de temporal en tres localidades de los Valles Altos, concluyen que los valores semanales de temperatura y precipitación, de las semanas de pre y postfloración, definieron el período y las condiciones con mayor influencia sobre el rendimiento en cada localidad

Petr (1977) reporta una gráfica misma que se muestra en la figura 1, donde se muestran las reducciones en el rendimiento de grano del cultivo de maíz según la etapa en que se presenta la sequía.

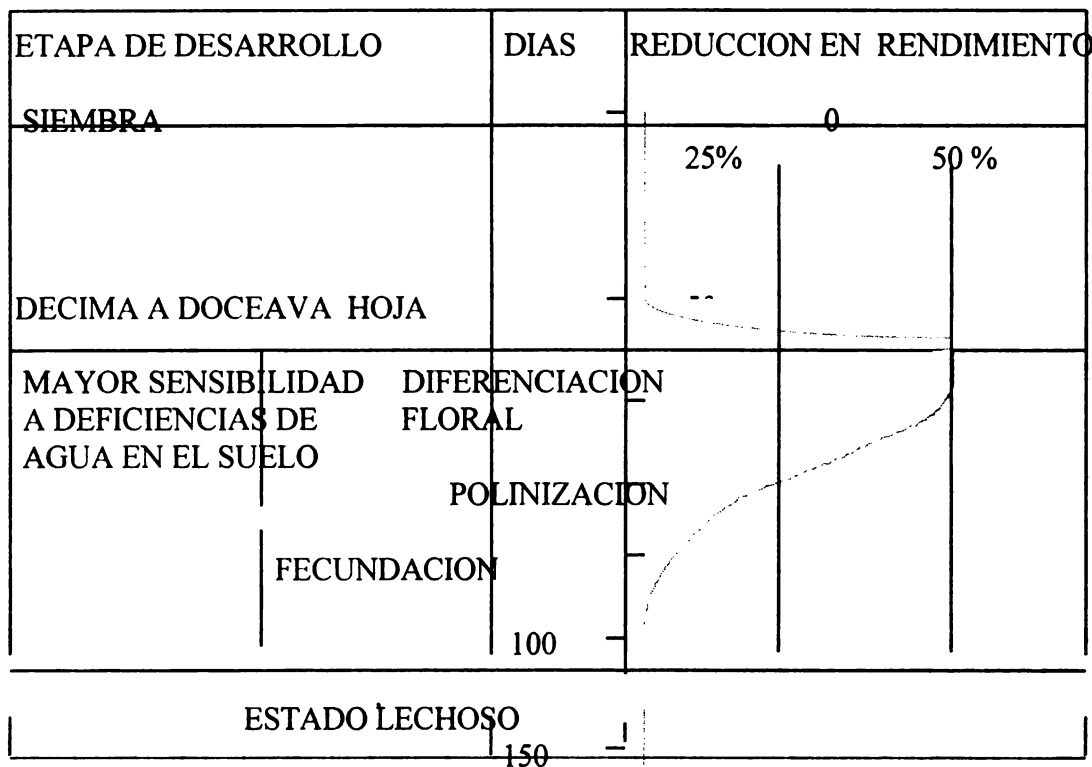


Figura 1. Gráfica de la reducción del rendimiento de maíz en función de la sequía presente en el suelo y de la edad del cultivo.

Quezada y Muñoz (1985) al estudiar el efecto de la sequía en diferentes estadios de crecimiento en maíz (H-28) determinan que la sequía ocasiona un atraso en la aparición de los órganos florales femeninos y masculinos, siendo más marcada en los primeros, y que las deficiencias de humedad edáfica en la etapa de rápido crecimiento ocasionaron la mayor reducción del área foliar, altura de planta y materia seca total. Concluyeron que los bajos rendimientos de grano estuvieron asociados a una reducción del área foliar, del número de granos por mazorca y de la longitud de mazorca.

Villalba (1995) menciona que el maíz parece ser relativamente tolerante a los déficits de agua durante el período vegetativo y el de la maduración. La mayor disminución del rendimiento de grano la ocasiona el déficit de agua durante el período de floración que

incluye desde la formación de la inflorescencia y la formación del estigma hasta la polinización, debido principalmente a una reducción del número de granos por mazorca.

Arteaga(1988) en su trabajo sobre la aptitud agroclimática del área de Chapingo México, con respecto al maíz (H-30) detecta la variable cantidad de lluvia acumulada en la etapa reproductiva como la que mejor explica el rendimiento del cultivo.

Más recientemente Muñoz (1997) menciona que la resistencia ontogenética presenta el aspecto que se indica en la siguiente figura 2 a partir de sus trabajos de investigación.

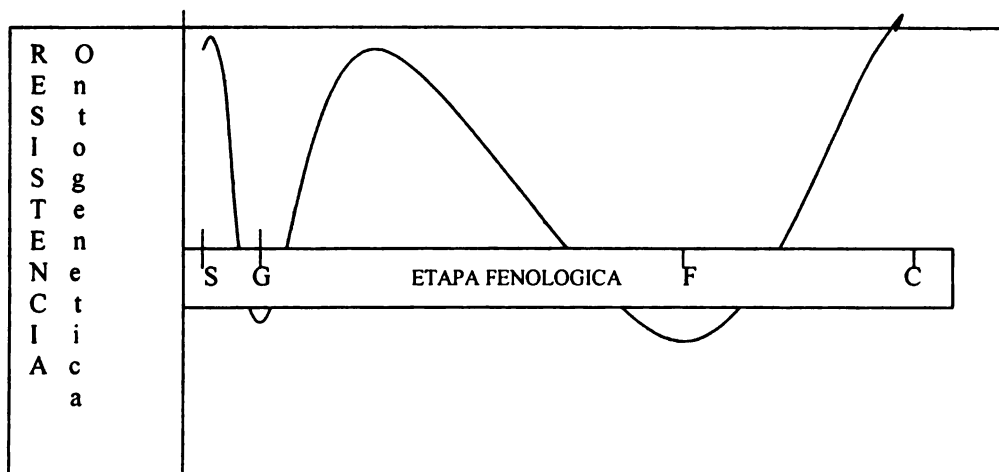


Figura 2. Tolerancia ontogenética a la resistencia en función de las fases fenológicas del cultivo de maíz.

Por la gráfica de la figura 2, se puede observar que el cultivo es muy resistente a las condiciones de sequía en las fases de semilla y de pleno crecimiento vegetativo del cultivo y solo se ve disminuida para la etapa de germinación donde es muy susceptible a una deficiencia de humedad en el suelo (donde el cultivo puede morir dado lo limitado del desarrollo del sistema radicular en esta etapa incipiente y la demanda de agua que se tiene), por otra parte también se tiene una disminución en la resistencia a sequía hacia la etapa de floración (donde el cultivo no es capaz de mantener con la humedad suficiente los órganos reproductivos y por lo tanto se ven disminuidos los rendimientos del cultivo), posteriormente la planta recupera la resistencia a la sequía en la última etapa de desarrollo.

Al observar el mapa de uso del suelo de los Estados Unidos Mexicanos, se encuentra que las zonas áridas del Norte corresponden a una agricultura bajo riego y por lo tanto altamente tecnificada, pero las que no están bajo este sistema son las de agricultura tradicional o de subsistencia, misma que ocupa la mayor parte de tierras de la superficie Nacional, dependientes principalmente de las lluvias que se presentan en el temporal de cada año.

En algunos reportes de las estaciones meteorológicas, los registros son mensuales y no diarios, con lo que se pierde el detalle exacto del número de días con buena o mala

precipitación, para determinar cuales de ellos tienen lluvias aprovechables para humedecer suficientemente a los suelos y planificar las labores de los diferentes cultivos, es por ello que en este trabajo se plantea obtener el balance de agua en el suelo con ciertas particularidades que a continuación se mencionan en metodología.

METODOLOGIA

A continuación se describen los diferentes conceptos que intervienen en el cálculo del balance de humedad a nivel de triadas. Para su cálculo se necesita conocer las variables relacionadas con la entrada y salida de agua al suelo. En este trabajo se consideran las que siguen a continuación.

Precipitación (PPT), es la cantidad de agua precipitada en milímetros que ocurre en el período i y registrada en un pluviómetro o pluviógrafo, considerada como un aporte de agua en el balance.

Evapotranspiración máxima del cultivo (ET_M), Considerada como la pérdida de agua del suelo máxima posible por parte del cultivo, producida por la evaporación más la transpiración del cultivo; en este trabajo, se obtiene multiplicando el valor de la evaporación potencial obtenida en el tanque tipo "A" por un factor de 0.8; adicionalmente es necesario considerar de que cultivo se trata; para ello se hace uso de un factor de desarrollo del cultivo (K_c) que en este caso por tratarse del cultivo de maíz se consideraron los valores propuestos por Aguilera y Martínez (1980).

Con respecto al suelo, este se considera dividido en dos estratos, el primero de los cuales corresponde a la profundidad de exploración del cultivo que depende de la edad de la planta y de la profundidad del suelo, denominada capa superficial, y el segundo es aquel que está por debajo de la capa superficial hasta una profundidad total de 2.0 metros cuando se tienen suelos profundos y limitada a menos de 2.0 metros cuando se tienen suelos someros o poco profundos.

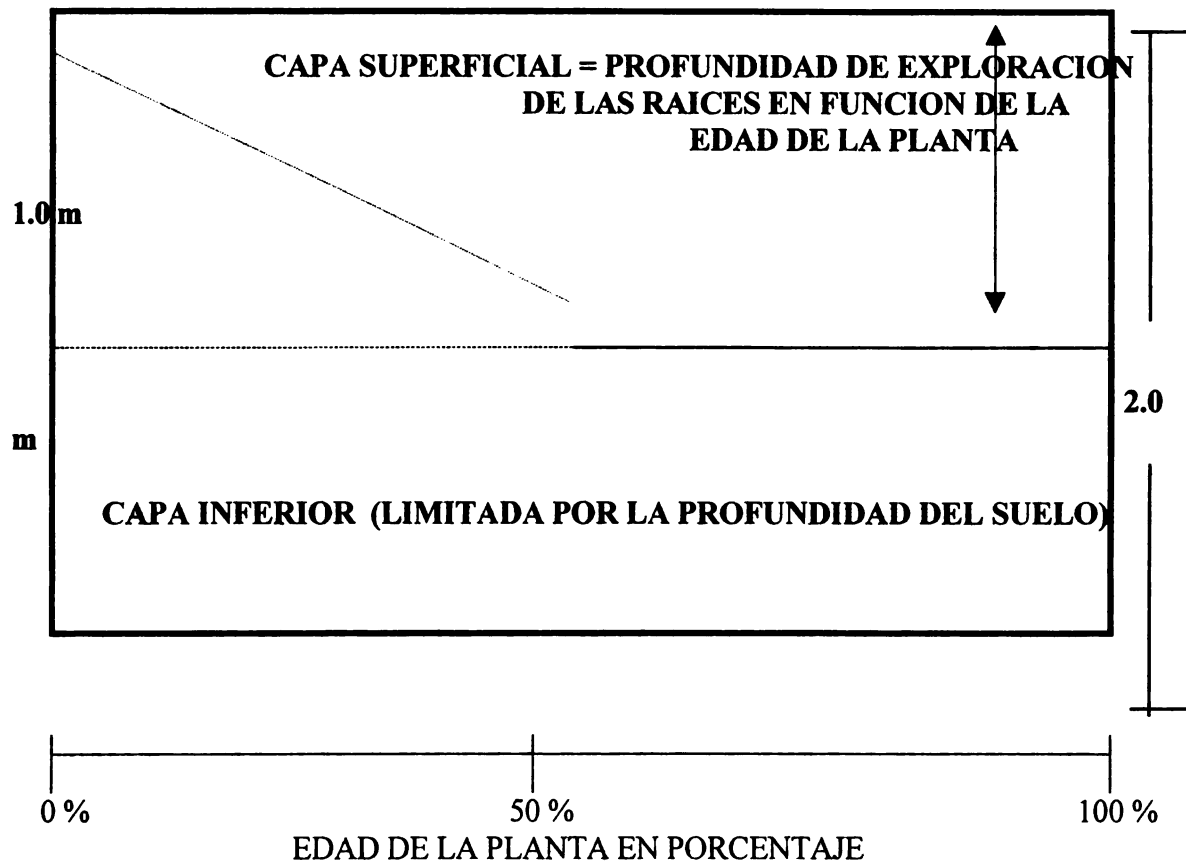


Figura 2. Representación esquemática de la división del suelo en dos estratos, en función de la edad de la planta.

La planta será capaz de satisfacer sus necesidades de agua extrayéndola de la capa superficial en forma directa, sin ningún tipo de restricción y esto causará un movimiento de agua de la capa inferior a la superficial si existe humedad en la capa inferior y siempre que sea mayor al 30% del contenido de agua aprovechable de dicha capa, en cuyo caso la cantidad de agua removida de la capa inferior, será igual a la lámina requerida por el porcentaje de humedad disponible en el estrato inferior y limitada por el máximo contenido de agua que exista en la capa inferior.

La máxima capacidad de almacenamiento de agua en el suelo se determina en función de la textura del suelo y la profundidad de exploración de las raíces en el periodo i -ésimo.

El cálculo del balance de humedad se inicia en el periodo en el que se realizó la siembra. Se supone que el suelo está a su máxima capacidad de almacenamiento en los primeros 10 cm de profundidad, que son los que puede explorar el cultivo en la primer etapa de su desarrollo, sin embargo si se conoce la lluvia ocurrida previa a la fecha de siembra, se usa el valor de la lámina precipitada efectiva que pasa a formar parte de la humedad del suelo para tener la condición más real del contenido de agua del suelo.

Aplicando el balance de humedad a partir de la fecha de siembra del cultivo de maíz es posible obtener las demasías y las deficiencias de agua que se pueden presentar o que se presentaron a lo largo del ciclo de desarrollo del cultivo.

Ocurre una deficiencia de agua en el suelo en el periodo i , cuando el contenido de agua del suelo ha disminuido hasta un valor (lámina) por abajo del nivel (lámina) que causa estrés en la planta y queda expresada por la diferencia entre estas dos láminas, como puede observarse en la Figura 3.

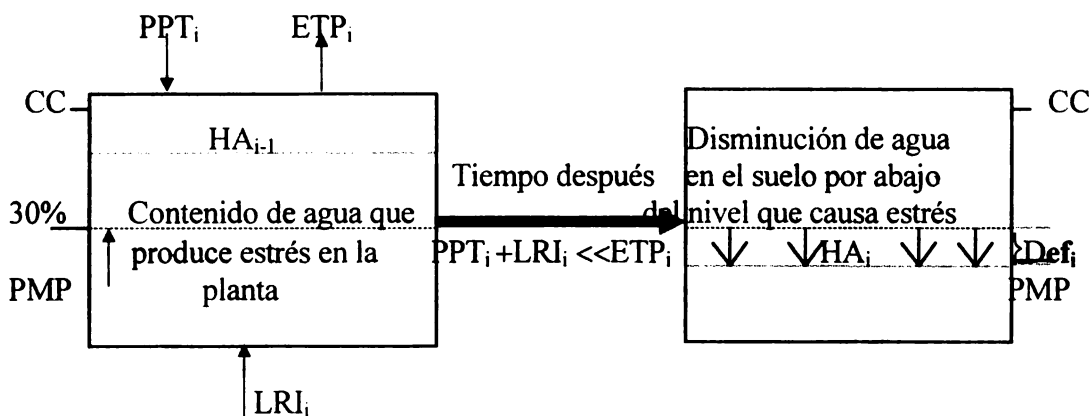


Figura 3. Presencia de una deficiencia de agua en el suelo, con punto crítico 30% de la capacidad de almacenamiento de agua de la capa superior en el periodo i .

En este trabajo se considera que la planta de maíz sufre deficiencia de humedad en el periodo i y se denota por Def_i cuando el contenido de humedad es inferior a 30% de la máxima capacidad de almacenamiento en la primer etapa que comprende de la germinación hasta 2 semanas antes de la floración; este valor (punto crítico) cambia a 60% en la segunda etapa (2 semanas antes de la floración), a 80% en la tercer etapa (2 semanas después de la floración) y baja a 50% en la cuarta etapa (de las dos semanas consideradas en la etapa anterior hasta la culminación del ciclo vegetativo) según Doorenbos y Kassam (1979).

Para obtener la forma del modelo que a continuación se expone, ésta se basó en la proposición de diferentes maneras de ponderar a cada uno de los efectos antes mencionados; se partió de la idea de conseguir una expresión lógica y sencilla que reflejara la disminución de los rendimientos en función de los valores que tomara el modelo; mediante gráficas entre los valores del índice y los rendimientos obtenidos en los trabajos de Hill *et al.* (1982) fue posible ir dando diferentes maneras de evaluar las deficiencias y las temperaturas; por ejemplo, se le dio mayor peso a la época en la que se presenta una sequía; se probaron diferentes ponderaciones, pero la que resultó con mejores resultados fueron las producidas por la función Beta con parámetros $\alpha=3$ y $\beta=7$, ubicando la ponderación máxima, en la época de plena floración; además, presenta la ventaja que para obtener las ponderaciones se toma en cuenta toda la época de floración, desde que inicia hasta que termina, para una determinada variedad de maíz.

También se consideró el efecto que se tiene en la reducción del rendimiento al encontrarse varios días o periodos consecutivos bajo condiciones de sequía, dando mayor peso cuando se tiene mayor número de periodos bajo sequía, obteniendo de esta manera los valores arrojados por el índice con los cuales se mejoro la relación entre el índice y los rendimientos.

Finalmente se consideró el efecto que tienen las temperaturas máximas, al observar que en ocasiones, aunado a la presencia de una sequía, las temperaturas relativamente altas tenían su aportación para que la planta disminuyera sus rendimientos.

La forma del índice hidrotérmico I_{ht} que resulto, después de ensayar varias suposiciones acerca del efecto de las deficiencias de agua en el suelo sobre la disminución del rendimiento del cultivo de maíz, la cual explicó la mayor proporción de la variación lineal de los rendimientos, es la siguiente:

$$I_{ht} = \sum_{z=1}^{nd} \sum_{i=1}^{ndz} [Def_{iz} (P_{iz} + f(iz)) * TM_{iz}]$$

donde: I_{ht} , es el índice hidrotérmico para el ciclo del cultivo, nd , es el número de sequías que se presentaron en todo el ciclo, ndz , es el número de periodos contenidos en la sequía z .

Def_{iz} , es la deficiencia de humedad en el suelo medida como lámina de agua en mm en el periodo i de la sequía z , P_{iz} , es la ponderación por etapa fenológica para deficiencia en el periodo i de la sequía z , $f(iz)$, es la ponderación por efecto del número de periodos que ha durado la sequía z y se obtiene usando la siguiente expresión: $f(iz)=i/n$, siendo i , el número de periodos acumulados en la sequía z y n el número total de periodos que comprende el ciclo del cultivo, TM_{iz} , es el factor donde se considera el efecto de la temperatura máxima en el periodo i de la sequía z y se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$TM_{iz} = 1 + \frac{(Tmax_{iz} - MAX)}{MAX} I_{[30,\infty)}(Tmax_{iz})$$

donde: $Tmax_{iz}$, es la temperatura máxima promedio del periodo i , en la sequía z , expresada en grados centígrados. El valor de MAX depende de la variedad de maíz que se esté analizando; para variedades de valles altos se usa un valor de 25.0 °C y para lugares con altura media sobre el nivel del mar inferior a 2000 m, se usa el valor de 30 °C; cuando es posible contar con este valor para un tipo de maíz específico se puede usar para obtener resultados lo más completos posibles según Arteaga (1988), también este valor tiene que ver con la destrucción de las proteínas al tenerse una sequía.

Para llevar acabo el cálculo del índice anterior, se elaboró un programa de cómputo en lenguaje C++ usando el compilador de Borlandc, versión 3.1. El programa utiliza la información sobre la fecha de siembra y de floración, la lámina de riego, la capacidad de campo, el punto de marchitez permanente, la profundidad y la densidad aparente del suelo; también permite agrupar la información en periodos de tres días, llamadas triadas, y calcula el balance climático, iniciando en la fecha de siembra proporcionada por el usuario. Para cada periodo se obtiene el contenido de humedad en el suelo y la deficiencia de humedad.

Posteriormente se hacen corresponder los períodos de información meteorológica con los de crecimiento de la planta para la asignación de los coeficientes de ponderación de acuerdo a la etapa fenológica y, finalmente, se calcula el valor del índice de humedad y temperatura (I_{ht}).

Datos usados en la aplicación del índice propuesto

Para revisar el ajuste del modelo se usaron los datos obtenidos por Hill *et al.* 1982, en sus experimentos con maíz variedad NKPX20 llevados a cabo en Kaysville, Utah, durante el año de 1980, empleando tres fechas de siembra y seis tratamientos de láminas de riego, así como los datos obtenidos por Arteaga (1988), quien sembró el cultivo de maíz H-30 durante cuatro años, usando diferentes fechas de siembra en las localidades de Chapingo y San Juan, tres años en la localidad de Tequexquinahuac y dos años en Montecillos Estado de México, también se usaron los datos obtenidos por Muñoz (1988) en la cual se sembró el cultivo de maíz variedad CP-560 en las localidades de Carácuaro, Las Cruces, Tiquicheo, San Juan de los Plátanos y Buenavista, todas en el estado de Michoacán.

Se tomó el rendimiento en grano del cultivo como la variable a relacionar con el índice de humedad propuesto en este trabajo.

Se usaron los datos meteorológicos registrados en las estaciones meteorológicas aledañas a cada sitio experimental y en cada año, usando los datos de precipitación, evaporación del tanque tipo "A" y temperaturas registrados diariamente; posteriormente se efectuaron agrupaciones de tres días en el caso de la precipitación y la evaporación, mientras que en el caso de las temperaturas, se calcularon los promedios para cada periodo formando periodos llamados triadas, siendo éste el nivel de agrupación que se usó para analizar la información.

RESULTADOS

La generación del programa de cómputo ya explicado, permitió disponer de una herramienta que facilitó el almacenamiento de la información meteorológica y el cálculo de los balances e índices para las diferentes localidades ya mencionadas, mismos que a continuación se proceden a explicar.

La aplicación del balance climático a la información obtenida por Hill *et al.* (1982) permitió obtener el valor de los índices para todas las fechas de siembra en cada uno de los seis tratamientos de riego, mismos que se muestran en la siguiente figura

Todas las fechas de siembra

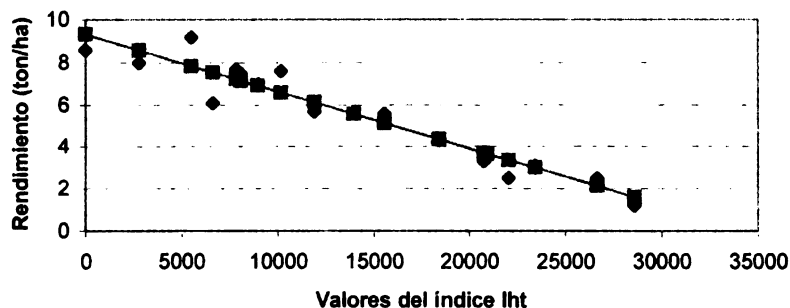


Figura 4. Gráfica entre el índice I_{ht} y el rendimiento obtenido en Kaysville, UT, en las tres fechas de siembra en el año de 1980.

También se procedió a obtener los modelos lineales para cada fecha de siembra y al observar la similitud entre las pendientes de las tres rectas obtenidas en cada fecha de siembra, se procedió a la prueba de hipótesis sobre la igualdad de pendientes usando una estadística F; como resultado del análisis estadístico, no hay diferencias significativas al 5% entre las tres pendientes, concluyendo que se tiene comportamiento similar del rendimiento del maíz con respecto al índice hidrotérmico en las tres fechas de siembra.

Tabla 1. Estimadores obtenidos el modelo lineal simple para Kaysville, Utah en cada fecha de siembra.

Fecha de Siembra	Parámetro		Cuadrado medio Del Error	n	R^2
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$			
2 de Mayo	11.22	-.00038	0.372	6	0.98
15 de Mayo	8.87	-.00024	0.372	6	0.97
6 de Junio	9.33	-.00027	0.610	6	0.94

**todos los parámetros fueron significativos al 1%.

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las fechas de siembra y los rendimientos obtenidos por Arteaga (1988).

Todas las fechas de siembra para el área de influencia de Chapingo, México

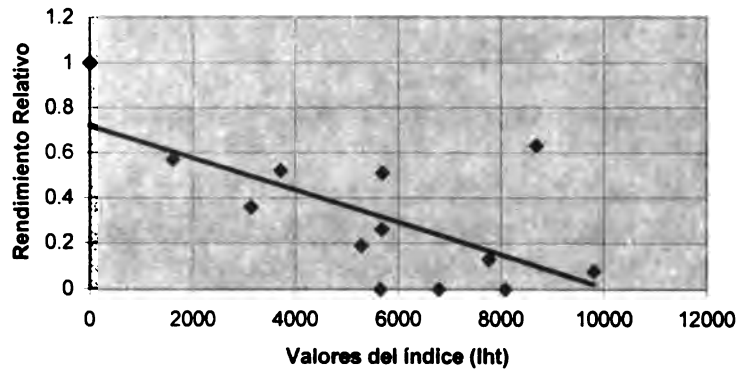


Figura 5. Gráfica entre el índice I_{ht} y el rendimiento obtenido en el área de influencia de Chapingo, México que comprende 4 estaciones y tres años de estudio.

A continuación se presentan los valores del índice hidrotérmico obtenidos al cultivo de maíz CP-560, presentado por Muñoz (1988).

Valor del índice(I_{ht})	Rendimiento (kg/ha)
1534.2	1.696
9678.4	0.67
5853.8	1.122
7887.6	1.23
7859.1	1.167

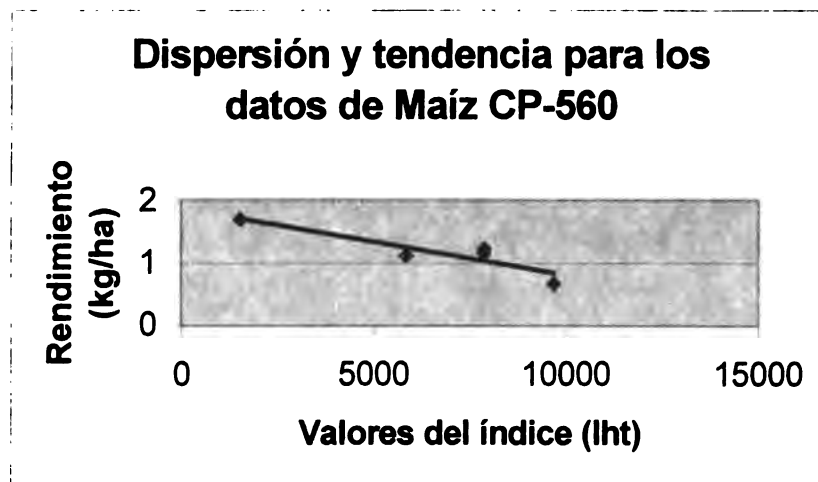


Figura 6. Gráfica de dispersión entre el índice I_{ht} y los rendimiento obtenidos para los datos de Muñoz(1988).

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos al usar el procedimiento ordinario de mínimos cuadrados para cada sitio experimental.

Tabla 2. Estimadores obtenidos para el modelo de regresión lineal incluyendo todas las fechas de siembra.

Lugar	Parámetro estimado		Cuadrado medio Del error	n	r ²
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$			
Kaysville, Utah 0.92	9.33**	-.00027**	0.702		18
Chapingo, Méx. 0.72	4.99**	-.00055**	1.325		13
Michoacán 0.808	1.867**	-0.00011**	3.456		5

**todos los parámetros fueron diferentes de cero usando un nivel de 5%.

Puede verse de la Tabla 2 que para cada variedad de maíz empleada se obtiene un modelo de regresión lineal simple diferente, lo cual puede esperarse debido a que las variedades presentan diferencias a nivel estructural y fisiológico; en consecuencia tienden a responder de manera diferenciada a las deficiencias de agua en el suelo, de tal manera que para un mismo valor del índice hidrotérmico, se tendrán diferencias en rendimiento en grano, en cada variedad; en el caso que se analiza, la variedad H-30 tendría la mayor disminución, dado que presenta la mayor pendiente en valor absoluto.

La observación anterior es importante, ya que se pueden ensayar diferentes variedades de maíz para una localidad y evaluar las disminuciones en el rendimiento a través del índice hidrotérmico, eligiendo posteriormente, aquella variedad que presenta las menores pérdidas en rendimiento al modificarse el índice, lo cual quiere decir que se trata de una variedad que resiste más a la sequía, o bien, que los efectos de la sequía no la afectan de igual manera que al resto; el procedimiento anterior es una alternativa para elegir variedades resistentes a sequía basándose en el índice.

CONCLUSION

El cálculo del índice hidrotérmico aquí presentado permite caracterizar una variedad de maíz al emplear diferentes fechas de siembra en un sitio y posteriormente al obtener la relación lineal entre los valores del índice y los rendimientos obtenidos, la pendiente de la recta obtenida, permite obtener una estimación de la pérdida promedio con respecto a la presencia de una sequía en el suelo.

BIBLIOGRAFIA

- Aguilera, C.M. y Martínez, E.R. 1980. Relaciones Agua-Suelo-Planta-Atmósfera. 2a. Ed. Departamento de Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Arteaga, R.R. 1988. Aptitud Agroclimática del área de Chapingo, México, con respecto al maíz (*Zea mays* L.) H-30. Tesis de maestría en ciencias. Centro de Hidrociencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- Barrales D.S., Muñoz, O.A. y Sotres, R.D. 1984. Relaciones termopluviométricas en familias de maíz bajo condiciones de temporal. *Agrociencia* 58:127-139. Montecillo, México.
- Christiansen, M.N. 1982. World environmental limitations to food and fiber culture. In: *Breeding plants for less favorable*. ed. by M.N. Christiansen and Ch. F. Lewis. John Wiley & Sons. Inc. New York. U.S.A.
- Cumpa J.S, Palacios V., E y Exebio, A. 1988. Efectos del déficit de humedad y características físicas del suelo en el desarrollo del frijol. *Agrociencia* (73) 195:215.
- Doorenbos, J. and Kassam, A.H. 1979. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. Estudio FAO: Riego y drenaje No. 33. Roma, Italia.
- Fion L., D.A. 1980. Análisis de la precipitación pluvial en tres municipios de Jutiapa, para la determinación de épocas de siembra en maíz (*Zea mays* l.). Tesis de licenciatura. Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Freere M., Rijks J., Q. y Rea j. 1975. Estudio Agroclimatológico de la Zona andina (informe Técnico). Proyecto interinstitucional FAO/UNESCO/OMM en agroclimatología. Roma. Italia.
- Freere M. y Popov G..F. 1980. Pronóstico de Cosechas basado en datos agrometeorológicos. Estudio FAO: producción y protección vegetal No. 17. Roma. Italia.
- García B., J 1979. Estructura metodológica para la caracterización agroecológica de areas por procedimientos cuantitativos de análisis y su posterior zonificación. Tesis de Doctor en ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Grassi, C., B.A. 1983. Riesgo de primeras y ultimas heladas en Puebla y Tlaxcala respecto a los cultivos básicos. Tesis de Maestría. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

- Halperin M. And J. Gurian, 1971. A note on estimation in straight line regression when both variables are subject to error. *Journal of American Statistical Association*. 66: 587 – 589.
- Hill, R. W., R. J. Hanks and J.L. Wright. 1982. Crop yield modes adapted to irrigation scheduling programs. Final report Phase III. Department of Agricultural and irrigation engineering, Utah State. Univeristy printing. Logan, Utah, U.S.A.
- Hanks R.J. and Hanks, R.W. 1980. Modeling Crop Responses to Irrigation in relation to Soils, Climate and Salinity. Department of Soil Science and Biometeorology, College of Agriculture, Utah State University, Logan, Utah. U.S.A.
- Hanks R. J., and Ritchie J., T. 1991. Modeling Plant and Soil Systems. American Society of Agronomy. Madison Wisconsin. U.S.A.
- Hill R.W., Hanks, R.J. and Wrihth, J.L. 1982. Crop Yield models adapted to Irrigation Scheduling Programs. Final Report. Phase I, II and III. Research Report 99. Utah Agricultural Experiment Station. Utah State University. Logan, Utah. U.S.A.
- Kramer P., J. 1989. Water relations of plants. Academic press. New York. N.Y.
- Kulkarni, S.,N. And Narahari, S.,N. 1988. A discrete step in the tecnology trend for sorghum yields in Parbhani, India. *Agricultural and forest meteorology*. 42:157-165.
- McQuigg, J. D. 1975. Economics impacts weather variability. University of Missouri - Columbia. Department of Atmospheric Science, 256 pp
- Muñoz, O. A. 1997. Model 2 to select for drought tolerance. In G.O. Edmeades, M. Bazinger , H. R. Michelson and C.B. Peña-Valdivia (Eds). *Developing Druoght and Low N tolerant Maize*. Proceedings of a Syposium, March 25-29, CIMMYT El Battán, México. PP 541-543.
- Nieuwolt S. 1989. Estimating the agricultural risks of tropical rainfall. *Agricultural and forest meteorology*. 45:251-263.
- Ortíz S., C.A. 1987. Elementos de Agrometeorología cuantitativa. Con aplicaciones en la República Mexicana. Departamento de Suelos.Universidad Autónoma Chapingo.Chapingo, México.
- Palacios V., E. 1998. Por qué es importante el riego. IV Curso Internacional de Sistemas de Riego. Vol 1. Departamento de Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Petr A.L. 1977. A review in Agrometeorology of the maiz (corn) crop. *World Meteorological Organization*. No. 481. Geneva, Switzerland.

- Palacios V., E. y Martínez G., A. 1978. Respuesta de los cultivos a diferentes niveles de humedad en el suelo. Un enfoque metodológico de investigación. Centro de Estadística y cálculo, Riego y Drenaje. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Quezada A. y Muñoz O.A. 1985. Efecto de la sequía en diferentes estadios de crecimiento en maíz (*Zea mays* L.) H-28. Revista Chapingo. 47:76-80. Chapingo, México.
- Radulovich R. 1987. AQUA, a model to evaluate water deficits and excesses in tropical cropping. Agricultural and forest meteorology. 40:305-321.
- SARH. 1982. Estimación de resultados de la producción agrícola, ganadera y forestal de 1982. SARH-SAM. Publicado en el periódico Novedades del 17 de Noviembre.
- Shaw, R.H. 1974. A weighted moisture stress index for corn in Iowa. Iowa State Journal of Research 49(2). pp 101-114.
- Stern, R.D. and Coe, R. 1982. The use of rainfall models in agricultural planning. Agricultural meteorology. 26:35-50.
- Stewart, J. I. and Hagan, R. M. 1973. Functions to predict effects of crop water deficits. J. Irr. Drain. Div., ASCE 99 (LR4):421-439.
- Stewart, J.I., Danielson, R.E., Hanks, R.J., Jackson, E.B., Hagan, R.M., Pruitt, W.O., Franklin, W.T. and Riley, J.P. 1977. Optimizing Crop production through control of water and salinity levels in the soil. Utah Water Research Lab. PR 151-1, Logan, Utah. 191 pp.
- Vázquez P., M.A. y Arteaga R., R. 1989. Programa para calculara probabilidad de heladas en base a tres criterios. Memorias de la segunda reunión nacional de Agroclimatología . Abril 14-18. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Villalba, J. A. 1995. Programa para determinar intervalos de fechas de siembra en maíz y frijol, en condiciones de secano. Tesis de licenciatura. Departamento de Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México

LA SUPERFICIE AGRÍCOLA DEL DISTRITO DE RIEGO 'BAJO SAN JUAN': ESCENARIOS FUTUROS CON LA PRESENCIA DE SEQUÍAS

JOSÉ DE JESÚS NÁVAR CHÁIDEZ
PROFESOR DE MANEJO DE RECURSOS NATURALES EN CUENCAS
HIDROLÓGICAS. FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES-UANL.
APARTADO POSTAL NO 41. LINARES, N.L. 67700. MÉXICO. TELS (821-
24895), (821-24251) Y (821-21817),
CORREO ELECTRÓNICO: jnavar@ccr.dsi.uanl.mx

RESUMEN

Los recursos hidrológicos de la cuenca del Río San Juan son claves para el desarrollo económico del Área Metropolitana de Monterrey, agrícola de los distritos de Riego Las Lajas y El Bajo San Juan y ambiental de los ecosistemas riverinos del nordeste de México. El objetivo del presente estudio fue estimar el efecto de las sequías e hidrología normal en la superficie agrícola irrigada del Bajo San Juan para los períodos de 1990-2004; 2010-2024 y 2030-2044, respectivamente. La metodología consistió en estimar: (a) la sequía e hidrología normal del pasado para extrapolarla al futuro, (b) las demandas futuras de agua en el Área Metropolitana de Monterrey, y (c) correr un balance hidrológico conjunto de los embalses 'El Cuchillo'-'Marte R. Gómez'. Los resultados mostraron que el 'Bajo San Juan' irrigaría como promedio solamente el 65 y 55% de la superficie total bajo los escenarios de hidrología normal y sequía histórica, respectivamente, para los periodos de tiempo mencionados. Esta información sugiere realizar prácticas de manejo sustentable de recursos hidrológicos para mitigar las reducciones en las superficies irrigadas.

Palabras clave: Bajo San Juan, Superficie Agrícola, Escenarios, Sequías.

ABSTRACT

The hydrologic resources of the Rio San Juan watershed are critical for economical development of the Monterrey Metropolitan Area, agricultural for the irrigation districts of 'Las Lajas' and 'Bajo San Juan' and environmental for the riparian ecosystems of northeastern Mexico. The objective of this study was to estimate the effect of drought and normal hydrology episodes on the irrigated land area of the Bajo San Juan irrigation district for the time periods of 1990-2004; 2010-2024; and 2030-2044. The methodology consisted on estimating: (a) the drought of record and normal hydrological conditions to be extrapolated to the future, (b) future water demands for domestic use in the Monterrey Metropolitan Area, and (c) running a joint water balance at 'El Cuchillo'-'Marte R. Gómez'. The results showed that the Bajo San Juan would irrigate on the average 65 and 55% of the total area for the scenarios normal hydrology and drought of record conditions for 1990-2045. This information suggests to carry out sustainable management practices of water resources to mitigate the reduction of the irrigated lands.

Key words: Bajo San Juan, Agricultural Land, Scenarios, Drought spells.

INTRODUCCION

La cuenca del Río San Juan, localizada en el nordeste de México, presenta una problemática compleja sobre el manejo sustentable de los recursos hidrológicos. Los principales usos del agua son agrícola y público (municipal, doméstico, industrial, comercial, etc) aunque el ambiental esta siendo también considerado por la sociedad. Para el uso agrícola, los distritos de riego 'Las Lajas' y 'Bajo San Juan' demandan el 100% para irrigación de los embalses 'El Cuchillo' y 'Marte R Gómez', respectivamente. Para el uso público, en la cuenca habitan aproximadamente 5 millones de habitantes, de los cuales el 50% se concentran en el Area Metropolitana de Monterrey, AMM (SARH-SEP, 1989; ERL, 1991; INEGI, 1995).

Los distritos de riego 'Las Lajas' y 'Bajo Río San Juan' están compuestos de 3000 y 80000 ha, respectivamente (SARH, 1981) y se encuentran localizadas inmediatamente aguas abajo de los embalses 'El Cuchillo' y 'Marte R. Gómez', respectivamente. El volumen de agua suministrado por este embalse para riego de el primer distrito es de 4.8 Mm³ año⁻¹ (CNA, 1997). El suministro promedio anual de agua para irrigación del distrito Bajo San Juan es de 375 Mm³ año⁻¹ (SARH, 1981) a 540 Mm³ año⁻¹ (ERL, 1991).

El caudal del río San Juan es altamente variable en tiempo y espacio. La sequía de los 1990's ha reducido el gasto, llegando hasta ser 0 en algunos puntos de la cuenca a mediados de 1998. Este período seco, el cual no parece haber terminado (Schmand *et al.* 1998), ha traído conflictos internos por las aguas del Río San Juan. Los almacenamientos de los embalses 'El Cuchillo' y 'Marte R. Gómez' cayeron hasta sus límites más bajos desde sus construcciones. En el distrito 026 o 'Bajo San Juan' el área irrigada se redujo hasta un 20% a principios de los 1990's. Es probable que las sequías futuras aunado al incremento en la demanda de agua para uso público en la cuenca podrían comprimir aun más las superficies irrigadas y estresar aun más las relaciones sociales, económicas y políticas de los usuarios del agua de la cuenca. El objetivo de este reporte fue el de estudiar las variaciones en la superficie irrigada del Distrito de Riego 'Bajo San Juan' para los periodos de 1990-2005; 2010-2025 y 2030-2045 bajo escenarios de la presencia de sequías histórica registrada e hidrología normal.

MATERIALES Y METODOS

Descripción Geográfica del Area de Estudio. La cuenca del río San Juan se localiza en el nordeste de México. Pertenece a la región hidrológica del Río Bravo-Río Conchos y cubre una área de drenaje de aproximadamente 33000 km², en los Estados de Coahuila (40%), Nuevo León (57%) y Tamaulipas (3%). El drenaje superficial está compuesto por los ríos Salinas, Pesquería, Santa Catarina, San Juan, Ramos y Pílon. Los ríos inician en la región sudoriental de la cuenca, en la Sierra Madre Oriental, y drenan en una dirección este hacia el río Bravo, desembocando en este en Camargo, Tamaulipas. Las cuencas vecinas son: río Bravo hacia el noreste, el río Alamo hacia el norte, el río San Fernando hacia el sudoeste y el río Salado hacia el noroeste.

El distrito de riego 026 o 'Bajo San Juan' cubre una superficie de 80972 ha distribuidas en 5 unidades de riego. El distrito se localiza en la Planicie Costera

Nororiental, en los municipios de Mier, Miguel Alemán, Camargo, Díaz Ordaz y Reynosa, del noroeste de Tamaulipas. Se caracteriza por ser una superficie sensiblemente plana sin quebraduras o escotaduras profundas. La precipitación anual promedio fluctúa desde los 400 mm en la porción noroccidental hasta los 600 mm en la porción sudoriental (SARH, 1981; CILA, 1994). Los suelos se caracterizan por ser arcillosos, con arcillas del tipo 2:1, de látice expansible, profundos, grises-oscuros, con estructura prismática media y grande, clasificados como Chestnut o Castanozem Lúvicos (SARH, 1981). Prácticamente todos los suelos presentan un horizonte compactado a 30 cm de profundidad.

Metodología. El procedimiento para predecir la superficie agrícola irrigada futura consistió en determinar el volumen de agua disponible para irrigación en el embalse 'Marte R. Gómez' al final de cada año. El volumen almacenado se estimó por correr un balance hidrológico conjunto de los embalses 'El Cuchillo'-'Marte R. Gómez'. El volumen máximo de almacenamiento bombeado para irrigación fue de $500 \text{ Mm}^3 \text{ año}^{-1}$, considerando las estimaciones del uso consuntivo para maíz por dos ciclos anuales y ponderados por la precipitación mensual promedio. Los almacenamientos mínimos dejados en el embalse fueron 50 Mm^3 .

Los caudales y las precipitaciones de entrada a los embalses fueron aquellos registrados durante los periodos de la sequía histórica o hidrología normal. Las condiciones hidrológicas para los caudales fueron determinados de gráficas que muestran las desviaciones acumuladas de la precipitación para varias estaciones climáticas de la cuenca y del gasto del Río San Juan, en la estación San Juan. Las tendencias de sequía fueron corroboradas por correr un balance hidrológico retrospectivo para el embalse 'El Cuchillo'. Con esta información se determinaron los períodos secos y húmedos, sus características hidro-climáticas y sus escalas temporales.

Datos hidroclimáticos utilizados

I.- El Balance Retrospectivo de 'El Cuchillo'. Para correr el balance hidrológico retrospectivo se supuso que el embalse: 1) descarga $12.96 \text{ Mm}^3 \text{ mes}^{-1}$ para cumplir con los compromisos de Marte R. Gómez por el Plan Monterrey IV, 2) descarga $4.8 \text{ Mm}^3 \text{ mes}^{-1}$ para cumplir con los requerimientos de irrigación del distrito de riego 'Las Lajas', 3) envía el 45% de la demanda de agua superficial para uso público del AMM y 4) drena volúmenes excedentes al almacenamiento máximo ordinario de 1024 Mm^3 .

Previo a correr este balance, se trabajó otro balance del embalse con los datos disponibles desde 1993 hasta 1996 para determinar las fuentes de variación mas importantes. Los datos usados para correr los balances hidrológicos fueron:

- Descarga mensual dentro del embalse El Cuchillo, con caudales de los ríos San Juan (1939-1996) y Pión (1950-1996) (Fuente: CNA, 1998).
- Precipitación mensual en la estación El Cuchillo (1939-1996) (Fuente: CNA, 1998).
- Evaporación Mensual de la estación El Cuchillo (1940-1996) (Fuente: CNA, 1998).
- Temperatura mensual, mínima y máxima de la estación El Cuchillo (1940-1996) (Fuente: CNA, 1998).
- Percolación mensual, salidas mensuales para uso público, irrigación del distrito de riego 'Las Lajas' y descarga mensual hacia el embalse Marte R. Gómez (1993-1996) (Fuente: CNA, 1998; Agua y Drenaje, 1998).

La suposición de este análisis es que la evaporación del embalse es 0.75 de la evaporación del evaporímetro, como ha sido sugerido en algunos libros hidrológicos (Dunne y Leopold, 1978; Linsley *et al.*, 1988). La evaporación mensual del evaporímetro fue adicionalmente predecida por la temperatura media y calibrada por la temperatura mínima y máxima como una indicación de la humedad relativa del aire.

El balance para 'El Cuchillo' (1993-1996) mostró un error estándar de 36 Mm³, o 13% del coeficiente de variación entre los almacenamientos simulados y observados. Los gastos de entrada observados y predecidos por el balance hidrológico, se ajustaron bien a una regresión lineal, con una ecuación de $-3.883+0.849319(\text{gasto de entrada medido})$, con un coeficiente de determinación de 0.90 y un error estándar de 10.0 Mm³. Por esta razón, los gastos de entrada de los balances hidrológicos fueron ponderados por esta relación.

II.- El balance hidrológico para el embalse Marte R. Gómez fue corrido con la siguiente información:

- Precipitación mensual de la estación Comales para el periodo 1980-1993 (Fuente: CILA, 1994).
- Evaporación mensual de la estación Comales para el periodo 1980-1993 (Fuente: CILA, 1994).
- Gasto mensual de entrada al embalse por el río San Juan medidos en la estación 'Los Aldamas' (Fuente: CNA, 1998).
- Percolación del embalse hacia el río San Juan medidos en la estación San Juan (Fuente: CILA, 1994).
- Almacenamiento mensual para el periodo 1980-1993 (Fuente: CILA, 1980-1993).

Este procedimiento supuso que el balance hidrológico se encuentra cerrado y que la descarga para irrigación del distrito 026 o Bajo San Juan fue exclusivamente la variable dependiente. La primera suposición fue revisada con los volúmenes almacenados y estimados, los cuales mostraron una variación del 13%.

En la corrida del balance hidrológico futuro se consideraron las siguientes suposiciones:

- La percolación mensual esta en función del volumen de almacenamiento.
- La descarga anual para riego es estimada al final del año en cuestión y la descarga es liberada al inicio del año siguiente. La descarga máxima para riego fue de 500 Mm³.
- La ultima batimetría fue considerada para los balances hidrológicos.
- El gasto de entrada estuvo en función de la descarga del río Pesquería y la descarga del río San Juan a través del manejo del embalse 'El Cuchillo', donde se supuso que se descargaría una tasa de 12.96 Mm³ mes⁻¹ además de los excesos de almacenamiento por arriba de los 1024 Mm³ mes⁻¹ del embalse.

III. Población y uso percapita de agua en el Area metropolitana de Monterrey. El balance hidrológico del embalse 'El Cuchillo' está en función de la demanda para uso doméstico en el AMM. Para completar el incremento en la demanda de agua para uso doméstico, los siguientes datos fueron colectados:

- Estimaciones de la población para el periodo de 1920 hasta 1995 (Fuente: INEGI, 1996).

- Pronóstico de la población para el periodo 2000 hasta 2020 (Fuente: CONAPO, 1996). Interpolación directa de la población hasta el 2045.

- Demanda de agua para uso público del Area Metropolitana de Monterrey para el periodo de 1990 a 1996 (Fuente: Agua y Drenaje, 1998).

El uso percapita de agua fue estimado de la demanda total de agua dividida entre el número de habitantes del AMM. Este valor se aproximó a 290 litros día⁻¹ habitante⁻¹ y es un poco menor que el valor promedio reportado para Los Estados Unidos de América para uso exclusivamente doméstico, el cual se ha reportado como 300 litros día⁻¹ habitante⁻¹ (Soley *et al.*, 1998). La demanda futura fue estimada de la población esperada y su consumo percapita. De la demanda total del agua superficial (50% del total) para uso público, el 50% es suministrado por los embalse La Boca (15%), Cerro Prieto (40%) y El Cuchillo (45%) (CNA, 1998), la proporción que le corresponde al embalse 'El Cuchillo' fue utilizada para esta investigación.

RESULTADOS Y DISCUSION

La Sequía Histórica y La Hidrología Normal. Un periodo de hidrología normal se observa de 1939 a 1948, enfatizando ciclos anuales y posiblemente bianuales (Figura 1). Una periodo seco en precipitación y gasto observado desde 1949 a 1965. Se observa también una tendencia a incrementar la precipitación y el gasto mensual desde 1965 hasta finales de los 1970. El ciclo parece regresar a un periodo de normalidad desde 1978 hasta 1990 para regresar a otro periodo seco iniciando a principios de 1990. Es probable entonces que la tendencia hacia la sequía continuará hasta mediados de la próxima década, si es que el ciclo de la presente sequía se asemeja al ciclo de la sequía de los 1950's.

Los resultados del balance hidrológico retrospectivo mostraron que el embalse 'El Cuchillo' se encuentra consistentemente a su nivel máximo de almacenamiento ordinario (NAMO) y a media capacidad en los periodos húmedos y secos discutidos anteriormente (Figura 2). Es decir, los almacenamientos también fluctúan en función de los ciclos mencionados. Los periodos húmedos se observan desde 1939 hasta 1948 y de 1966 hasta 1979. Los periodos secos se observan desde 1948 hasta 1964 y desde 1989 hasta el presente. Los gastos de entrada y los almacenamientos promedio para toda la escala de tiempo fueron 49 y 729 Mm³ mes⁻¹, con desviaciones estándar de 101 y 285 Mm³ mes⁻¹, respectivamente.

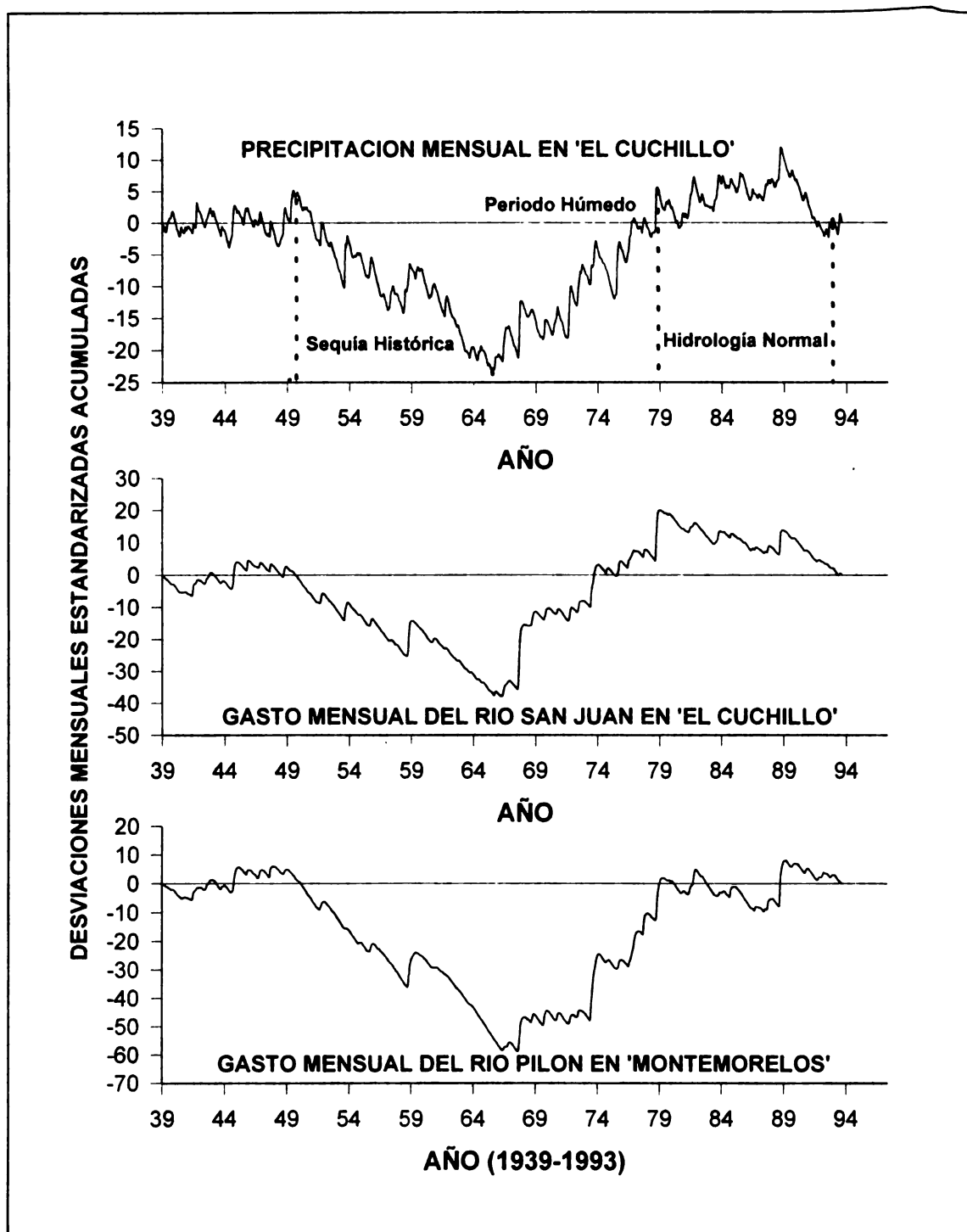


Figura 1. La detección de ciclos secos, normales y húmedos en algunas estaciones hidroclimáticas de la cuenca del Río San Juan.

La sequía histórica registrada propuesta fue aquella que ocurrió de 1949 a 1965 y el periodo de hidrología normal fue aquel que ocurrió de 1979 a 1992. Las características

hidrológicas para la sequía histórica registrada (1948-1963) y para la hidrología normal (1978-1992) tuvieron las estadísticas de precipitación y gasto mensual promedio de 38 mm y 43 mm; y $35 \text{ Mm}^3 \text{ mes}^{-1}$ y $48 \text{ Mm}^3 \text{ mes}^{-1}$, respectivamente.

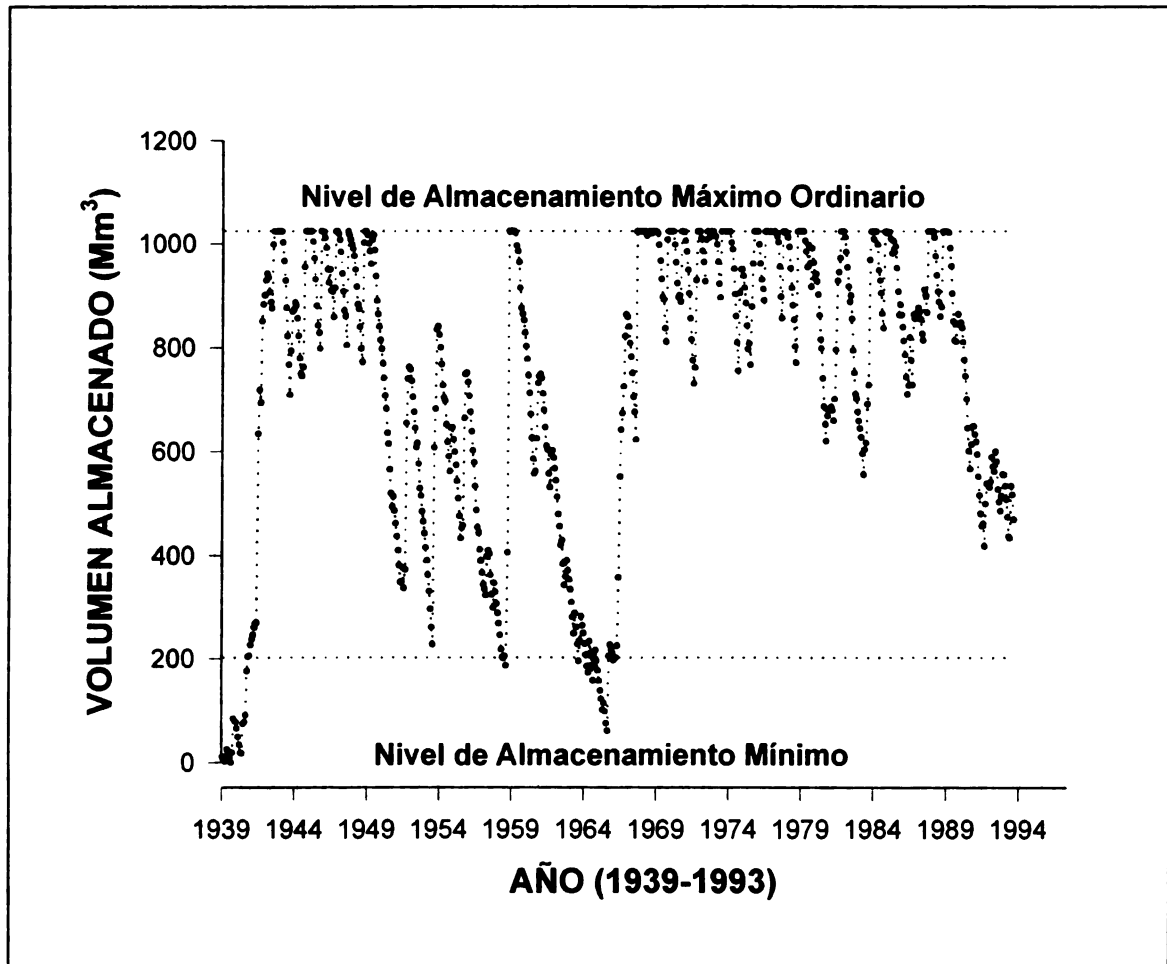


Figura 2. Almacenamientos del balance hidrológico retrospectivo del embalse 'El Cuchillo'. Note la presencia de periodos secos y húmedos.

Una reducción de 5 mm en la precipitación mensual resultó en una disminución de $13 \text{ Mm}^3 \text{ mes}^{-1}$ de gasto. Esto pudo haber sido el resultado de los cambios en la frecuencia e intensidad de la precipitación en lugar de la cantidad total. La descarga estimada promedio es similar a la descarga promedio estimada para el periodo de hidrología normal indicando la consistencia entre ambos promedios y la representatividad de las condiciones normales.

Escenarios para el embalse El Cuchillo.

1.- La sequía histórica registrada. Los resultados de este balance mostraron que los almacenamientos promedio para los tres periodos de tiempo estudiados serían de 415, 341 y $325 \text{ Mm}^3 \text{ mes}^{-1}$, para 1990-2010, 2010-2030 y 2030-2050, respectivamente. Estos promedios son un tanto mayores que los promedios registrados para los 1990's. En un escenario de sequía histórica en solo 12 meses, 1.8% del tiempo, 'El Cuchillo' derramará agua hacia el río San Juan. La frecuencia de meses sin almacenamiento útil sería de 1, 3 y 4% del tiempo para los periodos de tiempo considerados, respectivamente. La frecuencia de

los almacenamientos con volúmenes útiles menores que $100 \text{ Mm}^3 \text{ mes}^{-1}$ serían 5, 9 y 10% para los periodos de tiempo descritos, respectivamente.

2.- El escenario de hidrología normal. En el escenario de hidrología normal, los almacenamientos promedio y sus desviaciones estándar serían 798, 741 y $705 \text{ Mm}^3 \text{ mes}^{-1}$ y 195, 222, y $222 \text{ Mm}^3 \text{ mes}^{-1}$ para los periodos de tiempo 1990-2005, 2010-2025 y 2030-2045, respectivamente. Los almacenamientos del embalse nunca disminuirían por debajo de los $200 \text{ Mm}^3 \text{ mes}^{-1}$ para ninguno de los periodos observados. El número de meses en los cuales el embalse derramará aguas incrementa hasta 27, 15 y 14 para los tres periodos de tiempo, respectivamente. La frecuencia absoluta de los almacenamientos demuestra que bajo condiciones de hidrología normal el número de meses con almacenamientos por debajo de los $200 \text{ Mm}^3 \text{ mes}^{-1}$ se encuentra ausente. 'El Cuchillo' puede, bajo condiciones de hidrología normal, satisfacer los requerimientos de agua para el distrito 026 y para conservar y proteger los ecosistemas riparios de los cauces del río San Juan. El primer aspecto ha sido cubierto con los nuevos acuerdos entre los Estados de Nuevo León y Tamaulipas.

Escenarios para el embalse Marte R. Gómez.

1.- Sequía histórica registrada. En este escenario, el promedio y la desviación estándar de los almacenamientos del embalse fueron 86 y $196 \text{ Mm}^3 \text{ mes}^{-1}$. La frecuencia de almacenamientos útiles para riego estuvo muy baja, con 44% del tiempo. Esta estimación incrementa con el periodo de simulación. Es importante mencionar que el número de meses con almacenamientos menores a los $200 \text{ Mm}^3 \text{ mes}^{-1}$ domina el histograma de frecuencias absolutas.

2.- El escenario de hidrología normal. En este escenario, el promedio y la desviación estándar del volumen de almacenamiento del embalse incrementó a 168 y $292 \text{ Mm}^3 \text{ mes}^{-1}$. La presencia de almacenamientos a la capacidad total del embalse es también muy baja. El número de meses con almacenamiento de agua no disponible para riego se redujo de 66% a 55% para este nuevo escenario y el número de meses con almacenamientos superiores a la capacidad del embalse incrementó de 3 a 9. Sin embargo, el número de meses con almacenamientos menores que $100 \text{ Mm}^3 \text{ mes}^{-1}$ domina aun el histograma de almacenamientos.

Superficies irrigadas futuras. Las superficies irrigadas del 026 estarán oscilando como promedio en las 43000 a 52000 ha con los escenarios de sequía histórica e hidrología normal para el período completo de 1990 al 2045 (Figura 3).

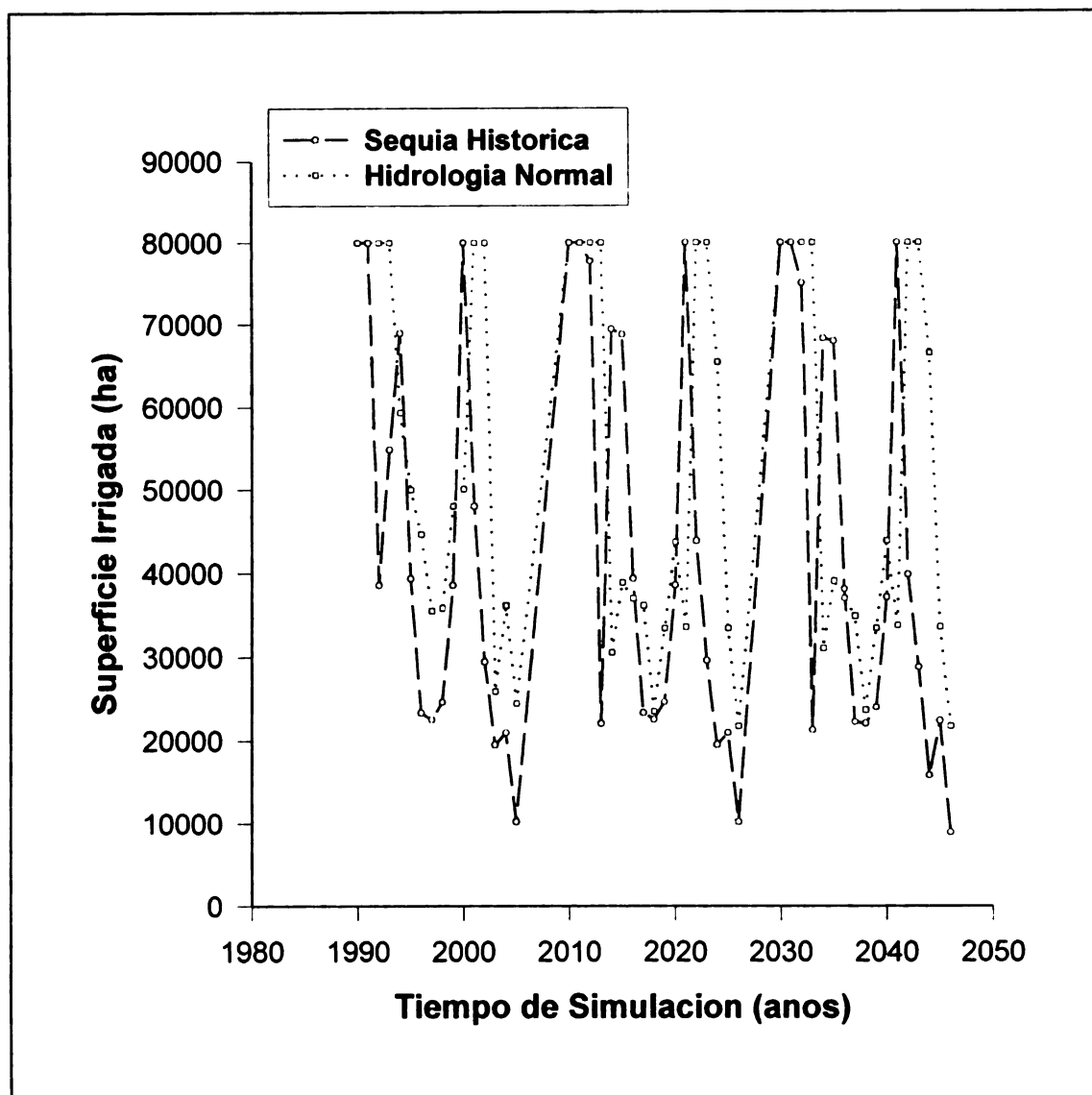


Figura 3. Las superficies irrigadas en el 026 o Bajo San Juan para dos escenarios para el periodo 1990-2045.

Esto representa una reducción del 46 y 35% de la superficie total a irrigar. Las superficies mínimas a irrigar se encuentran dentro de las 9000 y 18000 ha para los escenarios descritos, respectivamente. Solamente en el 16 y el 36% del tiempo estudiado se podrá irrigar la totalidad de la superficie para los escenarios descritos, respectivamente. Es importante notar que bajo los escenarios estudiados, la superficie agrícola de riego se comprimiría en una proporción similar en los dos escenarios hidrológicos. La sequía de los 1990's ha traído conflictos entre los usuarios del agua y en el futuro y estas tenderán a agudizarse con la futura presencia de sequías e hidrología normal. Por esta razón, es importante realizar prácticas operativas de manejo sustentable de los recursos hidrológicos superficiales de la cuenca del Río San Juan.

El manejo sustentable es un compromiso multisectorial. En el sector público (doméstico, industrial, comercial, municipal, público) de muchas ciudades la eficiencia en la conducción y distribución del agua va desde un 30 hasta un 60%. Reduciendo parcialmente estas pérdidas en el AMM se podría irrigar una superficie adicional desde 18000 hasta 55000 ha. El uso percapita podría reducirse a niveles de uso conscientes de la sequía y del ecosistema semi-árido que enmarca la cuenca, recordando que algunas ciudades como Amman y Lalitpur tienen una tasa percapita de 40 litros día⁻¹ habitante⁻¹ (Schmitt, 1997). En el sector agrícola, la eficiencia en el riego es baja, con un valor absoluto total del 35% (SARH, 1981) e incluye pérdidas por transporte, conducción, aplicación y uso del agua por los cultivos. El incremento en la eficiencia hasta un posible 60%, con canales ademados y tecnologías de riego más eficientes, repercutiría en un incremento de la superficie irrigada de una superficie de 24000 ha. En el área de reciclaje de aguas municipales el AMM inició con el Plan Monterrey IV el tratamiento de las aguas municipales de el área pero aun existe necesidad de ampliar el número y capacidad de las obras para tratar la totalidad de las aguas municipales e industriales. En el área de manejo de embalses, es importante tratar al complejo 'El Cuchillo'-'Marte R. Gómez' con programas de optimización de manejo de los almacenamientos y transferencia en los momentos más oportunos. La operatividad de estas prácticas es urgente y requiere de la atención de la sociedad que habita en la cuenca (UNCED, 1992).

CONCLUSIONES

En este reporte se ha enfatizado que la superficie del distrito de riego del 'Bajo San Juan' se comprimiría hasta en un 10% con la presencia de sequías futuras o hidrología normal durante el período de 1990-2045. Por esta razón es urgente la implementación del manejo sustentable de recursos hidrológicos en la cuenca del Río San Juan.

RECONOCIMIENTOS

Este proyecto fue posible gracias al financiamiento del Sistema de Investigación Alfonso Reyes (SIREYES) a través del Proyecto 97/6033 y del Programa de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica (PAICYT) de la UANL a través del proyecto CT042-98. Se agradece a La Gerencia Estatal de la Comisión Nacional del Agua del Estado de Nuevo León por las facilidades en utilizar la información hidrológica.

REFERENCIAS

- Agua y Drenaje de Monterrey. 1998. Departamento de Planeación y Desarrollo Económico. Datos de Uso Domestico del Agua del Area Metropolitana de Monterrey 1990-1996.
- Comisión de Límites y Aguas Internacionales. CILA. 1980-1994. Boletines hidrométricos de la cuenca del Río Bravo.
- CNA. 1994. Consejo de Cuenca del Río Bravo. Comisión Nacional del Agua. CNA, Región Noreste. México, D.F.

- CNA. 1998. Datos hidrométricos de los embalses y climáticos de la cuenca del Río San Juan. Comisión Nacional del Agua. Gerencia Estatal Nuevo León. Monterrey, N.L., México.
- CONAPO, 1996. Estimaciones y proyecciones de la población. Consejo Nacional de Población, México, D.F.
- Dunne, T, and Leopold, L.B. 1978. Water in Environmental Planning. W.H. Freeman Company. New York. 818p.
- ERL. Environmental Resources Limited. 1991. Plan de manejo de los embalses de la cuenca del Río San Juan. CEE. Madrid, Espana. 72p.
- INEGI. 1995. Anuario estadístico de Nuevo León. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática y Gobierno del Estado de Nuevo León. Monterrey, N.L., México.
- INEGI. 1996. Anuario estadístico de Nuevo León. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática y Gobierno del Estado de Nuevo León. Monterrey, N.L., México.
- INEGI. 1997. Anuario estadístico de Nuevo León. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática y Gobierno del Estado de Nuevo León. Monterrey, N.L., México.
- Linsley, R.K., Kohler, M.A., and Paulhus, J.L.H. 1988. Hidrología para Ingenieros. 2a Edición. McGraw Hill. México. 386p.
- SARH, 1980. Estudio sobre el aprovechamiento de excedentes del Río Bravo, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. Infraestructura, Recursos y Servicios. México, D.F.
- SARH, 1981. Rehabilitación de los distritos de riego del Bajo Río Bravo (25) y del Río San Juan (26), Tamps. Resumen. Infraestructura, Recursos y Servicios. México, D.F.
- SARH-CNA, 1991. Distrito de riego No 026 B.R.S.J. organización e infraestructura. Unidad de Información y Participación Ciudadana. Cd. Gustavo Díaz Ordaz, Tamps. México.
- SARH-SEP, 1989. El agua y la sociedad: en el mundo, en México, Nuevo León. IMTA. Jiutepec, Morelos, México. 17p.
- Schmandt, J., Stolp, C., and Ward, G. 1998. Scarce water: doing more with less in the lower Rio Grande. US-Mexican Policy Studies Program. Policy Report No. 8. The University of Texas, Austin, TX.
- Schmitt, T.G. 1997. Water protection human beings a triangular relationships in changing times. App Goeg & Dev 49: 59-78.

Soley, W.B., Pierce, R.R., and Perlman, H.A. 1998. Estimated use of water in the United States in 1995. U.S. Geological Survey Circular No 1200.

UNCED. 1992. United Nations Conference on Environment and Development, Agenda 21, Chapter 18, sections 8 and 9. Rio de Janeiro, Brazil.

UTILIZACIÓN DE CARGA ANIMAL MODERADA PARA PREVENIR DAÑOS POR SEQUÍA EN LA EXPLOTACIÓN PECUARIA EXTENSIVA

SERRATO SÁNCHEZ RAÚL¹, ANTONIO GALLEGOS PONCE² Y MISAE LÓPEZ LOZANO²

INTRODUCCIÓN

La vegetación natural, al igual que todos los seres vivos, se desarrolla a expensas de ciclos climatológicos perfectamente definidos. Las plantas esperan momentos precisos de humedad y calor para desencadenar los procesos que les permitirán nacer, crecer, reproducirse y dormir, ya sea como planta misma o como semilla, a la espera de una nueva estación. Sin embargo, la naturaleza no siempre es constante en proveer lo necesario para la sobrevivencia de los vegetales, por lo que ellos tienen que desarrollar estrategias que les permitan sobreponerse, no sólo a las condiciones climatológicas cambiantes, sino también a la incidencia de otros factores biológicos para que puedan permanecer a través del tiempo.

De acuerdo a las condiciones de latitud, altitud, suelo, humedad y temperatura, entre otras, existen regiones, que por su similitud, tienen una misma clasificación. Una de estas regiones es el desierto, en donde existen comunidades vegetales diversas bien adaptadas a la escasa precipitación pluvial y alta temperatura propia de esta área.

En México, existen dos grandes regiones desérticas, la de Chihuahua y la de Sonora, con tipos de vegetación que permiten su aprovechamiento por el hombre mediante la cría de bovinos, caprinos, ovinos y equinos. El Desierto Chihuahuense se extiende en la parte norte y centro de México, limitado en ambos lados por la Sierra Madre Occidental y por la Sierra Madre Oriental (Godinez, 1998).

El sistema de producción básico de la ganadería en estas áreas es la producción de becerros al destete para la exportación, alrededor del cual, se han venido desarrollando y, no siempre aplicando, los conceptos técnicos que se han considerado más adecuados para hacer la explotación rentable. Al habitante de estas áreas parece ser que se le ha olvidado que vive en un ecosistema en donde el clima es demasiado incierto, en donde a la vegetación le ha tomado miles, y quizás millones de años, adaptarse a esas condiciones cambiantes, y se ha dado a la tarea de tomar los recursos existentes sin prever la existencia futura.

Un fenómeno completamente natural y recurrente, es la disminución en precipitación pluvial, mejor conocido como "sequía" que afecta la actividad agrícola, pecuaria y forestal de los pobladores de esas áreas.

En el Desierto Chihuahuense, se puede considerar como condición normal la presencia de lluvias en los meses de agosto, septiembre y octubre que suman un promedio anual de 350 mm, aunque existen unas áreas que se extienden a lo largo de ambas Sierras cuyo promedio de precipitación pluvial fluctúa entre 350 y 600 mm con vegetación, topografía y temperatura distintiva, por lo que se consideran como semiáridas. Sin embargo, es conocido

¹ PhD, Profesor investigador, División de Estudios de Posgrado, Facultad de Agricultura y Zootecnia, UJED.

² Estudiantes de posgrado, División de Estudios de Posgrado, Facultad de Agricultura y Zootecnia, UJED

que uno, y a veces 2 de cada 5 años, sin saber cuál de ellos, será de sequía. Si el ganadero no maneja racionalmente sus recursos vegetales y animales, lo más seguro es que reciba daños, no sólo en su economía inmediata, sino también a largo plazo que eventualmente le obliguen a vender su rancho.

Existe el antecedente de ganaderos que han tenido éxito por muchos años en la explotación de sus predios al aplicar una o varias técnicas de manejo surgidas de la investigación que se realiza en el país o en el extranjero y hoy día cuentan con suficientes recursos vegetales para sobreponerse a períodos difíciles de provisión de agua. Uno de estos ejemplos es el que aquí se detalla pretendiendo que contribuya al conocimiento existente sobre el uso racional de los recursos para obtener una provisión sostenida a lo largo del tiempo por lo que el objetivo del presente trabajo es hacer extensivo los resultados obtenidos en la pequeña propiedad ganadera "Puerto del Aire", municipio de Rodeo, Durango al implementar como técnica de manejo un uso moderado del pastizal.

REVISIÓN DE LITERATURA

Desde la década de 1860 se tienen registros que indican que la sequía se ha presentado en el norte de México causando estragos. Posteriormente, se observó en los años de 1890s, 1930s, 1950s y 1970s. Ya que el período de 1984 a 1993 fue extremadamente húmedo, lo cual provocó que en 1991 casi todas las presas de esa región vertieran sus demasías, se podría esperar un panorama poco alentador para los siguientes años, tal como sucedió de 1996 y 1997. En 1998, al menos en la Región Lagunera, toda el agua del año cayó en forma de chubascos en unos cuantos días provocando más daños que beneficios.

El ganado que va a abastecer a la población necesitada de proteína animal se cría en pastizales que han sido sobreutilizados a través del tiempo, ya sea por necesidad, por ignorancia o, lo más triste observado en los 7 últimos años, por ambición de propietarios que no emplean el manejo racional y científico del recurso vegetal puesto que sólo lo rentan temporalmente.

El manejo de un rancho ganadero envuelve una serie de acciones que se aplican a: suelo, vegetación y ganado, todas tendientes a incrementar la rentabilidad del negocio.

Dentro de los tratamientos al suelo, destaca la construcción de obras para captar o retener el agua para que ésta sea consumida directamente por los animales. La promoción de ellas, en México, data de 1956 cuando Blanco (1956) explica el programa de cuencas hidrográficas de la entonces Secretaría de Agricultura y Ganadería. Posteriormente, Claverán (1968) detalla un método que le ha dado buenos resultados. En 1972, Velasco y col. difundieron un sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia en las regiones áridas y semiáridas. En 1974, la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos de Norteamérica (National Academic of Science, 1974) difundió un reporte que fue el resultado de un panel de un comité de expertos en innovaciones tecnológicas para el desarrollo intencional donde se trató la captación (cosecha, escurrimiento e irrigación) y conservación (reducción de la evaporación, transpiración y percolación) del agua en las tierras áridas. Una referencia completa sobre sistemas recolectores de agua así como los materiales necesarios para su construcción y mantenimiento es proporcionada por Velasco (1991) en donde se muestra la experiencia obtenida en el altiplano semidesértico de México.

Quizás la vegetación sea la parte del ecosistema que más se ha estudiado, Heady (1975), Stoddart y col. (1975), Vallentine (1989, 1990) y Holechek y col. (1989) presentan

resultados de investigaciones realizadas en los pastizales de todo el mundo resaltando que es posible mejorar el potencial productivo de esas áreas. En México, se tienen resultados de investigaciones realizadas por institutos de investigación y universidades relacionadas con la ciencia y arte del manejo de pastizales (Pastizales, 1980; Luna y col., 1985; Fierro, 1987; López, 1997) en los cuales se manifiesta la necesidad de la aplicación de una o varias técnicas de manejo para aumentar el rendimiento de la vegetación natural.

El manejo científico del ganado es el otro soporte sobre lo que descansa la empresa ganadera extensiva. En el Desierto Chihuahuense es importante la producción de carne, no sólo de bovino, sino también de caprino, por lo que se ha investigado sobre ambas especies y los resultados se han difundido por la Sociedad Mexicana de Manejo de Pastizales, centros de investigación y Universidades.

Sugerencias para mitigar daños por sequía

Blanco (1973) reconoce los efectos de la escasa precipitación pluvial sugiriendo: manejo racional de la vegetación existente disminuyendo la cantidad de animales y alternando el pastoreo para permitir la recuperación de las plantas, construcción de obras de retención de agua, propagación sistemática y mejoramiento de los pastos locales e introducción de especies de pastos y/o leguminosas forrajeras resistentes a las condiciones adversas de aridez.

Para lograr una máxima eficiencia en la producción de pasturas, el ganadero que enfrenta una sequía *moderada* o *severa* deberá continuar o implementar los siguientes procedimientos (Pratt y Novosad, 1978): disponer el ganado y los pastizales de acuerdo a los requerimientos nutritivos, limitar el pastoreo, conservar el exceso de forraje como pastura, cercado y rotación y siembra de pastos para usarlos como suplementos.

Rodríguez y col. (1992) destacan la aplicación inmediata, mediata y a futuro de opciones a realizar durante los efectos críticos de una sequía: desalojo de ganado improductivo, destete temprano, división del hato de acuerdo a su resistencia a la sequía, mejorar el uso de las pastas, la distribución adecuada de los aguajes, proporcionar alimentos suplementarios y la combinación de todas ellas.

Un aspecto crítico para la ganadería extensiva que envuelve la sequía es la producción de forraje el cual requiere de diversas actividades de manejo para prevenir efectos desastrosos. Estudios referidos por Holechek (1996) indican que el pastizal que ha sido pastoreado conservadora o moderadamente producen más forraje durante períodos de sequía que los que han sido fuertemente pastoreados y su recuperación es también mucho más rápida después de la sequía, sugiriendo que los ganaderos deben tener precaución de no aumentar la carga animal antes de que se inicie dicha recuperación.

De acuerdo a investigaciones realizadas en distintos períodos de sequía en el norte del Desierto Chihuahuense (Holechek, 1996), se desprende que la mejor estrategia, financiera y biológica, para sobrevivir fue reducir el hato de un 35 a 50% cuando hubo indicadores de la presencia del fenómeno ya que la producción del forraje sería reducida de un 50 a un 75 %. Esta acción mostró ser mejor que el proveer a los animales de alimento suplementario lo cual incrementa los costos haciendo difícil su recuperación.

García y López (1998) consideran que la decisión más importante de cualquier ganadero que tenga animales en pastoreo es definir una carga animal apropiada, ya que con ella se podrán tener niveles de producción aceptables y además conservar el recurso

forrajero. De hecho, aplicando este principio, entre otros, han afrontado, en los 30 años anteriores, los diferentes períodos de sequía sin tener mayores problemas.

ÁREA DE ESTUDIO

Se tomó el predio ganadero “Puerto del Aire”, municipio de Rodeo, Dgo. Propiedad del Sr. Octavio Sánchez Reyes el cual tiene una superficie de 1500-00 ha ubicado geográficamente a los 104° 45’ de longitud W y 25° 28’ de latitud N para la aplicación de algunas recomendaciones técnicas básicas.

El tipo de vegetación del predio es matorral subinerme con presencia de ocotillo (*Fouquieria splendens*), huizache (*Acacia farnesiana*) y mezquite (*Prosopis juliflora*) además de chaparro prieto (*Acacia vernicosa*) y anillo (*Calliandra eriophylla*). Dentro de los zacates sobresale el navajita (*Bouteloua gracilis*) y el banderita (*B. curtispindula*). El suelo es superficial y pedregoso.

El predio cuenta con cerco perimetral y cercos divisorios en 4 unidades aproximadamente de la misma superficie teniendo agua cada una de ellas gracias a la construcción de pequeñas pilas en donde se captura y conserva el agua de un manantial. La topografía del área es accidentada, aunque un 80 % del total lo forman un valle de aproximadamente 200 metros de ancho y laderas con pendientes aproximadas de 30% y con alturas que van de los 1500 a los 1750 msnm. El 20 % restante lo comprenden serranías a donde el ganado va sólo en épocas muy críticas. El clima del área se clasifica como el más seco de los esteparios (BSO), pero no se tiene registro de la precipitación pluvial.

El hato está constituido por ganado criollo con un 25% de cebú y algo de cabras, también criollas.

El manejo que tradicionalmente seguía el dueño del predio se limitaba a su experiencia, metiendo todo el ganado que podía conseguir en “años buenos” y quedándose con unos pocos en “años malos” por lo que no manejaba una carga animal definida. Usaba un sistema de pastoreo indistinto moviendo el total del ganado por los potreros sin importar estaciones o períodos definidos de pastoreo y descanso. Debido a la relativa lejanía de los centros de distribución de granos, la suplementación nunca se efectuaba y las enfermedades que se presentaban eran tratadas con medicinas recomendadas a larga distancia. Los toros andaban todo el año con las vacas por lo que la cosecha de crías se realizaba todo el año, dificultado su manejo. Los registros de peso de los animales sólo se tomaban al momento de la venta sin importar el tiempo que habían requerido para lograrlo.

Recomendaciones básicas de manejo

De acuerdo con mediciones de la vegetación realizadas en agosto de 1996, la capacidad de carga animal estimada fue de 30 ha/unidad animal año (UAA), lo que permitiría tener por lo menos 50 (UAA), pero el propietario, en el momento de la evaluación traía 70 UAA entre vacas, toros, vaquillas y cabras. Se recomendó el uso de 40 (UAA) conservando únicamente aquellas vacas que habían parido el año anterior, siempre y cuando no tuvieran más de 6 años de edad, ya que el pastoreo moderado continuo, estudiado durante 27 años en las grandes planicies de Norteamérica condujo al máximo de ganancia de peso por cabeza (Rogler, 1951). Los beneficios de la carga animal moderada en pastizales anuales de California habían sido reportados por (Rattliff, 1986) y observados en el rancho Atotonilco,

municipio de Peñón Blanco, Dgo. En donde el manejo de un 30% menos de la capacidad de carga animal estimada permitió que los años secos de 1993-1995 pasaran inadvertidos.

Para aprovechar la infraestructura existente, se recomendó la separación del hato con el fin de iniciar un programa de empadre restringido, poniendo las vacas adultas en un potrero, las becerras y los toros en otro. Los meses recomendados para el empadre fueron los de verano por ser la época de mayor cantidad de pasto en el área, buscando tener pariciones en la siguiente primavera para destetar al inicio de otoño. Con este método se habían obtenido buenos resultados en el rancho "Los Machos", en Tamaulipas mejorando el porcentaje de preñes y de destetes (Goichicoa, 1992).

En los dos años que se tiene trabajando en el predio de referencia, se ha utilizado un sistema de pastoreo continuo y no se nos ha permitido considerar las cabras dentro del pequeño plan de manejo, ya que el dueño las considera como "animales de emergencia" de los cuales se puede desprender con suma facilidad y los trabajos que le requieren son mínimos.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos a dos años y medio de haber tomado en cuenta las sugerencias se sumarizan como sigue:

El empadre restringido permitió detectar que dos de los cinco sementales que por 7 años habían andado en el pastizal eran infértiles, motivando su venta. Igualmente, obligó al dueño a deshacerse de 10 vacas con las cuales estaba encariñado y de 15 que eran improproductivas y viejas. Con ello, el hato quedó formado por 40 vacas de entre 3 y 5 años de edad y 3 sementales de 5 años de promedio, con lo que al siguiente año (1997) se tuvo un 80 % de parición y un porcentaje de destete de 78 % ya que sólo una cría murió. Los becerros fueron vendidos cuando pesaban un promedio de 220 kg. en el otoño próximo pasado y no se notaron cambios en la vegetación, tal vez porque la precipitación pluvial fue menor que la de años anteriores, sin embargo, el dueño del predio ha mostrado satisfacción con las acciones emprendidas reconociendo que el vigor de los pastos presentes se ha visto mejorado.

CONCLUSIONES

La sequía es un fenómeno natural y recurrente que debemos aceptar.

Existe una gama muy amplia de tratamientos susceptibles de aplicar al suelo, a la vegetación y al ganado para enfrentar la sequía mitigando la severidad de su daño.

El uso de una o más herramientas de manejo de suelo, plantas o ganado, ya sea sólo o combinadas, es muy importante para iniciar o continuar un programa de aprovechamiento de la vegetación natural que nos lleve a la sustentabilidad.

Los resultados obtenidos en el predio "Puerta del aire" pudieran parecer pequeños, sin embargo, se consideran fundamentales para poder continuar con la aplicación de más tratamientos en ese mismo predio o iniciar con otros en los predios vecinos.

LITERATURA CITADA

- Blanco, G. 1956. EL PROGRAMA DE BORDOS DE LA SAG. El manejo de las cuencas hidrográficas y nuestros abastecimientos hidráulicos. TIERRA II(11):968-969; 1013-1014.
- Blanco, G. 1973. Manejo racional y fomento de pastizales en zonas semiáridas. TIERRA XXVIII(9):668-670, 700-701.
- Claverán, R. 1968. Los sistemas de captación de agua para abrevar ganado en pastoreo. TERRA XXIII(10):742-743, 798. TERRA XXIII(11):828-829, 865.
- Fierro, L. C. (Ed.) 1985. Resultados de investigación sobre ecología y manejo de pastizales en el norte de Durango. 1978-1987. SARH-INIFAP-CIFAED. Pub. Esp. No. 2. 111 p.
- Godinez, H. 1998. LOS DESIERTOS MEXICANOS. Sus características e importancia. Ciencia y Desarrollo. CONACYT. México. XXIV(143):17-22.
- Goichicoa, C. 1992. La vegetación nativa en los sistemas ganaderos de la sierra de marantines en el sur de Tamaulipas. MANEJO DE PASTIZALES. SOMMAP. 5(2):78-80.
- Heady, H. F. 1975. Rangeland management. McGraw-Hill Book Co. 460 p.
- Holechek, J. 1996. Drought in New Mexico: Prospect and management. RANGELAND. 18(6):225-227.
- Holechek, J. L., R. D. Pieper y C. H. Herbel. 1989. Range management. Principles and practices. Prentice Hall. New Jersey. 501 p.
- López, U. 1997. El mejoramiento de los pastizales y la ecología. MANEJO DE PASTIZALES. SOMMAP. 7(1):19-24.
- Luna, R. de, J. G. Medina y L. C. Fierro (Ed.). 1985. Manejo y transformación de pastizales. SEDUE, Coahuila. 335 p.
- National Academic of Science. 1974. More water for arid lands. Promising technologies and research opportunities. National Academic of Science. Washington, D. C. 154 p.
- Pastizales. 1980. Rancho experimental La Campana INIP-SARH. XI(4):1-3.
- Pratt, J. N. y A. C. Novosad. 1978. Medidas para contrarrestar la sequía. MÉXICO GANADERO 21(244):40-41.
- Rattliff, R. D. 1986. Cattle response to continuous and seasonal grazing of California annual grassland. J. Range Mgmt. 39(6):482-485.
- Rodríguez, A., J. Garza y E. Rodríguez. 1992. Algunas sugerencias sobre manejo de pastizales y ganado, durante los efectos críticos de una sequía. MANEJO DE PASTIZALES. SOMMAP. 5(3):125-129.
- Stoddart, L. A., A. D. Smith y T. W. Box. 1975. Range management. McGraw-Hill Book Co. New York. 532 p.
- Vallentine, J. F. 1989. Range developments and improvements. 3th ed. Brigham Young University Press. Provo, Utah. 524 p.
- Vallentine, J. F. 1990. Grazing management. Academic Press Inc. San Diego, Cal. 533 p.
- Velasco, H. 1991. LAS ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS. Sus características y manejo. ED. LIMUSA. México. 720 p.
- Velasco, H., D. L. Huss y O. Aguirre. 1972. Sistemas de captación y almacenamiento de aguas de lluvia en regiones áridas y semiáridas. EL CAMPO 48(961):20-24.

PRECIPITACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA EROSIÓN DEL SUELO EN TRES AGROECOSISTEMAS TROPICALES.

Jorge López-Collado, Aurea Juárez Nape, Carlos Olguín Palacios, Alberto Asiain Hoyos, Arturo Rodríguez Lagunes, Jesús Alemán López, Eduardo Aquino Rodríguez, José Antonio Castillo Musito, Joaquín Murguía González, María del Rosario Paredes Lara y Clorinda del Carmen Sarabia Bueno.

INTRODUCCION

Algunos autores han señalado que después de la conquista se inició una acelerada destrucción de los bosques y selvas en México, trayendo como consecuencia una pérdida del suelo. Esto se ha debido a la inexistencia de un interés práctico en cuanto al uso y manejo racional de los recursos naturales, originado en gran medida por la inestabilidad política y social de las regiones, lo que ha dado como resultado un creciente deterioro ecológico.

Adicionalmente, se presentaron características favorables para un acelerado proceso erosivo tales como cambios en el uso del suelo, falta de prácticas de conservación, sobrepastoreo y contaminación. A pesar de los grandes esfuerzos que se realizan en México y en el mundo por evitar que estas áreas sigan incrementándose, los esfuerzos no han tenido eco en la población.

El suelo y el agua constituyen la parte esencial del ecosistema y son factores básicos en la producción de alimentos y materia prima para satisfacer las necesidades vitales del hombre; su creciente demanda ejerce una presión cada vez mayor sobre estos recursos con el riesgo permanente de su deterioro por erosión, contaminación y abuso.

Sin embargo, cada día aumenta y se generaliza la conciencia de proteger los recursos naturales con el fin de garantizar un hábitat humano sano y productivo, libre de contaminantes. Las necesidades de fincar un desarrollo sostenible nos involucra a todos, ya que los recursos naturales se están degradando a una velocidad que compromete la disponibilidad de futuras generaciones. Es por esto que se deben de aplicar criterios de desarrollo sostenible que consideren la aplicación de sistemas integrales para mantener la productividad y proteger el medio ambiente.

ANTECEDENTES

Generalidades.

Para entender la magnitud del problema de la erosión, debe de quedar bien claro qué es lo que entendemos como tal. Existen varias definiciones de erosión. Kirkby (1984) la define como un proceso físico que consiste en el desprendimiento, transporte, y deposición de las partículas del suelo por el viento y el agua.

Cuando las pérdidas de suelo son mayores que las de formación del mismo en condiciones naturales, se presenta la erosión geológica o natural y cuando esta misma situación se presenta con intervención del hombre se conoce a la erosión como acelerada. Este proceso de erosión acelerada se debe a las modificaciones de las condiciones naturales de la superficie terrestre con el objeto de satisfacer de alimento y sustento a la creciente población.

Sobre todos los esfuerzos que se han realizado para evitar los procesos de erosión y al no tener el éxito esperado, se han establecido Límites Permisibles de Erosión (LPE), en los cuales se señala la cantidad de suelo que puede perderse de un área determinada sin que éste sufra degradación. Los LPE están basados en los siguientes aspectos: que las pérdidas de suelo sean iguales o menores a la velocidad de formación; que las pérdidas de suelo se mantengan a un nivel donde no se produzca formación de cárcavas y; que las pérdidas de suelo se mantengan a un nivel en el cual se tenga una profundidad del suelo adecuada para sostener una productividad en el tiempo. Consecuentemente, los LPE son variables en diferentes sitios ya que están en función de la profundidad y tipo de suelo, así como de los factores ambientales en los que se encuentra (Ríos, 1987).

En el proceso erosivo están involucrados tres factores: un objeto pasivo, que es el suelo, ubicado en una determinada posición que tiene condiciones físicas y químicas específicas; dos agentes causales activos que son el agua y el viento; y un agente intermedio, la vegetación, la cual está regulando las relaciones entre los objetos activos y pasivos (Ríos, 1987).

Existen dos grupos de factores que favorecen el proceso de erosión hídrica. Uno denominado factor acelerante o factor energía y otro factor atenuante del proceso erosivo o factor resistencia, determinado por la erosionabilidad de suelo, la capacidad de infiltración, manejo del suelo y la cobertura vegetal. Los dos últimos factores son considerados como de protección.

La materia orgánica proviene de las raíces, residuos de plantas y organismos vivientes o muertos del suelo. Los suelos minerales contienen menos del 20% de materia orgánica, mientras que los suelos orgánicos (turberas) contienen más del 20% de M.O. (Ortiz, 1977). La materia orgánica tiene distintas funciones, entre las cuales destacan:

- Reduce el impacto de las gotas de lluvias y hace más lenta la infiltración de agua.
- Permite una doble humectación del suelo que cuando no está contenida en él.
- Mantiene estable la estructura deseable del suelo.
- Evita fuertes pérdidas de agua por evaporación.
- Suministra algunos nutrimentos necesarios para las plantas (Ortiz, 1977).

Las huellas de la erosión las ve todo el mundo, pero no es tan fácil reconocer sus consecuencias presentes y futuras. Para percatarse de lo que está ocurriendo a nuestras tierras agrícolas, debemos estudiar críticamente la erosión que ellas sufren (Depto. de Agricultura de los Estados Unidos, 1977). La misma fuente bibliográfica hace la observación de que "el agricultor que conserva sus suelos, poseerá finalmente tierras cultivables, praderas, prados, montes maderables, canales y abrevaderos, adaptados a la

configuración y carácter del terreno, al clima y dentro de lo posible, a la situación económica de su granja”.

Una velocidad de formación de 25 mm en 30 años equivale aproximadamente a 1.8 ton/ha/año, y esta cifra ha sido considerada como la cantidad máxima tolerable de ser erosionada para muchos de los suelos de México (C.P.-S.A.R.H., 1977).

Métodos para evaluar la erosionabilidad del suelo.

Para evaluar la erosionabilidad del suelo se han utilizado métodos directos, indirectos y la combinación de éstos. Los directos se caracterizan porque son llevados a cabo en el campo y bajo condiciones naturales. Como métodos indirectos se consideran los realizados en laboratorio, mediante la evaluación de alguna condición física y/o química del suelo o mediante simuladores de lluvia.

Métodos directos.

Para determinar la erosionabilidad de suelo en forma directa, resulta costoso y se requiere de mucho más tiempo para su determinación. A continuación en forma general se mencionan los métodos de reconocimiento utilizados para cuantificar la pérdida de suelo por erosión: a).-transectos de cárcavas, en donde se miden canalillos o cárcavas a lo largo de un transecto, en las que se medirá la profundidad y anchura; b).-clavos con rondanas, en donde se utilizan clavos de 30 cm de largo con rondanas holgadas que se colocan cuidadosamente a lo largo de un transecto a intervalos regulares, de manera que la rondana descansa sobre la superficie del suelo y la cabeza del clavo la toque ligeramente, con la finalidad de medir la diferencia de espesor de suelo perdido en un intervalo de tiempo dado; c).-tapas o corcholatas de botella, las cuales se colocan con el lado interno hacia el suelo, los cuales producirán pedestales a los cuales se les medirá la altura; d).-lotes de escurrimiento, que resulta ser el método más confiable para medir las pérdidas del suelo por efecto de la erosión hídrica (Se recomienda ver con más detalle el Manual de Conservación del Suelo y del Agua, 1977).

Métodos indirectos.

Estos métodos se caracterizan por hacer uso de valores obtenidos en experimentos realizados en laboratorio, principalmente relacionados con características físicas y químicas como la cantidad de limo, arcilla, arena, estructura, permeabilidad y contenido de materia orgánica. Con éstos se obtienen índices que son aplicados en diferentes expresiones como los propuestos por Middleton en 1930, Wischmeier y Mannering en 1969, Young y Mutchler en 1977, Romkens y colaboradores en 1977, etc. (Ríos, 1987). Una de las desventajas que presentan estos métodos es que no se cuenta con el suficiente equipo necesario para la medición de algunos parámetros requeridos, y su aplicación no se adapta a la amplia gama de tipo de suelos que existen, por lo que se tiene la necesidad de determinar cada uno de ellos.

Cálculos del peso de suelo perdido por erosión.

Con los tres primeros métodos directos antes mencionados se puede conocer la pérdida en milímetros. Es útil determinar el peso del suelo removido en un área dada y para lograrlo es necesario seguir los pasos siguientes:

- Determinar el área para cuantificar la erosión.
- Medir la altura en promedio de la capa que ha sido removida por la erosión.
- Determinar la textura promedio y la densidad aparente del suelo del área en cuestión.
- Multiplicar la altura promedio de la capa pérdida por el área conocida y así obtener el volumen de suelo removido. Posteriormente éste se multiplica por la densidad aparente del suelo y se obtiene el peso del mismo, correspondiente a la superficie considerada.

Estrategias para conservar y mejorar el uso del suelo.

El manejo de suelo ofrece diversas alternativas algunas de las cuales han sido utilizadas por milenios, requiriendo ahora su revaloración en función de la tecnología del siglo XX y el emergente concepto de desarrollo sostenible, surgiendo métodos como:

1. Terraceo. Consiste en cortar los terrenos con pendientes pronunciadas a manera de escalones planos o terrazas, para favorecer la infiltración del agua y evitar su escurrimiento (no recomendado para agricultura comercial).
2. Surcos a nivel. Con este método se puede reducir la erosión del suelo hasta un 40 % en tierras de pendiente ligera, cultivándose en franjas atravesadas que actúen como barreras, ayudando a retener el suelo.
3. Agrosilvicultura. Con el establecimiento de cultivos herbáceos combinado con arbustos o árboles para reducir la pérdida del suelo por la erosión eólica e hídrica, se estabiliza además física y químicamente el suelo. De esta forma se garantiza que se tenga cubierto el suelo durante todo el año.
4. Setos vivos. Generalmente son barreras de plantas con una altura considerable, las cuales son colocadas alrededor de un área de interés, fungiendo como rompevientos.
5. Uso de la tierra para manejo de fauna silvestre.
6. Mejoramiento y manejo de praderas y pastizales.
7. Trazado y construcción de drenajes en los predios agrícolas.
8. Riego de conservación.

Sobre los cuatro últimos métodos se sugiere consultar a Foster (1979).

Desde la creación de Departamento de Conservación de Suelos y Agua (DGCSA), las prácticas y obras de conservación de suelos que se han implementado a nivel operativo son, en su mayoría, prácticas mecánicas. Estas comprenden la construcción de terrazas que son adaptadas de acuerdo a las condiciones y necesidades del terreno. Aquí uno de los problemas que se enfrenta es la falta de mantenimiento.

Una alternativa que ofrece grandes posibilidades es el uso de coberturas vegetales y residuos de cosecha, ya que se reduce la agresividad de los agentes causantes de la erosión

e incrementa la productividad (Figuroa, 1975). Con base en esto se han realizado varios trabajos de investigación en las que se evalúan los efectos de la cobertura vegetal y en donde se ha determinado las épocas en las que se requiere la protección del suelo, el tipo y eficiencia de las prácticas de manejo del cultivo y los residuos, de tal manera que se pueda conocer la productividad de los cultivos y su efecto en la conservación del suelo a través del tiempo.

OBJETIVOS E HIPOTESIS

Objetivos.

- Evaluar la pérdida de suelo en tres diferentes agroecosistemas tropicales, situados bajo condiciones similares de pendiente, tipo de suelo y precipitación pluvial.
- Determinar la relación existente entre precipitación y erosión de suelo.
- Determinar el factor que mejor se asocia con la pérdida de suelo: a) materia orgánica sobre el suelo; b) vegetación (hierbas, arbustos y árboles).

Hipótesis.

- La cantidad de suelo erosionado, por efecto de la precipitación pluvial, es diferente en los tres agroecosistemas.
- Existe un coeficiente de correlación alto (>0.9) entre los niveles de pérdida de suelo y precipitación pluvial, para cada uno de los agroecosistemas.
- El grado de erosión está en función de la cantidad de materia orgánica sobre el suelo (capa litter), la cubierta vegetal viva, así como de su dosel.

MATERIALES Y METODOS

Los terrenos del Campus Veracruz del Colegio de Postgraduados se localizan en el municipio de Manlio Fabio Altamirano, en el Estado de Veracruz. Cuenta con una superficie aproximada de 157 hectáreas. Geográficamente, el Campus está situado a una latitud norte de $19^{\circ} 10'$ y a una longitud oeste de $98^{\circ} 10'$, con una altitud media de 16 metros sobre el nivel del mar.

De la estación meteorológica del Campus (Ortíz-Solorio y López-Collado, 1998) se desprende la siguiente información: Temperatura media anual (25.4°C). Temperatura media del mes más frío (21.4°C). Temperatura media del mes más cálido (28.2°C). Precipitación media anual (1,285.8 mm). Evaporación media anual (1,544.0 mm). Humedad relativa media (81.3%).

Con la finalidad de observar en práctica la pérdida de suelo se seleccionaron tres agroecosistemas diferentes de tal manera que nos permitiese observar la dinámica de la pérdida de suelo. Estos agroecosistemas fueron: el primero, denominado **Vainilla**, consistente en una plantación de esta especie (*Vanilla planifolia*) asociada con palma camedor dentro de un acahual; el segundo, denominado **Acahual**, formado por un acahual

similar al anterior con un mínimo grado de manejo por el hombre; y el tercero, denominado **Borreguera**, formado por un suelo con poca cubierta vegetal al que se le sembró pasto. Los tres fueron establecidos bajo condiciones similares de pendiente, tipo de suelo, precipitación pluvial y temperatura.

Se evaluó la cantidad de suelo perdido por efecto de la lluvia, y su asociación con uno o más de los siguientes parámetros: cubierta de materia orgánica en el suelo (capa litter), vegetación viva establecida y dosel de arbustos y árboles.

Registro de datos de erosión del suelo.

Para evaluar la pérdida de suelo se utilizó el método de clavos y rondanas (modificado por León y López). Las mediciones se hicieron cada quince días. Los datos de temperatura y precipitación (medias) se tomaron de la estación meteorológica del Campus. Se colocaron 8 clavos dentro de cada parcela a evaluar, midiéndose la pérdida o ganancia de suelo, la cual resultó de la medición realizada (en altura).

En cada uno de los agroecosistemas se cuantificó por triplicado la cantidad de materia orgánica muerta (seca) existente sobre el suelo en cuadros de 50 X 50 cm. En la misma área se tomaron muestras de suelo de un kilogramo aproximadamente para análisis en laboratorio. A las muestras se les determinó materia orgánica por Walkley y Black; pH y conductividad eléctrica (C.E.) por potenciometría y conductimetría, respectivamente; nitratos (NO_3) con electrodo específico y nitrógeno total (N_t) con Macrokjeldahl (Alcantar *et al.*, 1992). Además, en cuadros de 10 X 10 m, para cada agroecosistema se contó el número de árboles, arbustos y plantas existentes. En la misma área se determinó el porcentaje de superficie cubierta por el dosel. Junto con los datos de erosión promedio de cada uno de los agroecosistemas se realizó un análisis para determinar cuál de las variables es la que está en estrecha relación con la pérdida de suelo.

RESULTADOS PRELIMINARES Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se reportan los resultados de porcentajes de gramíneas, porcentaje del dosel que cubre el suelo, la cantidad en gramos de materia orgánica del suelo (capa litter), y el porcentaje de pendiente en los tres sitios de estudio. En dicho cuadro se observa una pendiente en la borreguera que es del 6% y del 35% en los otros dos sitios. Por otro lado, la mayor cantidad de materia orgánica seca del suelo se encuentra en el agroecosistema vainilla y el menor en la borreguera, lo cual se explica por la caída constante de hojas y ramas en vainilla y acahual, ya que en estas parcelas se encuentran árboles y arbustos, no habiéndolos en la borreguera.

Cuadro 1. Cubierta de vegetación, materia orgánica del suelo (M.O.S.) y pendiente, en tres agroecosistemas tropicales.

Agroecosistemas	Árboles %	Arbustos %	Gramíneas %	Dosel %	M.O.S. g	Pendiente %
Borreguera	0	0	40	37	63	6
Vainilla	10	0	57	51	313	35
Acahual	10	6	37	65	253	35

En el Cuadro 2 se informa de la precipitación mensual de enero a julio de 1999 y la erosionabilidad en mm de profundidad del suelo para los tres sitios de estudio. En dicho cuadro se puede apreciar que en el transcurso de estos meses la precipitación total fue de 455 mm. Con relación a la erosionabilidad se observó una clara tendencia de mayor pérdida de suelo en el agroecosistema acahual de hasta 4 mm de profundidad, lo que representa 50 toneladas por ha por año de suelo lixiviado; en la borreguera fueron 2 mm que equivalen a 25 toneladas por ha por año de suelo lixiviado; para el sitio de la vainilla no se tuvo lixiviación en la suma global. Sin embargo, se aprecian algunos datos negativos que representan aumento de suelo en los clavos y probablemente esto se deba a deposiciones de suelo arrastrado o error de medición por que la regla es muy ancha y alrededor del clavo ésta puede quedar calzada por terrones, posiblemente con algunas modificaciones a este instrumento de medición se podría reducir dicho margen de error. Lo anterior se deduce porque no se nota una clara relación entre la precipitación y la erosión, ya que en el mes de abril no llovió y no hubo erosión en borreguera ni en acahual y en vainilla hubo deposición de suelo por el dato negativo, esto indica que se tuvo arrastre de suelo sin lluvia, aunque habría que considerar que éste agroecosistema se encuentra bajo riego presurizado de gota fina. Contrariamente, en junio que se presentaron 149.3 mm de precipitación, no hubo erosión en borreguera y en vainilla hubo deposición de suelo y en acahual sólo hubo un mm de erosión. En mayo que hubo 7.5 mm de precipitación se tuvieron 2 mm en borreguera 30 mm en vainilla y 5 mm en acahual, lo cual demuestra que los datos no son muy consistentes. Por ello se espera que con el transcurso del tiempo y con un mayor número de datos se puedan presentar resultados más confiables. En borreguera y acahual en 4 meses de muestreo se tienen 2 y 4 mm de pérdida de suelo, que todavía están debajo de los límites aceptables de erosión de suelos, considerando que un suelo franco tiene una pérdida natural que va de 4 a 18 toneladas por hectárea por año (Colegio de Postgraduados, 1977).

Cuadro 2. Precipitación mensual y erosión del suelo en milímetros en tres agroecosistemas tropicales.

Mes	Precipitación mm	Borreguera	Vainilla	Acahual
Enero	0.5	-	-	-
Febrero	16.5	-	-	-
Marzo	12.2	-	-	-
Abril	0.0	0.0	-28.0	0.0
Mayo	7.5	2.0	30.0	5.0
Junio	149.3	0.0	-3.0	1.0
Julio	269.7	-	1.0	-2.0
Total	455.7	2.0	0.0	4.0

- no hay datos.

En el cuadro 3 se observa la relación de las propiedades químicas del suelo con la erosión durante los meses de abril y mayo para los tres sitios de estudio, y los valores que se tuvieron en el análisis de laboratorio indican que los suelos del agroecosistema borreguera son los más pobres en cuanto al contenido de materia orgánica, aunque no se nota relación entre las propiedades del suelo y la pérdida del mismo.

Cuadro 3. Contenido de pH, C.E., M.O., N-total, NO_3^- y erosión, en tres agroecosistemas tropicales.

Agroecosistema	pH.		C.E.		M.O. (%)		N. (p.p.m.)		NO_3 (p.p.m.)		Erosión (mm.)	
	Abril	Mayo	Abril	Mayo	Abril	Mayo	Abril	Mayo	Abril	Mayo	Abril	Mayo
Borreguera	5.7	5.7	0.06	0.06	3.5	3.4	0.44	0.21	15	13	0	2
Vainilla	6.1	6.4	0.09	0.04	5.4	7.0	0.26	0.34	21	45	-28	30
Acahual	5.7	5.7	0.07	0.11	5.6	5.6	0.26	0.26	13	37	0	5

INTERACCION DE VECTORES DE MEDIAS

Rao R (10,16)=1.23; $p < .3425$

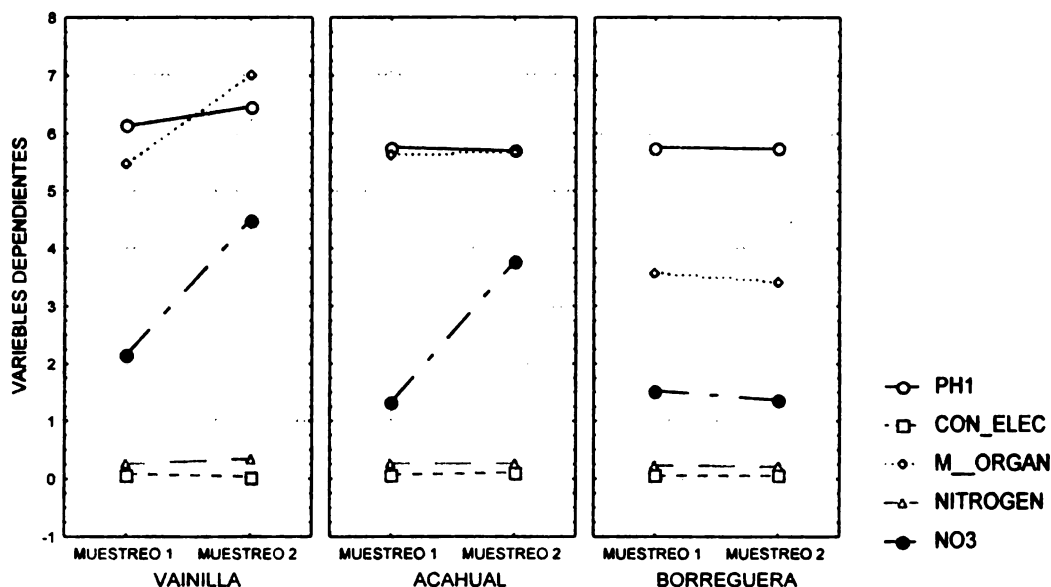


Figura 1. Cambios en las propiedades químicas del suelo en dos fechas de muestreo. Muestreo 1 realizado el 30 de abril y muestreo 2 el 30 de mayo.

La figura 1 muestra los cambios que se produjeron en el suelo durante el transcurso de un mes en cada agroecosistema. Los cambios más notables son en nitratos y materia orgánica en vainilla. Esto debido a la cantidad de biomasa que se había producido meses anteriores (observaciones por avión no mostradas) por el uso de agua con microaspersión. Esta agua es elevada mediante dos hidroarrietes; almacenada en un estanque con siembra de peces, y asperjada con microaspersores.

En la única colecta de materia orgánica seca que se hizo en el mes de abril nos muestra (cuadro 4) que en el agroecosistema vainilla tenemos una mayor caída de ramas y hojas que los árboles proporcionan. Hay que considerar que la vainilla tiene un riego presurizado que se mantiene en época de seca y que aumenta la biomasa vegetal en comparación con el acahual (observaciones de enero a mayo). El agroecosistema acahual también presenta una caída importante de ramas y hojas pero no así el agroecosistema borreguera que no tiene árboles y la caída de materia orgánica sólo lo dan las gramíneas que crecen en ese lugar.

Cuadro 4. Contenido de materia orgánica seca en tres agroecosistemas.

Agroecosistemas	Materia orgánica seca (gramos)	Desv. Estand.	Coef. de Variación
Borreguera	63	38.2	60
Vainilla	313	38.1	12
Acahual	253	147.3	58

LITERATURA CITADA

- Alcántar G., G.; J. Etchevers B.; A. Aguilar S. 1992. Los análisis físicos y químicos. Colegio de Postgraduados, Centro de Euafología. Montecillo, Edo. de México. pp 57.
- Colegio de Postgraduados-SARH., 1977. Manual de conservación de suelos y agua. Chapingo, México. pp 14-24.
- Departamento de Agricultura de los E.U.A., servicio de conservación de suelos. 1977. Manual de conservación de suelos. Editorial Limusa. México, D.F. pp 2.
- Enkerlin E., C. 1997. Ciencia ambiental y desarrollo sostenible. International Thomson Editores. México D. F. pp 235-261
- Figuroa S., B. 1975. La pérdida de suelo y nutrimentos y su relación con el uso del suelo en la cuenca del río Texcoco. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp 149.
- Foster A., B. 1979. Métodos aprobados en conservación de suelos. Ed. Trillas. México. D.F. pp120 - 390.
- León N., J.A. y C.J. López-Collado. 1997. Evaluación de la erosión del suelo, nutrición nitrogenada y uso de coberteras de leguminosas en un agroecosistema de limón Persa. Mimeografiado. Campus Veracruz, Colegio de Postgraduados. 87 p.
- Ortiz-Solorio., C.A y C.J. López Collado. 1998. Los suelos del Campus Veracruz. Colegio de Postgraduados. Instituto de recursos Naturales. Campus Veracruz. Mpio. de Manlio F. Altamirano, Veracruz. México. pp 1-13.

Ortiz V., B. 1977. Edafología. La materia orgánica del suelo. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. pp 95-96 .

ANÁLISIS DE DATOS DE PRECIPITACIÓN DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DEL CAMPUS VERACRUZ, COLEGIO DE POSTGRADUADOS.

CATALINO JORGE LÓPEZ-COLLADO¹

INTRODUCCION

Dentro de los elementos del clima, uno de los factores que inciden directamente en el rendimiento de cultivos es la precipitación. Sin embargo, la precipitación es un fenómeno meteorológico muy variable, difícil de predecir y con eventos máximos que pueden contribuir a procesos de inundación, pérdida de suelos, formación de cárcavas, y favorecer la presencia de enfermedades fungosas.

El estudio de la precipitación en tierra es por medio de pluviómetros. Los cuales miden en milímetros la lámina de agua que cae en determinada área. Con éstos datos se puede calcular la cantidad de agua en una lluvia. Normalmente éstos datos se miden diariamente y se reportan en milímetros.

El proceso inverso de la precipitación es la evaporación y en el caso de los suelos con cubierta vegetal es la evapotranspiración. El primer elemento se mide con evaporímetros y el segundo con lisímetros. Su conocimiento sirve para calcular los periodos de crecimiento de cultivos, fechas de siembra y periodo del temporal (inicio y fin del temporal).

En el presente trabajo se muestra el análisis de datos diarios de 14 años de precipitación. Se muestran algunas observaciones encontradas en el transcurso de su análisis, así como el cálculo del periodo de crecimiento para la zona que abarca ésta estación meteorológica. El análisis es realizado bajo el punto de vista agronómico y de la teoría del caos.

REVISIÓN DE LITERATURA

Durante mucho tiempo se ha intentado diferenciar las principales causas de los fenómenos en los vegetales. De Fina y Ravelo (1973), basados en mas de 100 años de observaciones proponen los siguientes elementos del clima, como las principales causas de los fenómenos periódicos:

- La variación de la temperatura a través del año.
- La variación periódica de la duración del día.
- El régimen pluviométrico.

¹ Investigador Titular. Campus Veracruz del Colegio de Postgraduados. Km. 26.5 Carr. Fed. Ver.- Xalapa. A.P. 421. Veracruz, Ver. Tel. (2) 934-94-85. Fax. (2) 934-91-00.

Estos mismos elementos son considerados por Brom-Rojas (1970).

Se consideran factores fijos a los elementos del clima que permanecen constantes o tienden a permanecer constantes a lo largo del año, o bien que son constantes para una determinada época del año. Dentro de éste grupo de factores estan:

- Fotoperíodo.
- Radiación.

Los factores variables son aquellos elementos del clima que tienen una variación aleatoria en el tiempo. Su irregularidad no permite anticipar o predecir eficientemente su comportamiento para los próximos años. Dentro de éstos factores, los principales son:

- Temperatura.
- Precipitación.

La precipitación es uno de los factores más aleatorios que existen y su predicción es difícil. Sin embargo, su importancia es definitiva ya que determina en gran medida los rendimientos de los cultivos, la agricultura a desarrollar y las inversiones necesarias.

Azzi (1971) reporta datos obtenidos en Senegal, con el cultivo de cacahuate (cuadro 1), en donde muestra la relación entre cantidad de lluvia y rendimiento.

Cuadro 1. Efecto de la cantidad de precipitación en el rendimiento de cacahuate (Azzi, 1971).

Precipitación (mm)	Rendimiento kg/ha
960	1000
816	928
683	835
661	815
444	575

Para describir la relación se propone la siguiente ecuación de regresión:

$$R = 6.9 Pp^{0.72} \quad \text{con una} \quad R^2 = 0.97$$

Lo que indica una clara dependencia del rendimiento con la cantidad de lluvia, para ese experimento. Existen otros trabajos en donde se demuestra la estrecha relación entre el contenido de humedad en el suelo y los rendimientos, en maíz (Marín, 1989), en caña (Rodríguez, 1994), aguacate, algodón, girasol, trébol, y frijol (Kramer, 1974).

Hay que considerar también que la duración de la lluvia y la presencia de agua en ciertas etapas fenológicas tienen relación con el rendimiento (Azzi, 1971)

Cuadro 2. Efecto de la duración de la lluvia sobre el rendimiento de cacahuate (Azzi, 1971).

Duración de la lluvia (días)	Rendimiento kg/ha
77	575
88	835
91	897
99	1000

Con los datos se obtuvo la siguiente relación:

$$R = 593.3 D^{0.39} \text{ con una } R^2 = 0.96$$

Donde

R = rendimiento de cacahuate en kg/ha

D = duración de las lluvias y el rendimiento, para los datos obtenidos en el experimento.

A pesar de que se conocen las relaciones entre precipitación y algunos procesos, como rendimiento y erosión del suelo, aún se desconoce su predicción a corto y largo plazo. Para ello, hoy en día se han estado ideando formas de estudio para analizar éste tipo de fenómenos que son aparentemente caóticos. La Teoría del Caos es una rama de la física que estudia éste tipo de fenómenos. Los cambios globales de CO₂ en la atmósfera, los índices del Dow Jones, los ritmos cardiacos, los sismogramas, los patrones de flujo del agua en canales y la precipitación son sólo unos cuantos fenómenos que se comportan y debieran ser analizados como series de tiempo, ya que precisamente cambian con respecto a ésta variable. Un análisis de Fourier se utiliza cuando los fenómenos se presentan periódicamente. Un análisis espectral se utiliza cuando el fenómeno es aleatorio, y un análisis potencial (Power analysis) con fenómenos que son transitorios y que ocurren de vez en cuando. Hay varias razones para utilizar el análisis de series de tiempo para interpretar éste tipo de fenómenos. Es útil para predecir el futuro interpretando datos pasados (Cambel, 1993).

En general, una serie de tiempo (X_t) puede ser representada por la siguiente tipo de ecuación (Anderson, 1999):

$$X_t = F(t) + p_t \quad \text{para } t = 1, 2, \dots, n$$

Aquí, $F(t)$ es la parte determinística y p_t es el componente estocástico o aleatorio. Comparativamente, $F(t)$ es la señal del sonido y p_t es el ruido que no permite que escuchemos bien. La parte principal del problema es conocer e identificar la parte del término estocástico. Considerando el componente determinístico, $F(t)$, uno quisiera conocer como varía con el tiempo. Si éstos cambios son periódicos, tendría que analizarse como una Serie de Fourier.

OBJETIVOS E HIPOTESIS

Objetivo general

Determinar el período de crecimiento, y mostrar algunas estadísticas de los datos de precipitación y evaporación colectados en la estación meteorológica del Campus Veracruz del Colegio de Postgraduados.

Hipótesis general

El período de crecimiento en el Campus Veracruz es el de un período normal. La precipitación a pesar del comportamiento irregular en el tiempo, tiene elementos constantes.

MATERIALES Y METODOS

Los datos de precipitación fueron colectados en el pluviómetro de la estación meteorológica del Campus Veracruz. Corresponden a datos diarios desde el primero de enero de 1980 al 31 de diciembre de 1993. Hay datos que no fueron tomados, pero son pocos. Las lecturas son en milímetros.

El análisis a los datos de precipitación se realizaron en Excel 2000 para Windows98. Los datos diarios fueron graficados para observar su comportamiento a lo largo de los catorce años y su promedio diario. Se graficaron en forma sobrepuesta los datos diarios para observar donde se acumulan las fechas de mayor precipitación, se relizaron promedio diario, de los catorce años.

Los datos de evaporación corresponden a los promedios mensuales de un año. La evapotranspiración fue calculada bajo la siguiente relación (Ortíz-Solorio, 1993):

$$E_{tp} = E_v (0.80)$$

Donde:

E_{tp} = evapotranspiración en mm.

E_v = evaporación en mm.

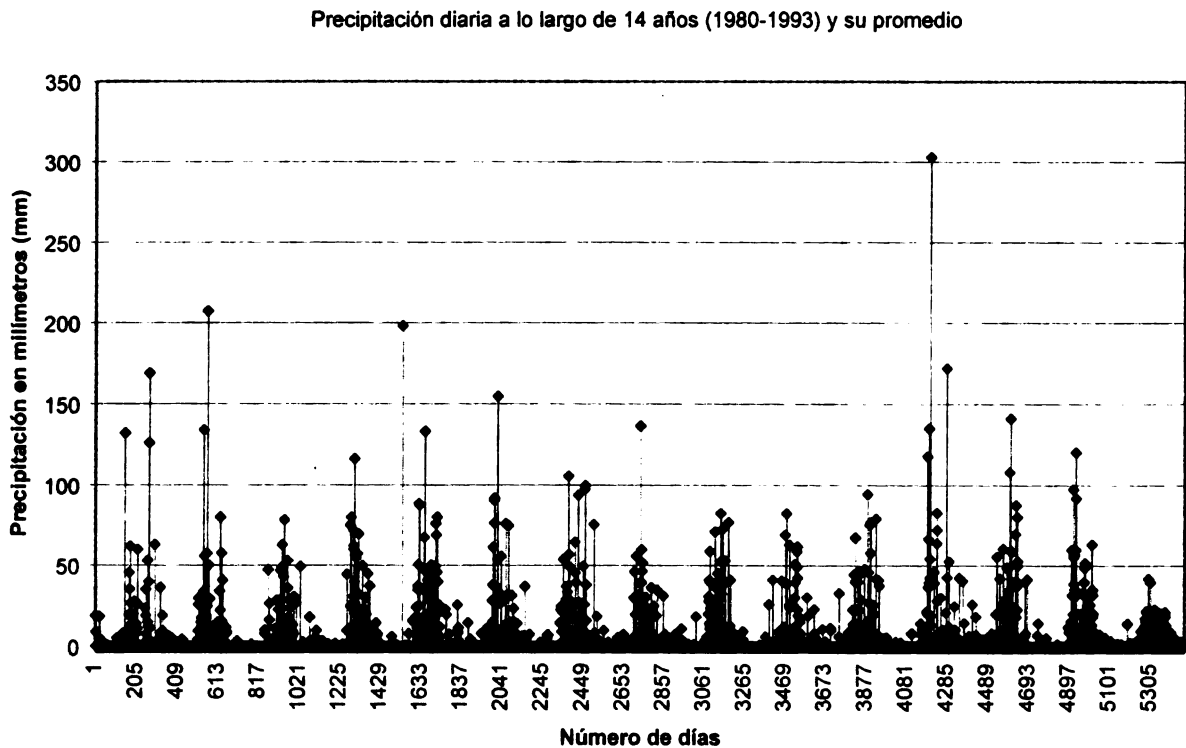
0.80 = coeficiente.

Con los datos de precipitación, evaporación y evapotranspiración fue construida una gráfica para conocer el período de crecimiento.

DISCUSION DE RESULTADOS

La figura 1 muestra que la precipitación aparentemente es constante a lo largo de los catorce años. La escala y las dimensiones son importantes al definir si un comportamiento es o no constante, estable o sostenible. En la figura 1 se observan eventos altos y que se salen del comportamiento normal ó medio, éstos puntos son eventos máximos y son los que producen en mayor grado la erosión de los suelos, problemas de encharcamiento, inundaciones y daños a construcciones y a la población.

Figura 1 Precipitación diaria a lo largo de 14 años (1980 – 1993) y al final el promedio



La mayor parte de los acontecimientos de precipitación que se presentan en un día son menores a 75 mm. Hay que considerar que el comportamiento de la precipitación no es continuo a lo largo de un año sino discreto, sin embargo, dentro de un corto período de tiempo puede que sea continuo y que debido a la necesidad de tomar los datos diarios se corte la precipitación máxima de un evento, esto es, que después de que se tome la lectura del día X_1 empiece a llover y que la precipitación se prolongue hasta la tarde del día X_2 , pero que debido a la toma del dato de éste último día, la precipitación total del evento no sea considerada y si se divide en dos. Aunque éstos casos podrían ser pocos, es un factor de error en la toma de lecturas reales.

Los daños normalmente son causados por grandes volúmenes de agua caídos en poco tiempo, esto es, la intensidad de la lluvia. Esto se debe a la energía cinética (I_{30}) que posee el agua de lluvia y que se disipa al intemperizar materiales.

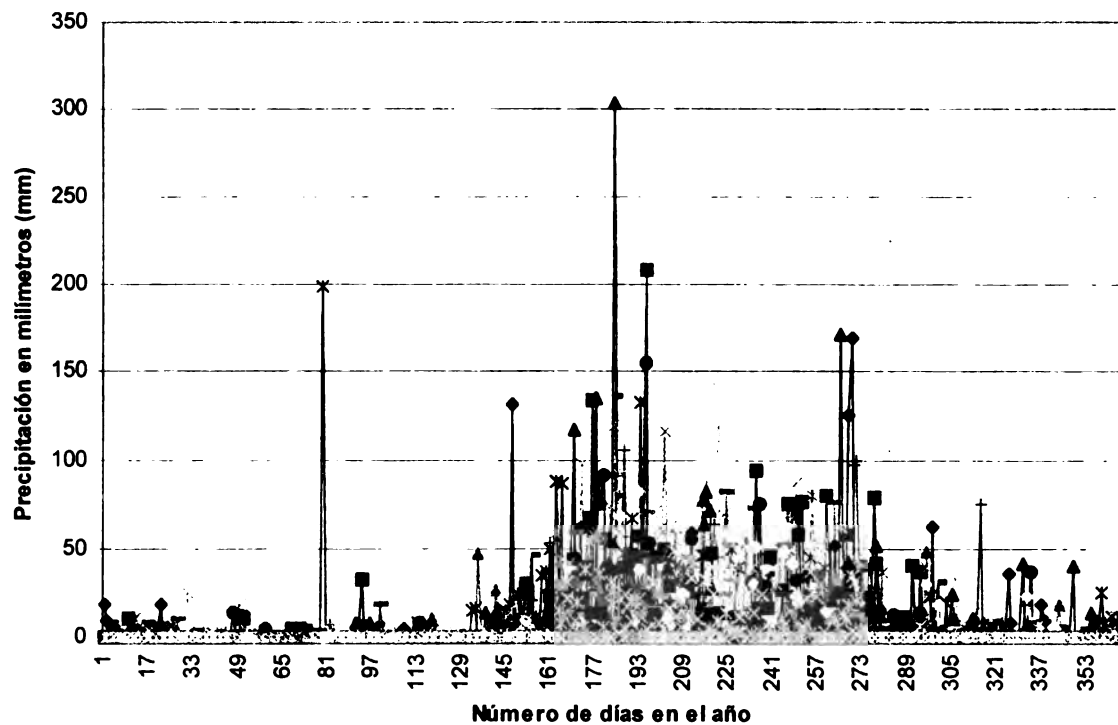


Figura 2. Precipitación de catorce años (1980-1993) sobrepuestos en el eje de un solo año.

En nuestro país, hay pocas estaciones meteorológicas y climatológicas que poseen pluviografos, que son los instrumentos para medir intensidad de la lluvia. La intensidad de la lluvia es un parámetro que es necesario para utilizar en la ecuación universal de pérdida de suelo.

La figura 2 muestra que la mayor acumulación de precipitación empieza desde el día 145 (25 de mayo) hasta el día 305 (1° de noviembre). Los eventos mayores a 150 mm de precipitación son pocos y se ubican a mediados de los dos cumulos de precipitación, antes y después de la canícula. La precipitación en el día 81 parece ser un error en la toma de datos. Lo que es seguro que los eventos de precipitación entre los primeros 145 días del año son pocos y con precipitaciones menores a 25 mm.

La mayoría de los suelos de la República Mexicana en general y al estado de Veracruz en particular son litosoles. La profundidad de éstos suelos por definición no son mas profundos que 10 cm (Ortíz-Solorio, 1985; FAO, 1987). La capacidad de almacenar agua en éstos suelos, considerando una densidad aparente de 1.2 g.cm^{-3} y una densidad real de 2.6 g.cm^{-3} , es de 53 milímetros. Una lluvia de 50 milímetros casi satura el suelo y podríamos considerar que no provoca erosión, aunque la formación de escorrentías que son las que mas daño de erosión provocan dependan de la velocidad de infiltración del agua por el suelo y de la intensidad de la lluvia.

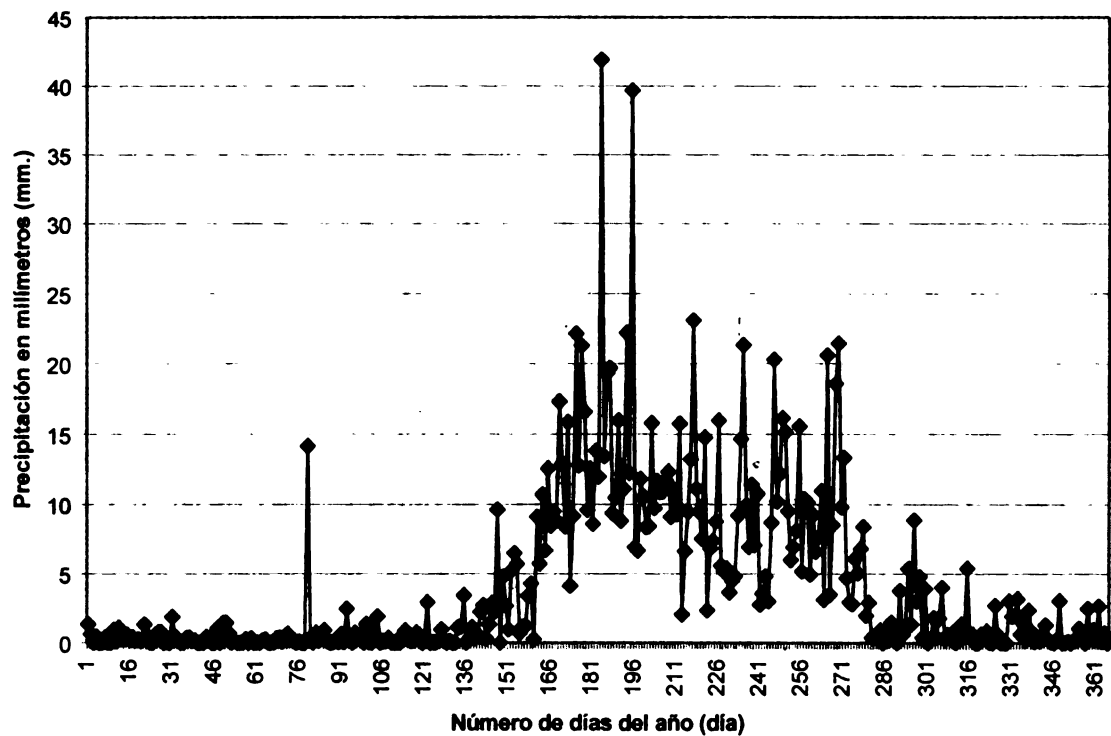


Figura 3. Precipitación diaria, promedio de datos de 14 años (1980-1993).

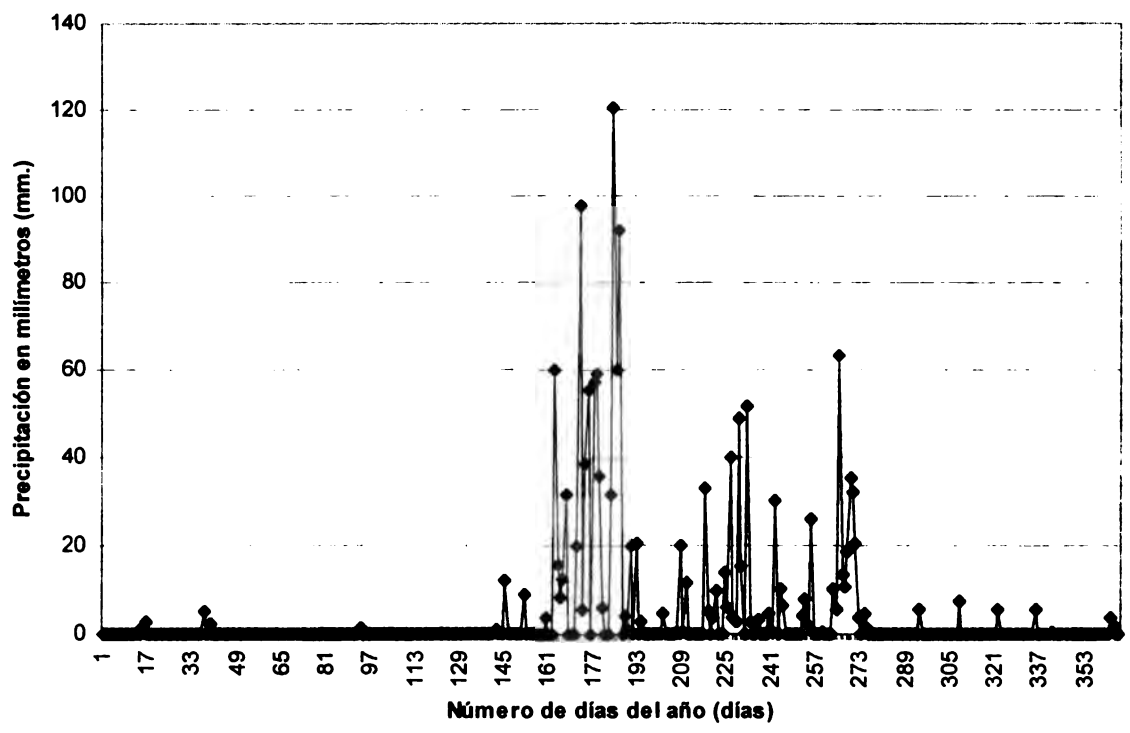


Figura 4. Precipitación diaria, del año de 1993.

Los datos promedios, como los últimos datos de la figura 1 y que se muestran en forma ampliada en la figura 3, como se observa ocultan a los eventos máximos y muestran información no real. Al comparar el promedio diario de 14 años (figura 3) y la precipitación diaria del año 1993 (figura 4) se observa que aunque los días de inicio y fin de las lluvias son semejantes, la escala de precipitación (eje y) es diferente, se diluyen los eventos máximos y la información aparente de que llueve todos los días después del día 155 hasta el día 281 no es totalmente cierta.

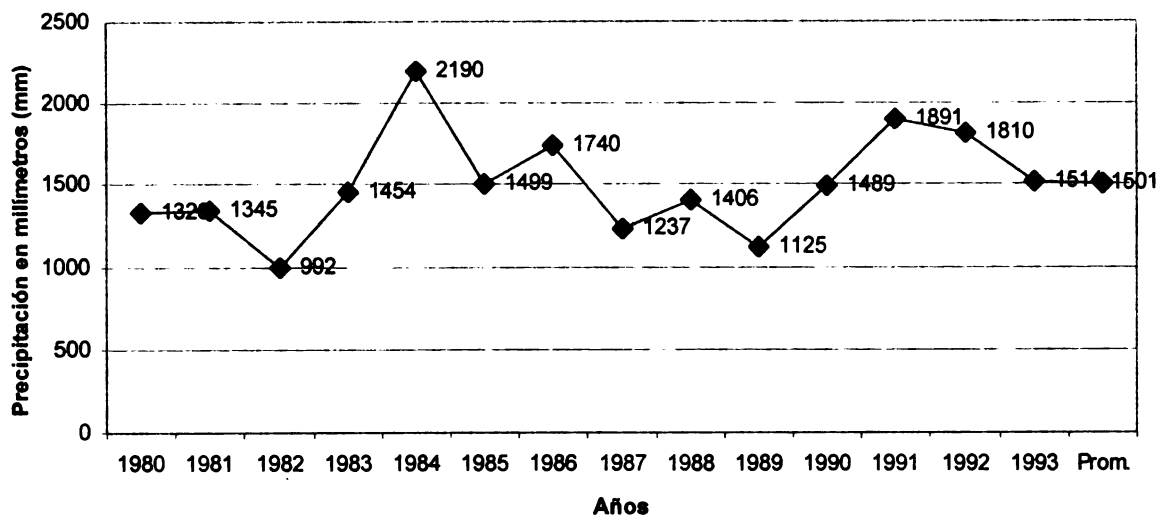


Figura 5. Datos promedio anuales de precipitación de la estación climatológica del Campus Veracruz.

El comportamiento de la cantidad de agua que cae en forma de lluvia anualmente a lo largo de 14 años se muestra en la figura 5. Las personas comentan que los años están cada vez más secos, uno tiene la misma sensación, y aunque posiblemente catorce años no sea una muestra representativa para obtener conclusiones firmes, se puede mencionar que cinco años han llovido arriba del promedio y cuatro años arriba de 1400 milímetros. El 64 % de los años han llovido arriba de 1400 milímetros al año. Cinco de catorce años han llovido por debajo de 1400 milímetros. En las gráficas de las figuras 1 y 2, se observa que dentro de las irregularidades que presentan las lluvias, éstas son regulares.

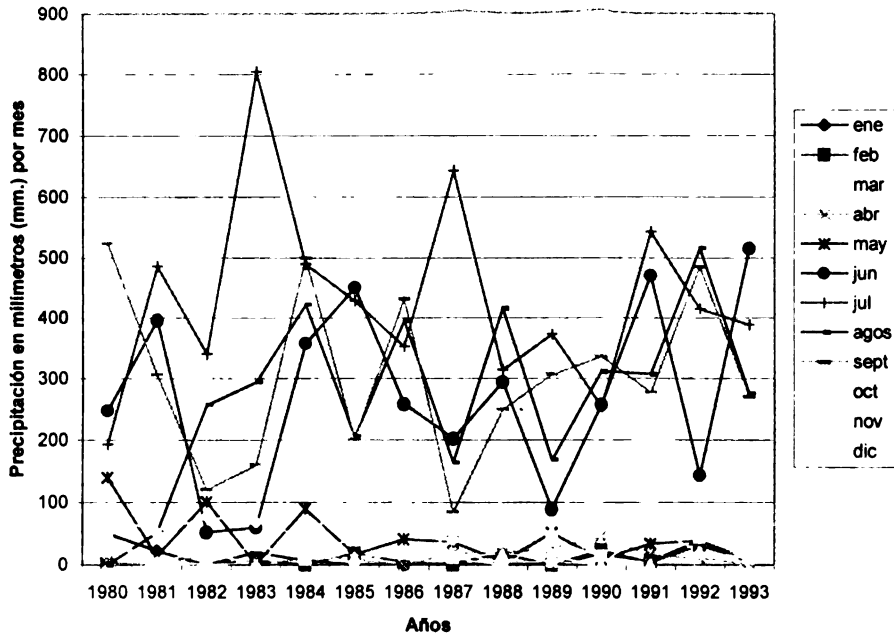


Figura 6. Precipitación promedio mensual de observaciones de catorce años. Las líneas unen meses iguales en diferentes años. Datos de la estación meteorológica del Campus Veracruz.

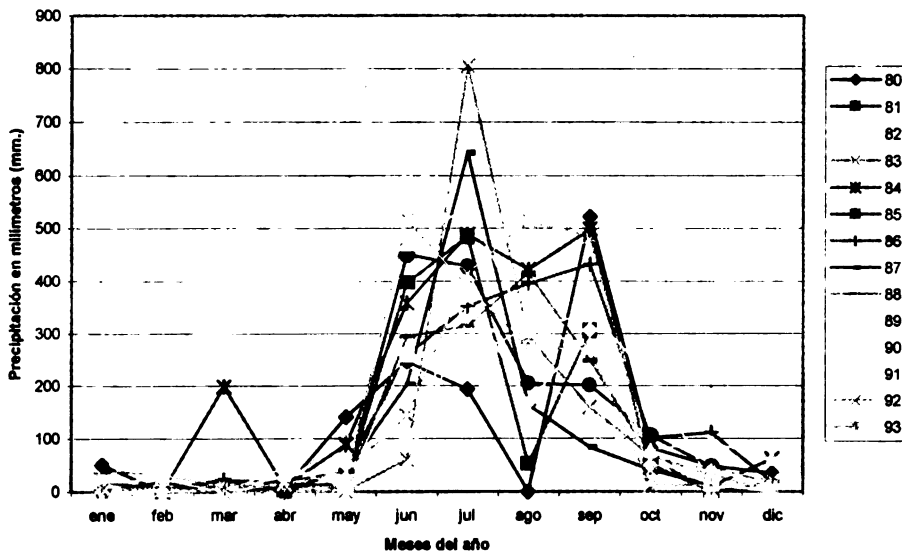


Figura 7. Precipitación promedio mensual de observaciones de catorce años representadas en el eje de un solo año. Datos de la estación meteorológica del Campus Veracruz.

Las lluvias siempre se presentan en un período casi definido. Se tiene un período con menor precipitación (canícula) y se tienen períodos secos también bien definidos. Las irregularidades o ruidos son debido a los eventos máximos. La sensación de años más secos no es debido a una menor precipitación, sino posiblemente al menor almacenamiento de

agua por el sistema suelo, que es el almacén natural. Esto posiblemente a que los suelos cada vez son mas erosionados, se reducen los contenidos de materia orgánica que es la que contribuye a reducir la erosión, aumenta la fertilidad del suelo y tienen una alta capacidad de retener y almacenar agua.

La figura 6 y 7 muestran la precipitación promedio mensual. La figura 6 muestra líneas que unen meses iguales en diferentes años. La figura 7 muestra los promedios mensuales en el eje de un solo año. En la figura 6 se observa que existe una probable tendencia a que los promedios de precipitación mensuales de los meses de junio, julio, agosto y septiembre sean similares. Esta figura muestra que los meses lluviosos son junio, julio, agosto y septiembre, y que el mes mas lluvioso es julio.

La figura 7 muestra que mensualmente no llueve mas de 800 milímetros, y que solo hubo 8 meses en los que llovió mas de 500 milímetros, en los 168 meses graficados o en los 56 meses mas lluviosos.

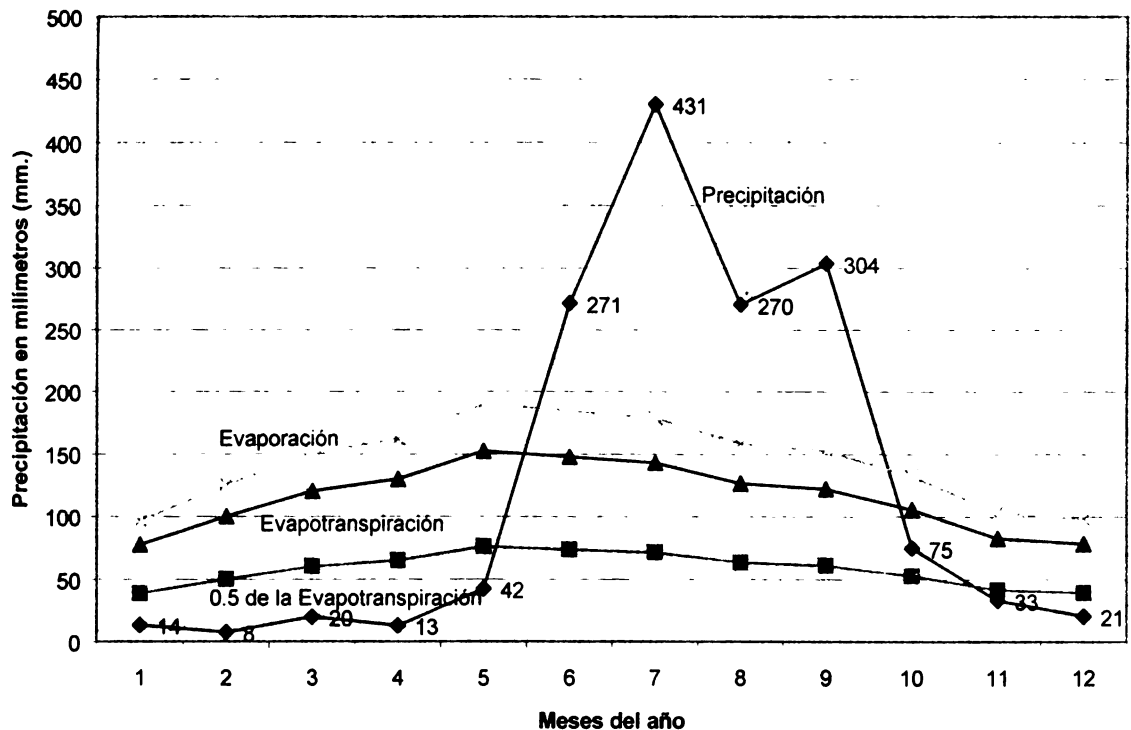


Figura 8. Período de crecimiento para la zona de influencia de la estación meteorológica del Campus Veracruz del Colegio de Postgraduados.

La intersección entre la línea de 0.5 de la evaporación y la precipitación da como resultado el inicio del temporal ó del período de crecimiento y el fin del temporal. Considerando un suelo con 30 cm de profundidad, una densidad aparente de 1.2 g.cm^{-3} y una densidad real de 2.6 g.cm^{-3} , entonces tenemos una humedad residual de 160 mm. Calculando el tiempo en que se evapotranspira esa cantidad de humedad, nos da como resultado el fin del período de crecimiento.

Los datos muestran que el período de crecimiento es normal. El período de crecimiento en la zona de influencia de la estación meteorológica del Campus Veracruz del Colegio de Postgraduados es de 231 días en total. Empieza el 4 de junio (día 155) y termina el 22 de enero, al considerar una humedad residual de 160 mm. Esto es, 62 días de humedad residual en el suelo. Este es el lapso de tiempo en donde se puede establecer un cultivo anual solo considerando la disponibilidad de agua. El fin del temporal termina el 21 de noviembre (día 325).

CONCLUSIONES

Los datos de precipitación colectados en la estación meteorológica del Campus Veracruz son consistentes. Observándose un comportamiento periódico y regular, con eventos máximos e irregulares en su aparición.

Los datos muestran que el período de crecimiento es normal. El período de crecimiento es de 231 días en total. Empieza el 4 de junio (día 155) y termina el 22 de enero. Esto es, 62 días de humedad residual en el suelo con las últimas lluvias del mes de noviembre. El fin del temporal termina el 21 de noviembre (día 325).

El realizar gráficos con más de 5500 datos requiere de computadoras mas rápidas y con mayor capacidad de memoria que la computadora utilizada (Pentium II a 266 Megahertz de velocidad y 48 Megabites en memoria RAM), es recomendable contar con unidad Zip para transferencia de información.

LITERATURA CITADA

- Anderson, T.W. 1971. The Statistical Analysis of Time Series. John Wiley & Sons. New York, U.S.A. 321 p.
- Azzi, G. 1971. Ecología agraria. Instituto Cubano del Libro. La Habana, Cuba. 129 p.
- Brom-Rojas, E. 1970. Notas fenológicas. Universidad Autónoma Chapingo, mimeografiado. Chapingo, México. 47 p.
- Cambel, A.B. 1993. Applied Chaos Theory, A Paradigm for Complexity. Academic Press. New York, U.S.A. 246 p.
- De fina, A. y Ravelo, A. 1973. Climatología y fenología agrícola. Universidad Universitaria de Buenos Aires, Argentina. 281 p.
- Hinojosa C., G.A. 1981. Fenología. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. Departamento de Irrigación. 64 p.
- Kramer, P.J. 1974. Relaciones hídricas de suelo y plantas, una síntesis moderna. Edutex S.A. México, D.F. 538 p.

- Marín G., M. 1989. crecimiento y rendimiento del maíz CP-561 en relación a la presión de población, aprovechamiento del nitrógeno y balance hídrico bajo condiciones de temporal en la región central costera de Veracruz. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 108 p.
- Ortíz-Solorio, C.A. 1985. Los principales suelos de México. Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales. Chapingo estado de México. Serie de apoyo académico número 13. 21 p.
- Palacios-Vélez, E., y Martínez-Garza, A. 1978. Respuesta de los cultivos a diferentes niveles de humedad del suelo. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 56 p.
- Rodríguez C., R. 1994. El cultivo de la caña de azúcar en México. Edit. Por Rafael Trujillo Figueroa. México, D.F. 162 p.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD PARA SEQUÍA EN CHIHUAHUA

**MIGUEL EQUIHUA ZAMORA
JAIME EDUARDO GARCÍA SEPÚLVEDA
INSTITUTO DE ECOLOGÍA, A.C.
CENTRO DE INVESTIGACIÓN SOBRE LA SEQUÍA**

INTRODUCCIÓN

Gran parte del Estado de Chihuahua son zonas áridas (García, 1973). La baja precipitación que se presenta es irregular y no se distribuye equitativamente. Las zonas con mayor desarrollo económico y dinámica demográfica tienen escasez de agua. La demanda de agua para usos industriales y domésticos ha crecido mucho en las últimas décadas. Al mismo tiempo se ha incrementado el uso del agua en regiones rurales (CNA, 1997). Estas situaciones provocan un incremento en la vulnerabilidad de las actividades productivas y se afectan los recursos naturales, incluyendo la calidad misma del agua, cuando de manera recurrente y natural se presenta la sequía.

Aunado a la de por sí baja disponibilidad de agua, en los últimos años se presentó una sequía prolongada (1994-1998) que afectó severamente a los estados del norte de México, incluyendo Chihuahua. Esta sequía provocó una baja importante en la producción agropecuaria (Delgadillo, 1999). En el sector agrícola, no solo se presentaron pérdidas en las tierras de temporal, sino también en las de riego, pues el nivel de las presas, presentó su nivel mínimo histórico a principios del presente año. De manera paradójica, durante la época de estiaje, se declaró estado de emergencia por la sequía en Chihuahua y algunos otros estados del norte de México. Con la llegada de lluvias abundantes se han recuperado rápidamente los niveles de almacenamiento, de tal forma que para principios de agosto de 1999, algunas de las presas del estado tienen niveles aceptables de almacenamiento. Se declaró estado de emergencia por sequía en un año que al parecer es bastante húmedo.

La sequía y sus consecuentes efectos sobre las actividades productivas y los recursos naturales, se presentan de manera recurrente. La definición de la vulnerabilidad por sequía en Chihuahua servirá como herramienta indispensable para enfrentar de una manera más adecuada los efectos de este fenómeno natural, al incorporarse a planes de acción como el ordenamiento ecológico del territorio.

Desarrollar un análisis de vulnerabilidad a la sequía por sector y región para el Estado de Chihuahua, como una herramienta de manejo de las posibles afectaciones que puede ocasionar una sequía, de acuerdo a su magnitud en las actividades agropecuarias y como herramienta esencial para el ordenamiento del territorio

De acuerdo al análisis de los factores climatológicos que afectan al Estado de Chihuahua, se ha encontrado que la sequía se presenta de manera severa recurrente en todo el Estado, variando regionalmente solamente en la frecuencia en que se presenta. Las sequías en

algunas regiones pueden convertirse en verdaderas emergencias y, algunas, llegar a ser generalizadas en todo el Estado, provocando importantes pérdidas económicas a la agricultura y la ganadería. En la actualidad no se sabe con precisión cuál es la vulnerabilidad por sequía que tiene el Estado de Chihuahua, por lo que es indispensable identificar los diferentes tipos y grados de vulnerabilidad que se presentan en las diferentes regiones del Estado, de acuerdo a sus condiciones climáticas y a las actividades que se desarrollan en ellas.

METODOLOGÍA

Se dividirá en regiones o zonas el territorio del estado de Chihuahua, de acuerdo al tipo de vegetación y/o al uso del suelo presente en éstas, considerando las diferencias climáticas de cada una de estas. Para efectuar esta tarea, se utilizarán imágenes de satélite AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) captadas por los satélites NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Administration), además de compararlo con los diferentes fuentes de información sobre uso del suelo que se han desarrollado para esta entidad en el país como el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y el Instituto de Geografía de la UNAM.

Con información histórica de precipitación se definirá la media para cada una de las regiones, obteniéndose de esta forma un punto de comparación representativo. Utilizando el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI), se identificarán las épocas y las intensidades de esta en las diferentes regiones. Este índice ha mostrado ser muy útil para la identificación del inicio y término de la sequía. Su cálculo permite definir sequías en periodos breves de tiempo, e.g. meses, hasta de algunos años, resultando útil para diferentes fines como identificar el retraso de lluvias, o sequías de larga duración que afectan la disponibilidad del agua en embalses y cuerpo acuáticos naturales.

Cada una de las regiones será analizada con las imágenes AVHRR para el periodo 1989 - 1996 para las estaciones de verano e invierno. Durante este periodo se presentaron periodos considerados como secos en los años de 1994 a 1997 y normales o abundantes de 1989 a 1993. Estas imágenes, al captar la reflexión diferencial de las porciones rojas e infrarrojas del espectro solar, permiten calcular el Índice Normalizado de Diferencia Vegetativa (NDVI) (Johnson, et.al., 1993). Este índice esencialmente representa la actividad fotosintética. Asimismo, en lugares áridos y semiáridos, se ha utilizado para correlacionar con otras variables vegetativas, incluyendo biomasa, como lo han demostrado numerosos estudios citados por Jeremy Grist y colaboradores (1997).

A partir de lo anterior, se desarrollará un análisis de los impactos históricos de la sequía en las diferentes regiones delimitadas.

Las estadísticas de las actividades económicas de agricultura y ganadería se analizarán en conjunción con los índices de sequía, con la finalidad de conocer de que manera ha afectado el fenómeno de la sequía en estas actividades productivas, ya que la agricultura está muy influenciada por la disponibilidad del agua y repercute directamente en las actividades ganaderas (Wilhite, 1997). Las estadísticas disponibles sobre estas actividades

productivas en el Estado de Chihuahua son por cultivo, para el caso agrícola, presentadas como áreas sembradas vs. áreas cosechadas y el rendimiento obtenido. Además de lo anterior, con la zonificación realizada a través de las imágenes de satélite, se podrá tener un acercamiento sobre las afectaciones de la sequía en esta actividad, sobre cada cultivo. Para el caso de la ganadería, se relacionará la producción de ésta con la afectación de la sequía sobre los pastizales y los cultivos forrajeros. Se tomarán en consideración las acciones que están realizando, tanto los productores como autoridades involucradas, para disminuir los impactos provocados por la sequía, definiendo de esta manera la vulnerabilidad a la sequía que presentan.

El análisis de las consecuencias de la sequía por regiones y en los sistemas agropecuarios, permitirá predecir, en cierta medida, cuáles son los efectos que se pueden presentar sobre estos sistemas, dada una sequía determinada.

Al relacionar la información histórica de las imágenes de satélite, con la información meteorológica, se podrá conocer el impacto histórico de afectación por sequía en las actividades productivas (agricultura y ganadería) dependiendo de la severidad con la que se presente la escasez del recurso hídrico, permitiendo realizar un análisis de vulnerabilidad a la sequía de las diferentes regiones de Chihuahua.

Utilizando un sistema de información geográfica (SIG), los resultados o productos de este análisis de vulnerabilidad por sequía, se presentarán en forma de mapas, donde se definirá la vulnerabilidad de cada una de las áreas a los fenómenos de sequía, considerando su uso actual.

Todos estos productos, son útiles como apoyo en las tomas de decisiones adecuadas para que el manejo de la sequía sea un manejo de riesgo y no de crisis, como sucede actualmente y se pueden incorporar en la planeación para el ordenamiento del territorio del Estado de Chihuahua.

BIBLIOGRAFIA

- CNA y Gobierno del Estado de Chihuahua. 1997. Plan Hidráulico de Gran Visión para el Estado de Chihuahua 1996 - 2020. México.
- Delgadillo, J. 1999. Impactos económicos del fenómeno meteorológico El Niño, en regiones mexicanas. Datos, Hechos y Lugares.
- García, Enriqueta. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. México.
- Grist, J., S. Nicholson, y A. Mpolokang. 1997. On the use of NDVI for estimating rainfall fields in the Kalahari of Botswana. *Journal of Arid Environments*. 35: 195-214

Johnson, G. y R. Achutuni. 1993. The role of NOAA satellite data in drought early warning and monitoring: selected case studies. En: Wilhite, D. (Ed). Drought assessment, management, and planning: Theory and case studies. Kluwer Academic Publishers. E.U.A.

Wilhite, D.1997. Improving Drought Management in the West:The Role of Mitigation and Preparedness. National Drought Mitigation Center. E.U.A.

EFFECTOS GENETICOS ESPECIFICOS A SEQUÍA Y LA ADAPTACION DE LAS PLANTAS

ABEL MUÑOZ OROZCO¹ Y GUILLERMO CASTAÑÓN NAJERA²

RESUMEN

Se estudió el potencial osmótico (Ψ_{π}) y otros caracteres, usando dos modelos de selección: G y G+GxS, para probar los modelos y para encontrar evidencias de los efectos específicos a sequía. El ajuste osmótico fue detectado como efecto específico a sequía, y asociado al término GxS. La hipersensibilidad estomática, la cerosidad y la resistencia a la helada también se estudiaron. La importancia del uso eficiente y armónico de los tres tipos de efectos (G, S y GxS) se analizó y comentó.

Palabras clave: modelos, ajuste osmótico, hipersensibilidad estomática, resistencia a sequía, selección.

ABSTRACT

Osmotic adjustment and other variables were studied to test the models G and G+GxS as well as to find evidences of specific effects to drought. Osmotic adjustment was detected as a specific effect to drought and associated to the inclusion of the term GxS in a model. Stomatal sensitivity, frost resistance and waxy of the plant were also studied. The importance of three kind of effects (G, S, & GxS) is analyzed and commented.

Key words: models, osmotic adjustment, stomatal sensitivity, drought resistance, selection.

INTRODUCCION

Los efectos genéticos de resistencia a sequía se pueden clasificar en dos tipos, efectos genéricos y efectos específicos a sequía; los primeros se manifiestan haya sequía o no, y los segundos requieren de la sequía para expresarse. El modelo uno para evaluar resistencia a sequía permite estimar la importancia relativa de ambos; este modelo esta planteado en la siguiente forma: $Y = G + S + GxS$, en donde Y, representa a la variación total; G la variación de los promedios de genótipos ignorando los niveles de sequía; S la variación de al menos dos niveles de sequía; y GxS representa la variación de la interacción de los genotipos por los niveles de sequía (Muñoz 1990). G y G+GxS, se refieren a la parte heredable y representan modelos reducidos del primero, que para el caso será el modelo amplio.

¹ Profesor Investigador Titular, Especialidad de Genética, IREGEP; Colegio de Postgraduados, Montecillo Méx. 56130; munozo@colpos.colpos.mx

² Investigador, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Forestales; Campo Agrícola Experimental Cotaxtla Ver.

El presente trabajo tiene como objetivos, mostrar como mediante su aplicación en un proceso de selección es posible tener evidencias de la asociación entre el término GxS y la expresión de los efectos específicos a sequía en varias poblaciones, en términos de ajuste osmótico y de otros caracteres; así mismo discutir la naturaleza e importancia de distinguir tanto los efectos genéricos como los específicos para maximizar la eficiencia de la selección para resistencia a sequía.

MATERIALES Y METODOS

Origen y formación de los genótipos probados

Se formaron tres grupos cada uno con cuatro compuestos, en el primero los compuestos se integraron con líneas precoces, en el segundo con líneas intermedias y en el tercero con líneas tardías. Las líneas fueron, derivadas de una generación avanzada del cruzamiento de la variedad de trigo Cleopatra por la Garambullo, elegidas por su resistencia a sequía. Esta fuente fue proporcionada por el Programa de Cereales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Dos compuestos de cada grupo de precocidad, se integraron en base a la componente G, para lo cual las líneas se sometieron a sequía (So) y a riego (S1), obteniendo para cada genotipo los promedios del rendimiento y de otras 12 variables adicionales, ignorando niveles de humedad, con dichos promedios se elaboró un índice, procediéndose a separar el 5 % de líneas superiores y el 5 % de líneas inferiores en base al valor del índice, con esas fracciones se integraron los compuestos G A y G.B respectivamente. Para formar los otros dos compuestos de cada grupo de precocidad, en cada genotipo se calcularon las diferencias So menos S1 en base a los promedio de las 13 variables, con las diferencias se elaboró el índices relativo a la componente GxS ; a este se le sumó el índice anterior relativo a G a fin de obtener un índice general, con cuyos valores se procedió a separar el 5 % de líneas superiores y el 5 % de líneas inferiores; con estas fracciones se integraron los compuestos G+GxS A y G+GxS B respectivamente. Los doce compuestos descritos son como sigue:

Precoces

Compuesto 1 G+GxS A

Compuesto 7 G A

Compuesto.2 G+GxS B

Compuesto 8 G B

Intermedios

Compuesto 3. G+GxS A

Compuesto 9 G A

Compuesto 4 G+GxS B

Compuesto 10 G B

Tardíos

Compuesto 5 G+GxS A

Compuesto 11 G A

Compuesto 6 G+GxS B

Compuesto 12 G B

Prueba de los compuestos en sequía y riego

Estos se probaron bajo sequía (So) y riego (S1) usando parcelas de 5 surcos de cuatro metros de longitud y 0.25 m de ancho, la siembra se realizó el 22 de diciembre de 1988 bajo el diseño de bloque al azar con cuatro repeticiones y en un arreglo en parcelas divididas, asignando el nivel So y el S1 a las parcelas grandes y los compuestos a las subparcelas. El tratamiento S1 consistió en dejar descender el contenido de humedad del suelo 2.5 % abajo del porcentaje de marchitez permanente en la etapa reproductiva, y el So

en no dejar descender el contenido hídrico del suelo abajo del 60 % de la humedad aprovechable durante todo el ciclo.

Determinación de variables

Entre otras variables se determinaron los potenciales hídrico (Ψ_w), osmótico (Ψ_π) y de turgencia (Ψ_p). El hídrico se determinó con psicrómetros tipo Peltier (Turner 1981), como muestra se usó un disco foliar de 5 mm de diámetro. Después de esta determinación el disco foliar se colocó en una cápsula de plástico y se introdujo en nitrógeno líquido para desorganizar la membrana celular y liberar la presión de turgencia, luego se regresó al mismo psicrómetro para determinar el Ψ_π . Para calcular el potencia de turgencia se utilizó la siguiente expresión ($\Psi_p = \Psi_w - \Psi_\pi$). Los discos foliares se tomaron de la hoja bandera de tres plantas por parcela en dos de las cuatro repeticiones; los muestreos se hicieron a las 800 y a las 1300 horas; en los compuestos precoces a los 60 y 61 días después de la siembra, en los intermedios a los 68 y 79 días y en los tardíos a los 75 y 76. La cerosidad de la planta se calificó mediante la escala 1 a 5, asignado 1 a las líneas sin cera, 5 a las mas cerosas, con valores intermedios para grados intermedios. Similar escala se utilizó para calificar la resistencia a una helada que ocurrió el 9 de marzo de 1989. Una información mas amplia se puede consultar en la tesis de Castañon (1991)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ajuste Osmótico

En el cuadro 1 se consignan los datos de lo potenciales osmóticos (Ψ_w) de los compuestos bajo la condición de sequía (So), y en el cuadro 2 se hace lo propio para la condición de riego (So). En la condición de sequía (So), desde la mañana (800 h) se aprecia un descenso mayor del potencial osmótico de los compuestos en cuya selección se adicionó el término GxS, en la tarde (1300 h) el efecto es mas pronunciado, particularmente en las selecciones de alto índice (A). En los grupos de precocidad, los intermedios y tardíos, exhiben el mayor descenso (Cuadro 1). El potencial osmótico se considera indicativo de la capacidad de la plata para incrementar los osmolitos en el jugo celular, ya sea incrementando los productos de la fotosíntesis, o bien descomponiendolos o acumulando sustancias inocuas; lo anterior como respuesta al estres de diversos factores adversos; tal fenómeno se denomina **ajuste osmótico** (Jones *et al* 1993). Examinando los datos del Cuadro 2 referentes a la condición de riego (So), no se aprecian los descensos del potencial osmótico ni con la misma intensidad ni con la regularidad observada en S1. El hecho de que estas respuestas para ajustarse osmóticamente sean manifiestas eminentemente bajo sequía, ha inducido a denominarlas efectos específicos a sequía, para diferenciarlos de aquellos que se pueden manifestar haya o no sequía.

Hipersensibilidad Estomática

En la Figura 1, se ha graficado el comportamiento de la selección hecha bajo sequía en una población derivada de la fuente de resistencia a sequía michoacán 21, en comparación con la selección hecha bajo riego (Tomada de Muñoz *et al* 1983). La de sequía empieza a

reducir la tasa transpiratoria desde -2 bares, en tanto que la de riego lo hace de manera pronunciada hasta -6.5 bares; la reducción temprana obedece a la capacidad de la selección de sequía para cerrar sus estomas a mas altos potenciales hídricos, denominada hipersensibilidad estomática. El hecho de que este efecto temprano requiera del descenso del potencial hídrico para manifestarse indica que se trata de otro efecto específico a sequía.

Cuadro 1. Medias de los potenciales (bares) osmóticos (Ψ_{π}) de los compuestos en sequía (S1).

08:00 h

Compuestos	Precoces	Intermedios	Tardíos	Promedios
G+GxS A	-22.6	-29.9	-35.9	-29.5
G A	-25.8	-28.7	-32.1	-28.9
G+GxS B	-33.5	-29.6	-28.6	-30.6
G B	-25.4	-25.9	-23.8	-25.0
Promedios	-26.8	-28.5	-30.1	-28.5

13:00 h

Compuestos	Precoces	Intermedios	Tardíos	Promedios
G+GxS A	-31.9	-36.8	-42.7	-37.1
G A	-25.3	-30.9	-36.5	-30.9
G+GxS B	-29.3	-32.9	-35.6	-32.6
G B	-29.7	-30.5	-28.3	-29.5
Promedios	-29.1	-32.8	-35.8	-32.5

Cerosidad

En el Cuadro 3 se han seleccionado los promedios de mayor interés para ilustrar esta variable. Al comparar los niveles de sequía se aprecia una marcada respuesta al tratamiento S1, lo que da idea de que se trata de un carácter con efectos específicos a sequía; sin embargo la respuesta de los compuestos es muy similar y en el análisis de variación correspondiente no se detectó interacción de los compuestos por los niveles de sequía; esto indica que se trata de un carácter que se ha fijado en las dos variedades que se cruzaron, por lo cual no se presenta variación, reflejándose en la ausencia de diferencias notables entre los compuestos cuya selección implicó el término GxS y aquellos en la que no se involucró. La uniformidad genética para este carácter de las variedades cruzadas y de sus generaciones avanzadas es explicable ya que son líneas avanzadas de trigo ambas sobresalientes por su resistencia a sequía; en este caso la variación es explicada básicamente por el termino S del modelo amplio.

Cuadro 2. Medias de los potenciales (bares) osmóticos (Ψ_{π}) de los compuestos en riego (So).

08:00 h

Compuestos	Precoces	Intermedios	Tardíos	Promedios
G+GxS A	-18.5	-19.5	-19.6	-19.2
G A	-14.4	-19.2	-18.5	-17.4
G+GxS B	-16.4	-21.6	-19.9	-19.3
G B	-19.1	-21.9	-19.5	-20.2
Promedios	-17.1	-20.6	-19.4	-19.0

13:00 h

Compuestos	Precoces	Intermedios	Tardíos	Promedios
G+GxS A	-16.0	-22.9	-22.7	-20.5
G A	-17.9	-23.1	-23.4	-21.5
G+GxS B	-14.7	-24.3	-21.7	-20.2
G B	-16.8	-22.6	-20.5	-19.9
Promedios	-16.4	-23.2	-20.1	-20.5

Resistencia a Heladas

Los promedios de las calificaciones de esta resistencia para las combinaciones de modelos de selección (G y G+GxS), niveles de sequía y grupos de precocidad, se presentan en el Cuadro 4. El tratamiento So, es decir el de riego, mostró la mayor resistencia; a este respecto, es bien conocido el efecto protector del riego para contrarrestar el efecto de la helada. En este caso se trata de un estrés diferente al de sequía; en este sentido ya previamente se habían tenido evidencias de que ambas resistencias, a la helada y a sequía, eran relativamente diferentes (Muñoz *et al.* 1983). La variación observada es adscribible al término S del modelo amplio, pero generada por el riego. Las diferencias entre ambos modelos fueron mínimas cuando se comparan los promedios relativos a G+GxS y a G, dentro del mismo nivel de humedad. En cambio se aprecia un efecto de los niveles de

Cuadro 3. Promedios de la calificación para producción de cera de los compuestos por precocidades y de los niveles de sequía.

Niveles de Sequía	Promedios				
So	1.49				
S1	4.09				
	Compuestos				
Precocidades	G+GxS A	G+GxS B	G A	G B	
Precoces	3.1	2.8	2.8	2.7	
Intermedios	2.8	2.8	2.7	2.8	
Tardíos	2.6	2.8	2.7	2.3	

Escala: 1, sin cera; 5, con cerosidad notable precocidad con gradiente de menor a mayor resistencia de precoces a tardíos en la condición de riego (So), independientemente del modelo; y en sentido un tanto opuesto en la condición de sequía (S1). Se trata de una

interacción de los niveles de precocidad por los niveles de sequía, que es una variación de naturaleza GxS, posiblemente vinculada con el ajuste osmótico. Así, en esta resistencia la mayor variación es explicada en primer lugar por el término S del modelo amplio, y la variación subsiguiente o sea de la interacción de precocidades por niveles de sequía por el término GxS.

En resumen las diferentes variantes aquí presentadas, de efectos un tanto contrastados, caen dentro del ámbito del modelo amplio, lo que consolida más su validez.

Estos ejemplos, el de la cera y el de resistencia a la helada, resultan importantes para entender mejor el funcionamiento del modelo en relación al fenómeno biológico y al ecológico; para orientar la elaboración de los índices de selección en lo que respecta a la discriminación de variables y a un mejor conocimiento genético fisiológico de los caracteres que se suponen asociados a la resistencia a sequía.

La selección, en general se viene haciendo considerando solo la componente G y en la mayoría de los casos sin elementos y herramientas para una adecuada interpretación y uso de los efectos asociados a la componente GxS; si bien la componente G contribuye a explicar la mayor variación, los efectos de la GxS son cualitativamente más relevantes a medida que se prolonga o intensifica la sequía, por depender de ellos la sobrevivencia de la planta y en buena medida la productividad como consecuencia de la recuperación. Esto es especialmente trascendente, cuando a la sequía le sigue otro periodo de lluvia o en general cuando los regímenes son de sequías intermitentes. Por otra parte la resistencia a sequía se maximizará siempre y cuando se maximice el uso y la eficiencia de las tres componentes: la G, la S y la GxS.

Cuadro 4. Promedios de las calificaciones de resistencia a la helada para las combinaciones de modelos de selección (G, G+GxS), niveles de sequía (So, S1) y precocidades.

Modelos:	G+GxS	G+GxS	G	G	Promedios
Precocidades	So	S1	So	S1	
Precoces	3.97	3.83	3.94	3.81	3.89
Intermedios	4.65	3.56	4.34	3.38	3.98
Tardíos	4.38	3.34	4.22	3.44	3.84
Promedios	4.33	3.57	4.16	3.54	3.90

Escala: 1, susceptible; 5, resistente.

CONCLUSIONES

Se encontró asociación entre la inclusión del termino GxS en el modelo de selección y una manifestación mas intensa del ajuste osmótico bajo sequía.

Lo anterior representa una prueba de validación de dicho modelo y de los efectos específicos a sequía.

Comparando las relaciones que observó la sequía con la expresión del ajuste osmótico y la que se observa entre la sequía y la hipersensibilidad estomática, se puede inferir que esta es otra característica de efectos específicos a sequía.

Hay evidencias de que la cerosidad es también especifica a sequía, pero no puede responder al modelo G+GxS, en tanto no muestre variabilidad en la población objeto de selección.

REFERENCIAS

Castañón, N. G. 1991. Selección Familiar en Trigo (*Triticum aestivum* L.) Mediante Indices de Selección para Mejorar por Resistencia a Sequía. Tesis de Doctor en Ciencias, Centro de Genética, Colegio de Postgraduados, Montecillo Méx. 270 Pags.

Jones, H. G., T. J. Flowers and M. B. Jones (eds.). 1993. Plants Under Stress. Cambridge University Press. 257 Pags.

Muñoz, O. A., K. R. Stevenson, J. Ortiz C., G. W. Thurtell, y A. Carballo C. 1983. Transpiración, Fotosíntesis, Eficiencia en Uso de Agua y Potencial Hídrico en Maíces

Resistentes a Sequía y Heladas. Agrociencia 51: 115-153.

Turner, N. C. 1981. Techniques and Experimental Approaches for the Measurements of Plant Water Status. Plant and Soil 58: 339-366.

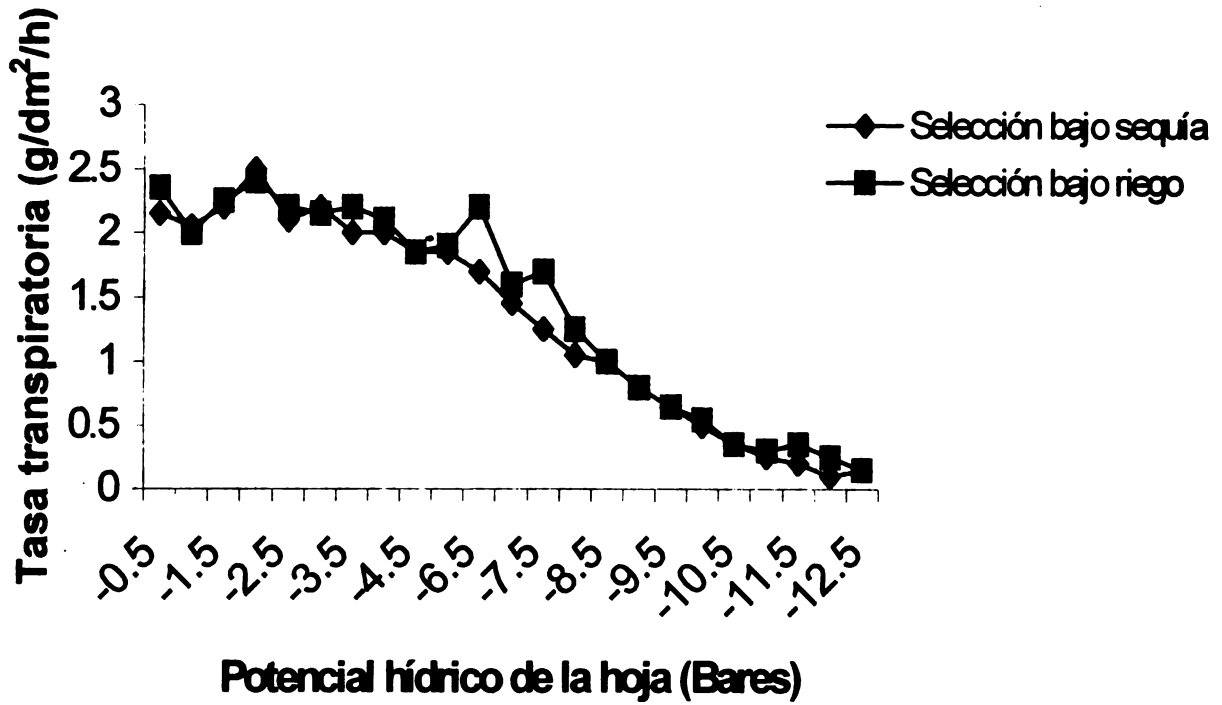


Figura 1. Tasa transpiratoria en función del potencial hídrico de la hoja

CONSIDERATIONS FOR DEVELOPING GUIDELINES FOR RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS IN THE U.S. VIRGIN ISLANDS

HENRY H. SMITH, PH.D., DIRECTOR, WATER RESOURCES RESEARCH INSTITUTE, UNIVERSITY OF THE VIRGIN ISLANDS, #2 JOHN BREWER'S BAY, ST. THOMAS, U. S. VIRGIN ISLANDS, 00802-9900, USA. Email: hsmith@uvi.edu

ABSTRACT

The United States Virgin Islands (USVI) is one of the few areas in the world where harvesting of rainfall contacting roof surfaces and subsequent storage of this water is required by law. High construction costs as well as standards of living with high demands for potable water, require that the mandated rain harvesting systems are designed, constructed, operated and maintained as efficiently as possible. The USVI has collaborated with the Federated States of Micronesia (FSM) to compare design practices that are utilized in the USVI and FSM. The USVI and Hawaii also collaborated on an examination of legal, economic, and institutional factors affecting rainwater systems in Hawaii and the USVI. These collaborations reveal that much is to be gained through detailed examination of practices and standards for rainwater harvesting systems that evolved independent of each other but with the same primary goal. While the long and many experiences with these highly developed systems in the USVI provide the other countries with options for future courses of actions, the USVI can gain much by the fresh and novel approaches taken by these countries in order to improve its rainwater utilization practices.

INTRODUCTION

The United States Virgin Islands (USVI) are part of the arc of islands separating the Atlantic Ocean from the Caribbean Sea. They are located about 1,000 miles east southeast of Miami, Florida and 2,250 miles northwest of Petrolina, Brazil. The islands in general are relatively small (none having an area exceeding 90 square miles) and are for the most part of volcanic origin and hilly. The economy is presently supported principally by tourism. Most of the tourists come from North America by cruise ships and airline carriers and are attracted to the islands by the warm climate, pristine coastal waters, relaxed life style and the many shopping bargains at these duty free ports. Expectations of visitors to the USVI are very high for travel to the islands and accommodations are quite costly.

Residents of the Virgin Islands enjoy a standard of living very much like that of a resident of an average American city. This is partly due to the fact that many residents are relocated Americans and also to the ready accessibility that islanders have to the U. S. mainland for both business and pleasure. Long-term associations with the U. S. mainland also occur because of education and work opportunities. Building materials, vehicles, home appliances, clothes and even food are all imported for consumption in the USVI. Even water for general use has at one time been imported to the Virgin Islands. The very high cost of living in the USVI has been attributed to the shortage of locally produced consumables and the subsequent need for importation of necessities.

Rainfall in the USVI averages about 44 inches annually. Rain occurs principally as brief intense tropical downpours with the longer and more severe rainfall occurring between August and November coinciding closely with the hurricane season. Steep hillsides, thin soil layers and fractured igneous rock preclude natural catchment of rainfall as a means of ground water replenishment. The little ground water that occurs on the few alluvial coastal flats must be managed carefully to avoid contamination from seawater. In the rare inland valleys where some ground water might occur, this resource is being increasingly threatened because of bacterial contamination from septic tanks and chemical pollution from commercial and industrial sources.

The steep hillsides and relatively small surface area of the islands result in there not being any significant perennial streams in the islands. Surface water supplies in the past were limited to very small earthen dams built for cattle watering and other agricultural purposes. High evapotranspiration rates that have been estimated to return over 96 percent of the rainfall to the atmosphere also make conditions unfavorable for existence of meaningful surface water.

Desalination is a principal source of water for satisfying particularly commercial water demands in the USVI. While this technology is a high consumer of costly imported fossil fuels, it has proven to be a reliable source of desirable volumes of high quality water. A principal shortfall of this approach though has again to do with the small size of the islands and their geography. Economies of scales cannot be realized with usage of the plants in the islands. Not only because the islands' populations are separated by miles of deep water, but also even within an island desalinated water cannot be practically conveyed by pipelines because of the mountainous relief and the spread of each island's population throughout the island. Desalination plants are sized and built to meet water demands in proximate service areas based on engineering, demographic and topographic considerations. The result is that demands outside the service areas must seek alternative means to obtain water. For major complexes such as hotels, installation of small seawater desalination plants is an often-utilized alternative.

In most cases, surface water, ground water and desalinated water are not options available for use by individual residences. The alternative source of potable water in the Virgin Islands is commonly what is the preferred and mandated source of water – rooftop harvesting. Virgin Islands' law requires that buildings provide for harvesting of runoff derived from rooftops and storage of the harvested water on site. (Title 29, Section 308, V. I. Code). This law requires that typical one story family homes provide ten gallons of storage capacity for each square foot of roof area. An average single family home in the Virgin Islands has a footprint of approximately 1,600 square feet. This necessitates that a cistern with a capacity of approximately 16,000 gallons must be constructed. Approximate cost of constructing these cisterns are about \$1.25 (US) per gallon of storage capacity. Cisterns are a principal contributing reason for the high cost of home construction in the Virgin Islands.

A typical rainwater harvesting system at a residence in the USVI consists of a rooftop water-harvesting surface, a conveyance system for the harvested water, a cistern for storage of the water and a means of distributing the water to the point of use. The collection surface usually is corrugated galvanize but also may be concrete, or plywood coated with an elastomeric membrane. The runoff from this surface is collected by means of gutters around the roof's

perimeter that conduct the harvested water to the cistern. Occasional use is made of simple devices to divert the first flush of water from the roof to waste and in some instances point-of-use treatment devices are installed to enhance water quality. (Sello, 1997).

Most cisterns in the USVI are built as part of the foundation of the houses in much the same manner as a basement is an integral part of the foundation of houses in the United States. These window-less basements are constructed either from specially designed concrete blocks fortified with steel reinforcing bars that are filled with concrete or by cast concrete. Occasionally, reinforced fiberglass tanks are used. Fiberglass tanks though do not form part of the house's foundation and often are not favored because they present increased space requirements. Cisterns all have access ports for inspection and maintenance and manual removal of stored water. They also are fitted with overflow ports to discharge excess inflow. A common design consideration is a separation wall that divides the cistern in half. This permits isolation of one side from the other allowing the user options for cleaning, leak isolation, etc. The insides of concrete tanks are coated with special preparations to preserve the quality of the stored water.

A person in a house utilizing a cistern in the Virgin Islands usually does not notice any difference in how they get water for use. The house's plumbing includes a pump that takes water from the cistern to a pressurized holding tank that supplies the water on demand from taps within the residence like would be found with conventional plumbing. An occasional slight change in pressure differences or the occasional noise of the pump motor running might be the only indication that the cistern is the supply to the house.

Routine maintenance might require paying attention to keep the catchment surface clean and free from debris. The cistern is cleaned at a frequency proportion to its likelihood of contamination and occasional chlorination of the water is recommended. The water pump sometimes becomes water logged and this is attended to quite simply. The cistern's inlet and the overflow ports are screened to prevent access to the water by detritus and animals.

A properly maintained and operated cistern provides many benefits. Certainly cisterns provides a means of a safe, reliable water supply that is available when there are no other options. Virgin islanders also cherish the independence that cisterns provide to their users. Users are not dependent on others for water and this is particularly cherished in times of natural disasters such as hurricanes when individual homes may become isolated. Until recent times, one reason that cisterns were preferred sources was because the users were more confident in the quality of his water than in the water coming from a source that they had no control over.

Aside from these readily observable benefits of using cisterns in the Virgin Islands, other less noticeable benefits have been proposed in the use of cisterns. Dr. Marci Bortman did extensive research on the effects of land use practices on coastal water quality and found that while in general greater urbanization leads to increased runoff from land surfaces, that might not be the case in the USVI. Bortman found that cisterns actually reduced the volume of runoff leaving a development area and lessened the impact of non-point source pollution on a coastal area. (Bortman, 1997). Rooftop harvesting of water reduces the amount of rainwater that impacts the ground surface and has the potential for causing erosion and eventually despoilment of coastal waters. Additionally a cistern user is very conscious of her water usage. Also, with reduced water

usage there is a corresponding reduction in wastewater production resulting in less contamination of ground water and other non-point pollution.

While cisterns have been in use in the USVI for many years and remain the preferred source of water for many residents, changing times require that a fresh look be taken at these sources of water. Attention is being directed to several areas not previously considered.

Materials used in rainwater harvesting systems must be given special attention. As with other water supplies, improved technology and recent medical findings require new consideration of materials that have been used in the past. Questions are now being raised about the quality of water that these systems provide. There are opportunities for contamination of the water at every point that the water contacts the collection, conveyance and containment surfaces. Proper maintenance of the surfaces is essential but so too is the material form which these surfaces are made from. A survey was made of the materials used in water harvesting systems in the USVI and it was found that consumers and vendors give little consideration to the applicability of materials used in cistern systems in relation to water quality preservation. (Smith, 1996).

In our developing societies, there are opportunities for contamination of the rainwater even before it contacts any collection surface. Residual airborne products from burnt fuels have been found to be a potential source of contamination of cistern water supplies in the USVI. (Wrensford, 1996).

Cistern usage is practiced more in the developing countries of the world and this presents a peculiar problem with assessments of water quality. Indicators of water quality used in the more developed areas of the world might not be appropriate for use in tropical water systems. (Toranzos 1991). Proposals have been made for alternate indicators that would provide more reliable means of assessing the quality of cistern water supplies. (Ruskin, 1996).

Proper sizing of cisterns is also a concern. There is no documented rationale for the basic sizing requirements for cisterns in the USVI. There has been some concern expressed as to whether the sizing requirements provide for too much storage. While a large storage system might be pleasant to boast about, the security it might seem to provide could be false. If the system is oversized it might never become filled and/or it might never be emptied. In both instances there is excessive wasted capacity and investment of resources that might have been better used elsewhere. Particularly when the systems are being used to supplement other sources of water as part of a conjunctive use scheme, sizing considerations must reflect this. (Smith, 1985). Recent provisions in Virgin Islands' law consider this by relaxing cistern storage requirements in areas served by the public water distribution system. Title 29, Chapter 5, Section 308, Subsection (b)(1) of the Virgin Islands Code now provides that for dwellings having an access to the potable water system "no cistern is required."

CONCLUSIONS

Rainwater harvesting will continue to be a principal source of potable water in many areas of the world. While the design and operation of these systems might vary with location, there are

certain factors that must be considered in developing guidelines for use of these systems. Evolving use of cisterns require new research considerations. Attention must be given to the types of materials used in their construction for the health of their users can depend on this. Similarly ambient air quality will effect the quality of water yielded from the cistern systems. Lastly, sizing requirements must not only consider the quantity and seasonal availability of rainfall but also the availability of supplemental sources of water.

REFERENCES

Bortman, Marci Lynn, Trends in Land Use, Sewage and Stormwater and Their Relationship with Coastal Water Quality in St. Thomas, U. S. Virgin Islands, Ph.D. Dissertation, State University of New York at Stony Brook, New York, 1997.

Ruskin, Robert H., Bacterial Indicator Organisms in Various Classes of Cisterns in the U. S. Virgin Islands, Ph.D. Dissertation, The University of Arizona, Tucson, Arizona, 1996.

Sello, Eugenia, et. al., Small Systems Technology Demonstration Plant Project: Fredericksted, St. Croix Day Care Center, Water Resources Research Institute, UVI, St. Thomas, VI, 1997.

Smith, Henry H., Development of a Methodology for Integration of Water From Several Limited Sources in the Caribbean Islands, Ph.D. Dissertation, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 1985.

Smith, Henry H., et. al., A Survey of Products Used in Rainwater Catchment Systems, Water Resources Research Institute, UVI, St. Thomas, VI, 1996.

Toranzos, Gary, Current and Alternate Indicators of Fecal Contamination in Tropical Waters: A Short Review, International Journal of Environmental Toxicology and Water Quality, 6:121-130, 1990.

Wrensford, G. and Wrensford L., Determination of Petroleum/Hydrocarbon Residues in the Fresh Water Supplies of St. Thomas, V. I., Water Resources Research Institute, UVI, St. Thomas, VI, 1996.

Acknowledgement is made of partial support for work detailed above by the Department of the Interior, U. S. Geological Survey through the Virgin Islands Water Resources Research Institute. The contents of this paper do not necessarily reflect the views and policies of the Department of the Interior, nor does mention of trade names or commercial products constitute their endorsement by the United States Government.

CAPTACION, MANEJO Y CONSERVACION DEL AGUA DE LLUVIA Y HUMEDAD RELATIVA

¹DINHORA SOTRES NARVÁEZ, GUSTAVO VILLAREAL HERNÁNDEZ

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe un gran problema debido al deterioro ecológico, afectando la producción de alimentos agrícolas y pecuarios viéndose esto más remarcado en las comunidades indígenas al ser estas las más marginadas donde los efectos de la desnutrición, desigualdad social y deterioro del medio ambiente son los más marcados.

A medida que la presión sobre la producción aumenta, más áreas están siendo usadas para la agricultura; gran parte de estas tierras están localizadas en zonas áridas y semiáridas, donde la lluvia cae irregularmente perdiéndose como escurrimiento superficial, presentando algunas áreas suelos pobres con bajo porcentaje de fertilidad que imposibilita el desarrollo y producción de varios cultivos, agrabandose esta situación con la presencia de sequías prolongadas.

La colecta o cosecha de agua de lluvia en pequeños volúmenes para consumo humano en las poblaciones establecidas dentro de regiones de escasa precipitación pluvial es una practica de la cual depende la vida de personas, animales y plantas.

Mientras el riego puede ser la respuesta más adecuada a la sequía este resulta ser costoso y solo beneficia a un grupo muy reducido de productores y a zonas que cuentan con el recurso agua ya sea por pozos, ríos o alguna otra fuente de abasto.

Las comunidades ubicadas en la región conocida como Huasteca Veracruzana, presentan graves problemas de deterioro ecológico siendo uno de los principales problemas la escasez de agua durante los periodos críticos de sequía, por que sí bien es cierto que esta región cuenta con las características de zonas tropicales y templada, que además pose una gran cantidad de ríos y arroyos que abastecen de este liquido a las comunidades, durante el periodo de sequía la gran mayoría de los ríos y arroyos se secan desapareciendo por completo afectando tanto a personas como a plantas y animales, siendo más grave esta situación en el municipio de Huayacocotla en los ejidos ubicados dentro de la zona de transición la cual presenta características áridas y semiáridas debido a que estos ejidos cuentan únicamente, con el agua del temporal para cubrir sus necesidades y algunos manantiales los cuales no dan abasto a la población total.

¹ CIHUAME A. C. México DF.

ANTECEDENTES.

Las comunidades de Donangú, Las Blancas, Agua Bendita, Loma de Yeguas y Rosa de Castilla pertenecientes al municipio de Huayacocotla, están consideradas como zonas inestables ubicadas dentro del áreas de transición debido a la escasez de lluvias y sequías prolongadas además de presentar suelos pobres con un alto porcentaje de erosión, esto por la ausencia casi total de vegetación.

Ocasionando estos periodos largos de sequía la pérdida de la mayoría de los cultivos y en algunos casos la muerte de animales debido a que no se cuentan con sistemas de colecta o captación de agua óptimos, que apoyen en estos periodos de escasez.

De ahí la necesidad de implementar técnicas de cosecha de agua de lluvia o de colecta adecuadas a las necesidades de la población para lograr la mayor captación de agua posible y de esta forma apoyar en la conservación de este vital liquido. Como la captación de agua de lluvia mediante trampas para la cosecha de agua y el manejo alternativo de la humedad relativa existente den algunos ejidos tal es el caso de la neblina.

OBJETIVOS

- Generar alternativas reales en el manejo de escurrimientos superficiales y de la humedad relativa existente en la zona para asegurar un abasto y aprovechamiento del agua.

M E T A S

- Construir en el Ejido de Agua Bendita a manera de demostración el cosechador de Agua de lluvia tipo B.C. para medir su capacidad de captación.
- Iniciar los trabajos para la construcción del colector de neblina en los ejidos de Donangú y Rosa de Castilla.

CARACTERISTICAS GENERALES

- LOCALIZACIÓN.

Los ejidos de Donangú y Rosa de Castilla se encuentran ubicados en el municipio de Huayacocotla, en la región Noroeste del estado de Veracruz en la Sierra Madre Oriental y estribaciones de la Cordillera Neovolcánica entre las coordenadas 20° 30' y 20° 35' de latitud Norte, 98° 30' y 98° 35' de longitud Oeste.

- TOPOGRAFÍA.

Presenta un relieve irregular formado por cañadas que refugian pequeños y angostos valles, rodeados por laderas con pendientes que oscilan entre 5 y 60%, con elevaciones que varían desde 950 a 2700 M.S.N.M.

- **CLIMA.**

Clima templado húmedo, con temperatura media anual del mes más frío entre 3 y 8°C, y el más caliente mayor a 16 °C, con verano fresco y neblina frecuente.

- **PRECIPITACIÓN.**

La precipitación media anual es de 634 a 1358 mm.

- **MEDIOS DE COMUNICACIÓN.**

Se encuentra comunicado a través de la carretera federal México Huayacocotla Ver, a la altura de Carbonero Jacales, se encuentra la desviación que conduce hacia los cinco ejidos llegando hasta Agua Bendita, todo el tramo es de terracería el cual se encuentra en buenas condiciones para ser transitado.

COSECHA DE AGUA DE LLUVIA.

La cosecha de agua de lluvia es el proceso de coleccionar y almacenar agua de una cuenca natural o de una superficie que ha sido tratada para incrementar el escurrimiento superficial. El escurrimiento coleccionado es almacenado en recipientes de tierra o cisternas en este ultimo los fenómenos de infiltración y evaporación son totalmente controlados.

Este sistema de captación de agua ha demostrado ser muy eficiente ya que fue probado en el estado de Nuevo León en el predio ejidal de Lagunita y Ranchos Nuevos, pertenecientes al Municipio de Doctor Arroyo, en donde se probaron siete sistemas diferentes para la captación de agua, obteniendo resultados favorables.

Para iniciar los trabajos en la conservación de agua se propone y la utilización de los sistemas tipo B.C. cosechador de agua de lluvia diseñado por Carwin Bret Cluff, este sistema cuenta con una área de contribución de forma rectangular o cuadrada totalmente impermeabilizada, uno de sus lados conecta directamente a la cisterna de almacenamiento, tanto el área de contribución como la cisterna de almacenamiento quedan protegidos por una cerca perimetral, la cisterna cuenta con un retardador de evaporación, del fondo de la cisterna se inicia una tubería de 5 cm de diámetro la cual tiene como objeto desalojar toda el agua almacenada con el propósito de desviar los escurrimientos de aguas circundantes se establece un bordo de protección al rededor del cosechador.

Se instalo un módulo demostrativo en el ejido de Agua Bendita el cual tiene una capacidad de captación de 420m³, este modulo se llenara únicamente con la precipitación que se presenta en la región, Por lo que es importante impulsar el establecimiento y construcción de mas cosechadores de agua de lluvia en las comunidades de los demás municipios tanto para el abasto de la población como para el consumo del ganado.

METODOLOGÍA.

Para el desarrollo del proyecto se marcaron tres aspectos fundamentales, a) la divulgación del proyecto, b) ubicación del área en donde se construirá el cosechador y c) la construcción.

a) Se realizó asamblea general en el ejido de Agua Bendita para invitar a los productores a participar en el proyecto y dar a conocer la forma de trabajo, así como los objetivos del mismo, para la aprobación del proyecto o rechazo por parte de la asamblea, levantando el acta correspondiente en la cual se anotaran los acuerdos tomados.

b) Una vez que la asamblea apruebe el trabajo con el cosechador se realizarán recorridos en los lugares establecidos por la asamblea para ubicar el área en la que se trazará y construirá el sistema de cosecha de agua de lluvia. Procurando que el área tenga una superficie aproximada de 2400 m² siendo esta un área rectangular de 60 por 40 m y una pendiente de entre 3 y 5 %.

c) Por último ya teniendo ubicado el lugar y marcado se iniciará con la construcción del sistema.

La construcción del cosechador se realizó en el siguiente orden:

ÁREA DE CONTRIBUCIÓN

La superficie del área de contribución de la trampa será de 820 m² con forma rectangular de 33.5 m de ancho por 24.47 m de largo el área de captación deberá de estar libre de plantas, por lo cual se deberá de desmontar el área en caso de ser necesario. También deberá de aplanarse lo más posible y si se requiere está se tendrá que nivelar para asegurar un escurrimiento uniforme hacia la cisterna de almacenamiento, estas actividades se requieren para poder llevar a cabo la impermeabilización. En la impermeabilización de esta parte se utilizarán 2 películas de polietileno negro de 12 x 35 m, calibre 600 el cual se cubrirá con una capa de grava con colores predominantemente claros para evitar que el plástico se pueda romper por efecto de los rayos solares, para asegurar la cubierta de polietileno, esta se anclará en sus bordes al final.

CISTERNA DE ALMACENAMIENTO

La cisterna para almacenar el agua de lluvia que se capte tendrá la forma de una pirámide truncada invertida con las siguientes dimensiones, base inferior rectangular de 4.57 m de ancho por 23.18 m de largo, base superior rectangular de 7 m de ancho por 24.47 m de largo con una profundidad de 1.83 m; de igual manera que en el área de contribución en el fondo y paredes de la cisterna se tienen que compactar y pulir para poder impermeabilizar.



Para la impermeabilización de la cisterna se utilizarán dos películas de polietileno negro de calibre 600 de 11 x 29.50 m por película, una vez colocado el polietileno

éste se cubrirá con una capa de malla para gallinero o tela metálica de pollo de una pulgada de diámetro y un metro de ancho por 45 m de largo, para posteriormente zarpearla con un mortero con cemento, para alcanzar una capa de .03 m de espesor. Esta técnica que se utilizara para el recubrimiento de la cisterna es conocida como ferrocemento.

RETARDADOR DE EVAPORACIÓN

Para esta parte del sistema se utilizará lámina R-90 calibre 22 de 7.30 m de longitud y 0.90 m de ancho, las láminas se colocarán sobre la cisterna para proteger contra la incidencia directa de los rayos solares y de esta forma tener una menor evaporación.

SISTEMA DE CONDUCCIÓN

Del fondo de la cisterna de almacenamiento se inicia el sistema de conducción instalando un tubo de 2 pulgadas de diámetro la cual se conecta a una línea de tubería pvc de 2 pulgadas de diámetro, la distancia de la tubería se determina en el lugar dependiendo de la pendiente que esta tenga, para proteger la tubería esta debe de sepultarse para lo cual será necesario hacer una en donde se enterrara la manguera. Todo el sistema debe de estar protegido por un cercado de alambre de púas y un bordo de contención de escurrimientos.

Debido a las condiciones climáticas durante la construcción del módulo fue necesario detener momentáneamente esta ya que iniciaba el periodo de lluvia, estando la obra sin el revestimiento, considerándose como obra negra, demostrando su funcionalidad la llenarse en su totalidad en un periodo de tres días de lluvia. Teniendo que vaciarse al pasar el temporal para continuar con su construcción. El cosechador de agua estará completamente terminado antes del periodo de lluvias del mes de septiembre.



COLECTA DE AGUA A TRAVÉS DE NEBLINA.

Si bien es sabido diversas formas de captación de agua de lluvia se han utilizado tradicionalmente a través de los siglos para solucionar dicha situación. Por lo que se estudian y

se llevan a la practica gran variedad de ellas como son: microcuencas, represas, manejo de bordos en contorno, presas, Etc.



Dejando a un lado otras fuentes que pueden proveer de este vital líquido a un menor costo utilizando los recursos existentes en la zona como lo es la humedad relativa o atmosférica la cual se presenta en algunas áreas conocida como neblina. El municipio de Huayacocotla del estado de Veracruz se caracteriza por contar con un clima Húmedo frío con presencia de neblinas el cual presenta periodos muy prolongados de neblina. situación que se presenta en la mayoría de sus ejidos pertenecientes a este municipio incluyendo los enmarcados dentro de la zona de transición pero con presencia de humedad relativa en forma de neblina contando con periodos de hasta 6 meses de neblina comenzando en el mes de julio y terminando en el mes de diciembre

Varios investigadores se abocan a estudiar la factibilidad de establecer sistemas artificiales de aprovechamiento de esta agua atmosférica. Tal es el caso del proyecto **CAMANCHACA** establecido en Chile a través de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), iniciando estos trabajos de investigación en el cerro del Tofo, implementando pequeños captadores de agua de neblina contruidos con malla para cortina rompe-vientos a base de polipropileno negro. A la luz de los buenos resultados la CONAF diseño y construyo 78 atrapanebllinas los cuales abastecen a un pueblo costero llamado Chungungo, siendo este la primera comunidad humana en el ámbito mundial en ser abastecida con agua potable, obtenida de la neblina, contando en la actualidad con una superficie de captación de 3,600 m² la cual puede producir en condiciones favorables hasta 100,000 litros de agua en un día.

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.

Las investigaciones realizadas por los investigadores con respecto a los captadores determino que el mayor rendimiento de agua, se obtiene con formas cuadradas. El volumen de agua captado por un panel atrapa neblinas depende de:

- El contenido líquido de las nubes y sus características físicas tamaño de la gota y velocidad del viento que mueve a la nube
- Características de la superficie de captación y área efectiva de contacto malla - nube
- Tiempo de exposición o contacto malla - nube

El trabajo se inicio con la realización de asambleas generales de ejidatarios, en cada una de las comunidades participantes en donde se levantarán los siguientes documentos: El acta de aceptación del proyecto la cual estará avalada por autoridades y ejidatarios, acompañada esta con un convenio de trabajo entre el Programa de Agroecología y los representantes legales del ejido en este caso el Comisariado Ejidal. Al terminar esta actividad se visitaran las áreas en donde se instalarán los colectores establecidas previamente por la asamblea en donde se determinará si son o no adecuadas. Los colectores de neblina cuentan con las siguientes partes: Panel Captador, Sistema de Conducción y Tanque de almacenamiento, los cuales se describen a continuación:

PANEL CAPTADOR.

El panel captador consiste básicamente en dos postes verticales separados diez metros los cuales soportan una estructura de cables sobre la cual se cuelga la malla, todo el sistema soportado y tensando con cable al piso. Bajo la malla y paralela a ella se dispone una canaleta receptora de las gotas captadas por la malla y que se deslizan por gravedad hacia ella.



La superficie del panel captador o malla es de cuarenta y ocho metros cuadrados teniendo una extensión de seis punto cuarenta metros de ancho por ocho metros de largo, la canaleta cuenta con la misma extensión de la malla respecto al largo.

SISTEMA DE CONDUCCIÓN.

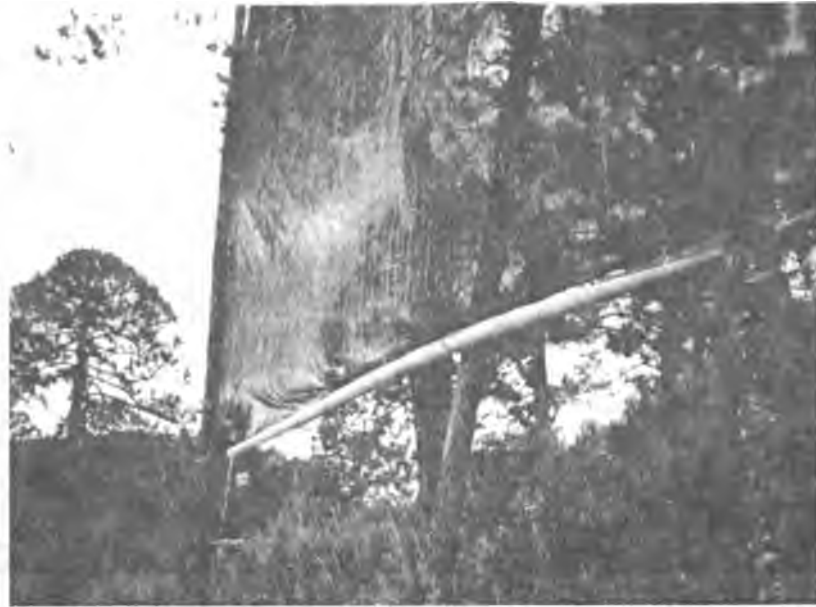
Este se basa en la unión de cada captador para dirigir el agua captada hacia un solo lugar esto por gravedad, la cual se propone se almacene primero en un tinaco para poder realizar de forma adecuada las mediciones de liquido captado por día y posteriormente dirigirse algún deposito de agua el cual abastezca a la comunidad.



SISTEMA DE ALMACENAMIENTO.

Este consiste en aprovechar los depósitos existentes en los ejidos de Rosa de Castilla y Donangú, ya que el agua captada se dirigirá a estos, pero es importante, hacer llegar este liquido captado primero a un deposito provisional con la finalidad de poder realizar las mediciones necesarias para estimar la efectividad de este proyectó así como poder realizar los estudios necesarios en cuanto a cantidad de agua captada y pureza de esta y de ahí dirigirse al deposito del ejido, pudiéndose utilizar para tal propósito dos tinacos de 1000 litros de capacidad.

Los colectores de agua a través de neblina se instalaron en los ejidos de Rosa de Castilla y Donangú pertenecientes al municipio de Huayacocotla, cubriendo una superficie de captación por ejidos de 240 m² al instalar cinco paneles colectores en cada ejido, los cuales demostraron tener un funcionamiento adecuado ya logrando captar agua en un día de neblina al quedar atrapada esta en la malla y por gravedad llegar a al sistema de conducción e iniciar la medición en cuanto a capacidad de captación, pero debido a la presencia de fuertes aires ocasionados por una tormenta, los soportes se vencieron cayendo algunos colectores ocasionando que el trabajo en la mediciones de captación se atrase, programándose el levantamiento de los colectores una vez que se consigan los soportes adecuados.



Una vez levantados se iniciaran los trabajos de medición en cuanto a captación, para determinar el requerimiento en superficie necesario para el abasto del ejido.

Estos trabajos son necesarios para apoyar a las poblaciones que no cuentan con el recurso agua durante periodos largos, lo que detiene tanto el desarrollo social, económico y productivo de los pueblos y comunidades indígenas de nuestro país, aumentando en gran medida el deterioro ecológico de estas regiones al ser víctimas de la desertificación.

BIBLIOGRAFIA

HUGO A. VELASCO – MOLINA, 1991. Las zonas áridas y semiáridas sus características y manejo Editorial, Limusa.

SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, 1997. Publicación especial 6, Manual de captación de agua de agua de lluvia.

BANCO MUNDIAL - CIHUAME – SEDESOL, 1996 Programa de capacitación en agroecología para el desarrollo de las Huastecas Veracruz, Hidalgo y San Luis Potosí, memorias modulo I, II, III, y IV,

VELASCO-MOLINA, H. A. 1974 Cosecha de agua de Lluvia en regiones en regiones áridas. Serie estudios No. 2. Conacyt y Conaza. México

FOLLETO INFORMATIVO DE LA CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL, emitido por la embajada de Chile 1998.

CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA, SU USO Y SU RECUPERACION EN LA HUASTECA VERACRUZANA.

ING. MOISES TELLEZ TELLEZ

INTRODUCCION

El Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No.136 (CBTA 136) ubicado en San Sebastián, Municipio de Tantoyuca, Veracruz, atiende a mas de diez municipios de la región que al igual que Tantoyuca se encuentran en la provincia de la sierra madre oriental, regionalmente la zona es conocida como Huasteca Veracruzana, en ella prevalecen los climas cálido Subhúmedos y los semicálidos húmedos. Su territorio es surcado por algunos de los afluentes del río temporal, tributario del Panuco.

Si bien su precipitación media anual es de 1, 041 mm, esta se concentra en los meses de J,J, A y S, el mes más seco tiene entre 60 a 40 mm y el periodo de estiaje es muy prolongado.

Esto unido a su tipo de suelos, vertisoles, los cuales se caracterizan por las grietas anchas y profundas que aparecen en ellos en la época de sequía. Son pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando están secos.

Hacen de la región una zona con problemas de escasez de agua, convirtiendo el paisaje en terrenos bajos extensos, con lomeríos suaves y con grandes presas (hoyas de agua, jagüey) donde se acumula el agua de lluvia, la cual es durante varios meses la única proveedora del preciado liquido para los habitantes de esta región.

No solo la utilizan para la actividad agropecuaria, sino es el único suministro para el uso personal, aseo, preparación de alimentos y consumo individual.

Este trabajo es un resumen de experiencias que ha venido generando nuestra institución para la mejor captación de agua de lluvia, su uso y su tratamiento para volver a aprovecharla. / ;

Buscando experiencias que se puedan regionalizar, pero sobre todo que puedan ser útiles a la gran mayoría de campesinos que por la escasez de recursos económicos dependen de las presas (hoyas de agua) para proveerse del recurso AGUA.

Utilizando los propios recursos del entorno (como es el suelo) abaratar los costos y hacer accesible la experiencia a un numero mayor de pobladores.

CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA

Hoy en día la escasez de agua en la zona norte de Veracruz se agudiza día con día, como parte de un trabajo de aplicación prototipo, el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No.136, de San Sebastián, Tantoyuca, Ver; ha diseñado un sistema prototipo de recolección de agua de lluvia, haciendo de esta manera un uso más eficiente; el método empleado es la utilización de lamina galvanizada que se coloca abajo del contorno del techo; esta es depositada en un tanque de almacenamiento, para su posterior uso domestico.

SU USO

El sistema de captación del agua pluvial, permite darle un uso tan amplio, ya que el tratamiento que se le da permite usarlo en FORMA CICLICA, así por ejemplo tenemos:

1.- El uso del agua de captación que proviene directamente de la captación de los techos de las casas se usa para:

- * Uso doméstico
- * Aseo personal
- * Para la higiene

2.- La misma agua que se utiliza para el uso doméstico, aseo personal e higiene, se le da un tratamiento (a través de una letrina ecológica) y en esta se obtiene los siguientes productos:

- * Fertilizante sólido: Esta puede ser utilizada para la incorporación de las plantas, frutales etc.
- * Fertilizante liquido: Se puede utilizar para la irrigación de la producción agrícola, principalmente frutales.
- * Gas: Adaptándolo a través de un sistema de recuperación, se adapta a una manguera y esta a un cilindro, utilizándolo en la generación de energía para el cocimiento de los alimentos.
- * Agua.- El agua puede ser tratada químicamente y esta puede ser utilizada para el aseo domestico.

MATERIALES Y METODOS

Block (toba) 20x40x15 cm
Concreto
Armex
Tela mosquitera
Electro malla soldada
Grava
Arena
Carbón
Canaleta de lamina galvanizada
tubo de PVC

SISTEMA RUSTICO DE CAPTACION DE AGUA PLUVIAL

a).- En una casa con techo de lámina a cuatro aguas se le colocó 18 ml de canaleta de lámina galvanizada de 15x15x15 cm cal 22 en todo su perímetro, dicha canaleta debe de tener 2 perforaciones para la bajada del agua recolectada la cual se hace mediante tubo de pvc de 2" el cual conduce a la pileta cisterna de recolección de 8 m³ el área de recolección equivalente es de 20 m². (Ver fig. No.1)

b).- Este mismo método se empleó para la recolección de agua, pero se utilizó PVC (Ver fig. 2).

Esta agua es utilizada para el uso doméstico, aseo personal e higiene.

SISTEMA PARA TRATAMIENTO Y RECUPERACION DE AGUAS SERVIDAS

Una vez utilizada el agua captada esta es recolectada por los diferentes sistemas de drenaje dentro de la vivienda, estas aguas van directamente al sistema de tratamiento y recuperación el cual tiene una capacidad de captación para una familia de 6 personas.

Este sistema fue construido:

Loza de piso de concreto, paredes de block con castillos de concreto en las divisiones longitudinales, losa de concreto con malla electrosoldada, el filtro para dichas aguas es de 40% arena, 20% carbón, 20% grava (dif. diámetro), 20% tezontle (Ver fig. 3).

Las aguas residuales llegan al primer depósito almacenándose hasta una altura de 1.10 mts, dando tiempo a la fermentación de los desechos sólidos, pasando posteriormente al segundo compartimento únicamente puro líquido el cual teóricamente deberá de contener un 40 % de impurezas en partículas sólidas, en el compartimento de aguas grises continúa con el proceso de fermentación anaeróbica, llegando hasta una altura de 1.30 mts de altura

pasando por un recuadro poroso colocado únicamente en la parte superior antecedente al filtro de material pétreo de 0.6x0.6 mts.

Posteriormente se filtra por gravedad en el filtro descrito en la elevación (sistema para tratamiento y recuperación de aguas servidas), pasando primeramente por la arena, carbón, grava y finalmente por una capa de tezontle.

Por la misma presión ejercida de la entrada de agua al sistema esta fluirá por gravedad al último compartimento obteniéndose agua clara libre de malos olores. lista para su reutilización en sanitarios, riego (plantas, jardines, hortalizas, frutales, etc.). Para consumo doméstico se tendrá que realizar otro tratamiento dependiendo de la cantidad de microorganismos presentes.

UNA ALTERNATIVA

El sistema de captación y aprovechamiento del agua pluvial, así como su recuperación después del uso doméstico brinda una alternativa para las familias con problemas de agua potable y drenaje, resuelve hasta cierto modo el problema en épocas de estiaje. Además permite abaratar los costos de pago de agua para el caso especial donde se cuenta con red potable deficiente.

Otro punto importante, y quizás uno de los problemas más fuertes que vive el país y el mundo entero, es la contaminación; por lo que el sistema de recirculación del agua doméstico, resuelve el problema básico de la contaminación del medio ambiente.

CONCLUSIONES

El trabajo aquí presentado es reciente, sin embargo se basa en la enorme experiencia de los habitantes de la región, experiencia que no se ha generalizado entre toda la población, principalmente por problemas de carácter económico.

Es por ello que la institución esta combinando el uso de la técnica de captación de agua y su recuperación, pero utilizando en la medida de lo posible materiales de la región que puedan abaratar su costo y la hagan accesible a la población de menos recursos económicos.

Tenemos la captación de agua de lluvia con:

- a) Construcción de pretil para la captación de agua a base de tabique de barro rojo recocido con un costo de \$ 191.00
- b) Construcción de pretil para captación de agua a base de barro-block con un costo de \$ 112.00
- c) Sistema de conducción a base de pvc de 2" de la loza a la pileta de captación con un costo de \$ 90.00

Esto implica un ahorro con el uso de PVC y tabique rojo recocido un costo de \$ 281.00 y el uso de PVC barro-block con un costo de \$ 202.00 observándose un porcentaje del: 30% ahorro.

Para la construcción de la pileta con tabique rojo recocido es de : \$2770.00 para una capacidad de 8 m³ y con barro-block: \$ 1900.00 observándose un ahorro del 30% (Material diseñado por la brigada de Tuxpan, a cargo de la Lic. Ignacia Garcia Solis e Ing. Alvaro).

Para el sistema de recuperación se tiene que: con tabique de barro rojo recocido tiene un costo de \$ 4750.00. y de barro block un costo aproximado de \$ 2986.00. observándose un ahorro del 37.0 %

Por otro lado, el uso eficiente de este sistema, nos permite utilizarlo para el uso doméstico, para la higiene, al mismo tiempo después del uso, con el tratamiento de recuperación se obtiene productos como: agua, fertilizante líquido y sólido, y al mismo tiempo gas para la cocina; pero finalmente se esta combatiendo la contaminación.

NATURACION DE AZOTEAS

TANIA MÜLLER GARCIA¹

ANTECEDENTES

Problemática

Actualmente las actividades políticas, económicas y sociales, se concentran en las ciudades moderna, así mismo se incrementa ellas de manera notable los asentamientos humanos y la urbanización; consecuentemente existe una disminución drástica en los espacios naturales disponibles para las áreas verdes urbanas, a su vez se genera una competencia aparente entre las superficies de construcción y las superficies vegetales, siendo estas últimas indispensables para la conservación y la buena calidad del aire, así como para alcanzar condiciones climáticas adecuadas.

Según las Naciones Unidas en su “Informe sobre el Desarrollo Urbano” de 1996, en el año 2005 la mitad de la población mundial vivirá en las ciudades.

La Ciudad de México no se ha escapado a este fenómeno y como en muchas otras ciudades del mundo, el empleo de asfalto, concreto, plástico y vidrio, han originado cambios climáticos importantes, aunado a esto, los contaminantes procedentes de fuentes móviles y fijas, disminuyen la calidad del aire, propiciando el incremento de enfermedades en las vías respiratorias, además de diferentes alergias entre su población.

Con el objetivo de presentar una alternativa de solución al problema planteado anteriormente, el Gobierno del Distrito Federal, presenta los primeros trabajos de “Naturación de Azoteas”

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

¿Qué es la Naturación de Áreas Edificadas?

Al ser cada vez más escasos los espacios disponibles para crear nuevas áreas verdes en las ciudades, se han desarrollado alternativas innovadoras, que ayuden a resolver este problema, tal es el caso de la “Naturación de Áreas Edificadas.

La “Naturación de Áreas Edificadas”, es el tratamiento técnico que permite el establecimiento de vegetación en casas y edificios, ya sea en superficies verticales, horizontales ó inclinadas (azoteas, paredes externas) de construcciones, con el fin de

¹ Secretaria del Medio Ambiente Proyecto de Conservación Ecológica de la Ciudad de México.
CORENA

compensar la pérdida de superficies con vegetación en las ciudades, obteniendo ventajas ecológicas, técnicas, y estéticas, que benefician a la comunidad, al usuario y al propietario. Este concepto se ha desarrollado en los países escandinavos desde hace varios siglos, sin embargo la calidad de los materiales y la técnica que se utiliza para su desarrollo han mejorado notablemente, por lo que la "Naturación de Áreas Edificadas", se ha popularizado en varios países de Europa, siendo Alemania el más destacado.

El objetivo de este sistema es mejorar la calidad del ambiente a través de la colocación de una capa de vegetación multifuncional sobre azoteas, muros antiruido, balastados de vías, superficies selectas de tránsito vehicular y taludes.

La naturación urbana extensiva sostenible se basa en aplicar unos criterios en el diseño de las cubiertas, con bajo costo de implantación y mantenimiento mínimo, lo cual permite su sostenibilidad. Para ello se utilizan especies vegetales resistentes a las condiciones medioambientales específicas de cada ciudad. Con frecuencia se trata de especies autóctonas. Sin embargo cabe la posibilidad de utilizar otras especies vegetales que satisfagan los deseos del usuario, con el mantenimiento y presupuesto correspondiente.

La naturación extensiva puede aplicarse tanto en cubiertas planas, como inclinadas (Britto C. 1998), aunque varía el costo para implementar el sistema. La viabilidad técnica es factible en ambos casos. Para el sustrato que soporta la planta se aconseja utilizar materiales ligeros y porosos, que no graviten mucho sobre la infraestructura, retengan la humedad y aporten el nutriente adecuado.

BENEFICIOS AMBIENTALES QUE BRINDA LA NATURACIÓN DE ÁREAS EDIFICADAS

La capa vegetal que caracteriza a las superficies naturadas, tiene como objetivo capturar partículas suspendidas totales (PST) y refrescar el aire, debido al proceso de evapotranspiración, lo cual contribuye al mejoramiento del microclima en la Ciudad. Simultáneamente hay una disminución en el flujo de energía entre las construcciones y el entorno, de esta manera se amortiguan los cambios de temperatura. Es importante resaltar que la mejora en la calidad del aire se da principalmente por la retención de partículas suspendidas, las cuales son el origen de una gran parte de los problemas en las vías respiratorias, debido a que las partículas menores a 10μ son absorbidas hasta las regiones más profundas del aparato respiratorio, siendo prácticamente imposible su expulsión.

El exceso de calor que se genera en la ciudad se debe en gran parte, al incremento constante en superficies de asfalto y concreto. Éstas superficies absorben demasiada energía solar, el sobre calentamiento que se produce da lugar al fenómeno conocido como "isla de calor", por esto se entiende la diferencia de temperatura hasta de 10°C con respecto a la temperatura que se registra en áreas alejadas de la ciudad, localizadas a la misma altura.

Al disminuir el efecto de "isla de calor" los aparatos eléctricos cuyo principio se basa en el intercambio de calor con el entorno se vuelven más eficientes, así mismo se modifica la cinética química de las reacciones por medio de las cuales se forma el ozono, a partir de sus precursores (óxidos de nitrógeno y óxidos de carbono).

Identificación de los beneficios

Se considera que cada 100 m² de superficie naturada, tiene el mismo potencial que un árbol de tamaño mediano. Sin embargo la ventaja de utilizar plantas a nivel del suelo como son las crasuláceas y las hierbas, es que pueden retener mayor cantidad de partículas, en comparación con las partículas retenidas por los árboles.

Ventajas de la Naturación hacia el interior del inmueble

- ▶ Ayuda a regular la temperatura interior de los inmuebles, manteniéndolas frescas en verano y bloqueando el frío en invierno, resultando un gran ahorro de calefacción o aire acondicionado.
- ▶ Contribuye a la disminución del ruido.

Ventajas de la Naturación hacia el exterior

- ▶ El sistema de Naturación elimina algunos factores de deterioro de azoteas tales como: rayos ultra violetas, erosión causada por agua, viento, partículas contaminantes suspendidas (metales pesados, carbono, etc.), los cuales son sus principales agentes destructores, lo anterior se traduce en un ahorro considerable de mantenimiento, además de aumentar la vida útil del impermeabilizante.
- ▶ Al tener una mayor superficie con follaje se contribuye a la retención y reducción de polvos dañinos y contaminantes suspendidos en el aire respirable.
- ▶ Reducción de la intensidad del ruido, al ser absorbido por las plantas.
- ▶ Almacenamiento de agua de lluvia, a través del sistema de riego, el cual es utilizado en época de estiaje.
Las plantas aportan humedad a la atmósfera mejorando el agreste clima urbano.
- ▶ Aumento del valor estético de la construcción.

Adicionalmente las mejoras específicas de las cubiertas ecológicas se pueden resumir en los siguientes puntos:

1. Mejora del medio ambiente atmosférico a través de una serie de las siguientes acciones:
 - ▶ Retención de polvo y partículas en suspensión de metales contaminantes que quedan absorbidos por el componente planta-sustrato.
 - ▶ La retención del agua de lluvia disminuye las escorrentias y mediante la evapotranspiración paulatina se mejora el grado de humedad atmosférica.
 - ▶ Aislamiento térmico de los edificios, lo que mantiene el calor interno durante los períodos fríos y una menor absorción de radiaciones en épocas calurosas, con el correspondiente ahorro energético (Britto, 1998).

- Aislamiento acústico, especialmente recomendado en aquellas áreas donde hay una agresión desde las alturas (zonas próximas a los aeropuertos), todo ello dentro de un contexto de dimensión sonora urbana (López I. 1998)
- Filtro a los rayos ultravioleta, con protección a seres humanos y materiales de construcción.
- Habitabilidad de espacios abiertos, en las zonas interurbanas. Con frecuencia las terrazas y azoteas se limitan a ser ocupados por antenas de televisión, sin ninguna otra utilidad.
- Renovación de masas de aire, a través de los pasillos verdes urbanos.
- Beneficio en la salud mental de la población. Las grandes aglomeraciones urbanas carentes de espacios verdes han venido provocando según los estudiosos una mayor agresividad en el comportamiento de la población.

FORMAS DE NATURACIÓN DE GRANDES ÁREAS EDIFICADAS

Formas de Naturación	Tipo de Planta	Características de la Superficie	Cuidados Especiales
SISTEMA EXTENSIVO	Especies que deben estar adaptadas a las condiciones climáticas del sitio y ser resistentes a sequía prolongada y altas temperaturas. Ejemplos: Musgos, suculentas y algunos pastos.	Superficies cubiertas con plantas que pueden desarrollarse, mantenerse y extenderse aún en suelos muy delgados a partir de 6 cm	Requieren comparativamente pocos recursos técnicos y financieros
SISTEMA INTENSIVO	Especies delicadas que requieren la instalación de un sistema de riego y drenaje. Técnicamente no hay límites para el uso de especies.	La azotea debe soportar cargas de 150 kg/m ² . Se requiere de una profundidad de suelo de 25 cm como mínimo.	Es necesario realizar podas y fertilización de forma regular. La azotea debe de estar impermeabilizada contra raíces.
SISTEMA SEMI-EXTENSIVO	Se utilizan especies con requerimientos mínimos de agua. Principalmente se utilizan cactáceas y algunos pastos.	La carga adicional que debe soportar la superficie es de 50-70 kg/m ² . La profundidad del suelo puede ser a partir de 6 cm como mínimo.	Se requiere de la instalación de un sistema de captación de agua pluvial para el mantenimiento de las plantas durante la época de estiaje

ESPECIFICACIONES DE LAS TERRAZAS ECOLÓGICAS

1.- Tipo de naturación: las terrazas ecológicas pueden ser instaladas sobre cualquier tipo de cubierta, aunque en cada una de las áreas la demanda presenta tendencias y requerimientos distintos.

- Superficie plana vertical
- Superficie inclinada
- Superficie plana horizontal

2. Especies utilizadas en los sistemas de naturación: existe una infinidad de especies vegetales que son utilizadas en las técnicas de naturación, ya el propietario, aconsejado por el técnico quien elige la vegetación para su terraza ecológica. Sin embargo las

principales tendencias de especies vegetales se engloban en las siguientes combinaciones:

- ▶ Musgo/Sedum
- ▶ Musgo/Sedum/Gramíneas
- ▶ Sedum/Gramíneas/otras Herbáceas
- ▶ Gramíneas/otras Herbáceas

Para la selección de especies vegetales adecuadas para la naturación de superficies urbanas es deseable una rusticidad general para la sobrevivencia de la planta con cuidados escasos, lo cual minimiza los costos. Así mismo deben ser en lo posible especies perennes para que cubran la superficie durante todo el año, es conveniente que las especies seleccionadas sean resistentes a materias contaminantes sobre todo en las Ciudades

3. Técnicas de siembra: los aspectos técnicos de la implantación de terrazas ecológicas varían según el desarrollo del mercado. El aspecto final de la terraza y sus características dependen del tipo de siembra empleada, los métodos más comunes son los siguientes:

- ▶ Alfombra vegetal o tepe
- ▶ Cepellón
- ▶ Semillas o esquejes
- ▶ Al voleo mediante hidrosiembra

4. Sustratos empleados en las terrazas ecológicas: la oferta en este ámbito es infinita, sin embargo los que a continuación se enumeran son de los más comunes.

- ▶ Sustrato volcánico
- ▶ Arcilla expandida
- ▶ Algodón mineral
- ▶ Otros

El espesor para Sedum y Musgos puede ser de 4-8 cm.

El espesor para Gramíneas y Herbáceas puede ser de 8-12 cm.

Es importante mencionar la capacidad que tiene el sustrato para fijar los contaminantes que proceden del aire, agua de lluvia o del lavado de las plantas, transformándolas en formas insolubles o bien formas solubles que pueden ser lixiviadas y arrastradas hacia los desagües, absorbidas por el sistema radicular de las plantas.

5. Características que debe reunir el impermeabilizante para cada uno de los sistemas de naturación: la impermeabilización de la cubierta es el aspecto técnico que más debe cuidarse al realizar la construcción de terrazas ecológicas. Actualmente puede destacarse la innovación de los alemanes al incluir una capa anti-raíces en la lámina impermeabilizante. Los impermeabilizantes más comúnmente utilizados son:

Bituminoso monocapa: cuando se desee una sencillez y rapidez de ejecución. En este tipo de sistemas deberán comprobarse rigurosamente las soldaduras de los traslapes, ya que cualquier falla permitirá la filtración de agua

Bituminoso bicapa: se utiliza siempre que se precisa un mayor nivel de seguridad

- ▶ Plástico
- ▶ Espuma
- ▶ Hormigón

La cosecha de agua pluvial es recomendable para proveer a las especies vegetales de agua durante la época seca, a pesar de que la vegetación seleccionada por ser nativa del sitio resista las condiciones adversas que se presentan.

El agua de lluvia que se almacena pasa por un proceso de “purificación natural”, esto se debe a que debe recorrer el sistema de naturación, en especial el material granular que se utiliza como drenaje, donde se retiene material contaminante.

Así mismo es factible cosechar el agua pluvial para fines muy distinto al riego de plantas, como por ejemplo emplear el agua en las actividades domésticas, en las cuales normalmente se utilizaría agua tratada.

LA VEGETACIÓN COMO SUMIDERO DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Una compleja variedad de procesos biológicos, físicos y químicos están implicados en la transferencia de contaminantes del aire a la superficie de la vegetación, al actuar como filtros y superficies de reacción. Las partículas se depositan en la superficie de las plantas por tres procesos: sedimentación por gravedad, impactación por remolinos de aire o deposición por precipitación. La sedimentación predomina en el caso de partículas de gran tamaño. La impactación es la principal forma de deposición cuando el tamaño de la partícula es del orden de 10 micras o más.

Los contaminantes gaseoso (dióxido de Azufre, monóxido de carbono, dióxido de carbono, ozono, óxidos de nitrógeno, fluor y sus derivados), pasan a la vegetación por combinación de las fuerzas de difusión y el flujo de movimiento del aire. Los gases pueden disolverse en la superficie exterior o pueden ser tomados por la planta a través de los estomas, fundamentalmente cuando la planta está seca o los gases tienen baja solubilidad en agua. La velocidad con la cual se realiza la transferencia desde la atmósfera al interior de la célula está regulado por factores de resistencia que dependen de la atmósfera, los estomas y la mesófila de las hojas. Es importante destacar que cuando la superficie de la hoja se encuentra mojada la velocidad de eliminación del contaminante aumenta hasta 10 veces, ya que el 100% de la superficie se encuentra trabajando en el proceso de absorción.

ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA DE NATURACIÓN

1. Adecuación de las superficies de azoteas. Ejecución de trabajos de albañilería previos a la impermeabilización, tales como construcción de pretilas, Renivelación de áreas de encharcamiento, calafateo de fisuras y grietas.
2. Impermeabilización total del techo; el material que se utiliza es a prueba de raíces, para evitar cualquier tipo de infiltración que pudiera presentarse por la presencia de vegetación.
3. Colocación del dren, consistente en material granular grueso, por lo regular se utiliza tezontle de $\frac{3}{4}$, cuya función es conducir los excedentes de agua en forma eficiente hacia los desagües de la azotea.
4. Sobreponer la capa de separación conformada por un geotextil. La finalidad de esta capa es evitar que las partículas finas del sustrato se filtren al dren causado el asolvamiento del mismo.
5. Colocación de los sistemas de riego y captación de agua pluvial. Estos sistemas permitirán la cosecha de agua de lluvia, misma que será empleada durante la época de estiaje para el mantenimiento de la vegetación.
6. Colocación de geomalla. Evita la erosión del sustrato en superficies inclinadas

7. Instalación del sustrato. Este brinda el soporte requerido por las plantas y está compuesto por una fracción de materia orgánica y otra de materiales minerales.
8. Colocación de pasillos y áreas de servicio. Estos son necesarios para transitar sobre la superficie sin dañar la vegetación.
9. Plantación de especies adecuadas. Se emplearán especies originarias del Valle de México y por tanto resistentes condiciones imperantes en la zona.

Por primera vez en la Ciudad de México se han realizado trabajos de naturación, con el objetivo de mostrar a la población alternativas viables para mejora la calidad del aire, en las cuales puedan ser participes.

Se invita a la ciudadanía a conocer la naturación de azoteas en el Jardín Botánico de la UNAM y en la Casa Popular de la Delegación Magdalena Contreras (Av. Luis Cabrera #1, esq. Con Periférico).

- Nota para mayores informes comunicarse a la Comisión de Recursos Naturales (CORENA) tels. 56-65-45-36.

' BIBLIOGRAFIA

BRIZ, JULIAN (ed) (1999) NATURACIÓN URBANA Cubiertas Ecológicas y Mejora Medioambiental. Grupo Mundi-Prensa.

CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA PARA EL USO Y MANEJO INTEGRAL DEL TRASPATIO.

“UNA EXPERIENCIA EN EL MUNICIPIO DE TUXPAN , JAL. EN LA COMUNIDAD EL POBLADO DONDE SE IMPLEMENTO LA CASA MODELO”

**MIGUEL ARMANDO CALDERON SOLANO
COORDINADOR SINDER ZONA SURESTE.
DISTRITO DE DESARROLLO RURAL No VII
CD . GUZMAN MUNICIPIO DE ZAPOTLÁN EL GRANDE JALISCO.**

PRESENTACION

Motivado por las acciones realizadas por los técnicos sinder, en apoyo al desarrollo sustentable en las comunidades rurales propongo consolidar las acciones dirigidas a las mujeres y productores de las localidades atendidas en el programa, creando un modelo de captación de agua de lluvia que permita un aprovechamiento para el uso y manejo integral del traspatio

Este modelo de captación de agua de lluvia permitirá abastecer de agua a las plantas, a los arboles y animales con los que ya se cuenta en traspatio.

Los beneficios de lo anterior se reflejaran en la autosuficiencia alimentaria y el mejoramiento en la calidad y cantidad de la dieta alimenticia de las familias.

INTRODUCCIÓN

Es necesario considerar que el desarrollo sustentable se refiere a satisfacer las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

El desarrollo sustentable debe ser considerado como una serie de procesos que requieren de la conciliación de esfuerzos en el corto, mediano y largo plazo. Los recursos naturales de mayor importancia para el desarrollo sostenible en la producción agrícola, pecuaria y forestal han sido, son y serán el suelo y el agua.

En la mayor parte de las zonas áridas, semiáridas y sub-húmedas secas del estado de jalisco, la precipitación pluvial generalmente es insuficiente para satisfacer la necesidad de agua de los seres vivos, lo anterior, indica la urgente necesidad de establecer y reforzar programas y proyectos sobre sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia con el objetivo de mitigar los efectos de la sequía.

Es por esto que los sistemas de captación de lluvia, para fines de consumo humano, producción de traspatio, producción agropecuaria y forestal, jugaran un importante papel a principios del próximo milenio. Un milímetro de lluvia equivale a 1litro/m², ese es el potencial de captación de lluvia, la cual deberá realizarse en techos, pisos, bordos y ollas de agua.

JUSTIFICACIÓN

En la mayor parte de las comunidades rurales del estado de jalisco, existe gran necesidad de agua en época de secas, trayendo esto graves consecuencias como perdidas en la producción agrícola, muerte de ganado y consigo disminución y hasta perdida total en la ganancia del productor.

Lo anterior se suma a los problemas de las viviendas que por no tener un sistema que les permita almacenar el vital liquido se han enfrentado a no tener agua ni para cubrir sus necesidades básicas.

De ahí que se considere necesario implementar un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia que sirva como modelo al resto de la comunidad.

Dicho sistema pretende captar agua de lluvia con el fin de aprovecharla en el uso domestico pero sobre todo que pueda utilizarse en el manejo integral del traspatio permitiendo así ayudar al gasto familiar y trayendo beneficios en la nutrición de las familia de las comunidades rurales

OBJETIVOS GENERALES

Implementar la captación de agua de lluvia que mitigue los efectos de la sequía en la comunidad de el poblado en el municipio de Tuxpan jalisco que carecen del vital líquido.

2. Promover el manejo integral del traspatio utilizando la captación de agua de lluvia como recurso indispensable.

Objetivo específico

- Captar 30,000 litros de agua para usar en actividades de producción de frutas, hortalizas, plantas medicinales, producción de carne y huevo con la explotación de aves de corral y conejo para beneficio de la nutrición de las familias de la comunidad.

Aspectos técnicos

Características de los sistemas de captación de agua de lluvia

El abastecimiento de agua potable requiere de una planeación en la que se desarrollen diseños tipo, logrando soluciones al menor costo, utilizando recursos disponibles y tecnologías apropiadas.

Por las características socioeconómicas y las condiciones ambientales de los municipios donde se ubican las comunidades del estado de jalisco se diseñó un prototipo para captación de agua en techumbres, sus componentes son: una área de captación (techumbre); una

conducción vertical de tubo p.v.c.; un almacenamiento que incluye su llave de salida, las características de los componentes antes descritos son los siguientes:

- a) Area de captación (techumbre); se identificaron como materiales idóneos para la techumbre los existentes en la región como la lamina galvanizada acanalada calibre 26 de 3.05 x .082 m se excluyeron las techumbres de paja y lamina de asbesto, la primera debido a que contamina el agua debida a su descomposición y la segunda debido a que el desprendimiento de fibras a altas concentraciones puede afectar la salud. La superficie del área de captación es importante puesto que de ella dependerá el volumen de agua a captar, conducir y almacenar se consideró idónea una superficie mínima de 36 m².
- b) Conducción lateral perimetral: consiste en una canaleta de lámina galvanizada calibre 26 de 0.10 m las longitudes son variables y dependen del área de captación, esta descarga a una pieza especial de campana, la cual se une a la conducción vertical de p.v.c.

Conducción vertical de p.v.c.: consiste en tubería hidráulica de p.v.c. de dos pulgadas de diámetro rd 41 que se une a una trampa de sedimentos que consiste en una caja de muros de tabique de 1.20 x 1.0 x 60 m. De altura, el cual contiene vertedores y filtros agregados pétreos como grava y arena. La caja tiene una válvula de desfogue para su limpieza y mantenimiento, así como una tapa de concreto.

Almacenamiento: se seleccionaron un tipo; el consiste en la construcción con muros de tabique, de 2.50 x 2.5 m con capacidad para almacenar 30 m³ y dimensiones de 4.50 de ancho x 4.0 de largo x 2.50 m de altura.

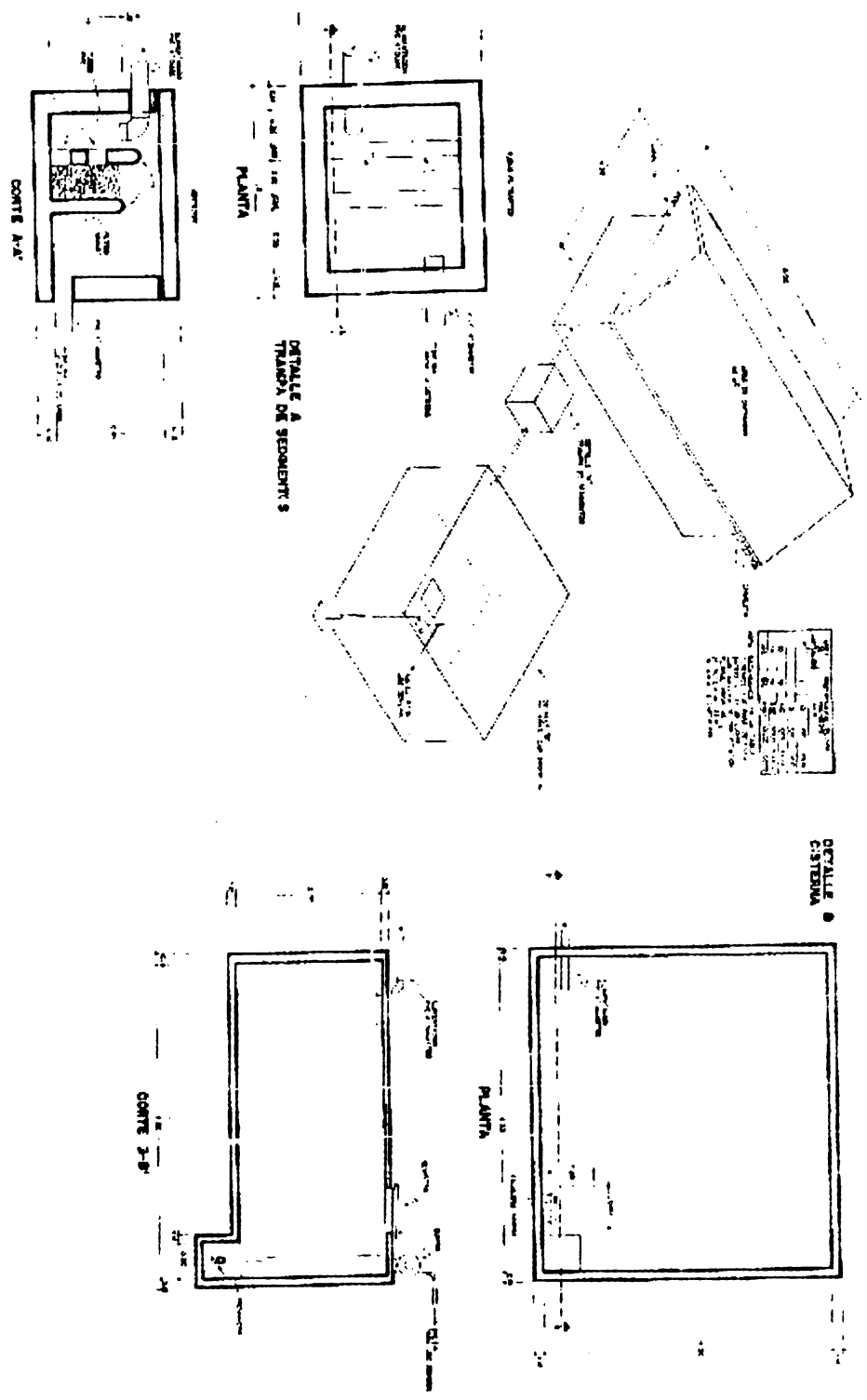
La información mas útil que el técnico puede usar en el cálculo del área de captación de agua de lluvia es que por cada milímetro de agua de lluvia que cae sobre un metro cuadrado, se obtendrá la cantidad de un litro de agua, no obstante, existen coeficientes de ponderación que modifican el enunciado anterior debido a las perdidas en las superficies de captación causadas por el rebote del agua al caer, la absorción y evaporación del agua y la pendiente de las superficies entre otros. En este apartado se les ha asignado valores a dichos coeficientes, pero dado que se influencia depende de las condiciones de cada lugar en particular, los valores pueden ser modificados a criterio del técnico según los estudios previos al calculo con que cuente.

En el cuadro 1 se muestra un análisis de volumen de agua captado en litros con relación al área de captación y precipitación pluvial promedio, donde se ilustra lo anterior. Se han hecho algunas consideraciones para su utilización, tomando en cuenta precipitaciones pluviales promedio de 1, 10, 1,000 mm y áreas de captación de 1m² hasta 1,000m² de área de captación en múltiplos de 50 m².

Cuadro 1 Relación entre la precipitación pluvial y el área de captación de agua de lluvia

Área de Captación (m ²)	Precipitación pluvial promedio (mm)			
	1	10	100	1,000
1	1	10	100	1,000
10	10	100	1,000	10,000
50	50	500	5,000	50,000
100	100	1,000	10,000	100,000
150	150	1,500	15,000	150,000
200	200	2,000	20,000	200,000
250	250	2,500	25,000	250,000
300	300	3,000	30,000	300,000
350	350	3,500	35,000	350,000
400	400	4,000	40,000	400,000
450	450	4,500	45,000	450,000
500	500	5,000	50,000	500,000
550	550	5,500	55,000	550,000
600	600	6,000	60,000	600,000
650	650	6,500	65,000	650,000
700	700	7,000	70,000	700,000
750	750	7,500	75,000	750,000
800	800	8,000	80,000	800,000
850	850	8,500	85,000	850,000
900	900	9,000	90,000	900,000
950	950	9,500	95,000	950,000
1,000	1,000	10,000	100,000	1,000,000

Fuente: Anaya Garduño Manuel



Presupuesto de materiales que intervienen :

No.	Material	Unidad	Cantidad	Precio de Unitario	Adqisicion Total
Techumbre					
1	Lamina galvanizada acanalada calibre 26 3.05 x 0.82m.	Pza	16.48	121.74	5.00628
2	Canaleta galvanizada cal. 26 ancho 0.10m	MI	18.03	16.66	300.30
3	Elementos de sujeción – pijas para lamina galvanizada 1/4x1°	Pza	98.88	0.48	47.46
4	Elementos de sujeción para canaleta – soportes l	Pza	10.30	8.00	82.40
5	Cubierta de parteaguas hecho a base de lamina galv. Acanal.	Pza	2.06	121.74	250.78
Conduccion					
1	Tuberia hidráulica p.v.c. 2.0° diam. Rd 41	MI	6.59	10.05	66.25
2	Pzas. Especiales p.v.c., codos, adaptador campana, tee	Pza	6.00	5.50	33.00
Almacenamiento					
1	Tabique rojo recocido 14x7x25	M2	1290.00	1.40	4.792.00
2	Cemento	Kg	725.00	1.05	1890.00
3	Arena	M3	1.75	8.00	432.00
4	Grava	Kg	2.12	45.00	2.738.00
6	Impermeabilizante propio para cisternas inmerso en mezcla	Kg	17.00	5.00	85.00
7	Aplanado interior	M2	20.00	14.00	3.000.00
Sistema de protección contra sedimentos					
1	Rejilla de 0.5x 0.5 cm cuadro galvanizado en inicio de tuberia	Pza	1	3.23	3.23
2	Trampa de sedimentos a la llegada de cisterna				
2.1	Tabique rojo recocido 14x7x25	Pza	125.00	0.50	62.50
2.2	Cemento	Kg	206.00	1.05	216.30
2.3	Arena	M3	0.43	45.00	19.35
2.4	Grava	M3	0.89	45.00	40.05
3	Válvula de desfogue vástago fijo de 2.0° de diám.	Pza	1.00	104.34	104.34
Extracción de agua – hidrante					
1	Tuberia de fo.go. ½ de diám.	MI	2.50	21.00	52.50
2	Llave de nariz de cobre	Pza	1.00	18.45	18.45

Total con propuesta de trampa de sedimentos \$: 19,250.00

Notas: los precios son l.a.b. en cd. Guzmán, no incluyen i.v.a.
las cantidades expuestas incluyen factor de desperdicio al 3.0%

Conceptos de obra que tendrán que ser incluidos en la opción 2:

- a) Incluir mano de obra en cada uno de los conceptos
- b) Cimbra de madera
- c) Suministro de materiales a la localidad
- d) Maniobras de desmantelamiento de techumbre existente
- e) Excavación necesaria para alojar estructuras según el caso (relieve topográfico)

Ventajas del sistema:

- Es el tipo de obra que más conoce la comunidad y por lo tanto se puede asegurar su participación.

Desventajas del sistema:

- Esta propenso a la factibilidad de agregados de calidad en la localidad.
- Si el depósito se encuentra vacío, es probable que sufra cuarteaduras y fisuras las paredes, en especial aquellas cisternas que se encuentren por debajo del terreno natural.

Posible problemática de no instalación del hidratante:

En el caso de que no se pueda llevar a cabo la instalación del hidratante, se optara por la implementación de un sifón ecológico, hecho a base de plástico rígido (el funcionamiento sería parecido al de un garrafón), la principal desventaja de este medio es el de que periódicamente se tendría que sustituir debido a que por su rugosidad almacena impurezas, el posible costo de este artefacto oscila entre 20 y 30 pesos.

RESULTADOS

Se captaron en el tanque 30,000 litros de agua de lluvia la cual se utiliza en el riego de las hortalizas, plantas medicinales. Plantas de ornato y arboles frutales, también servirá para dar de beber a los animales que se crían en el traspatio como son las gallinas, conejos y ganado lechero.

Es importante mencionar que actualmente se riega la jamaica, el cilantro, la lechuga, los chiles serranos, la zanahoria, los rábanos y la calabacita, los cuales tienen la producción programada para tener hortalizas todo el tiempo para su venta y consumo de las familias beneficiadas.

Esta propuesta ha impactado tanto al municipio donde se implemento la casa modelo como al interior de estado, construyéndose tres modelos similares en los municipios de Jilotlán de los Dolores, Santa María del Oro y Pihuamo. Observándose inquietud de

parte de las mujeres y los productores por adoptar este sistema de captación. Dando inicio a la cultura del uso eficiente del agua y la preocupación por su cuidado.

La señora dueña de la casa después de estar desconfiada dado que juzga que a su edad ya no se aprende, comenta estar muy satisfecha con los resultados y refiere que le será de gran utilidad los litros de agua captados ya que en época de secas, este vital líquido no existe ni para mitigar sus necesidades básicas. Esta experiencia es una prueba de que la toma de conciencia en la gente del campo es el resultado de la inserción y el acompañamiento en la problemática de la comunidad.

CONCLUSIÓN

Los sistemas de captación de agua de lluvia para uso domestico permiten establecer las bases para el desarrollo sustentable en la actividad agrícolas y ganaderas que se llevan a cabo en el traspatio.

BIBLIOGRAFIA

- Anaya, Garduño Manuel. Sistemas de Captación de agua de lluvia para uso doméstico en América Latina y el caribe. Ed. Iica, México, 1998.
- Anaya, Garduño Manuel. Cuarta Reunión Nacional sobre Sistemas de Captación de Lluvias. Ed. Iica Torreón, México, octubre de 1997.
- Anaya, Garduño Manuel. Sistemas de Captación de Agua de lluvia en América Latina y el Caribe: base para el desarrollo sostenible. Ed. Iica, México, 1998.
- Farmstead assess ment system. Evaluación de las condiciones que pueden afectar la calidad del agua potable. E.e.u.u , abril de 1997.

SISTEMA DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA PARA USO DOMESTICO

**JESÚS GÓMEZ MÉNDEZ
CBTA 57, ALAMO VERACRUZ**

INTRODUCCION

En el municipio de alamo tamapache, a partir de 1995, la época de sequía se ha estado presentando cada vez mas critica, afectando tanto a explotaciones agropecuarias como núcleos de población humana rural, donde los depósitos de agua (pozos artesianos) inicialmente bajan de nivel y posteriormente se secan creando una necesidad muy grande de agua, para satisfacer el consumo humano y quehaceres del hogar.

Lo anterior obliga a toda la población a acarrear el agua de lugares circunvecinos e inicialmente a racionarla de tal manera que se utilice solo lo más indispensable posible.

PROBLEMÁTICA

Haciendo un recorrido por las comunidades del área de influencia del c.b.t.a. no. 57 ejidos como: tierra blanca, monte chiquito, la defensa, cerro del plumaje, art. 27 constitucional, Citlaltepctl, carecen por completo de agua, los pozos artesianos excavados hasta 16-18 y 20 mts. De profundidad quedan completamente secos, quedando como única alternativa para varios, algún ojo de agua no muy cercano y para otros acarrearla del río Pantepec.

En algunas otras comunidades, en su mayoría en la época de seca (primavera), el agua es racionada, aunque se tenga perforado pozo profundo, este no alcanza abastecer la cantidad del vital liquido, que requiere la población para realizar sus actividades cotidianas en relación al uso del agua.

En la zona de influencia del c.b.t.a. no. 57, existe una sola comunidad que no tome las medidas necesarias para enfrentar la época de sequía; pero son contadas las comunidades que han tomado un proyecto de agua potable con el apoyo del ayuntamiento, gobierno estatal y gobierno federal.

Considerando este problema como prioritario, se propone inducir a la población para que en cada uno de los hogares, se realice la captación de agua de lluvia, para uso domestico, tomando en cuenta que la precipitación de la zona, se maneja entre 1200-1500 mm. De precipitación total anual, además de la cantidad de agua que se va por el drenaje natural hacia el río.

POTENCIA EN LA REGION

Todo este potencial de agua puede servir para captar solo una mínima parte, y asegurar los depósitos suficientes para pasar la época de estiaje.

Para lo anterior, se observa que la mayoría de las casas están techadas con lamina de zinc, cartón o de asbesto; con palma o zacate; loza de concreto y son contadas las que tienen teja.

SISTEMA DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA

Lo primero que se tiene que hacer, es un sistema rústico, que asegure la concentración de agua de lluvia que cae sobre los techos de las casas, se deberá asegurar que en su etapa inicial en la época de lluvias, lo primero que debe confirmarse es el lavado del techo, permitiendo que después de algunos aguaceros, este se encuentre en condiciones de aportar agua con la menor cantidad de residuos contaminantes.

Posteriormente se tendrá que hacer un deposito excavando en el suelo, permitiendo que este puede retener con facilidad la mayor cantidad de agua posible, ya que la mayoría de los suelos son arcillosos, con partículas de tipo andesíticas que se expanden en época de lluvia y se contraen en época de seca, haciendo que la tierra se agriete de manera general, encontrando algunas hasta de 8-10 cm. De agrietamiento.

Para una mejor retención de agua, es necesario la creación de cisternas, con una capacidad que asegure el suministro de agua, solo para el consumo humano y uso domestico, requiriendo para una familia de 6 personas, aproximadamente 12m³ de agua para 60 días de estiaje; tiempo mínimo de sequía ya que últimamente comprende 90 días o más.

El deposito o tanque cisterna, requiere de un filtro que permita la retención de particular que pudieran estar en los techos, además de tratamiento de cloración de agua para eliminar a todos los patógenos y hacer el agua potable y apta para el consumo humano. En el manejo domestico se requiere el mismo tratamiento, además que es agua carente de sales disuelta, esto hace que sea apta para muchos casos.

Si se hace la comparación del costo del agua de botellon que se distribuyen en la zona con urbana de la ciudad de alamo y ejidos cercanos, este cuesta al publico \$7.00 (siete pesos), si consideramos que una familia de 6 personas, consumen un botellon diario, solo en la época de estiaje estaríamos hablando de 100-120 garrafones en la temporada de seca. Lo que equivalen a 2000-2400 litros de agua necesarios solo para el consumo humano, bien vale la pena hace la inversión.

Si esto lo llevamos a un año, considerando que en el invierno el consumo de agua quedaría al 50%, tendríamos para la familia de 6 personas:

= consumo de invierno	40	garrafones
= consumo de primavera	100	“
= consumo de verano	100	“
= consumo de otoño	<u>80</u>	“
total	320	

Que representan \$2,240.00 al año, de desembolso.

El costo de la cisterna es de \$7,000.00, con una vida promedio de 20 años.

Lo que nos da un costo por año de \$350.00, teniéndose un ahorro de cerca de \$2,000.00 al año, con el costo actual y pensando que los precios del producto se elevan 1 o 2 veces por año, el ahorro es por lo menos esa cantidad.

AGUA DE LLLUVIA PARA BENEFICIAR CAFÉ: UNA OPCION ECOLOGICA. ROBERTO LICONA FRANCO¹

R E S U M E N

El trabajo se ha desarrollado desde 1976 en una Finca cafetalera ubicada en la Región de Coatepec, Ver. En donde se registra una Precipitación Pluvial promedio de 536 mm. Solo durante la época de la cosecha del café. En el lugar no se dispone de cuerpos de agua y la única posibilidad de beneficiar café por la vía húmeda se encontró captándola de la lluvia en techos y patios de secado.

El sistema se ha instalado progresivamente y se busca mejorarlo continuamente, a la fecha se ha optimizado el aprovechamiento del agua reduciendo su consumo por cada quintal procesado a niveles entre 120 y 140 litros.↗

El agua de lluvia se capta, se almacena y se filtra con conceptos alimentarios a fin de preservar la calidad del café y cumplir con normas Internacionales.

El proceso de beneficiado del café se instaló en una cima rodeada por cafetales a fin de utilizar el agua residual, por gravedad, como agua de riego en las plantaciones.

La carga orgánica del agua residual, después de fermentar y lavar el café, se considera contaminante cuando se descarga a ríos o arroyos; sin embargo distribuyéndola controladamente en un suelo agrícola, monitoreando su Capacidad de Campo y su relación Carbono/Nitrógeno para verificar que la digestión microbiana se realice sin originar lixiviados, se aprovecha como un recurso de fertilidad, igual que cualquier otro residuo de cosechas reciclado al suelo, eliminando riesgos de contaminación.

¹Ing. Agrónomo especialista en Suelos, Productor de Café

AGUA DE LLUVIA PARA BENEFICIAR CAFÉ: UNA OPCION ECOLOGICA.

ANTECEDENTES: El proceso de beneficiado húmedo del café, como su nombre lo indica, requiere de agua y la mayoría de las veces en volúmenes muy altos, por el uso indiscriminado que se hace de este recurso.

El ordenamiento legal sobre el uso racional del agua está llevando a los cafetaleros a buscar soluciones y alternativas con resultados muy significativos que van desde el diseño de maquinas de bajo consumo de agua hasta sistemas de reciclado del agua dentro del beneficio para reusarla cuantas veces sea posible antes de descargarla como residual a cuerpos de agua en donde es considerada contaminante por la alta Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) que resulta de la carga orgánica que arrastra.

El café de la calidad “lavado”, considerado como el más fino, tradicionalmente requiere ser fermentado en tanques en donde se separará el grano del mucilago que lo envuelve para después lavarse perfectamente, generándose así el agua residual carga de mieles contaminantes. Los nuevos procesos que substituyen la fermentación por un desmucilaginado mecánico y los sistemas ahorradores de agua pueden modificar las característica de calidad del café.

Finalmente las disposiciones legales están señalando la construcción de plantas de tratamiento para descargar agua descontaminada a los cuerpos.

Lo anterior representa elevación de costos de producción y en algunos casos modificación o disminución de la calidad del café.

OBJETIVOS

Se presenta una opción para resolver la falta de agua, que en muchos casos limita al productor para procesar su café, captándola de la lluvia y también el aprovechamiento del agua residual como un biofertilizante, reciclada controladamente al cafetal como agua de riego.

MATERIALES Y METODOS

El sistema se instaló en 1976 en la Finca “La Herradura” ubicada en la región cafetalera de Coatepec, Ver. En el lugar de trabajo no se dispone de ningún cuerpo de agua. El proceso para beneficiar el café se proyectó a base de agua de lluvia, que se capta en techos de lámina acanalada, galvanizada y de Zinc y en los patios de cemento para el secado del café. Se almacena en barriles y tanques de material plástico con calidad alimentaria y en tanques de cemento.

El despulpado del fruto se realiza sin agua, aprovechando el jugo del mucilago, para lo cual debe controlarse la calidad de la cosecha, evitando la recolección de granos inmaduros que aún no están “jugosos”. La movilización de la pulpa y del café en proceso también se realiza sin agua, reduciéndose así el consumo considerablemente; solamente se utiliza agua para lavar acuciosamente el café después de su fermentación

natural. De esta manera se asegura la calidad del café conservado el proceso tradicional de beneficiado, utilizando entre 120 a 140 litros de agua por cada quintal¹ contra gastos que en muchos otros casos superan los 2,000 litros.

La precipitación pluvial en el lugar de trabajo, durante los meses de cosecha es de 536 mm. Distribuida de la siguiente forma:

Octubre	219	mm.
Noviembre	90	mm.
Diciembre	58	mm.
Enero	50	mm.
Febrero	58	mm.
Marzo	61	mm.

La precipitación anual promedio es de 2,164 mm.

La disponibilidad de agua depende de la superficie destinada a la captación y, sobre todo, de la capacidad habilitada para almacenarla, que debe calcularse a partir del volumen de café que se pretenda procesar, programándolo por día, por semana y por mes, de acuerdo al ritmo de producción del cafetal, variable de ciclo a ciclo.

Para liberar el agua captada de polvo, hojarasca, insectos, etcétera, se usan filtro de grava muy sencillos y efectivos.

El beneficiadero está ubicado en una cima a fin de aprovechar completa la carrera del sol para el secado del café, además de la ventilación que también contribuye al secado y sanidad del grano.

Una vez terminado el proceso, el agua de lavado del café o “residual” se derrama como riego agrícola por gravedad alrededor de la cima hacia los lotes cultivados con cafetos.

El mucilado del café no es tóxico o venenoso, por el contrario, es un producto orgánico que, debidamente manejado, representa un alto valor agregado para el cafeticultor al tener un uso inmediato como mejorador del suelo.

Cuando los mucilagos están diluidos en agua es posible conducirlos hacia áreas de cultivo distribuyéndolos controladamente como riego agrícola para provocar su digestión y transformación en humus por los microorganismos del suelo.

El conocimiento de la composición química del mucilago y el conocimiento de la actividad microbiana del suelo del área de cultivo en donde se va a distribuir el agua residual a manera de riego agrícola, permiten planear la forma de distribuirla cuidando que la D.B.O. nunca sobrepase la capacidad de digestión de la población bacteriana del suelo.

En la práctica, la relación carbono - nitrógeno en el suelo indica en que momento se puede verter o dejar de verter el agua residual del beneficiado del café como agua de riego enriquecida. La relación C/N permite monitorear la transformación correcta de los mucilagos y la liberación de bióxido de carbono.

¹ Para obtener un quintal de café se requieren 240 kg o 400 litros de fruto fresco o “cereza”

El riego debe hacerse en forma de agua rodada directa al suelo y en el centro de los surcos, en donde entrará en contacto con la población microbiana del suelo. Es necesario verificar constantemente que exista buena aereación en el suelo a fin de que se inicie el proceso de digestión casi en forma inmediata.

Desde el punto de vista físico el mucilago es un hidrogel. El 84.2% de su peso fresco es agua.

Químicamente el mucilago, además de agua contiene pectinas, azúcares y ácidos orgánicos.

COMPOSICION QUIMICA DEL MUCILAGO

COMPONENTE	% BASE HUM.	%BASE SECA
SUSTANCIAS PECTICAS TOTALES		35.8
AZUCARES TOTALES	4.1	45.8
AZUCARES REDUCTORES		30.0
AZUCARES NO REDUCTORES		20.0
CELULOSA+CENIZAS		17.0
AGUA	84.2	
PROTEINA	8.9	
ACIDO PECTICO	0.91	
CENIZAS	0.7	

También es necesario estar cuidando que el suelo no alcance nunca la Capacidad de Campo para que el proceso de digestión se lleve a cabo en el horizonte A. Los bajos valores de precipitación pluvial en la época de cosecha no representan riesgo para que el suelo llegue a su Capacidad de Campo por efecto de las lluvias.

Solo se requiere estar cuidando la población y actividad microbiana del suelo:

SON BACTERIAS

HONGOS

Y ACTINOMICETES

Los que principalmente se encargan de la regeneración de la materia orgánica del suelo.

Las bacterias y los hongos producen enzimas (celulosas, proteosas, lipasas, amilasas, etc.) que degradan todos los desechos orgánicos para producir húmus.

Las bacterias son los degradadores primarios que para cumplir su función demandan altas cantidades de nitrógeno; en su caso, si su contenido en el suelo no fuera suficiente, se recomienda agregar una fuente de nitrógeno para apoyar el trabajo y no competir con el cultivo, nitrógeno que finalmente se recupera en forma disponible para las plantas.

Todo el proceso de digestión de los compuestos orgánicos que contiene las aguas residuales del beneficiado húmedo del café se metabolizan en la capa de suelo comprendida entre la superficie y los 20 centímetros de profundidad y el humus

resultante también se acumula en esta capa. Los mantos freáticos no reciben ningún residuo proveniente del proceso.

Para concluir, cabe señalar que la calidad que se obtiene aplicando el manejo aquí descrito cumple con los estándares de exportación de "Café Lavado" (Washed Coffee) a mercados Norteamericanos y Europeos, considerados los mas exigentes.

CONCLUSIONES

La captación y aprovechamiento del agua de lluvia hace posible agregar valor a las cosechas de café al poderlo beneficiar por la vía húmeda en lugares en donde no hay fuentes o cuerpos de agua.

En lugares donde los cuerpos de agua presentan períodos de escasez o tiene algún grado de contaminación, el agua de lluvia para beneficiar café es una solución que además puede contribuir al aseguramiento de la calidad del café.

El aprovechamiento del agua residual del beneficiado del café para ferti - irrigación de cultivos agrícolas minimiza el impacto ambiental al evitar su derrama a cuerpos de agua.

Este sistema se puede aplicar y manejar a cualquier escala, desde Beneficios pequeños y rústicos hasta en Beneficios Industriales de gran tamaño.

LITERATURA CONSULTADA:

- Sivetz M. Desrosier No. 1979. Coffee Technology. Avi Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut.
- Manual de Fertilidad de los Suelos.- 1988. Potash & Phosphate Institute. Norcross, GA 30092 U.S.A.
- I Seminario Internacional sobre Biotecnología en la Agroindustria Cafetalera. 1989. Roussos S., Licon F.R., Gutierrez Rojas M. INMECAFE-ORSTOM-UAM. Xalapa, Ver. México.
- CENICAFE. Avances Técnicos. No. 164, Septiembre 1991. Despulpado de café sin agua. José Alvarez-G. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.
- CENICAFE. Avances Técnicos. No. 96, Diciembre 1979 Perjuicios Causados por los residuos del beneficio del café. Fernando Arcila Otero. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.
- Villaseñor L.A. 1987. Caficultura Moderna en México Agrocomunicación Saenz Colin y Asociados. Chapingo, Edo. de México.
- Cajuste L.J. 1977. Química de Suelos. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Perraud-Gaime Isabelle. 1995. Cultures mixtes en milieu solide de bacteries lactiques et de champignons filamenteux pour la conservation et la decafeination de la pulpe de café. These Doctorale Universite Montpellier II. France.
- ANACAFE. Manual de Caficultura. 1998. Asociación Nacional del Café. Guatemala C.A.
- III Seminário Internacional sobre Biotecnología na Agroindustria Cafeeira. Resumos. 24-28 maio 1999. Brasil.
- Información Científica y Técnica producida por Cenicafe 1988-1998. Resúmenes Analíticos No. 3, 1998 Chinchiná, Caldas, Colombia.

BARRAGENS DE CONTENÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS DE CHUVAS

LUCIANO CORDOVAL DE BARROS
ENGENHEIRO-AGRÔNOMO, EMBRAPA MILHO E SORGO
FONE: (031) 779.1107 - FAX 779.1088
CAIXA POSTAL 151 - 35701-970 SETE LAGOAS, MG

RESUMO

Cuidando do futuro das águas e de sua qualidade está sendo desenvolvido em Sete Lagoas, Minas Gerais, um projeto de Barragens de Contenção de águas superficiais de chuvas.

O sistema, em teste há 4 anos em uma propriedade isolada de 70 ha, com 30 mini-barragens, têm apresentando resultados altamente positivos.

Em 1998 concretizou-se a idéia de implantação em escala maior, contemplando toda uma microbacia--Ribeirão Paiol. Que consiste em dotar cada propriedade ou toda a microbacia, de pequenas barragens ou mini-açudes, nos locais em que ocorram enxurradas volumosas e erosivas, barrando-as e amenizando seus efeitos desastrosos, retendo juntamente materiais assoreadores e poluentes, como solo, adubo, agrotóxicos e outros, que iriam diretamente para os córregos e mananciais provocando contaminação, enchentes e outros danos.

Como funciona o sistema?

O solo como um telhado, coleta a água das chuvas e a concentra em forma de enxurrada; ao barrá-las com mini-açudes sucessivos serão barrados os seus danos. Ao encher a primeira barragem, o excesso verte pelo sangradouro a Segunda e assim sucessivamente até chegar à da baixada.

Em todo o centro-oeste brasileiro, predominam solos porosos e profundos, os quais, sob barragens, funcionam como uma esponja armazenadora de água filtrada, sob chuvas de 1000 a 1600 mm ano. O objetivo principal do sistema consiste em carregar e descarregar o lago, proporcionando a infiltração da água num rápido espaço de tempo entre uma chuva e outra, de modo que ocorram inúmeras recargas durante o ciclo chuvoso, elevando o lençol freático, carregando a caixa d'água natural do solo.

A construção de barraginhas tem como principal função a recuperação de áreas degradadas pela chuva; visa também a perenização de mananciais com água de boa qualidade e de tornar o vale numa vitrine, a exemplo do Ribeirão de Paiol, através do Projeto Piloto de Demonstração de Conservação de Solo e Água, para o Estado de Minas Gerais.

Outros objetivos: Provocar refrescamento de baixadas, amenizar veranicos (pequenas estiagens), proporcionar plantios de Segunda safra (safrinha), possibilitar a criação de peixes com abertura de tanques nos baixios, etc.

INTRODUÇÃO

O homem, desde a história antiga, armazenava águas superficiais de chuva em seu proveito. No ano 106 D.C., os nabateos já produziam alimentos no deserto de Neguev (com precipitação média anual de 100 a 150 mm), utilizando sistemas de captação de água superficial, que era concentrada em tabuleiros nas partes baixas dos terrenos (EVENARI, 1968). Antes disso, a umidade residual armazenada no solo já tinha sido usada nos tempos do Rei Salomão, há cerca de dez séculos A.C., na mesma região do Neguev (EVENARI, 1983).

Segundo LAL (1982), que desenvolveu trabalhos em região tropical semi-úmida, os danos causados pela erosão em solos cultivados são reflexos de manejo inadequado de solos.

No início da exploração de uma área virgem, quando as terras estão cobertas com matas ou pastagens naturais, a necessidade de conservação do solo é praticamente nula, pois o sistema está em equilíbrio e a erosão é mínima. Após o desmatamento para exploração da terra, verifica-se geralmente grande degradação causada pela erosão, principalmente na forma invisível, a erosão laminar, que remove o solo em suas camadas superficiais (ANDREAE, 1965).

Segundo dados obtidos pela Seção de Conservação de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas, o Estado de São Paulo perde anualmente, por efeito da erosão, cerca de 130 milhões de toneladas de terra (1989). Essa perda representa 25% da perda sofrida pelo Brasil inteiro em igual período. Para se ter uma idéia do volume de tais perdas, basta dizer que ela corresponde ao desgaste de uma camada de 15 cm de espessura, numa área de 60.000 hectares.

Com o desmatamento, foram introduzidas pastagens artificiais, com maior densidade de gado e conseqüente compactação do solo. Alguns produtores rurais mineiros, percebendo logo os danos que viriam a ocorrer em seus solos, facilmente erodíveis, começaram, a partir da iniciativa de alguns entusiastas, a construir barraginhas em regiões isoladas. Isso ocorreu há cerca de 30 anos, mas não houve continuidade e nem divulgação adequada, pois a época não era oportuna e não havia um clima ambientalista favorável, como o verificado a partir da ECO 92.

ANTECEDENTES

Essa tecnologia, apesar de não ser nova, estava em esquecimento e praticamente sem uso. No ano de 1991, foi iniciada a construção das primeiras obras para contenções de enxurradas, na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, Minas Gerais.

Em janeiro de 1994, foram construídas 28 barraginhas, em um sítio no município de Araçai. Uma percepção concreta e visível ocorreu a partir de novembro de 1995, quando foram construídas 30 barraginhas na Fazenda Paiol, hoje utilizadas como "vitrine" e que servirão de exemplo para a idealização e implantação do Projeto do Ribeirão Paiol, que consistiu na construção de barraginhas em toda sua microbacia.

Outra atividade decorrente da implantação das barraginhas foi a realização de 11 cursos em diversas regiões do estado de Minas Gerais, durante o período de 1997/98. Com toda essa mobilização, hoje há vários focos de ações em municípios mineiros, por onde têm atuado os reeditores dessa tecnologia. Como exemplo, somente no município de Sete Lagoas-MG já foram construídas mais de 3.000 barraginhas.

BARRAGINHA: UM PROJETO SOCIAL

Pensando no futuro das águas e em sua qualidade, foi desenvolvido, na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas-MG, um projeto denominado "Barragens de Contenção de Águas Superficiais de Chuva", utilizando um sistema simples e que não é novo, pois data de antes de Cristo, porém estava esquecido.

O sistema foi instalado em 1995, numa propriedade rural na microbacia do Ribeirão Paiol, no município de Sete Lagoas-MG, estando em pleno funcionamento, apresentando resultados altamente positivos, decorridos quatro ciclos de chuva. O objetivo principal desse projeto é a recuperação das áreas degradadas, provocadas por escorrimentos superficiais de águas de chuvas, visando a perenização de mananciais, com água de boa qualidade, bem como tornar o vale do Paiol uma vitrine demonstrativa de conservação de solo e água, para todo o Estado de Minas Gerais e outras regiões do País.

Em razão do sucesso verificado, o sistema foi implantado em escala maior, em toda a área de uma microbacia, de modo a contemplar todos os produtores rurais da mesma e possibilitar a observação do efeito que uma propriedade poderá exercer sobre outra vizinha e assim sucessivamente. Também serão observados os desdobramentos da implantação desse sistema, ou seja, aqueles que dependem da criatividade e atenção de cada produtor, como, por exemplo, a detecção de áreas frescas propícias para o cultivo sem irrigação, a abertura de cisternas, o reflorestamento e o plantio de canaviais e de outras culturas para recuperação de áreas degradadas etc. A eficiência desse sistema para a conservação do solo e água poderá ser aumentada com a adoção de outras práticas conservacionistas complementares, como, por exemplo, curvas de nível, plantio direto etc.

Este projeto-piloto do Ribeirão Paiol consiste em dotar cada propriedade e, no conjunto, toda a microbacia de pequenas barragens ou mini-açudes, nos locais em que ocorram enxurradas volumosas e erosivas, barrando-as e amenizando seus efeitos desastrosos, retendo juntamente materiais assoreadores e poluentes, como terra, adubo, agrotóxicos em geral, esterco com antibióticos etc., que iriam diretamente para os córregos e mananciais, provocando contaminação, enchentes temporárias e outros danos.

COMO FUNCIONA O SISTEMA

O solo, como um telhado, coleta a água das chuvas e concentra-a em forma de enxurrada, que vai-se avolumando até tornar-se danosa. Ao barrar as enxurradas com mini-açudes sucessivos, também serão barrados assoreamentos e poluentes. Ao encher a primeira pequena barragem, na parte mais alta, o excesso verte pelo sangradouro à segunda barragem e assim sucessivamente, até chegar à da baixada (Figura 1). Na maioria das chuvas, as da baixada nem chegam a verter.

Na região denominada Brasil Central, após o desmatamento ocorrido nas últimas quatro décadas e também com a descapitalização dos agricultores, acelerou-se o processo de degradação dos solos. Nessa região, predominam solos de cerrado, porosos e profundos, os quais, sob as barragens, funcionam como uma esponja porosa armazenadora da água infiltrada. O objetivo da implantação desse sistema é carregar (Figura 2) e descarregar (Figura 3) o lago, proporcionando a infiltração num espaço de tempo rápido entre uma chuva e outra, de modo que, durante a

estação chuvosa, ocorram de 12 a 15 recargas completas do volume do lago, bem como do espaço poroso do solo, funcionando como uma espécie de caixa d'água natural (Figura 4).

O sistema provocará a elevação do nível de água no solo, o que poderá ser percebido visualmente, pela elevação do nível das cisternas, umedecimento das baixadas e mesmo com o surgimento de minadouros.

Só para exemplificar, uma chuva rápida de 60 mm é suficiente para encher todos os mini-açudes de uma microbacia. Se não houver esses mini-açudes, cerca de 90% das águas retidas nos mesmos irão diretamente para os córregos, contribuindo para provocar enchentes e outros danos.

Além disso, esse sistema proporciona a filtragem da água retida e sua posterior liberação para os córregos e rios, de maneira lenta ao longo do ano, estabilizando e perenizando os cursos de água e mananciais. Isso é importante quando se pensa na necessidade de garantir o abastecimento de cidades e fazendas e também para a geração de energia elétrica, que depende da perenização dos grandes lagos.

O Projeto contemplou a implantação de 960 barraginhas durante o ano de 1998, na microbacia do Córrego do Paiol, afluente secundário do Rio das Velhas, no município de Sete Lagoas, consolidando-se como uma unidade demonstrativa do sistema de conservação de solo e água. As Figuras 5 a 14 demonstram a metodologia de construção das barraginhas.

Esse trabalho foi desenvolvido pela Embrapa, Emater-MG e Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente de Sete Lagoas, com apoio da Secretaria de Recursos Hídricos-SRH, do Ministério do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, e do Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura-IIICA. O projeto teve a gestão administrativa e financeira da Fundação de Apoio à Pesquisa e ao Desenvolvimento.

METODOLOGIA DE CONSTRUÇÃO DAS BARRAGINHAS

As Figuras 5 e 6 demonstram os formatos possíveis das barraginhas, sendo que a Figura 5 é trapezoidal, para barramentos mais reforçados em calhas e grotas e a Figura 6 é piramidal, para situações de enxurradas na beira de estradas e calhas suaves.

As Figuras 7, 8, 9, 10 e 11 demonstram as fases evolutivas da construção da barragem no formato trapezoidal. Os círculos representam leirões paralelos de terra solta colocados pela pá carregadeira e a base "a" da Figura 7 representa a terra já acomodada e compactada pela mesma máquina. O mesmo se repete na Figura 8, na formação da base "b". As Figuras 7 e 8 são vistas de forma transversal. A Figura 9 mostra as fases "a", "b" e "c" do aterro dentro da calha. A Figura 10 mostra a fase "d", que é o abaulamento final na forma de travesseiro. A base do travesseiro é o próprio nível da água no lago. A Figura 11 mostra o lago temporário formado pelo barramento.

As Figuras 12, 13 e 14 mostram os locais onde usar os modelos trapezoidal ou piramidal. A Figura 12 mostra a situação de grotas acentuadas, em que a construção de barraginha não é viável. Nesse caso, delineiam-se e constroem-se curvas de nível com ligeiro gradiente no sentido da grota e constrói-se a barraginha piramidal no eixo da curva próximo à grota, de modo que a mesma sangre o excesso ainda na própria curva, antes de cair na grota coletora. Na Figura 13, pode-se ver a situação que ocorre em áreas conservadas com curvas de nível antigas e que arrebentam freqüentemente todos os anos, tornando esses pontos frágeis. Nesse caso, o único recurso é a construção de barraginhas piramidais. A Figura 14 demonstra barraginhas trapezoidais em grotas de até 3 m de profundidade, aplicando as

fases "a", "b", "c" e "d". Acima dessa profundidade, não se recomenda a construção de barraginhas.

Observações: a) o processo de barraginhas é planejado para calhas secas (enxurradas) e não para córregos. São barramentos de até 3 horas de serviço de máquina e a média não superior a 1,5 hora por barragem; b) ingredientes novos ao sistema barraginha: período de construção no período das águas e até três meses após o encerramento do ciclo chuvoso, pegando ainda umidade residual do solo, que facilita a construção, baixa os custos e dá qualidade de compactação às mesmas. Outro componente importante é o uso da pá carregadeira, que aumenta em até três vezes o rendimento em relação ao trator de esteira. Há, ainda, outras vantagens, como: deslocamento próprio, agilidade, facilidade de manutenção e grande número de equipamentos disponíveis no mercado.

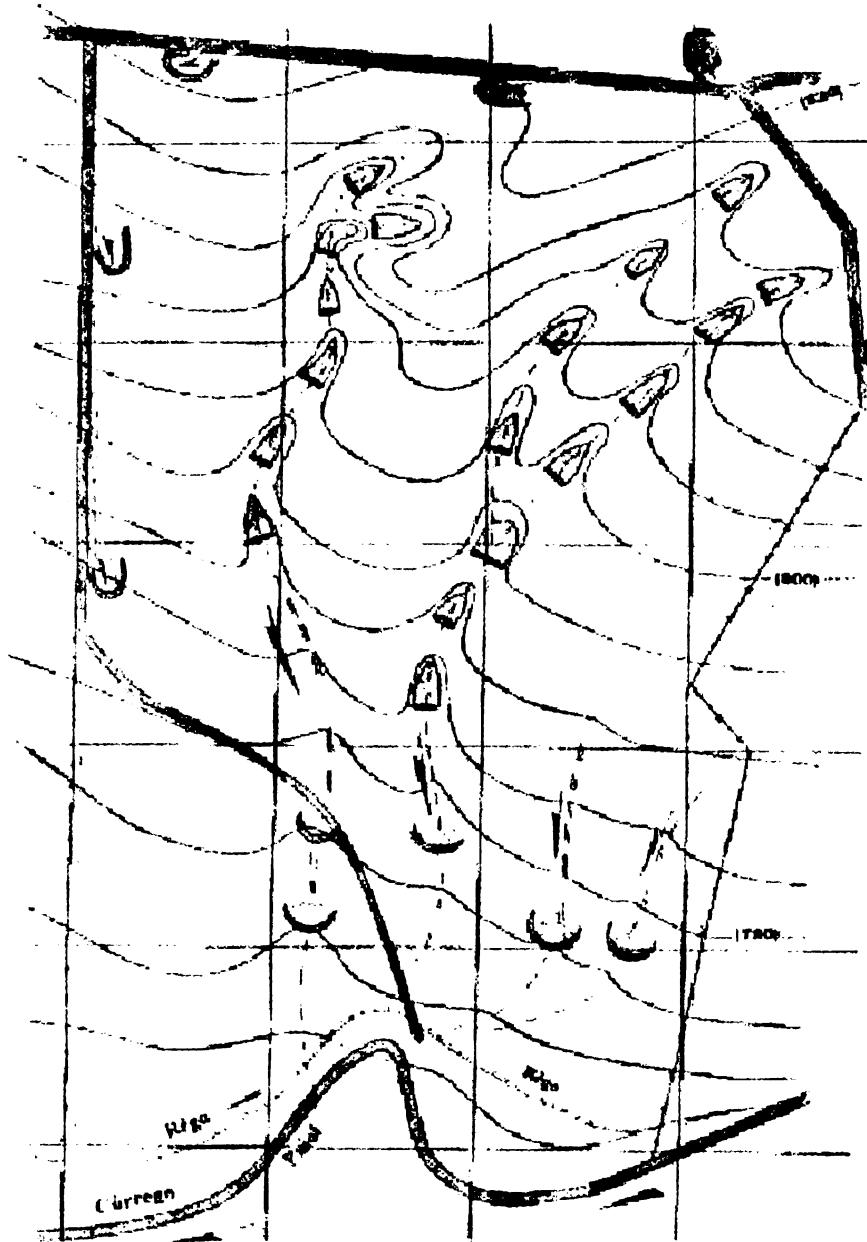
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREAE, B. Die Bodenfruchtbarkeit in den Tropen. Hamburg/Berlin: P. Parey, 1965. 124 p.

EVENARI, M., et al. Runoff farming in the desert. I. Experimental layout. *Agronomy Journal*, v. 60, p. 29-32, 1968.

LAL, R. Management of clay soils for erosion control. *Tropical Agriculture*. V. 59, n. 2, p. 133-138, 1982.

BARROS, L.C. de. Demonstração de Conservação de Solo e Água na Microbacia do Córrego Paiol-Sete Lagoas-Minas Gerais. Sete Lagoas: EMBRAPA CNPMS, 1998. 24 P. Relatório Final.



PLANTA GERAL
FAZENDA PAIOL
PROPRIETÁRIO: Antônio Carlos de Avaranga,
Município de Sete Lagoas - MG

Fig.1

Barragens de Contenção de Águas Superficiais de Chuvas (*Small Dams for Rainfall Surface Runoff Collection*)

Embrapa

Luciano Cordoval de Barros
Embrapa Milho e Sorgo

- Contar enxurradas, erosão e assoreamento (*Runoff, erosion and sediment transport*)
- Provocar infiltração da água no solo com elevação do lençol freático (*Force water infiltration and raising water table*)
- Filtragem da água poluída com posterior liberação aos mananciais (*Filtering polluted water prior to releasing to the watercourses*)
- Umedecer baixadas e amonizar enchentes e veranicos (*Wetting lowlands and minimizing flooding and drought periods*)
- Perenizar mananciais (*Revitalizing watercourses*)



Fig. 2 e 3 Momento da Chuva (foto superior) Infiltração uma semana após chuva (foto inferior)

ESQUEMA DO SISTEMA EM OPERAÇÃO

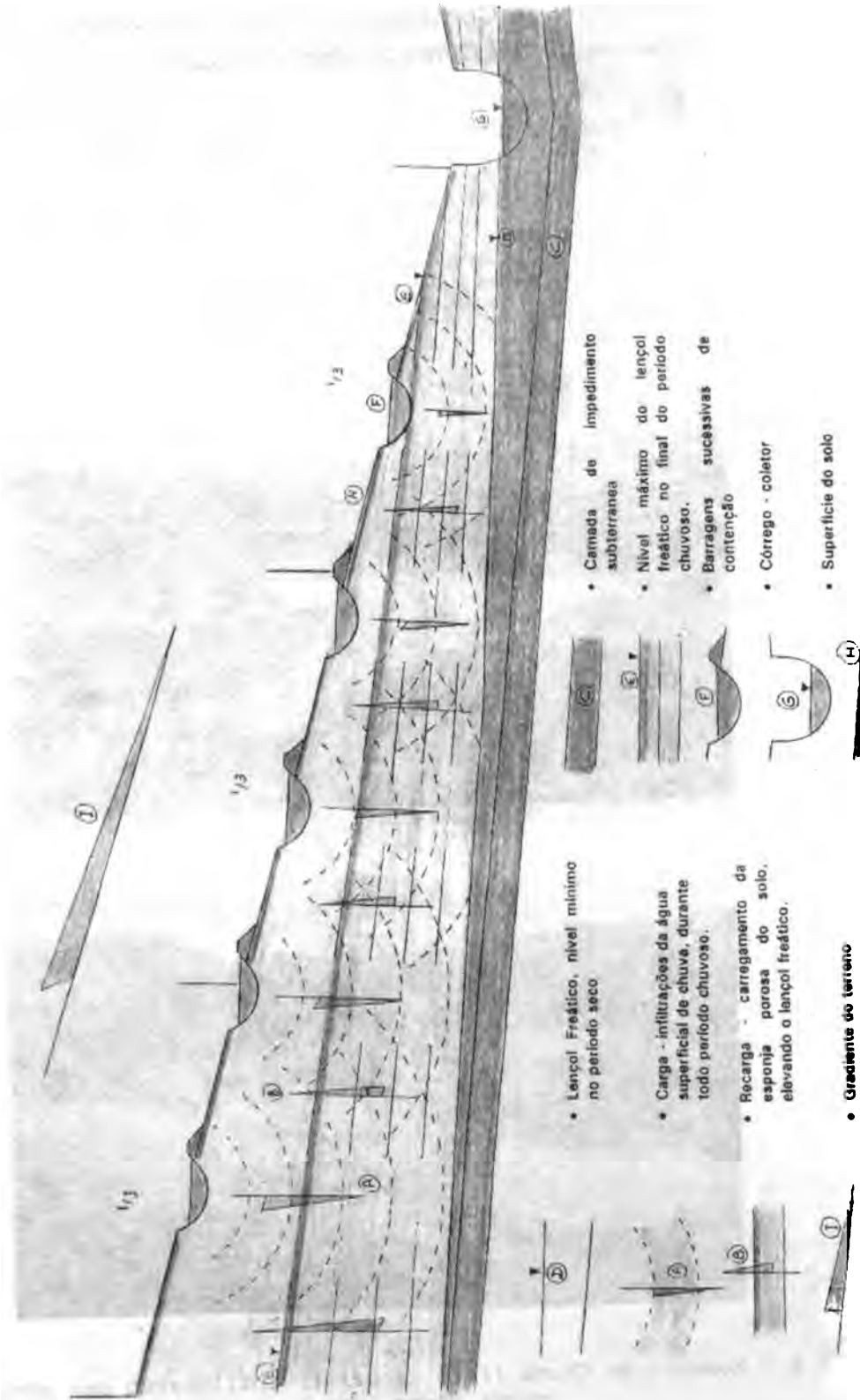


Fig. 4

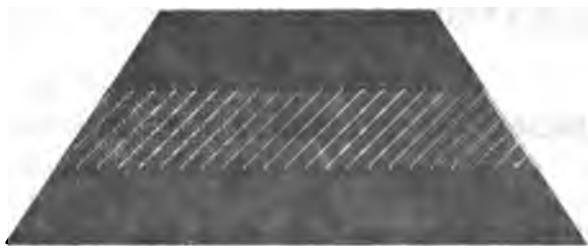


Fig. 5

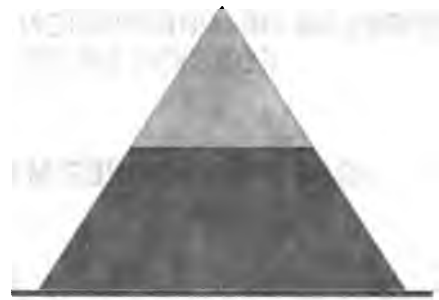


Fig. 6



Fig. 7

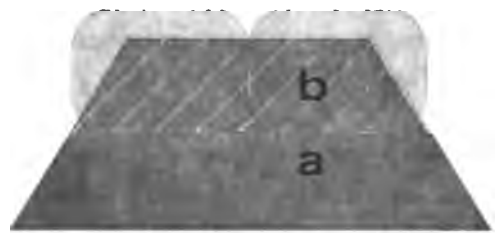


Fig. 8



Fig. 9

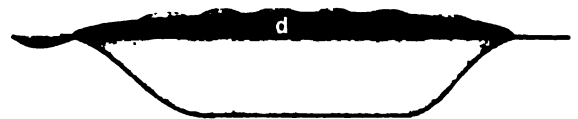


Fig. 10

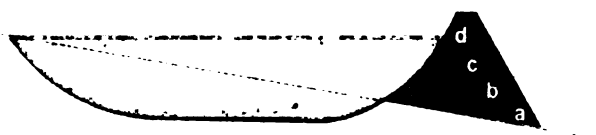


Fig. 11

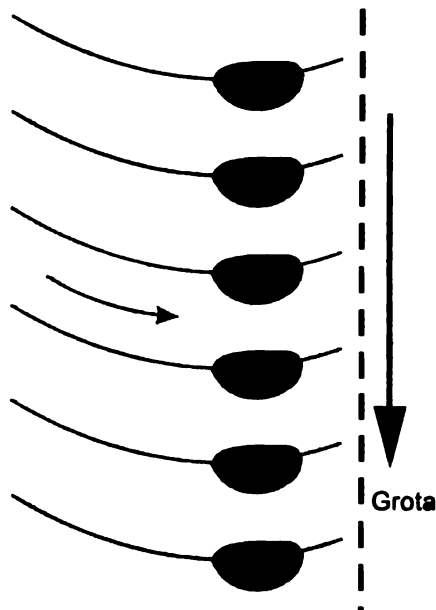


Fig. 12

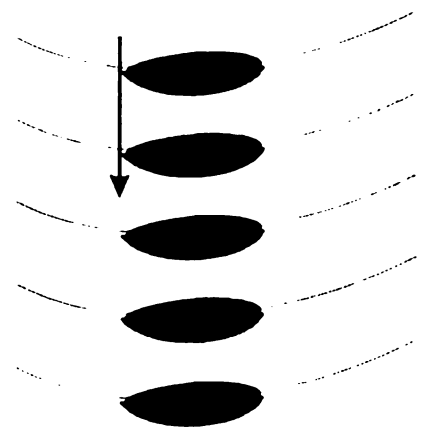


Fig. 13



Fig. 14

MODELOS DE PREDICCIÓN DE RENDIMIENTO EN *Medicago sativa* L. EN FUNCIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

JOSÉ DIMAS LÓPEZ-MTZ¹ GUADALUPE GUTIÉRREZ PUENTE²

INTRODUCCION

México como otros países del mundo cuenta con dos grandes sistemas de producción como es el agrícola y el pecuario, bajo condiciones de riego y temporal, engloba una superficie aproximada de 196.99 millones de hectáreas, de las cuales el 29% son áridos, 10.7% semiáridos, 35% semihúmedos y el 24% húmedos.

De la superficie total de la Comarca Lagunera un 50 a 60% está prácticamente disponible para realizar actividades agrícolas y la superficie que se destina a la producción de forrajes en la comarca, es de aproximadamente un 25% del total de la superficie que se destina a la producción agrícola; los cultivos que más se establecen son alfalfa (30,000 ha), el maíz y sorgo forrajeros, así como la avena (1800 ha), el rye-grass, el trébol y las praderas (5 ha), según Martínez (1997). Este forraje se utiliza para satisfacer las necesidades alimenticias del ganado bovino y otros, el cual por sí solo produce más de 200,000 litros de leche diarios.

Los suelos de la región en general, varían sus texturas desde arcillosas en la serie Zaragoza, migajones arcillosos en la Coyote, hasta migajones arenosos y arenosas en la San Pedro. En consecuencia, también la variabilidad de retención de agua y nutrientes estará condicionada por la textura, la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico.

El estiércol de bovino es un abono de baja concentración y un mejorador de suelos, es un subproducto de la ganadería. Es un abono de acción completa, contiene elevadas cantidades de N, K⁺, CO₃⁼, Ca²⁺ y como humus, mejora las cualidades higroscópicas del suelo. Como enriquecedor mineral, el estiércol de 25 vacas equivale a 1,300 Kg de fertilizantes, suficiente para 19 hectáreas de maíz (Castellanos, 1982).

Por otro lado, el sistema de labranza de conservación reduce la erosión del suelo hasta un 95%, permite captar una cantidad de agua para una mejor infiltración y conservarla para aprovechamiento posterior del cultivo. Se tiene mayor cantidad de materia orgánica que en el sistema tradicional, conserva la estructura original del suelo y el uso de la maquinaria se reduce. En general los suelos de textura pesada con lento y pobre drenaje interno han demostrado menor respuesta favorable a la labranza que los suelos de textura menor y con buen drenaje. Actualmente el conocimiento y comprensión de las propiedades físicas del suelo constituyen la clave para el entendimiento de muchos procesos de importancia

¹ Maestro investigador de la División de Estudios de postgrado. Facultad de agricultura y Zootecnia.

² Alumno de Maestría de la División de Estudios de Postgrado. Facultad de Agricultura y Zootecnia.

agrícola y ambiental. Por esta razón es importante estudiar el comportamiento del suelo bajo diferentes sistemas de manejo (Martínez, 1997).

Se ha demostrado que el uso de modelos de predicción permite inferir efectos de importancia en la agricultura, así como la respuesta del crecimiento, desarrollo y rendimiento económico de los cultivos a las condiciones ambientales que representa uno de los mayores desafíos a los científicos interesados en el mejoramiento de la producción y productividad agrícola. En consideración a lo anterior se planteo el siguiente trabajo cuyo objetivo fue: Desarrollar un modelo de predicción de rendimiento sobre la base de las características del suelo para alfalfa.

REVISION DE LITERATURA

Labranza de Conservación.

Bajo este concepto se tiene la labranza con cubierta de rastrojo, la reducida o mínima y la no labranza o cero-labranza. Todas estas son labranza de conservación (Martínez, 1997; Ramos, 1992) porque en condiciones de secano mejoran la conservación de los recursos suelo-agua con el mantenimiento de los residuos de la cosecha anterior en la superficie del suelo durante el ciclo del cultivo.

Se pretende con la reducción de practicas de labranza conservar algunas propiedades físicas del suelo como la estructura para minimizar las pérdidas del suelo, y en muchos casos un adecuado manejo del escurrimiento superficial (Crusaley, 1992).

Figueroa, (1983) evaluó diferentes métodos de labranza, encontrando que al ser de mayor profundidad ésta aumentaba la velocidad de infiltración del agua en el suelo, aduciendo que esto se debía al rompimiento de estratos duros, y al mismo tiempo quedaba más agua disponible para la planta.

La densidad aparente puede ser reducida con la labranza conforme se dan más pasos de maquinaria al inicio del cultivo, encontrándose ligeramente menor al final del ciclo con menos pasos de maquinaria. Figueroa (1983). La resistencia mecánica también se reporta reducida con menor laboreo.

López (1993) indica que los sistemas de producción con labranza de conservación pueden ayudar a reducir la erosión y la evaporación de la humedad, además de reducir los costos de producción por hectárea, por efecto de pasadas de cuadro, compactación del suelo, trabajo de mano de obra, combustible y necesidades de equipo, concluyendo que en el primer año puede que los rendimientos sean más bajos que en el sistema convencional, pero después son equivalentes o superiores. (Vázquez, 1992; Lucia, 1992) concluyeron que es evidente que la historia previa de cultivo, el contenido de materia orgánica y las condiciones físicas prevalecientes pueden tener una gran influencia en las propiedades físicas bajo labranza convencional.

Efecto de los abonos orgánicos en el suelo.

Castellanos (1982) menciona una reducción en la resistencia del suelo mediante la aplicación de estiércol. Sin embargo, estos autores reportan que para observar cambios

inmediatos en las condiciones del suelo, se requieren dosis elevadas o bien un número de años de aplicación sostenida de estiércol.

Los suelos de textura pesada y problemas de permeabilidad requieren dosis iniciales altas del orden de 100 ton ha^{-1} . Una dosis recomendada varía desde las 30 a 60 ton ha^{-1} de estiércol, aunque por ejemplo en suelos con problemas de sales se deberá de considerar ya que el estiércol contiene en una tonelada un promedio de 50 Kg de sal (Castellanos, 1982). Posiblemente el mayor impacto que produce en el suelo el estiércol es sobre las propiedades físicas, ya que disminuye la densidad aparente, incrementa la porosidad, produce un acolchado reduciendo las pérdidas directas de humedad por evaporación. En alfalfares con problemas de restricción de infiltración de agua se obtuvieron incrementos del rendimiento hasta 23 ton/ha en 18 cortes con la aplicación de estiércol, mejora de la aireación y aumento del contenido de materia orgánica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del Area de Estudio. El presente trabajo de investigación se realizó en el ejido Florida que se localiza en el Km. 31 de la carretera Gómez Palacio, Dgo.-Fco. I. Madero, Coah. donde su situación geográfica es la siguiente: Latitud Norte $25^{\circ} 40' 30''$, Longitud Oeste $102^{\circ} 40' 30''$.

Características climáticas. El sitio tiene una altitud media de 1150 m, el clima es de tipo seco desértico, la precipitación media anual es de 242.8 mm, la temperatura media anual es de 20.9° C , siendo el mes de mayo más caliente y con un periodo de heladas de abril-septiembre por lo cual se considera que la atmósfera de la región es relativamente seca.

Condiciones edáficas. Las condiciones del suelo en el área de cultivo son:

- a) Textura 0-30 cm arcillosa
 30-60 cm arcillosa
 60-90 cm migajón arcilloso
- b) Capacidad de Campo: 28%
- c) Porcentaje de marchitez permanente: 15%
- d) Suelos de baja capacidad de retención de humedad.
- e) Clasificación por fertilidad: Moderadamente fértil.

Tratamientos. Los tratamientos de labranza de conservación y abonado orgánico que se estudiaron fueron los siguientes: Promedio de aplicación de estiércol de ganado bovino: 20 ton ha^{-1}

Los tratamientos de estiércol serán los siguientes:

- T1 50% = 10 ton ha^{-1}
- T2 100% = 20 ton ha^{-1}
- T3 150% = 30 ton ha^{-1}
- T4 200% = 40 ton ha^{-1}

Conducción del experimento.

Muestreo de Suelos. Previo a la siembra se realizó un muestreo de suelo al azar del cual se obtuvieron muestras a las profundidades de 0-30 a 30-60 cm, estas muestras se secaron para su análisis y así determinar las siguientes propiedades físicas y químicas.

- 1.- Textura
- 2.- Capacidad de campo
- 3.- Punto de marchitez permanente.
- 4.- Densidad Aparente.

Siembra y variedad. La fecha de siembra y la variedad, se ajustaron de acuerdo al paquete tecnológico recomendado por el INIFAP-SAGAR.

Variables evaluadas

Humedad del suelo. Se realizaron muestreos de suelo en los estratos 0-15 y 15-30 cm de profundidad para después calcular el porcentaje de humedad con la siguiente fórmula: % de humedad $(\text{psh/ pss}) - 1 * 100$.

Los valores de humedad fueron cuantificados con el promedio de los dos estratos en las tres repeticiones por tratamiento.

Temperatura en el Suelo. Se efectuaron muestreos a una profundidad de 0-15 y 15-30 cm para cada uno de los tratamientos. Los valores de temperatura fueron cuantificados con el promedio de los dos estratos en las tres repeticiones por tratamiento.

Densidad Aparente. Se realizaron muestreos a una profundidad de 0-15 y 15-30 cm. Los valores de esta variable fueron cuantificados con el promedio de los dos estratos en las tres repeticiones por tratamiento en gr.cm^{-3} .

Compactación. Se efectuaron muestreos a una profundidad de 0-15 y 15-30 cm. Los valores de compactación fueron cuantificados con el promedio de los dos estratos en las tres repeticiones por tratamiento.

Rendimiento. Se realizó al momento de la cosecha del cultivo.

Periodicidad del muestreo

VARIABLE	PERIODICIDAD
Humedad de suelo	Semanalmente
Compactación	Semanalmente
Densidad Aparente	Semanalmente
Temperatura	Semanalmente
Rendimiento de forraje	Cosecha

Se realizó un análisis de regresión múltiple para generar el modelo de predicción que evalué la relación funcional del rendimiento de forraje como variable dependiente (Y) y humedad, compactación, temperatura y densidad aparente del suelo como variables

independientes (X's), utilizando el siguiente modelo. $Y = \epsilon_0 + \epsilon_1 X_1 + \epsilon_2 X_2 + \dots + \epsilon_n X_n + \epsilon_i$

RESULTADOS Y DISCUSION.

Modelos que explican la relación funcional entre variables

Para el caso del primer corte los datos de las variables evaluadas se muestran en el Cuadro 1 a partir de los cuales se realizó el análisis de regresión múltiple cuyos resultados se presentan a continuación.

Cuadro 1. Variables evaluadas en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L). Fco. I. Madero, Coah. 1999.

Humedad del suelo (%)	Temperatura del suelo (°C)	Compactación del suelo (Kpa)	Densidad aparente (g cm ⁻³)	Rendimiento Forraje (Kg ha ⁻¹)
32.8	20.75	2904	1.01	6025
33.5	22.25	5965	1.03	5950.
35	21.75	5858	1.02	6200
33	21.75	4085	1.03	5866
34	22	6126	1.01	5980
38	21.75	6771	1.01	5750
34.5	22.75	3924	1.05	5073
34	22.5	6019	1.03	5200
37	22.75	6825	1.01	4800
35	23	4408	1.03	4793
35.8	23	6287	1.01	4850
37	23.75	6663	1.02	4680

Modelo de predicción para el primer corte.

Al realizar el análisis de regresión para el modelo completo con las cuatro variables independientes que fueron humedad del suelo, temperatura del suelo, densidad aparente y compactación, versus la variable dependiente; rendimiento de forraje en el cultivo de la avena se observa en el Cuadro 2 de análisis de varianza que existe diferencia altamente significativa para los coeficientes de regresión, comprobándose la hipótesis alterna de que al menos un coeficiente de regresión es diferente de cero, existiendo una relación funcional de tipo lineal entre la variable dependiente e independientes. Lo anterior, indica que el modelo 1 presenta resultados confiable ya que su coeficiente de determinación R^2 es de 0.8758, este valor explica que el 87 % de la variación del rendimiento de forraje es debido a las cuatro variables incluidas

en el modelo. Pudiendo utilizarse como modelo para predecir la función de respuesta del rendimiento de forraje en alfalfa, considerando las variables de humedad, temperatura, densidad aparente y compactación incluidas en el mismo.

Cuadro 2. Análisis de varianza para rendimiento de forraje en alfalfa (*Medicago sativa* L).**Fco. I. Madero, Coahuila. 1999.**

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	valor F	Prob>F
Modelo	4	3235360.8671	808840.21679	12.339	0.0027
Error	7	458874.04953	65553.43565		
C Total	11	3694234.9167			

 $R^2=0.87$

C.V. 4.71

Modelo de regresión para rendimiento de forraje en alfalfa.

$$Y = 0.00000000 - 0.28902066 \text{ Hum} - 1.02432444 \text{ Temp} + 0.22689581 \text{ DA} + 0.53181300 \text{ Comp} \quad (1)$$

Tratando de generar un modelo reducido con menor cantidad de variables independientes incluidas se usó el procedimiento step-wise. En el Cuadro 3 se presentan los resultados del análisis de varianza, observándose que existe diferencia significativa entre las variables relacionadas en este modelo que fueron rendimiento de forraje como variable dependiente (Y) y temperatura del suelo como variable independiente (X). Por lo cual, se propone la Ecuación 2 para predecir el rendimiento de forraje con una adecuada confianza en la predicción para la función de respuesta ya que el coeficiente de determinación (R^2) es de 0.75, es decir que la temperatura del suelo explica el 75 % de la variación en rendimiento de forraje.

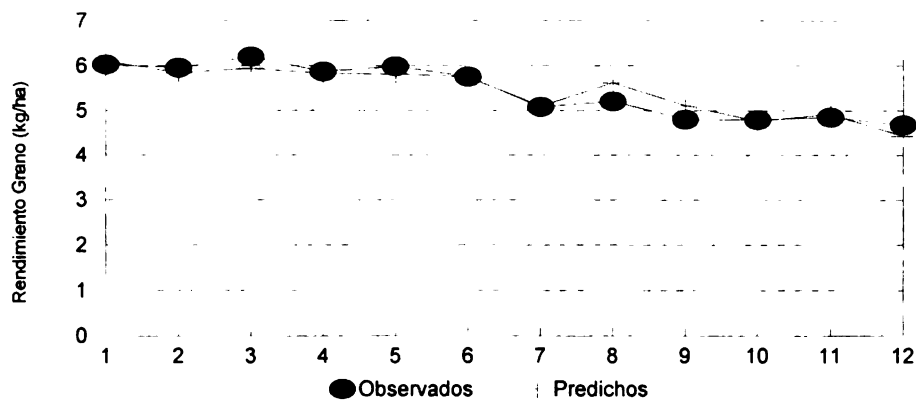


Figura 1. Valores de rendimiento de forraje observados y predichos por el modelo de regresión generado para el cultivo de alfalfa (L.). Fco. I. Madero, Coah. 1999

Considerándose, debido a lo anterior un modelo confiable para generar nuevos valores de rendimiento, ya que lo que pudiera explicar a la variación en rendimiento: compactación, densidad aparente y humedad del suelo ya fue explicada por la temperatura del suelo.

Se observa en la Figura 1 el ajuste obtenido entre los valores observados y predichos por la Ecuación 2.

Cuadro 3. Análisis de varianza para rendimiento de forraje en alfalfa (*Medicago sativa* L.). Fco. I. Madero, Coahuila. 1999. Procedimiento stepwise.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Prob>F
Regresión	1	2776604.1606426	2776604.1606426	3 0.26	0.0003
Error	10	917630.75602410	91763.07560241		
Total	11	3694234.9166667			

$$R^2 = 0.75160466$$

$$Y = 19580.76807229 - 633.59036145 \text{ Temp} \quad (2)$$

Tratando de buscar una explicación más adecuada a la relación funcional entre las variables de suelo consideradas en el estudio se procedió a realizar el análisis de regresión para la variable humedad del suelo en función de la temperatura, compactación y densidad aparente, los resultados muestran que la humedad es explicada en un 57.8% por las variables independientes incluidas en la Ecuación 3, procedimiento similar fue realizado para temperatura, compactación y densidad aparente como variables dependientes y las demás como independientes mostrándose en el Cuadro 4 los resultados.

Cuadro 4. Resumen de análisis de varianza de las variables humedad del suelo, temperatura, densidad aparente y compactación en alfalfa (*Medicago sativa* L.). Fco. I. Madero, Coah. 1999.

Variable	GL	Cuadrados Medios	Valor F	Prob>F	R ²	CV
(Humedad)						
Modelo	3	5.97077	3.659	0.0632	0.5784	3.65324
Error	8	1.63180				
(Compactación)						
Modelo	3	3691449.4701	3.840	0.0568	0.5902	17.87039
Error	8	961211.72995				
(Densidad aparente)						
Modelo	3	0.00029	2.529	0.1308	0.4867	1.04207
Error	8	0.00011				
(Temperatura)						
Modelo	3	1.23641	3.084	0.0901	0.5363	2.83519
Error	8	0.40093				

En dichos resultados se aprecia que después de la humedad la variable mas relacionada es compactación, siguiendo en orden de importancia temperatura y densidad aparente con valores de R² (0.5902; 0.5363 y 0.4867), respectivamente.

Proponiéndose los modelos 4, 5 y 6 para explicar el comportamiento de las variables respectivas. Cuadro 5.

Cuadro 5. Modelos resultantes para las variables humedad, temperatura, compactación y densidad aparente del suelo en alfalfa (*Medicago sativa* L.). Fco. I. Madero. 1999.

Modelo propuesto para la humedad del suelo		
Y=	0.00000000 + 0.38245604 Temp -0.29308381 DA + 0.40478792 Comp	(3)
Modelo propuesto para compactación del suelo		
Y=	0.00000000 + 0.39350388 Hum + 0.35414008 Temp -0.36663231 DA	(4)
Modelo propuesto para densidad aparente del suelo		
Y=	0.00000000 -0.35684351 Hum + 0.63961990 Temp -0.45919298 Comp	(5)
Modelo propuesto para temperatura del suelo		
Y=	0.00000000 + 0.42071056 Hum + 0.57788030 DA + 0.40073336 Comp	(6)

CONCLUSION

El modelo que explica la función de respuesta de rendimiento y que permite predecir nuevos valores puede ser usado con confianza en futuros trabajos relacionadas con el cultivo de la alfalfa.

BIBLIOGRAFIA

- Bustillos, D. S. 1987. Evaluación de los efectos de la labranza sobre dos suelos de México. Tesis Ingeniero Agrónomo en Zonas Áridas. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Castellanos J.Z. 1982. Utilización de los estiércoles en la agricultura, IATEM Sección Laguna: 72-75.
- Cruzaley, S. R. 1992. Efecto de la labranza en la estructura del suelo y su relación con el desarrollo y rendimiento de maíz, C.N.C.S., Acapulco, Gro. p. 57.
- Figueroa, S.B. 1983. La investigación de la labranza en México, TERRA Año No. 1, Vol. 2
- Lucía, V. A. 1992. Estudio de labranza mínima para retención y conservación de la humedad en el suelo, tesis de licenciatura F.A.Z.-U.J.E.D. 7-9
- López, M. D. 1993. Labranza de conservación y sus efectos en la retención, almacenamiento de humedad y propiedades físicas del suelo bajo condiciones de secano, Proyecto de investigación, Fco. Villa, Dgo.
- Luttrell, D. H., Bockhop, C. W. and Lovely, W. G. 1977. The effect of tillage operations on soil physical conditions. ASAE 64:103 p.
- Martínez, R. E. 1997. Comportamiento de un suelo xerosol háplico ante la acción de los implementos de labranza. Disertación Doctoral. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N.L. México.
- Méndez, G. V. 1992. Prácticas de manejo de suelos para la retención de humedad en la producción de maíz de temporal. Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Victoria, Tamps. p. 120.
- Oleschko, L. K. 1989. Evaluación de la deficiencia de la labranza a través de la dinámica de las propiedades físicas del suelo, TERRA. Vol 7.
- Oleschko, L. K. 1992. Efecto de la labranza sobre algunas propiedades físicas del suelo Faeozem en la región mixteca, Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Victoria , Tamps. p. 11.
- Ramos, V. E. 1992. Análisis comparativo de la temperatura del suelo en dos sistemas de labranza, Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Acapulco, Gro. p. 50
- Thomas, G. W. 1986. Mineral nutrition and fertilizer placement. M. A. Sprague and G. B. Triplett (eds). No-tillage and surface tillage agriculture. Wiley New York, USA.
- Vázquez, H. M. 1992. Efecto de seis sistemas sobre algunas propiedades físicas del suelo, Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Acapulco Gro. p. 51.

ALGUNOS SISTEMAS DE LABOREO AL SUELO PARA CAPTAR EL AGUA DE LLUVIA EN ZACATECAS.

J. SANTOS ESCOBEDO ROSALES

RESUMEN

En la etapa de especificación de áreas problema en las unidades de producción agrícola en Zacatecas, se distingue que en los sistemas de laboreo al suelo por los productores para captar el agua de lluvia, solo el 8% de los entrevistados logra eventualmente resultados favorables de la agricultura con el sistema de mínimo laboreo, debido a que la humedad en el suelo no se modifico favorablemente con los sistemas de labranza utilizados.

Al reducir la labor de volteo en siembras de temporal en el altiplano de Zacatecas, se abaten los costos de operación al 16%, lo anterior equivale una inversión anual promedio de \$ 255 millones de pesos.

INTRODUCCION

En la etapa de obtención de áreas problema de las unidades de producción agrícola en Zacatecas, se observa que los productores atribuyen a la labranza efectos benéficos para los cultivos, por ejemplo en la preparación del suelo para siembras de temporal, el 67% de los productores entrevistados voltean el suelo y afirman que se moja mejor y se conserva la humedad, el 25% voltean y rastrean y aseguran que el suelo queda mullido y agregan que se facilitan las demás labores, el 8% restante no hace ninguna labor, y mencionan que llueve poco y no conviene mover el terreno, (3). La importancia de especificar este planteamiento se basa en que anualmente se preparan en Zacatecas un promedio de 650 mil hectáreas para la siembra de cultivos como frijol, maíz y algunos cereales bajo condiciones de temporal, esto equivale a una inversión anual de los productores por \$ 255 millones de pesos.

REVISION DE LITERATURA

En gran parte del territorio mexicano, las lluvias se clasifican como insuficientes y erráticas, esto conlleva deficiencias en el 80% de la agricultura de temporal y la pérdida de cosechas en un 25% de la superficie sembrada; en algunos lugares como Zacatecas, Durango y Chihuahua, esta cifra aumenta hasta el 60%, **Anaya (1991; Dumont (1982);** esta situación representa un reto para la tecnología e imaginación de los productores que habitan esta amplia zona, dado que la falta de cosecha, no solo significa la reducción en el ingreso, puede significar hambre durante todo el año.

Se distingue que el propósito de la labranza primaria es modificar la estructura del suelo para aumentar la captación del agua de lluvia; con este enfoque, en Zacatecas se han evaluado diversas practicas de labranza bajo condiciones de temporal, donde se combinaron labores de volteo, rastreo, cinceleo y subsolado profundo para captar el agua de lluvia y aumentar la producción de maíz, frijol y cebada, pero la humedad en el suelo ni el

rendimiento de estos cultivos aumento significativamente, **Escobedo (1981)**. Por su parte **Phillips (1984)**, menciona que los suelos cultivados bajo el sistema de cero labranza mantienen mayores niveles de humedad que los cultivados con labranza convencional. En aparente contradicción, **Linden (1982)**, afirma que en regiones húmedas la labranza se utiliza para aumentar la velocidad de pérdida de agua por evaporación, mientras que en las regiones áridas, se practica con la finalidad de reducirla.

Por otra parte, se ha demostrado que el laboreo al suelo con arado y rastra de discos, acelera la erosión y afecta negativamente a sus características físicas y químicas como la compactación y retención de humedad, pH, materia orgánica y los niveles de nutrientes; también afecta a las comunidades de maleza, plagas vertebradas e invertebradas y enfermedades asociadas a la tierra **Vega, et al (1992)**, **Puhr y Olson (1937)**. También hay evidencias de que este tipo de labranza requiere de cantidades relativamente grandes de combustible, mucho del cual se usa para voltear y rastrear el suelo para la siembra, mientras que con el sistema de mínimo laboreo, se elimina el barbecho (volteo), rastreo y otras labores con las consiguientes vueltas de la maquinaria en el terreno; la eliminación de estas prácticas produce un ahorro anual de energéticos equivalente a 36.6 litros de diesel cuando se compara con la labranza convencional, esa cantidad de energía ahorrada puede parecer insignificante si se observa de manera particular pero a escala nacional es muy importante, **Phillips, et al (1980)**, **Paschal et al (1935)**, por ejemplo **Escobedo (1998)**, al suprimir las labores de volteo rastreo y surcado bajo condiciones de riego en Zacatecas, redujo los costos de producción de frijol y maíz al 20% sin abatir el rendimiento, lo anterior representa un ahorro anual en aquella entidad por 39'525,00.⁰⁰ Por su parte **Griffith, et al (1973)**, afirman que sobre todo no se han detectado diferencias significativas en el rendimiento de maíz y soya a través del tiempo; con el uso de labranza mínima se reducen los costos de producción hasta en un 60%.

Al parecer, antes de pensar en el tipo o nivel de labranza a utilizar, conviene tomar en cuenta las características del suelo, debido a que estas influyen en la eficiencia de la labranza, pues se sabe que existen suelos cuyas características físicas son excelentes y requieren de poco laboreo, otros tienen condiciones físicas mejoradas por la labranza, pero de efectos tan poco duraderos que el impacto es mínimo en el rendimiento; entre ambos extremos, existe un amplio espectro de suelos cuya productividad obedece a la labranza en mayor o menor grado **Henderson (1979)**, **Sokolovsky (1933)**. Finalmente, se destaca la importancia de estimar fechas de siembra basadas en la cantidad mínima de lluvia que asegure la germinación y establecimiento de los cultivos **Villalpando, (1985)**, **Hershfield, (1964)**.

Los objetivos del trabajo son: a) validar los métodos de labranza utilizados por los productores para captar en el terreno el agua de lluvia al momento de la siembra, b) evaluar económicamente estos sistemas de producción, bajo la hipótesis de que la humedad en el suelo no varía significativamente por los efectos de labranza y que las pérdidas económicas aumentan significativamente.

MATERIALES Y METODOS

En el verano de 1993, 1994, 1996, 1997 y 1998 se estableció en un suelo franco del CECAL (Campo Experimental Calera), un trabajo para evaluar dos niveles de labranza, convencional y cero en la captación del agua de lluvia en el suelo al momento de la siembra y comparar los costos de producción, bajo la hipótesis de que la humedad en el suelo no varía significativamente por efectos de labranza y que las pérdidas económicas son significativas al aumentar los niveles de laboreo.

El tratamiento de labranza convencional consistió en voltear el terreno antes de las lluvias, cuando estas se presentaron y el suelo dio punto, se rastreó y se sembró; el tratamiento de cero labranza consistió en dejar en el terreno el lomo de los surcos del ciclo anterior y esperar las lluvias, cuando el suelo dió punto, se rastreó y sembró. Antes de la siembra, se hicieron muestreos de humedad al terreno en las profundidades de 0-15 y de 15-30 cm; y se continuaron cada 7 días durante el ciclo de los cultivos, los contenidos de humedad en el suelo se determinaron por el método gravimétrico; se tomó nota de la precipitación pluvial acumulada durante el ciclo y se hizo énfasis en la cantidad sumada al momento de la siembra; según la oportunidad de las lluvias se decidió el tipo de cultivos: en 1993, se sembró frijol el 11 de julio; en 1994, se sembró maíz el 16 de julio; en 1996, se sembró frijol el 22 de junio; en 1997, se sembró avena el 14 de agosto y en 1998, se sembró frijol el 24 de junio. Los datos de humedad (%), las medias de rendimiento cuando lo hubo y los costos de producción, se analizaron en un diseño de bloque al azar. Antes de iniciar el trabajo se hizo un análisis físicoquímico del suelo.

RESULTADOS Y DISCUSION

No se detectó diferencia significativa entre el contenido de humedad (%) y los tratamientos de labranza aplicados, tampoco se detectó relación entre el contenido de humedad y la precipitación pluvial; la humedad en el suelo fue mayor estadísticamente en la profundidad de 0-15 cm en los años 1993 y 1997. **Cuadro 1.** En la opinión de **Winter (1977)**, debe admitirse que con las labores primarias de cultivo, labranza con arados de rejas o de discos, incrementa temporalmente la capacidad de retención de humedad en el suelo, pero este incremento no es suficiente para explicar el aumento sustancial del rendimiento que suele observarse y que se atribuye casi siempre al crecimiento y desarrollo de raíces en los suelos con estructura mejorada. Por su parte, **Palacios (1977)**, menciona la importancia de conocer el régimen pluvial como fuente de abastecimiento de agua para los cultivos, sin olvidar que los factores más importantes para la precipitación efectiva, son la intensidad de la precipitación, velocidad de infiltración del suelo, cobertura vegetal, topografía y otros.

Durante los cinco años de estudio solo en tres se obtuvo cosecha y dos se perdieron totalmente;

El análisis económico reporta diferencia altamente significativa para la producción de avena en kg./ha de forraje obtenida en 1996, independientemente de los tratamientos de labranza. **Cuadro 2.** En este sentido **Escobedo (1998)**, concluye que al suprimir las labores de volteo, rastreo y surcado en siembras de riego, se abaten los costos de producción al

20% en cultivos de frijol y maíz, lo anterior equivale a un ahorro anual en Zacatecas por \$ 39'525,00 y los rendimientos no disminuyen significativamente.

Cuadro 1. Significación estadística del contenido de humedad (%) en el suelo en el periodo de 1993-1998. Calera, Zacatecas. 1999.

Tukey	Humedad (%)X	P. pluvial (mm)	Años
A	19.350	25.61	1993
A	17.900	85.69	1996
AB	16.400	20.16	1994
AB	15.350	87.46	1998
B	12.800	30.0	1997
$R^2 = .97$	C V=3.76%	D M S=1.79	Hum X =16.36%

Cuadro 2. Significación estadística de la ganancia neta (\$) durante el periodo de 1993-1998. Calera, Zacatecas. 1999.

Tukey	Ganancia neta \$	Años
A	4396	1996
B	978	1993
B	725	1998
B	-440	1994
B	-440	1997
DMS=\$ 2639.8	$R^2 = .98$; C V=35.6%	Gan \$ X= 1043.8

El análisis fisicoquímico del suelo indica que se trata de un terreno franco donde el pH va de 6.7 a 7.4 y la materia orgánica de 1.9 a 2.9, la capacidad de campo en la profundidad de 0-15 cm va de 19.6 a 20 y el pmp de 10.5 a 10.7; en la profundidad de 15-30 cm estos valores son de 20 a 21 y de 10.7 a 11.2.

CONCLUSIONES

Con relación a la captación del agua de lluvia con las practicas de labranza usadas por los productores, la hipótesis es cierta en el sentido de que la humedad en el suelo no aumenta significativamente por los efectos de labranza, ni por la cantidad del agua de lluvia.

Económicamente solo algunos años el 8% de los productores entrevistados, obtienen resultados favorables de la agricultura con el sistema de cero labranza en condiciones de escasa precipitación. Lo anterior señala que al reducir la labor de volteo en la preparación del suelo para la siembra en el altiplano de Zacatecas, se abaten los costos de producción al 16%, esto significa un ahorro anual para los productores por \$ 255 millones de pesos

Se deduce la necesidad de diseñar y probar otras practicas de captación de agua de lluvia.

LITERATURA REVISADA

1. Anaya, Garduño. Manuel. 1991. Aprovechamiento de la lluvia en zonas agrícolas de temporal deficiente. En: Salinas G. H., S. Flores. , M. Martínez. Memoria de taller sobre captación y aprovechamiento del agua con fines agropecuarios en zonas de escasa precipitación. Zacatecas. México p2.
2. Dumont, René. M. F. Motin 1982. El mal desarrollo en América Latina. Traducción al español de Marie-therese Brun. Panorama editorial, S.A. México 5, D.F.
3. Escobedo, Rosales. J. Santos. 1996. El diagnóstico agrícola: una alternativa para detectar áreas problema investigables. Tesis de maestría en ciencia Universidad Autónoma de Zacatecas. México.
4. Escobedo, Rosales. J. Santos. 1981. Captación del agua de lluvia mediante prácticas de subsoleo en el altiplano de Zacatecas, pp. 894-914. In: XIV Congreso Nacional de la ciencia del suelo. San Luis Potosí. S. L. P. México.
5. Escobedo, Rosales J: Santos. 1998. Producción Sostenible de frijol y maíz con labranza mínima en Zacatecas. In: V. M. Ordaz Chaparro y P. Sánchez Gracia. (ed). 29 Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. La investigación edafológica en México. Tapachula de Córdoba y Ordóñez, Chiapas, México.
6. Griffith, D. R., Mannering, J. V., Galloway, H. M., Parsons, D., Richey, C. B., 1973. Effect of eight Tillage-planting. Systems on soil temperature, percent stand, plant, growth, and yield of corn on five Indiana soils. Agron. J., 65: 321-326.
7. Henderson, D. W. 1979. Management in semiarid environments, in agriculture in semiarid environments edited by Hall, Cannell S Lawton, Springer-Verlag pp. 224-237.
8. Hershfield, M. F. 1964. Effective Rainfal and Irrigation Water Requeriments. Journal of Irrigation and drainage division. Proc. of the Asce. Vol. 90.
9. Linden, D.R. 1982. Predicting Tillaje Effect on Evaporation Frow the soil. In ASA (Ed). Special Publication number 44. Predicting Tillage Effect on soil properpies and processes. Madison.
10. Palacios Vélez E. 1977. Introducción a la teoría de la Operación de Distritos y Sistemas de Riego. Ed. Colegio de postgraduados. Chapingo, México.
11. Paschal, A. H., R. T. S. Burke, and I. D. Baver. 1935. Agregation studies on the Muskingan, Chester and Lansdale Silt loams. Amer. Soil Survey Assoc. Bull. 16: 44-45.
12. Phillips, R. E. y S. H. Phillips. 1984. No Tillage Agriculture. Van Nostrand Reinholand Company. New York.
13. Phillips, R. E., Blebins, R. L., Thomas, G. W., Firye, W. W., Phillips, S. E., 1980. Sciencie Vol. 208. No. 4448.

14. Puhr, L. F., and O. Olson. 1937. A preliminary study on the effect of cultivation on certain chemical and physical properties of some south Dakota soils. South Dakota. Agr. Exp. Sta. Bull. 314.
15. Sokolovsky, A. N., 1933. The problem of the soil structure. In: Soc. soil sci., trans. First Commission, Soviet Section: A. 1:34-110.
16. Vega, E.J., Petyy, A., Barleta, H. 1992. Labranza cero en el trópico seco Centroamericano. Agricultura de las Américas. 6: 16-23
17. Villalpando, I. J. F. 1985. Metodología de Investigación en Agroclimatología. SARH. Consejo Directivo de la Investigación Agrícola, Pecuaria y Forestal. Curso de orientación para aspirantes a investigadores del INIP, INIF e INIA. Zapopan. Jal., México. pp. 6.
18. Winter, E. J. 1977. El agua, el suelo y la planta. Traducción al español de A. Contin. Editorial Diana. México.

CONSERVACIÓN DE SUELO Y AGUA EN SUELOS AGRÍCOLAS DE LADERA DEL ESTADO DE VERACRUZ

SERGIO URIBE GÓMEZ, NÉSTOR FRANCISCO NICOLÁS, ANTONIO TURRENT FERNÁNDEZ Y RENÉ CAMACHO CASTRO.

INTRODUCCION

Existen evidencias históricas que indican que algunos de los desiertos actuales, alguna vez, fueron bosques, los cuales se talaron para dedicar los suelos a otros usos. Al proceso de deforestación, siguió la degradación del suelo hasta que éste perdió su capacidad para mantener los ciclos biológicos que se sustentan en la existencia de la vegetación, dando paso a la desertificación.

Gracias a su gradiente altitudinal, de 0 a 5700 m, el estado de Veracruz presenta gran diversidad climática, edáfica y topográfica. Estas condiciones naturales favorecen una gran diversidad biológica y permiten que Veracruz sea considerado como uno de los tres estados con mayor diversidad biológica en el país. Sin embargo, en los últimos 25 años el proceso de modernización ha originado la pérdida de 75% de las selvas y de los bosques, con la consecuente pérdida de la biodiversidad. Con la deforestación, los suelos han perdido su cubierta vegetal y han quedado expuestos a un alto riesgo de erosión y de pérdida de materia orgánica.

Otro factor antropogénico que acelera el proceso de desertificación es la agricultura de ladera, practicada en una superficie estimada de 173 mil ha en el estado de Veracruz que se distribuyen en la sierra de Huayacocotla, Región Centro del estado y Cofre de Perote, Volcán de Orizaba y Sierras de Zongolica, Los Tuxtlas y Santa Marta, con pérdidas potenciales de suelo mayores que 300 toneladas por hectárea por año. El alto riesgo de erosión se atribuye a la combinación de la erosividad de las lluvias, la pendiente del terreno y la erosionabilidad de los suelos. (Uresti *et al.* , 1992).

Por otra parte, la distribución irregular de las lluvias durante el año y la presencia de cultivos dobles, como por ejemplo, maíz-maíz, y maíz-frijol, originan problemas de excesos y deficiencias de humedad durante los ciclos de cultivo primavera-verano, cuando se registra 80% de la precipitación, y otoño-invierno, respectivamente. Estudios realizados en Los Tuxtlas indican que en 70% de los años el cultivo de maíz se asocia con excesos de humedad durante el primer ciclo de cultivo y en 30% se registran deficiencias de humedad en el segundo (Uribe, 1983).

Para detener el proceso de desertificación que amenaza las áreas agrícolas de ladera en las regiones tropicales subhúmedas de México se requiere estabilizar las laderas contra la erosión hídrica con prácticas de conservación que disminuyan la pérdida de suelo, mejorando los regímenes hídricos registrados en diferentes posiciones de la pendiente.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar tres manejos del suelo: terrazas de muro vivo (TMV), labranza de conservación (LC) y manejo tradicional del suelo (LT), en cuanto a su contribución para conservar los recursos del suelo y el agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El manejo del suelo con terrazas de muro vivo se inició a partir de 1988 en un suelo degradado de ladera con 15 % de pendiente, clasificado como Typic Tropofluvents, en el ejido Vistahermosa, municipio de San Andrés Tuxtla, Veracruz.

La tecnología de TMV consiste en la formación paulatina de una terraza con la interacción de los siguientes elementos: la presencia de setos de una especie arbórea en contorno; la instalación anual de un filtro de sedimentos, aguas arriba del seto, construida con residuos de cultivo y material de poda del seto; la roturación unidireccional del suelo; y los factores locales de erosión, como la intensidad de la lluvia, el grado y la longitud de la pendiente y la erosionabilidad del suelo (Turrent *et al.*, 1995).

Los tratamientos fueron los siguientes: 1) terrazas de muro vivo con tracción animal y un metro de desnivel entre setos (TMV – TA), 2) terrazas de muro vivo con tracción mecánica y un metro de desnivel (TMV – TM), 3) labranza convencional (LT). El primer tratamiento se roturó una vez al año con arado reversible de tracción animal a una profundidad de 10 cm, la tercera parte de los residuos se colocaron en el filtro de sedimentos y el resto se incorporaron al suelo durante la labranza; el segundo, se roturó con arado reversible y tractor, a una profundidad de 30 cm, y el manejo de los residuos fue igual al primer tratamiento; en el tercero, no se establecieron terrazas, el suelo se roturó con arado reversible y tractor, a una profundidad de 30 cm, y se quemaron los residuos de los cultivos. En 1994 se agregó a los tratamientos anteriores el de Labranza de Conservación (LC), el cual consistió en dejar sobre la superficie todos los residuos de los dos ciclos de cultivo y el control de hierbas se realizó con herbicidas sistémicos, preemergentes y desecantes: glifosato, atrazina y paraquat.

En 1995 se instalaron un pluviógrafo de registro diario y cuatro lotes de escurrimiento de 2 m de ancho por 25 m de longitud (50 m²). Cada lote se conectó mediante poliducto a tres depósitos colectores, colocados en la parte baja del lote. En éstos depósitos se registró la altura del escurrimiento superficial, y se calculó la lámina escurrida y el coeficiente de escurrimiento. Además, se colectó todo el sedimento depositado, se secó en una estufa y se calculó la pérdida de suelo en cada uno de los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados sobre pérdida de suelo obtenidos durante cuatro años de registro se presentan en el Cuadro 1, donde resalta la magnitud del proceso erosivo registrado con la labranza convencional que implica quemar los residuos de cultivo y arar el suelo con tracción mecánica. Con este manejo se pierden 163 toneladas de suelo por año, que asumiendo una densidad aparente de 1.4 t m⁻³, representa una disminución de 11.6 mm del espesor de suelo, lo que significa que en los próximos 25 años, los suelos agrícolas con

pendiente mayor que 14% habrán perdido una capa arable de 30 cm de espesor y habrán disminuído su productividad quizá a un nivel ya no recuperable.

Cuadro 1. Pérdida de suelo ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) registrada en un Entisol con diferente manejo del suelo en Los Tuxtlas, Veracruz.

MANEJO DEL SUELO ¹	AÑO HIDROLÓGICO ²				PROMEDIO
	1995	1996	1997	1998	
TMV – TA	550	297	3 455	3 922	2 056
TMV – TM	158	5 141	27 075	18 914	12 822
L. CONVENCIONAL	44 530	81 728	240 521	285 174	162 988
L. CONSERVACIÓN	275	694	436	2094	875
PRECIPITACIÓN					
EOSIVA ³	663	1 023	1 072	1 096	964
TOTAL	1 254	1 529	1 354	1 391	1 382

¹ TMV = Terrazas de muro vivo; TA = Tracción animal; TM = Tracción mecánica; y L = Labranza.

² El año hidrológico inicia en mayo y termina en abril del año siguiente.

³ Precipitación erosiva es aquélla que originó escurrimiento igual o mayor que 1 mm en algún manejo del suelo.

Desafortunadamente, la gravedad del problema no se visualiza en el corto plazo porque el efecto de la erosión no se registra de inmediato en la productividad, ya que el uso intensivo de insumos como fertilizantes, aunado a condiciones favorables de humedad, enmascaran este efecto (Arce-Díaz *et al.*, 1993). Sin embargo, existen evidencias que muestran que la productividad decrece al disminuir la profundidad del suelo, principalmente porque disminuye la disponibilidad de agua para las plantas (Jones *et al.*, 1989).

Por otra parte, si se relaciona la pérdida de suelo con la producción de maíz obtenida con el tratamiento de labranza convencional, se tiene que se pierden 23 kg de suelo por cada kilogramo de maíz que se produce en el agrosistema de maíz en laderas roturadas, lo cual representa un costo ecológico muy alto, que conduce hacia la sostenibilidad del recurso suelo.

Con base en la información presentada en el Cuadro 1 se afirma que las tecnologías de terrazas de muro vivo y la labranza de conservación representan soluciones técnicas al problema edáfico

más importante en México, en cuanto que disminuyen la pérdida de suelo a niveles permisibles; sin embargo, las posibilidades de que los productores las adopten son aún remotas, por la ausencia de programas que impulsen la adopción de estas tecnologías.

Otro aspecto a considerar es el efecto regulador del suelo en la magnitud de las avenidas de los ríos que tienen consecuencias devastadoras en las partes bajas. Al respecto, en el Cuadro 2 se presenta el escurrimiento superficial registrado con diferentes manejos del suelo durante cuatro años. Se observa que las terrazas de muro vivo y la labranza de conservación disminuyen hasta en 50 % el escurrimiento superficial, propiciando mayor

infiltración del agua de lluvia, que puede ser aprovechada "in situ" por los cultivos. Además, disminuye la capacidad erosiva de los escurrimientos y la capacidad devastadora de las avenidas de los ríos.

Cuadro 2. Escurrimiento superficial (mm ha^{-1}) en un Entisol con diferente manejo del suelo en Los Tuxtlas, Veracruz.

MANEJO DEL SUELO ¹	AÑO HIDROLÓGICO ²					C.ESC. ³ (%)
	1995	1996	1997	1998	PROMEDIO	
TMV-TA	118	205	164	260	187	13.5
TMV-TM	30	303	434	149	229	16.6
L. CONVENCIONAL	202	457	554	408	405	29.3
L. CONSERVACIÓN	64	206	299	235	201	14.5
PRECIPITACIÓN (mm)	1254	1529	1354	1391	1382	

¹ TMV = Terrazas de muro vivo; TA = Tracción animal; TM = Tracción mecánica; L= Labranza.

² El año hidrológico inicia en mayo y termina en abril del año siguiente.

³ C. Esc = Coeficiente de escurrimiento, representa la relación entre el escurrimiento y la precipitación promedio de cuatro años.

Desafortunadamente, no se tiene información sobre el contenido de humedad del suelo en relación con su manejo. Sin embargo, la contribución de la terraza de muro vivo a la productividad de las laderas en el cultivo de maíz, de 815 kg ha^{-1} en el ciclo de cultivo de otoño-invierno, se atribuye a una mayor disponibilidad de humedad (Uribe *et al.*, 1998).

Por otra parte, la presencia de texturas finas en los suelos y la mayor infiltración del agua de lluvia pueden aumentar la incidencia de excesos de humedad para el maíz del ciclo de cultivo de primavera-verano, y limitar la producción de este cultivo, pero, afortunadamente, también puede favorecer las condiciones para el desarrollo de otros cultivos, como por ejemplo el arroz, lo cual contribuye a diversificar la producción.

Finalmente, en el Cuadro 3 se presenta la estabilidad de diferentes manejos del suelo en los eventos más erosivos registrados en cuatro años.

Cuadro 3. Pérdida de suelo ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) registrada en los eventos más erosivos en un Entisol con diferente manejo en Los Tuxtlas, Veracruz.

MANEJO DEL SUELO ¹	AÑO HIDROLÓGICO ²			
	1995	1996	1997	1998
TMV-TA	68	101	126	136
TMV-TM	6	698	5028	1 999
L. CONVENCIONAL	10 860	23 477	49 850	56 346
L. CONSERVACIÓN	3	174	43	641
DTAH	81	145	101	85

¹ TMV = Terraza de muro vivo; TA = Tracción animal; TM = Tracción mecánica; L=Labranza.

² El año hidrológico inicia en mayo y termina en abril del siguiente año.

³ DTAH = Días transcurridos del año hidrológico.

En el Cuadro 3 se aprecia que la magnitud de un solo evento erosivo puede ser hasta de 56 toneladas de suelo perdido con un manejo tradicional del suelo, que representa un espesor de suelo de 4 mm; de tal manera que, el preciado fruto de la naturaleza de muchos años se pierde en un solo evento como consecuencia del mal manejo del suelo. También se resalta la eficiencia de la terraza de muro vivo y la labranza de conservación aún en los eventos más erosivos registrados en los cuatro años de estudio, mostrándose la estabilidad de estas prácticas de conservación del suelo y del agua.

CONCLUSIONES

En el presente estudio se muestran evidencias que permiten concluir que la terraza de muro vivo y la labranza de conservación constituyen soluciones técnicas al problema de erosión de erosión de los suelos tropicales, en cuanto contribuyen a disminuir la pérdida de suelo y aumentan la disponibilidad de humedad para los cultivos, que se expresa en incrementos de la productividad de los cultivos.

Por otra parte, se concluye que la quema de los residuos de los cultivos y la roturación de las laderas conducen hacia la desertificación de los suelos aún en condiciones tropicales húmedas, en cuanto disminuyen su capacidad para retener la humedad.

LITERATURA CITADA

Arce-Díaz, E., A. M. Featherstone, J. R. Williams, and D. L. Tanaka. 1993. Substitutability of fertilizer and rainfall for erosion in spring wheat erosion. *Journal Production Agriculture* 6:72-76.

Jones, A. J., L. N. Mielke, C. A. Bartles, and C. A. Miller. 1989. Relationship of landscape positions and properties to crop production. *Journal of Soil and Water Conservation* 44:320-332.

Turrent F., A., S. Uribe Gómez, N. Francisco Nicolás y R. Camacho C. 1995. La terraza de muro vivo para laderas roturadas del trópico subhúmedo de México. I. Análisis del desarrollo de la terraza durante 6 años. *Terra* 13:276-298.

Uresti G., J. 1992. Evaluación semidetallada del riesgo potencial de erosión hídrica en el estado de Veracruz. In: *Memorias V Reunión Científica del Sector Agropecuario y Forestal en el Estado de Veracruz*. INIFAP. Veracruz, Ver. pp: 83-96.

Uribe G., S. 1983. El patrón tradicional de cultivos en la región de los Tuxtlas, Ver., y su relación con algunas características climáticas y edáficas. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 119 p.

Uribe G., S., N. Francisco N., R. Camacho C. y A. Turrent F. 1998. Tecnologías prosostenibles de manejo de suelos tropicales en el sur de Veracruz. In: *Memorias Décima Primera Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria*. INIFAP. Veracruz, Ver. pp: 93-99.

LA CUENCA, UN SISTEMA NATURAL DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA.

**M. EN A. LAURA C. RUELAS MONJARDÍN
DRA. PATRICIA MORENO-CASASOLA**

1. La cuenca, es el sistema natural de captación de agua de lluvia, dado que este término generalmente indica el área total de captación de un río o drenaje (Barrow, 1987). El hecho de que sus límites sean naturales, no efímeros la convierten en una unidad ideal de manejo (Laconte y Haimés, 1982, citado en Barrow, 1987). Como unidad, cuyos subsistemas funcionan a la par, cualquier cambio en uno de ellos se refleja en el resto. Por ejemplo, si se sustituye una gran parte de la cubierta vegetal de una cuenca por plantas que tienen mayor o menor tasa de evapotranspiración, la acumulación del agua subterránea puede incrementarse o disminuir, respectivamente; estos cambios también afectan la tasa de infiltración y las corrientes superficiales al variar la cantidad, velocidad y calidad de las corrientes y descargas en los ríos. De manera general, se puede decir que las modificaciones que el hombre hace al suelo y al agua alteran de manera fundamental los sistemas acuáticos.

Actualmente, cuando prácticamente ya no existen fuentes de agua de fácil explotación y que cada vez resulta más caro transportarla, es indispensable llevar a cabo acciones integrales que hagan posible el uso sustentable de la cuenca. De manera alterna, es necesario explotar enfoques de tipo colaborativo o multi-actores que permitan construir acuerdos para la distribución del agua, recurso que al volverse cada vez más escaso es fuente de conflictos.

2. La cantidad del agua como fuente de conflictos.

El agua, un recurso finito, que es indispensable para el desarrollo de cualquier actividad y para la persistencia de la vida humana misma, enfrenta un estado de escasez que obedece a tres factores (Gleick, 1993): la mal distribución del agua dulce, las tendencias en el crecimiento de la población y el estilo de desarrollo actual. La población mundial se ha cuadruplicado de 1.6 billones que había en 1900 a 6.2 billones que se esperan para el 2000 (Baer, 1996); el consumo per cápita ha aumentado en diferente escala en los países desarrollados y en desarrollo. En los países desarrollados, los usos agrícolas, industriales y para el consumo doméstico promedian 1,200 m³ de agua al año, en tanto que en los países en desarrollo el consumo total desciende a 520 m³. Esto coloca a la mayoría de los países en desarrollo ante una situación de escasez; ya que de acuerdo con Fladenmark (1992, y citado en Baer, 1996), el grado de escasez que enfrenta un país se da en la medida de que si la cantidad mínima necesaria para mantener a un individuo en buen estado de salud, es 100 litros al día y que la agricultura requiere cinco veces más de esta cantidad, un país se categoriza en estado de estrés si el consumo per cápita anual está por arriba de los 1700 m³., en estado de escasez si lo está entre los 1000 y 500 m³ y en escasez absoluta si está por debajo de los 500 m³.

Esta situación de crisis impera en su mayoría en países con los más bajos ingresos. De acuerdo con proyecciones de las Naciones Unidas, la población que experimentará escasez llegará a 4.5 billones en el 2050 (sin incluir a China). Este incremento en la población se dará sobre todo en países que ya se encuentran en estado de estrés o de relativa o más seria escasez (Baer, 1996).

En México, la demanda de agua ha ido en ascenso en las décadas recientes. Se estima que la población actual se incrementa más del doble en el tiempo en que el país alcance de manera hipotética un estacionamiento de la población para mediados del siglo XXI (Comisión Nacional del Agua, 1995, citado en Tortajada). Además el problema no es sólo de escasez, sino de distribución. Dos tercios del territorio mexicano es árido o semi-árido, mientras que la población está distribuida de manera inversa a la disponibilidad de agua. Más del 50% del territorio capta el 19% del agua promedio anual y comprende dos tercios de la población total, 70% de la actividad industrial y 40% de las tierras no irrigadas. Menos del 25% del territorio capta el 67% del agua promedio anual y comprende el 24% de la población total y tiene una industria incipiente. Esto es, más del 25% de la población total está asentada en áreas que están arriba de los 2,000 msnm, donde se da en áreas bajo los 500 m, con población similar (Presidencia de la República, 1992, citado en Castro, 1995).

Además, a nivel nacional, la sustracción de agua se ha incrementado en aproximadamente 185,999 millones de m³ al año, lo que representa el 43% de los recursos renovables de agua del país, mientras que el consumo total representa solo el 15% del total del agua renovable. Las actividades que mayor demanda de agua tienen son la irrigación, que representa el 80% del consumo total y la generación de energía eléctrica, con el 69%. A pesar de estas cifras, las cuencas de los ríos y acuíferos están sometidos a verdaderas presiones, ya que los balances regionales de agua para más de la mitad del país muestra déficits considerables, que demuestra el grado de sobreexplotación del agua subterránea, así como el problema creciente de contaminación del agua (INEGI, 1994, citado en Tortajada).

El gobierno mexicano se ha propuesto enfrentar esta problemática asumiendo tres grandes retos: Proporcionarla a un creciente número de usuarios, posibilitar que las agencias que manejan el agua generen suficientes ingresos y canalizar y resolver conflictos (CNA, 1994, citado en Castro, 1995).

Para lograr esto, a partir de los 80s se dan cambios en la política de manejo del agua. Las estrategias para enfrentar esta problemática se reflejan en: la participación del sector privado, esto es, que el estado abandona su tradicional papel de proveedor, donador y benefactor (CNA, 1990, citado en Castro, 1995). Esta medida sienta las bases formales para crear los mercados del agua y de la tierra; de esta manera otorga a ambas el estado de propiedad privada. Para ello crea las figuras de empresario y cliente, confiriéndole al primero la responsabilidad en la distribución, la inversión en infraestructura y del costo del servicio y al segundo como aquel que puede pagar por el suministro del recurso (Castro, 1995). De manera paralela, el estado fortalece su papel regulador mediante la creación de la Comisión Nacional del Agua. El objetivo de estas medidas pone de manifiesto que el agua deja de ser un recurso gratuito y se busca la autosuficiencia en el sector. Esta medida tuvo relativo éxito en los distritos de riego del norte y noroeste del país, donde la

agricultura está dirigida hacia la exportación en cambio en los distritos de riego del sureste, donde operan los minifundios, con agricultura de subsistencia, esta política ha sido de poco éxito.

Esta situación de inequidad como resultado de disputas, mismas que pueden agudizarse dependiendo del grado de escasez del recurso, la ubicación del conflicto y la disposición de los involucrados en resolverlo.

Dado que a nivel internacional, el tema ambiental forma parte de las agendas de trabajo entre las naciones, ejemplo el Tratado de Libre Comercio México-Estados Unidos, lo que actualmente se plantea es cómo resolverlo, qué estrategias diseñar. En este aspecto, países como Estados Unidos, Canadá, Reino Unido y Australia han buscado resolver el problema de manejo de recursos complejos mediante enfoques de planeación colaborativos, en donde la resolución de conflictos a través de consenso, ha dado resultados exitosos.

ESTRATEGIAS

La búsqueda de soluciones a esta gama de intereses, ha llevado a la necesidad de explotar el uso de enfoques colaborativos, cuyas principales características son: la búsqueda de nuevos arreglos institucionales, que contemplen el nivel local e institucional. La presencia de ambos niveles es clave para el involucramiento y compromiso de los participantes, ya que de acuerdo con Ostrom (1990), el logro de arreglos estructurales dependen de las instituciones externas; mientras que Innes (1994) argumenta que los procesos informales de colaboración tienen que considerar las instancias legales, políticas y administrativas que dan legitimidad a las arenas de discusión y a sus conclusiones. La necesidad de adoptar enfoques interinstitucionales en donde se ligen áreas de acción y de políticas que anteriormente estaban desvinculadas. En el caso del agua, es importante la interrelación entre instituciones como Comisión Nacional del Agua, Comisión Federal de Electricidad, Zona Federal Marítimo Terrestre y Comisión Local de Agua y Saneamiento. Esta teoría también plantea la necesidad de construir nuevas estructuras que faciliten la cooperación y coordinación tanto dentro del sector público, y entre los sectores públicos, privados y comunidades y que fomentan y se basan en el involucramiento de la comunidad y en las iniciativas locales (Commission of the European Communities, 1992 and Blowers, 1993, citado en Woods et al., 1999). En La Mancha, estos nuevos arreglos institucionales se han resuelto parcialmente mediante la creación del Comité de Plan de Manejo, el cual se ha conformado como la arena de discusión y toma de decisiones; sin embargo, para que los actores sientan que su trabajo cuenta y se comprometan al logro de la sustentabilidad de la cuenca, es necesario fortalecer este mecanismo como la única arena donde las decisiones y discusiones substanciales se dan.

ACCIONES

Para poner en marcha este proceso colaborativo, se contemplan los parámetros siguientes:

1. Principios: Es necesario definir los principios que guiarán el diseño de los acuerdos.
2. Infraestructura suave: La cual se da dentro de la práctica de planeación y la construcción de relaciones y que se genera en la medida en que se da el suficiente y mutuo aprendizaje, con el fin de desarrollar el capital político, social e intelectual para

promover la coordinación y el flujo de conocimiento y competencia entre las diversas relaciones sociales que coexisten dentro de los lugares (Healey, 1997).

Para la creación de esta infraestructura se requiere:

- 2.1 Identificación e involucrar a los actores en el problema.
- 2.2 Definición las arenas dónde se debe discutir
- 2.3 Definir el modo y proceso de discusión
- 2.4 Prestar atención a los diferentes lenguajes de discusión
- 2.5 Logro de acuerdos
3. Infraestructura dura. Este nivel está relacionado con el sistema de planeación. Esta estructura está integrada por las instituciones formales que restringen y modifican los centros de poder. Actúan como legitimadores de las iniciativas (Healey, 1997). En el diseño de esta estructura se considerarán los siguientes parámetros.
 - 3.1 Los derechos. El derecho a ser tomado en cuenta, a ser informado
 - 3.2 Obligaciones. La obligación de cumplir compromisos, respetar acuerdos
 - 3.3 Distribución y control de los recursos que faciliten una toma de decisiones bien informada.

De manera resumida, el proceso colaborativo se puede dividir en tres fases (Gray, 1989; Julian, 1994; Selin & Chávez, 1995; Susskind & Cruikshank, 1987, citado en Margerum, 1999)

1. El Establecimiento del problema: En esta fase se dan los pasos necesarios para reunir a los actores, lograr que se comprometan y desarrollar la infraestructura que facilite la colaboración.
2. El Establecimiento de la dirección: Los participantes identifican los problemas, se identifican con él mediante la búsqueda conjunta de información, resuelven los conflictos, acuerdan metas comunes, alcanzan consenso e identifican las acciones a implementar.
3. Fase de implementación: En esta fase, los actores especifican las acciones, los roles y tareas; diseñan el enfoque para implementar las acciones, las llevan a cabo, las monitorean y miden los resultados. Esta fase se enfoca básicamente en el monitoreo y el aseguramiento en el cumplimiento de los acuerdos.

CONCLUSIONES

En el manejo de recursos complejos como el agua, es necesario adoptar una perspectiva amplia, que parta desde la manera natural en que ésta se capta, la necesidad de preservar esta unidad para que el funcionamiento armónico de este ecosistema haga posible el uso sustentable de sus recursos. Además de que el estatus de recurso escaso lo vuelve fuente de conflictos, lo que obliga a explotar nuevos enfoques donde se reconozca la diversidad de intereses, mismos que se pueden satisfacer si se reúnen, identifican problemas comunes, se proporcionan los recursos para que la toma de decisiones esté bien informada, se construyen consensos y se obtienen compromisos con los acuerdos.

REFERENCIAS

- Baer, A. 1996. Not enough water to go round. UNESCO. P. 277-292
- Barrow, C. 1987. Water resources and agricultural development in the tropics. Longman
- Castro, J.E. 1995. Decentralization and modernization in Mexico: the management of water services.
- Natural Resources Journal, Vol.35, summer, p. 461-487
- Gleick, P.H. 1993. Water and conflict. International security, Vol. 18, No. 1 summer, pp. 79-112
- Healey, P. 1997. Collaborative planning: shaping places in fragmented societies. MacMillan. 338.
- Innes, J., J. Gruber, M. Neuman and R. Thompson. 1994. Coordination through consensus building: California case studies. Report prepared for the California Policy Seminar, Berkeley, California, University of California, Berkeley.
- Margerum, R.D. 1999-Getting past yes: from capital creation to action. Journal of the American Planning Association, 65(2), spring, pp. 181-192.
- Ostrom, E. 1990. Governing the commons. The evolution of institutions for collective action. Cambridge: Cambridge University Press. 280 p.
- Tortajada, C. And A.K. Biswas. Environmental management of water resources in Mexico. [Http://iwrn.ces.fau.edu/mextorta.htm](http://iwrn.ces.fau.edu/mextorta.htm)
- Wood, R., J. Handley and S. Kidd. 1999. Sustainable development and institutional design: the example of the Mersey Basin Campaign. Journal of the Environmental Planning and Management, 42(3):341-354

EL FERROCEMENTO APLICADO EN OBRAS DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA, EN OAXACA.

**ING. TERTULIANO CABALLERO AQUINO
CIIDIR IPN UNIDAD OAXACA.**

RESUMEN

Oaxaca se caracteriza por ser uno de los Estados geográficamente más accidentados de la república Mexicana y en lugares como la Mixteca Oaxaqueña, como una de las más deforestadas del mundo; esto acarrea grandes problemas de emigración en varias comunidades por la falta de agua para consumo humano, para abrevadero o para fines agrícolas. Dentro de los proyectos de Investigación que realiza el CIIDIR IPN Unidad Oaxaca, se tiene el uso del ferrocemento como una opción de material de construcción de una gamma de aplicaciones como fabricación de barcos, viviendas, edificios públicos, silos, estanques piscícolas, cisternas, cortinas para presas pequeñas, etc. y en este trabajo se presenta la experiencia obtenida en el diseño y construcción de obras para la captación de agua de lluvia mediante “ollas de agua”, cortinas para presas pequeñas y cisternas o depósitos de agua.

INTRODUCCION

Se entiende por ferrocemento a un material similar al concreto reforzado, que utiliza mortero de cemento-arena reforzado con mallas de alambres, para formar elementos delgados rígidos e impermeables y susceptible de ser moldeada a diversas geometrías según las necesidades arquitectónicas y de resistencia.

Los espesores del ferrocemento pueden variar de 1 a 5 cm y para que sea considerado como tal, el área de acero debe estar entre 0.5 a 3.0 cm²/cm³ de volumen de mortero. En relación a las mallas, existen en el mercado malla electrosoldada, tela de gallinero y metal desplegado que unidas entre sí, permite que el mortero se adhiera con facilidad, logrando que cualquier persona con pocos conocimientos de albañilería (media cuchara) lo pueda aplicar.

Explicaremos en este trabajo el diseño y proceso constructivo de estructuras de ferrocemento para la retención de agua de lluvia para consumo humano como son: *ollas de agua, cortinas y cisternas o tanques de almacenamiento.*

DISEÑO DE OBRAS DE FERROCEMENTO.

1.- Cortinas de ferrocemento. La alternativa de utilizar el ferrocemento en la construcción de presas pequeñas ha resultado atractivo por su bajo costo, seguridad, facilidad de construirlo y la susceptibilidad de adecuarse a las condiciones socioeconómicas de las comunidades rurales asentadas en regiones semiáridas, con gran necesidad de reservas hídricas para diversos usos. La experiencia desarrollada en el CIIDIR IPN Unidad Oaxaca, en la construcción de cuatro cortinas de ferrocemento, nos permite recomendar ampliamente este tipo de obras de captación.

1.1 Diseño.- Los estudios previos que se realizan para este tipo de obras es la misma que se requiere para micropresas de tierra (bordos), de mampostería o de concreto; es decir, es necesario realizar los estudios geológicos, geotécnicos, topográficos, hidrológicos, etc. Con relación al diseño arquitectónico, la cortina consiste en cáscaras verticales con una relación flecha/cuerda = 0.15 a 0.20, que se apoyan directamente en el terreno natural o en contrafuertes de mampostería y por la carga hidráulica que soportan, es necesario rigidizarlas con nervaduras y tímpanos. Debe tener una losa de cimentación en todo el contorno de apoyo con el terreno, con la suficiente profundidad y anchura para que las filtraciones bajo ella sean de preferencia nulas (análisis de filtración con redes de flujo).

Otra ventaja que ofrece, es que se puede dejar al nivel del cauce uno o más compuertas sencillas para que el agua por si misma, retire los azolves y se incremente la vida útil de la micropresa. Así también, se dejan tomas para llevar el agua con tubería a donde se requiera.

Con relación al diseño estructural, en el CIIDIR IPN Unidad Oaxaca, se está usando el Método del Elemento Finito mediante la aplicación del SAP 2000 para determinar los esfuerzos y deformaciones a que trabaja la cortina (fig. 1). Previo a este análisis, se estuvieron realizando pruebas de laboratorio empleando anillos extensómetros y extensometría eléctrica para determinar el Módulo de Elasticidad y la relación de Poisson, que son los parámetros de diseño que utiliza el MEF, ya que se basa en la teoría elástica. Los resultados con este análisis, han mostrado que las cortinas tienen un alto factor de seguridad, como se demuestra con la cortina de Acaquizapan, Chazumba, Huajuapán, que no sufrió daño alguno después del sismo ocurrido el 15 de Junio pasado.

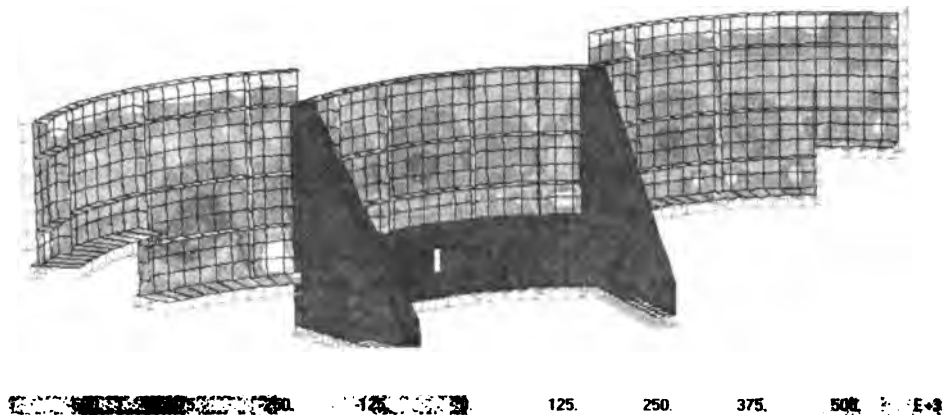


Fig. 1. Modelado de la cortina de tres arcos para Santo Domingo Nuxaá, Nochixtlán,

1.2 Proceso constructivo y costos- La experiencia que se tiene en este tipo de obras es la gran participación de los campesinos que aportan su mano de obra y esto, además de reducir costos, los motiva y representa un logro de su comunidad.

El proceso consiste en realizar la excavación y colocar una losa de concreto y muro de mampostería como cimentación, de la cual emergen mallas y varillas de diámetro pequeño formando una retícula para después colocar las demás mallas tejidas formando tanto la cáscara como las nervaduras y tímpanos (fig. 2) Posteriormente se embarra el mortero cemento-arena, en prop. 1:2.5, primero formando una capa y después a ambos lados como si fueran aplanados, presionando el mortero para compactarlo, logrando espesores no mayores de 4 cm y posteriormente curar con riegos continuos de agua después del fraguado para evitar agrietamientos y alcanzar la resistencia de proyecto. En la figura 3, se aprecian los cascarones de ferrocemento apoyados en contrafuertes de mampostería y en la fig. 4, la micropresa llena.



Fig. 2. Cortina de ferrocemento en construcción.



Fig. 3. Cascarones cilíndricos visto desde aguas



Fig. 4. Micropresa llena en San Pablo Huitzo, con altura de 5 m. Observe aguas abajo la cortina de mampostería que se venía construyendo 4 años antes.

En relación a costos, este tipo de obras representan menos de la mitad comparado con los tradicionales bordos de tierra, cuyos conceptos de obra se indican en las memorias del la V Reunión Nacional sobre sistemas de Captación de agua de lluvia celebrado el año pasado en Oaxaca.

2. Ollas de agua.- Son estructuras que se construyen por excavación del terreno natural tratando de compensar el material de excavación con el material que formará el borde o terraplén (fig. 5). Cuando el material no es suficientemente impermeable, se hace necesario revestirlo para reducir las pérdidas por infiltración.

2.1 Diseño.- El diseño y construcción de este tipo de obras presenta problemas específicos, lo que ha propiciado el desarrollo de una gran variedad de técnicas de impermeabilización debido a que son las filtraciones las que revisten una gran importancia que

hay que resolver. Así se tienen diferentes materiales de revestimiento como: Suelos compactados, Suelos estabilizados, Empedrados, Concreto hidráulico, *Ferrocemento*, Polietileno, Hule butilo, Neopreno, Hypalon, Poliofin elastizado, etc. Los estudios que se recomiendan son los siguientes:

2.1.1 Estudios geotécnicos: Es conveniente explorar y realizar algunos trabajos de campo, como son:

a. Sondeos.- Consiste en realizar excavaciones a cielo abierto para detectar estratos permeables que puede ser un drén natural donde se filtre el agua.

b. Clasificación de Suelos. Consiste en identificar los suelos en el campo de acuerdo al método SUCS (Sistema Unico de Clasificación de Suelos), sistema que los clasifica en: Gravas (de 7.5 a 0.5 cm de diám.), Arenas (de 0.5 cm a 0.075mm de diám.), Limos (de 0.075 a 0.005 mm de diám.) y Arcillas (menor de 0.005 mm). Los suelos gruesos (arenas y gravas), pueden identificarse por su tamaño y son los menos recomendables por su alta permeabilidad. Para suelos finos como Limos, Arcillas y Arena fina, se tienen las pruebas de Dilatancia (reacción al agitado); la prueba de Tenacidad (consistencia cerca del límite plástico) y la prueba de resistencia en estado seco (característica al rompimiento), lo cual remitimos a cualquier libro de Mecánica de Suelos para ver el procedimiento. En la tabla 1, se indican las características de cada prueba según el tipo de suelo.

Tabla 1.- Clasificación de suelos en campo.

TIPO DE SUELO	RESISTENCIA EN ESTADO SECO	DILATANCIA	TENACIDAD
Limos inorgánicos Arenosos y Polvo de roca	Nula a ligera	Rápida a lenta	Nula
Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, Arcillas arenosas, Arcillas limosas.	Media a alta	Nula a muy lenta	Media
Limos orgánicos, Arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad	Ligera a media	Lenta	Ligera
Limos inorgánicos elásticos.	Ligera a media	Lenta a nula	Ligera a media
Arcillas inorgánicas de alta plasticidad	Alta a muy alta	Nula	Alta
Limos o arcillas Inorgánicas de media a alta plasticidad	Media a alta	Nula a muy lenta	Ligera a media
Turba y suelos altamente orgánicos.	Media a alta	Nula a muy lenta	Ligera a media

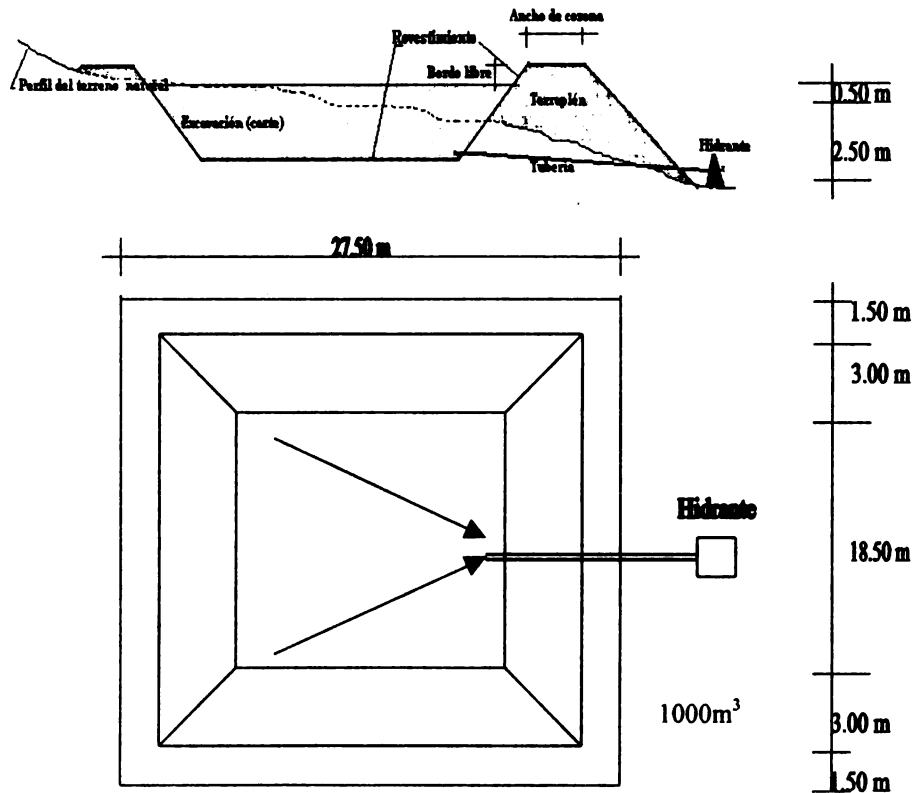


Fig. 5 Olla de agua con capacidad de 1000 m³.

2.1.2 Pruebas de permeabilidad. La prueba más sencilla para determinar la permeabilidad de un suelo es la de Nasberg o pozo de absorción. Esta consiste en realizar una excavación el cual se le va agregando agua manteniendo un cierto tirante, registrando tanto el volumen de agua agregada como el tiempo transcurrido. La siguiente fórmula semi-empírica, nos permite calcular el coeficiente de permeabilidad k

$$k = \frac{0.423}{h^2} Q \text{Log}_{10} \frac{4h}{d} \quad \text{Condición: } 25 < h/d < 100$$

Donde: d = diámetro del pozo
 h = tirante de agua constante
 Q = gasto de absorción

Para esto, se dibuja la curva de volumen de agua absorbida contra el tiempo (fig. 2) y se calculan los gastos de infiltración para cualquier periodo de tiempo.

$$Q = \frac{V(\text{Litros})}{t(\text{min})}$$

Cuando este volumen de infiltración es importante, se recomienda impermeabilizar la superficie con alguna de las técnicas mencionadas, inclusive en algunos suelos con alta permeabilidad, se recomienda colocar previo al revestimiento de concreto, ferrocemento u empedrado, una capa de polietileno de calibre grueso (mayor del N° 600), como se indica en la fig. 7.

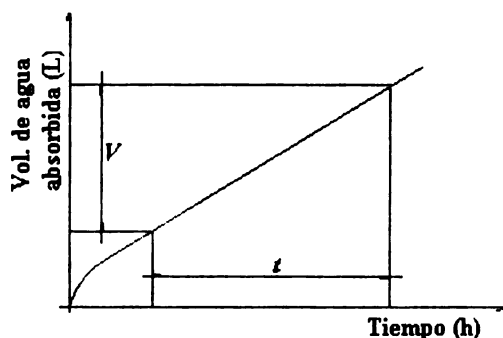


Fig. 6 Gráfica Volumen - Tiempo

2.1.3 Determinación de la evaporación.- Existen estaciones meteorológicas que registran la evaporación, expresándose en mm/día, mm/seg. o mm/mes. Con este valor afectado por un coeficiente de corrección (generalmente de 0.75), multiplicado por el área del estanque, se puede determinar el volumen de agua de evaporación.

2.1.4 Determinación del volumen de escurrimiento (gasto) en arroyos o canales para llenar las Ollas de agua.

Sabemos que el Gasto

$$Q = Av = Aki$$

Donde: A = Área en m^2
 v = volumen, en $m/\text{seg} = ki$
 k = coeficiente de permeabilidad.
 i = gradiente hidráulico

El área de la sección transversal de un arroyo se puede medir fácilmente al igual que la velocidad, escogiendo un tramo recto del arroyo donde se puede medir el tiempo en que se

desplaza un objeto (hoja, papel, etc.) una cierta distancia. Esto nos permitirá conocer en que tiempo puede llenarse la "Olla de agua".

2.2 Proceso constructivo. Recomendamos respetar las siguientes recomendaciones constructivas:

Excavar y formar los bordos debidamente compactados con pizón manual. La excavación generalmente se realiza con maquinaria.

Colocar la tubería de PVC o FoGo para la salida del agua al hidrante.

Afinar con cuidado los taludes, para evitar tener depresiones o montículos que nos hagan variar el espesor del ferrocemento.

Colocar varillas delgadas lo más pegado a la superficie y fijarlas con ganchos de la misma varilla al terreno. Al final se tendrá una retícula de varillas del N° 2.5 ó N° 3 a cada dos metros aproximadamente.

Sobre estas varillas, fijar dos capas de tela de gallinero de 1" colocadas en sentido opuesto, o una capa con abertura de ojo de $\frac{1}{2}$ " ó $\frac{3}{4}$ ", con un traslape mínimo de 5 cm. Con un amarrador, tensar las mallas.

Colocar el mortero de cemento-arena-agua en proporción 1:3:5 y compactar con energía. El espesor no debe ser mayor de 4 cm.

7.- Aplicar un terminado fino.

8.- Después de fraguar el mortero, realizar un curado a base de riegos continuos de agua para evitar agrietamientos y aumentar la resistencia. Puede colocarse plástico transparente para evitar la evaporación del agua.

En la figura 7, se tiene la colocación de las mallas y mortero. En este caso se utilizó plástico por tener un terreno arenoso altamente permeable.



Fig. 7. a).- Colocación y amarre de mallas de refuerzo. b).- Colocación del mortero cemento-arena

2.3. Materiales. En la tabla 2, se presenta la relación de materiales industrializados que requiere una olla de agua.

Tabla 2. Materiales industrializados para la construcción de una "Olla de agua".

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. U.	IMPORT E
<i>Materiales industrializados</i>				
Cemento portland	Ton	20		
Varilla N° 2.5	Ton	390		
(Varilla N° 3)	Ton	(530)		
Alambre recocido	Kg	10		
Tela de gallinero de 1" de	m ²	1 000		
ojo	m	20		
Tubería FoGo de 1" de diám.	pza	1		
Niple de Fo.Go. de 1" x 4"	pza	1		
Válvula de compuerta de 1"	pza	20		
c/R.I.	Lote	1		
Armex 15x20-4				
Material para hidrante				
<i>Materiales regionales</i>				
	m ³	48		
	m ³	3		
Arena de río cribada				
Grava				

3.- Cisternas o tanques de depósito. Son estructuras para almacenar el agua de lluvia que se capte de los techos de las viviendas y el ferrocemento permite hacerlos de diferentes formas y capacidades. La experiencia que tenemos en el CIIDIR, es un tanque de 15 m³ de capacidad y se han construido en otros países tanques elevados de mas de 1000 m³ de capacidad.

3.1 Diseño. Las formas más recomendables son de sección cilíndrica, aunque pueden ser de otras formas. Para depósitos pequeños hasta de 2 m de altura y 3 m de diámetro, es suficiente un armado formado por una capa de malla electrosoldada 8-8-8/8, una capa de metal desplegado para falso plafond y una de tela de gallinero de 1", que se tejen entre sí, para posteriormente colocar el mortero. Puede utilizarse un armado de alambón en lugar de la malla electrosoldada. En la fig 9, se tiene el diseño de una cisterna propuesta para una comunidad de la Sierra Sur de Oaxaca.

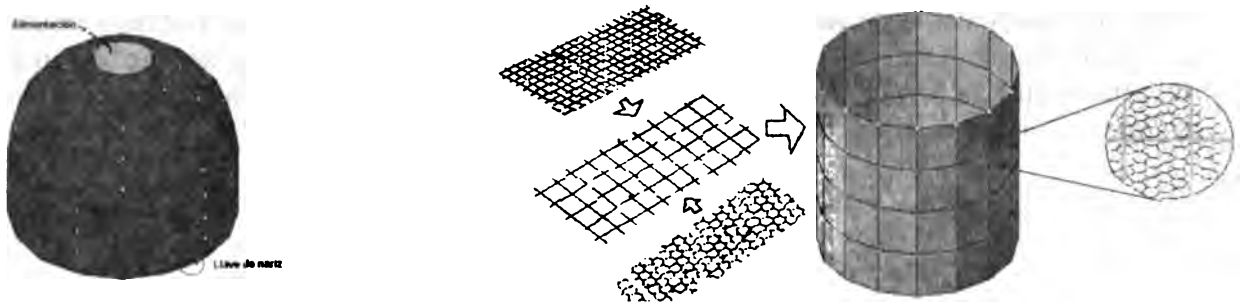


Fig. 8 Formas de tanques pequeños de depósitos de agua.



Fig. 9. Cisterna propuesta con capacidad de 100 m^3 . La cubierta será con vigas en U y pequeñas placas, también de ferrocemento y la forma obedece al espacio disponible.

CONCLUSIONES.

Considerando la importancia de captar el agua de lluvia en las comunidades rurales, donde es fundamental para su vida cotidiana, es necesario de disponer de alternativas constructivas, eficientes, seguras y económicas, como las que aquí se presentan. Con relación a las pantallas de ferrocemento, se cuenta ya con la experiencia de 4 obras y en las encuestas sociológicas realizadas, los campesinos usuarios han expresado su aprobación y beneficios que les han traído y han mostrado su interés en participar en la construcción de un mayor número de ellas.

BIBLIOGRAFIA.

Wieland M. Analisis and Design of cylindrical water tanks. Short course on design and construction of ferrocement structures.

Caballero et al. Retención de agua de lluvia mediante cortinas de ferrocemento. Memorias del V Reunión Nacional sobre sistemas de captación de agua de lluvia. 1998.

Quiñonez F.J. Desarrollo y aplicaciones del ferrocemento en Guatemala. Proceedings del VI Simposio internacional de ferrocemento, La Habana, Cuba, 1991.

Olvera L. A. El ferrocemento y sus aplicaciones. Edit. IPN. 1985.

ACI, Committee 549 IR-93. State of the art report on ferrocement. 1997

ACI, Report Committee 549. Guide for design, construction and repair of ferrocement.

**PRODUCCION DE VARIEDADES DE CARTAMO (*Carthamus tinctorious L.*)
BAJO CINCO METODOS DE RIEGO PARCELARIO EN LA COMARCA
LAGUNERA.**

**JUAN DE DIOS QUEVEDO GUILLEN*
SANTIAGO VALENZUELA REY**
ARMANDO ESPINOZA BANDA**
CIRILO VÁZQUEZ VÁZQUEZ**
ENRIQUE SALAZAR SOSA*****

RESUMEN

Tres variedades de cártamo fueron evaluadas en cinco formas de regar en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones en arreglo de parcelas divididas. Los parámetros medidos fue la producción de materia seca en cuatro muestras características agronómicas y rendimiento económico de grano y la distribución de la fructificación en la planta. Se encontraron diferencias altamente significativas en la interacción variedades x formas de regar en el carácter de materia seca donde la mejor forma fue el aplicar un riego de presiembra y dos de auxilio con una lámina total de 50 cm distribuida en 20 cm para el aniego y la restante (30 cm) en las etapas de ramificación y botón floral entre los 60 y 89 días después de la siembra respectivamente en el sistema de siembra en cama melonera. La variedad más rendidora de grano fue Quiriego con 2.974 ton/ha, encontrando además que la mayoría de las variedades de cártamo concentran su producción de aquenio en el tercio medio y superior de la planta.

INTRODUCCION

El cártamo es una de las especies en donde hoy en día su mayor valor es por el alto contenido de aceite que se extrae de la semilla, el cual es muy demandado por la baja cantidad de colesterol liberado en los procesos de asimilación así mismo se considera este cultivo como la segunda oleaginosa que mayor contenido de pasta tiene calculándose en la semilla un 35% de aceite y en 62% de pasta. Este cultivo se adapta principalmente a regiones de poca precipitación pluvial y baja humedad relativa, y en nuestro país se distinguen tres áreas con estas características tales como, la región Noroeste, del Bajío y la Región sur del estado de Tamaulipas donde se siembra principalmente en condiciones de temporal.

La Comarca Lagunera presenta condiciones semiáridas, gran variación de temperaturas, diversidad de suelos y actualmente un problema que ha afectado la producción agrícola en los últimos años en el recurso limitado del agua que ha ocasionado se utilicen cultivos que hagan un uso más eficiente del vital líquido, siendo el cártamo una alternativa de diversificación al crecimiento agrícola de la región.

Por lo anteriormente expuesto la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Agricultura y Zootecnia dependiente de la U.J.E.D. en su quehacer de investigación ha

dedicado esfuerzos a desarrollar nuevas tecnologías y la utilización de nuevos materiales genéticos para la obtención de altos rendimientos con una menor cantidad de insumos y de volúmenes de agua que necesitan las variedades tradicionalmente cultivadas. El mapeo de la fructificación en el cártamo se relaciona con la importancia que tiene la distribución de la fructificación de acuerdo a la forma de ramificar de la planta la cual puede utilizarse como una útil herramienta en la toma de decisiones dentro del manejo agronómico como es el caso del agua de riego en las diferentes etapas fenológicas del cultivo.

OBJETIVOS

Evaluar la producción de materia seca en diferentes épocas de muestreo y rendimiento económico de grano de tres variedades de cártamo en cinco formas de regar.

Construir mapas de fructificación en las variedades evaluadas en los tratamientos de riego y determinar en base al mapa la parte de la planta que mayor contribuye al rendimiento de grano.

REVISIÓN DE LITERATURA

SARH (1993) publicó que la superficie de riego fue de 3 a 5 mil hectáreas en la Comarca Lagunera, mientras bajo condiciones de secano la superficie es variable, aunque a llegado a ocupar hasta 15 mil hectáreas. El rendimiento medio unitario de cártamo es de 1.1 ton/ha, el cual se considera bajo debido principalmente a limitaciones de agua. Además señala que en condiciones de secano, al igual que en terrenos con dos o más años de descanso, no es necesario fertilizar. En siembras bajo condiciones de riego realizadas en suelos que no han estado en descanso conviene aplicar 30 unidades de nitrógeno más 40 unidades de fósforo por hectárea al momento de la siembra y antes del primer riego de auxilio complementar con 30 unidades de nitrógeno.

Quilantan (1993) menciona que el cártamo se adapta perfectamente a las áreas desérticas irrigadas a las áreas cálidas secas con baja precipitación pluvial, cuando las condiciones de humedad son altas, las plantas son susceptibles a enfermedades, las plantas jóvenes resisten temperaturas bajas; pero en la etapa de floración no resisten estas temperaturas.

SARH (1984) en sus recomendaciones al cultivo del cártamo en la Región Lagunera, dice que en el riego de presembrado se aplica una lámina semipesada de 30 a 35 cm. Después se dan dos auxilios con una lámina de 15 cm cada uno; el primero a los 87 días después de la siembra y el segundo a los 28 días después del primero. De esta forma, en siembras oportunas el primer auxilio ocurre más o menos de 15 a 20 días antes de iniciarse la floración y el segundo 10 días después de iniciarse ésta.

Agromundo (1992) menciona que la producción de oleaginosas ha disminuido en los últimos años, en tanto que las importaciones crecen debido al incremento de la demanda, el consumo per cápita y la incertidumbre en la comercialización; para solucionar estos problemas, los especialistas propusieron que los productores se organicen mejor alrededor del esquema sistema-producto; que respalda más a la investigación científica en la rama de

oleaginosas para la realización de trabajos a escala regional y definió zonas óptimas de cultivo para el cártamo y el girasol.

También señala que el rendimiento medio nacional de cártamo es de 896 kg./ha siendo los principales productores Sonora, Sinaloa, Baja California y el Sur de Tamaulipas. Uno de los factores principales es la falta de variedades mejoradas que sean estables en la producción de grano, contenido y calidad de aceite, resistencia a enfermedades, ciclo vegetativo precoz y amplia adaptación.

Mapas de fructificación

Hake et al. (1991) estableció algunas definiciones que son importantes cuando se habla de mapas de plantas.

Ramas vegetativas: Carecen de los nudos inferiores, ubicadas debajo de las ramas fructíferas, su tendencia a crecer es hacia fuera y hacia arriba de la planta.

Ramas fructíferas: Nacen de los nudos del centro hasta los superiores y sostienen a las partes fructíferas de la planta, estas ramas nacen en cada posición de los nudos en el tallo y su crecimiento hacia arriba en el tallo es en zig-zag.

Abortos: son sitios en las ramas fructíferas de donde algún capítulo se ha desprendido.

Jenkins (1990) realizó un estudio con ocho variedades de algodónero y mapeo en que parte de la planta se produjeron las bellotas que contribuyen al rendimiento final, indicando que los sitios de las primeras posiciones fructíferas son los que producen la mayoría de la fibra en todas las variedades, el cultivo debe ser manejado de tal manera que de mayor oportunidad para que en estos sitios se establezcan bellotas maduras. El mismo autor concluye que los nuevos cultivares tienen la capacidad genética para producir más fibra de los nudos más bajos de la planta y también deberán ser manejados de tal manera que este potencial genético se manifieste.

Landivar et al. (1993) realizaron un estudio para manifestar el crecimiento de la planta y el rendimiento en el sistema de producción de ciclo corto utilizando datos de mapeo de plantas. Estos investigadores concluyeron que dicho mapeo de plantas puede ser utilizado para cuantificar el estado de crecimiento del cultivo y el potencial de algodón pluma. El procedimiento planteado recomienda la obtención de cuatro muestras en diferentes estados claves del crecimiento de las plantas. La información resultante puede ser utilizada como guías prácticas del manejo como el control de insectos a inicio del ciclo, nutrición de las plantas así como también para determinar la necesidad para la aplicación de reguladores de crecimiento y la aplicación de defoliantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del Sitio Experimental

El experimento se estableció en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la U.J.E.D., ubicada en el Ejido Venecia, Mpio. De Gómez Palacio, Dgo., localizada en el Km. 28.5 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Dgo., en la Región Lagunera.

Material Genético

Se utilizaron tres genotipos; Noroeste UF-84, Quiriego 88, además la variedad comercial regional Gila como testigo (Factor A)

Cuadro 1. Tratamientos de Riego.

Nivel	No. De Auxilios	Características
B1	2	Normal (Testigo)
B2	1	Intercalado (1°)
B3	1	Intercalado (2°)
B4	2	Permanente
B5	0	Permanente

Cuadro 2. Láminas de aplicadas a las variedades de cártamo FAZ-UJED 1996.

Rigos	Lámina (cm)	dds	Etapa fenológica
Presiembra	20	0	
Primer auxilio	15	60	Ramificación
Segundo auxilio	15	89	Botón floral

Dds = días después de la siembra.

Características del experimento

Se diseñó un experimento con arreglo en parcelas divididas y distribución en bloques al azar con tres repeticiones. La parcela grande fue la variedad y la subparcela la forma de regar. La parcela experimental consistió de 4 camas de 1.60 m de ancho y 3.0 m de largo con 0.50 m entre hileras y 0.1 entre plantas dando una población de 125 000 plantas/ha.

Cuadro 3. Producción agronómica del experimento.

Actividad	Fecha
Preparación del terreno	14 de nov. 1995
Riego presiembra	29 de nov. 1995
Aporque	18 dic. de 1995
Siembra	19 dic. 1995
Emergencia	2 de enero de 1996
áclareo	23 enero 1996
1er. de auxilio	17 feb. 1996
limpia	27 feb. 1996
escarda	7 marzo 1996
2do. riego de auxilio	17 marzo 1996

Variabes consideradas en el estudio

Materia Seca.- Se tomaron cuatro muestreos cuyas especificaciones se marcan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Fecha de muestreo de la materia seca en tres variedades de cárcamo DEP-FAZ-UJED 1996.

No. De Muestreo	I	II	III	IV
Fecha	22 de enero	13 Feb	4 marzo	17 abril
Dds	34	56	79	123

Se tomaron también características agronómicas tales como altura, floración, ramas primarias, secundarias algunos componentes del rendimiento y el rendimiento económico de grano.

Análisis de Datos

Los valores de cada parámetro se utilizaran para la ejecución de los análisis de varianza bajo el siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ijk} = M + R_k + A_j + E_a + B_i + AB(ij) + E_{ijk}$$

Se utilizó la prueba de DMS al 0.05 para la comparación de medias.

Para la construcción de los mapas de fructificación el procedimiento consistió en el conteo de ramas primarias y secundarias, dando importancia al peso de las semillas contenidas en cada uno de los capítulos a fin de determinar que parte o proporción de la planta contribuye más al rendimiento económico de grano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 5. Significancia de cuadrados medios para materia seca en cuatro muestreos y rendimiento económico en cártamo DEP-FAZ-UJED 1996.

Materia Seca (DDS)						
FV	GL	I(34)	II(56)	III (79)	IV (123)	R.E.
Repet	2	0.014	0.0195	75.73	2.28	100712
A	2	0.047	0.2362	106.58**	23.35	9084752
E(a)	4	0.008	0.0567	5.34	10.35	509432
B	2	0.003	0.1317	84.02**	11.69	339324
AxB	4	0.011	0.1264	144.37**	12.46	713764*
E(b)	12	0.007	0.0564	19.73	5.69	2321813
CV		13.61	18.41	20.72	11.96	23.13

NS = No significativo

• Significativo al 0.05 de probabilidad

** Significativo al 0.01 de probabilidad

I, II, III y IV : Muestreos

Cuadro 6. Materia seca de cuatro muestreos en tres genotipos de cártamo DEP-FAZ-UJED 1996

Muestreos				
Variedad	I(34)	II(56)	III(79)	IV(123)
Noroeste VF-84	0.64 A	1.19 A	22.56 A	76.72 B
Gila	0.73 A	1.47 A	17.75 B	75.45 B
Quiriego	0.58 A	1.20 A	23.99 A	93.55 A
DMS	0.158	0.422	2.334	6.663

Valores Unidos por la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a DMS (0.05)

(): Días después de la siembra

Cuadro 7. Valores promedio de rendimiento de grano y su eficiencia por m³ de agua en tres variedades de cártamo a la aplicación de cinco formas de riego (B) DEP-FAZ-UJED 1996.

Nivel	Trat.	Noroeste U-F-84		Gila		Quiriego	
		Ton	Ton/m ³	Ton	Ton/m ³	Ton	Ton/m ³
BI	Normal	1.609 A	.00032	2.202 A			
B2	Interec. 1	15.38 A	.00043				
B3	Interec. 2	1.683 A	.00048				
B4	Perman 2	1.625 A	.00032				
B5	Perman 0	1.218 A	.00060				

PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BORDO DE ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA RIEGO EN TULANCINGO, OAX.

PÉREZ NIETO, S.; GARCÍA HERRERA, F.; NIETO ANGEL R. Y SÁNCHEZ BRAVO, J. R.;

DEPARTAMENTO DE IRRIGACIÓN – U. A. CHAPINGO

INTRODUCCIÓN

El marco general

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 aprovechados, la mayor parte de ellos sobre explotados.

Desde los inmediatos 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.

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.

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.

Marco local

La población de la comunidad de San Miguel Tulancingo, Oax., se dedica principalmente a la actividad agropecuaria, cuya producción se destina en su totalidad al consumo familiar; a pesar de ello, la producción de alimentos constituye un problema de primera importancia en la economía del poblado, lo cual es a su vez un factor determinante de los altos índices de pobreza, desnutrición y emigración de sus habitantes hacia otros lugares del país, o del extranjero, que por fortuna son los menos.

Por otra parte, Tulancingo, como todos los municipios que conforman la región de la Mixteca Alta Oaxaqueña, por su ubicación geográfica y su orografía en extremo adversas, presenta condiciones ambientales que limitan en gran medida el quehacer agropecuario.

Los bajos rendimientos en la producción agropecuaria son consecuencia de la conjugación del efecto de varios factores que interactúan en el proceso de producción; entre ellos podemos citar, la reducida superficie cultivable con una media de menos de 1 ha por familia, la baja fertilidad de los suelos y, la baja precipitación y su mala distribución en el tiempo, que dificulta la planeación para el aprovechamiento controlado de los recursos hidráulicos.

Toda la superficie susceptible de cultivarse está siendo explotada, y en los últimos años más bien se ha visto reducida por el acentuado proceso erosivo que caracteriza la región; por ello es impropio pensar en ampliar las superficies de cultivo. La productividad del suelo puede mejorarse aplicándole abonos orgánicos y fertilizantes químicos; sin embargo, la forma más eficiente de incrementar la producción con los consecuentes beneficios sociales es, intensificando el uso de los suelos mediante el aprovechamiento del agua para riego, almacenando y controlando los escurrimientos de los afluentes mediante la construcción de pequeñas presas y bordos construidos para tal fin. Con la construcción de este tipo de obras podrían obtenerse hasta dos cosechas anuales; una en el ciclo primavera-verano con cultivos básicos de temporal, auxiliándolos con el agua requerida con la debida oportunidad y otra, de riego en el ciclo de invierno con especies tolerantes a las bajas temperaturas, en donde pueden incluirse algunas especies frutícolas, hortícolas y cereales.

Para la producción pecuaria, el agua ha sido igualmente una limitante. Al aumentar la disponibilidad de agua para abrevadero, es posible, si no permitir la ampliación de la

explotación pecuaria a otras especies, cuando menos saciar la sed del ganado que actualmente se tiene y que se limita a rebaños pequeños de ovi-caprinos y un número reducido de ganado mayor, empleado como fuerza de trabajo para la labores agrícolas.

Antecedentes

A solicitud de los habitantes del Municipio ante la extinta Secretaría de Recursos Hidráulicos, en diferentes épocas, se construyeron seis pequeñas presas derivadoras, cinco de ellas a lo largo del arroyo principal para aprovechar los escasos escurrimientos que ocurren a finales de la época de lluvias, para dar un riego de auxilio a los cultivos que se siembran en los terrenos aledaños y dispersos a lo largo de sus márgenes, cubriendo en total 120 ha, aproximadamente. Sin embargo, los gastos que se conducen, por los canales son tan pequeños (del orden 2 a 3 l/s) que no alcanzan a cubrir las necesidades mínimas de los cultivos, menos aún en las épocas en las que los requerimientos son mayores.

A solicitud de los campesinos que tienen propiedades en “El Elite” y con su trabajo directo; con el apoyo del H. Ayuntamiento del Municipio; el financiamiento de diversas fuentes y la realización de los estudios y el proporcionamiento de la asesoría técnica por parte del Distrito de Desarrollo Rural de la SARH y del Departamento de Irrigación de la Universidad Autónoma Chapingo, en el proceso constructivo, en 1994 se proyectó y construyó el pequeño bordo de almacenamiento “La Golondrina”, que hoy domina potencialmente alrededor de 45 ha y ha mejorado sustancialmente las posibilidades de dar riego a estas parcelas, de incorporar cultivos más rentables y de mejorar las condiciones de vida de los beneficiados.

Con estos antecedentes y experiencias, conocedores ya de los beneficios de este tipo de obras y teniendo diversas y dispersas áreas agrícolas de mediana condición para la agricultura, que son susceptibles de incorporarse al riego, construyendo una obra de almacenamiento en la parte más alta de la cuenca, las autoridades municipales, en el mes de julio de 1998, solicitaron al Departamento de Irrigación de la UACH, la realización de los estudios correspondientes y elaboración del Proyecto de un bordo de almacenamiento de agua en la zona conocida como “La Ciénega” y cuyo fin principal sería el riego de aproximadamente 80 ha, y para cuya construcción contaban con recursos derivados de las aportaciones del Gobierno Estatal y de la propia Tesorería Municipal.

En atención a esta solicitud, el Departamento de Irrigación, hizo el recorrido de reconocimiento por el área planteada y realizó estudios preliminares para constatar la factibilidad técnica de la obra; después de lo cual se efectuaron los estudios definitivos básicos y se procedió la elaboración del Proyecto del Bordo “La Ciénega”, en esa Comunidad de la Mixteca Alta Oaxaqueña.

OBJETIVOS Y METAS

Objetivos

1. Hacer los estudios necesarios y elaborar el proyecto de un bordo de almacenamiento en el sitio denominado “La Ciénega”, de la Comunidad de San Miguel Tulancingo, Oax. ,

para captar el agua de lluvia de modo que pueda ser empleada para el riego, el abrevadero de ganado, la cría de peces, la recreación y la conservación del recurso.

3. Proporcionar la asesoría técnica necesaria para el proceso constructivo de la obra proyectada cuando se decida su construcción.

Metas

1. Posibilitar 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.
2. Contribuir a la garantización de al menos una cosecha al año y posibilitar la obtención de dos.
3. Hacer factible la introducción de cultivos alternativos y más remunerativos y mejorar, aunque sea mínimamente, las condiciones de vida de los beneficiarios.

REVISIÓN DE LITERATURA

Estudios necesarios para el proyecto de un bordo de almacenamiento

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 la de definir la capacidad de almacenamiento 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: topográficos, Hidrológicos, Agrológicos, Meteorológicos, Geológicos, de Mecánica de Suelos y Socioeconómicos.

Estudios topográficos

Las áreas que se deben caracterizar topográficamente son el área de riego, la cuenca de captación, el vaso de almacenamiento, la boquilla y un tramo de cauce. Los estudios topográficos de los terrenos regables tienen por objeto formar un plano topográfico a una escala adecuada, para proyectar los sistemas de distribución, drenaje y caminos que posteriormente formarán parte de la zona de riego.

El objetivo del levantamiento de la cuenca de captación es el de saber la superficie de la cuenca, las características generales y forma de concentración de las aguas a fin de determinar el coeficiente de escurrimiento, el volumen de escurrimiento medio anual que se emplea para definir la magnitud de la cortina y el gasto máximo probable que se usa para el diseño de la obra de excedencias.

El levantamiento topográfico de cuencas de captación está reservado a cuencas medianas y pequeñas y aún las cuencas pequeñas pueden caracterizarse de la cartas topográficas de INEGI.

El Volumen de Esguerrimiento Medio Anual de una cuenca (*Vema*), puede estimarse mediante la expresión (1), en la que *Ce* es el Coeficiente de esguerrimiento, adimensional; *Ac*, es el Área de la Cuenca, en m²; y *Pma* es la Precipitación Media Anual, en m.

$$Vema = Ce Ac Pma \quad (1)$$

De otro lado, el levantamiento del vaso de almacenamiento se efectúa para determinar la capacidad y el área inundada a diferentes alturas de cortina, así como las pérdidas por evaporación. Otros objetivos de este levantamiento son: la obtención de un plano que sirva de apoyo a los demás estudios y la definición de las áreas afectadas con la obra para cuantificar el monto de las indemnizaciones.

Por último, el levantamiento de la Boquilla es de primera importancia en el proyecto de una obra de almacenamiento, ya que permite conocer la topografía de terreno en esta área para el proyecto de la obra y sus estructuras; elaborar un plano detallado, que sirva de apoyo para los estudios geológicos y de mecánica de suelos de la propia boquilla, que a su vez, permitirán definir la factibilidad de la obra desde estos puntos de vista y; establecer los suficientes Puntos de Control y Apoyo que permitan dar "líneas y niveles" durante la construcción de la obra.

Estudios Hidrológicos

La finalidad de los estudios hidrológicos es la de conocer la ubicación, magnitud y calidad de la fuente de agua para su almacenamiento en la obra en relación a su demanda.

Estudios Agrológicos

Cuando la principal finalidad de este tipo de obras es el riego, es menester desarrollar el estudio agrológico correspondiente a los terrenos que se van a regar con el agua almacenada con la obra a fin de determinar las condiciones naturales existentes y determinar los requerimientos de riego, lo cual a su vez se emplea para determinar la magnitud de la obra a partir de la gráfica de área-capacidades.

Las características físicas del suelo que deben determinarse son: los niveles característicos de humedad (punto de saturación PS, capacidad de campo CC y punto de marchitamiento permanente PMP), la textura y densidad aparente.

Estudios meteorológicos

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.

Estudios geológicos

A los estudios geológicos para este tipo de obra, por ningún motivo se les debe restar importancia, ya que pueden tenerse fracasos debido a la pérdida de agua de almacenamiento por filtraciones en el vaso o a través de la boquilla. Estas filtraciones pueden o no constituir un riesgo en la estabilidad de la estructura; el problema principal que origina es la pérdida de embalse, motivando consecuentemente el fracaso del aprovechamiento.

Desde este punto de vista, en estas obras las características de mayor interés para el proyecto y construcción de las estructuras son: la capacidad de carga del terreno en la cimentación, el grado de impermeabilidad del mismo y el efecto de la humedad sobre los estratos de la cimentación.

Para estudiar la geología del vaso, se deberán efectuar reconocimientos del mismo, para determinar las características geológicas principales, identificando las formaciones de rocas y de ser posible, las relaciones que existan entre ellas. Deberán observarse con todo cuidado los recubrimientos de aluvión, de acarreo, los ocasionados por derrumbes e investigar toda clase de plegamientos, anotando la dirección del eje de los mismo y examinando particularmente las fallas. Se debe recabar información sobre la existencia de zonas de resumidero o de infiltración franca, así como de manantiales que puedan ser motivo para desechar el proyecto. Además deberá absorberse todo indicio de fallas o agrietamientos que perjudiquen la permeabilidad del vaso y que puedan producir una disminución acentuada de almacenamiento.

Por otra parte, para la determinación de las características geológicas de la boquilla se recomienda observar las grietas en la roca determinando su anchura, profundidad y condición del substrato, examinando si la masa esta dividida en bloques o si se trata de rocas macizas tan solo intemperizada superficialmente, para lo cual se harán exploraciones mediante pozos a cielo abierto, con un espaciamiento de 50 metros o menor. Estas exploraciones se profundizarán hasta una formación que aseguren la impermeabilidad de la boquilla.

Estudios de Mecánica de Suelos

Uno de los factores más importantes que determinan la posibilidad de construcción de un bordo es la existencia del material adecuado y en suficiente cantidad para abastecer el volumen de terracería necesario en la obra. Para saber si un material es el edecuado para la construcción del bordo, se deben tomar muestras alteradas del mismo en campo, para determinar sus propiedades y características mecánicas en laboratorio tales como: Límites de consistencia, Límite de contracción volumétrica, Proctor estándar, Compresión simple, Peso volumétrico, Contenido de óptimo de humedad del material.

Estudios socioeconómicos

Puesto que el principal objetivo de las obras de riego es mejorar la producción agropecuaria, y con ello contribuir a la mejora económica y social, al hacer estos estudios

se conocen los alcances de esta mejora y se debe poder valorar sobre la conveniencia de su construcción.

Diseño de la obra y sus estructuras

El diseño de la obra y sus estructuras, se refiere al dimensionamiento de la cortina, de la obra de toma y de la obra de excedencias. El proceso de cálculo se describe de manera sucinta en este apartado.

Diseño de la obra de excedencias

Aunque de acuerdo con la topografía del lugar, la forma en planta de la Obra de Excedencias puede adoptar diversas formas, la longitud de la cresta se determina a partir de la carga de operación y empleando la expresión (2), en la que el Gasto Q , se obtiene en m^3/s , si la longitud L , se introduce en m y C , es el coeficiente de gasto e igual a 1.45 para vertedores tipo lavadero que son los que se sugiere emplear por ser los más convenientes desde el punto de vista topográfico y de costo.

$$L = \frac{Q}{C H^{3/2}} \quad (2)$$

Diseño de la cortina

Teniendo como base la determinación de los parámetros hidrológicos, el diseño de la cortina consiste en determinar los siguientes parámetros: el Volumen aprovechable de almacenamiento Va con la expresión (3), el Volumen muerto de almacenamiento o capacidad de azolves Ca con la expresión (4), el Nivel de aguas mínimas $Namin$, la Elevación de la obra de toma $Elev. O. de T.$, la Capacidad total de almacenamiento CTA , Capacidad útil Cu , la Elevación de Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias $ElevNAME$, la Capacidad de Sobrealmacenamiento CSA y la Elevación de la corona $Elev. de la C$.

$$Va = K Vema \quad (3)$$

$$Ca = Ka Na Vema \quad (4)$$

En estas expresiones $Vema$ es el Volumen de Escurrimiento Medio Anual, en m; K es un coeficiente que representa la probabilidad de que el vaso se llene totalmente una vez cada dos años o dos cada tres años; Ka , es el Coeficiente de azolves y; Na es el Número de años de vida útil de la presa y que para obras pequeñas comúnmente se considera igual a 15 años.

Con estos cálculos previos, la altura máxima de la cortina, Hm , se obtiene de la diferencia de la elevación de la corona y la del punto más bajo del cauce, $Elev. del FC$, según la expresión (5); y la magnitud de los taludes y el ancho de la corona de la cortina se define con base en la Hm , a partir del cuadro 1.

$$Hm = \text{Elev. de la C.} - \text{Elev. FC} \quad (5)$$

Cuadro 1. Valores de los taludes para bordos de almacenamiento de agua de sección homogénea

Hm <i>Hm</i> (m)	Talud aguas arriba	Talud aguas abajo Talud Aguas Abajo <i>m:1</i>	Ancho de la Corona
Hasta 6.0	20	20	35
De 6.0 a 7.5.0	2.5	2.0	4.0
De 7.5 a 9.0	2.5	2.5	4.0
De 9.0 a 10.5	3.0	2.5	4.5
De 10.5 a 12.0	3.0	3.0	5.0
De 12.0 a 13.5	3.5	3.0	5.0
De 13.5 a mas	3.5	3.5	5.5

Una vez definida la magnitud de los taludes, se debe hacer un análisis de estabilidad de los mismos considerando el material del bordo, estimando un valor para el Factor de Seguridad *FS*, empleando el Método del Ábaco de Taylor. Este método proporciona exclusivamente el *FS* contra deslizamiento de taludes sin considerar corona y es aplicable a bordos con sección homogénea.

Diseño de la obra de toma

El diseño de la obra de toma consiste en el dimensionamiento del conducto, mediante el conocimiento de su diámetro a partir del gasto de diseño Qd , que a su vez debe determinarse a partir de los requerimientos de riego críticos del área. La fórmula para el cálculo es la (6), en la que D , es el diámetro del conducto cuyo valor adoptado debe ser el siguiente comercial del obtenido con dicha fórmula.

$$D = \sqrt[4]{\frac{4 Qd}{\pi v}} \quad (6)$$

La carga mínima de operación de la obra de toma, por otra parte, se obtiene de la fórmula (7), en la que v , es la velocidad real del flujo en el conducto, $\sum k$ es la suma de los coeficientes de pérdidas de carga localizadas originadas por todos los obstáculos sobre el conducto de la Obra de Toma, f es el factor de Darcy para las pérdidas de carga por fricción, L es la longitud del conducto y h_{min} , la carga mínima de operación de la Obra de Toma.

$$h_{min} = \frac{v^2}{2g} \left(\sum k + f \frac{L}{D} \right) \quad (7)$$

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización de la comunidad

San Miguel Tulancingo, es uno de los 13 municipios del Distrito de Coixtlahuaca en el Estado de Oaxaca; limita con las poblaciones de: Suchixtlahuaca al SE, Calpulalpan al E, Tepetlapa al NE, Tlapiltepec al N, Jicotlán y Vistahermosa al NW, Tejupan al S y Acutla al W. La principal vía de acceso actualmente lo constituye la salida de la Caseta de cobro Suchixtlahuaca de la supercarretera Cuacnopalan-Oaxaca. De este sitio, Tulancingo se encuentra a aproximadamente 9 km al poniente por un camino de terracería que se recorre en escasos 20 minutos.

El municipio se localiza a 17° 45' de latitud norte, 97° 20' de longitud, a una altitud promedio de 2,258 m y tiene una extensión territorial de 53.39 km; el clima es templado-frío con temperaturas extremosas en el día y en la noche; la precipitación media anual es de 564.4 mm, distribuida muy irregularmente.

La totalidad de la población se dedica a actividades primarias, principalmente a la agricultura. De gran importancia ocupacional para los pobladores es el tejido de sombrero de palma, aunque no representa una fuente sustancial de ingresos. La gran mayoría de las familias practican la ganadería con rebaños combinados de ovinos y caprinos, que en tiempo de secas padecen la falta de agua y forraje; lo que ha significado que muchas familias los hayan perdido o los tengan que vender por esas razones. Otra actividad de gran importancia como fuente de ingresos es la manufactura y venta en comunidades urbanas de la República del "barquillo", que constituye la principal actividad extra-agrícola de sustento, de todos los Tulancinguenses que ahí habitan.

La agricultura se practica bajo un sistema tradicional, en el que se siembran hasta siete especies en una misma superficie, empleando como principal fuente de tracción la animal con yuntas de bueyes. Los principales cultivos que se siembran son maíz, frijol y trigo, que constituyen la base de la alimentación de la comunidad; otros cultivos son: la cebada, la calabaza, el alberjón y la alfalfa como cultivo forrajero, obteniéndose rendimientos tan raquícos que en muchos casos no alcanza siquiera para el consumo familiar o del ganado.

La tenencia de la tierra es propiedad privada y comunal y la magnitud de las parcelas por familia, fluctúan entre 0.5 y 2.5 ha, con una moda de aproximadamente 1.0 ha. En la gran mayoría de los casos la propiedad total de una familia está dispersa en varios predios que no alcanzan siquiera un cuarto de ha cada uno y en condiciones en las que difícilmente se puede garantizar una cosecha al año.

Trabajo de campo

A inicios del mes de julio de 1998, fue presentada la solicitud del H. Ayuntamiento Municipal de San Miguel Tulancingo al Departamento de Irrigación para la realización de los estudios necesarios para el proyecto de un bordo de almacenamiento de agua para riego.

Durante ese mismo mes se hizo un recorrido de reconocimiento y se recabó información general con la que se determinó la factibilidad técnica de la obra. Posteriormente, se realizaron los trabajos de campo para recabar la información necesaria para la realización del proyecto. La información levantada fue sobre los siguientes aspectos y su desarrollo se realizó conforme lo recomienda la literatura: Topográficos, Hidrológicos, Meteorológicos, Geológicos y de Mecánica de suelos, Socioeconómicos y de Tipo Constructivo.



Figura 1. Realización de los estudios topográficos

Se hizo el levantamiento topográfico del vaso de almacenamiento y de la boquilla simultáneamente, empleando el Procedimiento Topográfico de Poligonal Abierta para el establecimiento de los Puntos de Control y Apoyo y el Método Topográfico de Radiaciones para el levantamiento de Puntos para Configuración. Todo este trabajo topográfico se realizó empleando un Distanciómetro WILD DI 1600 con una precisión lineal de 2mm + 3ppm y una angular de 1". La determinación de las características de la cuenca se hizo de una carta topográfica de INEGI.

Para conocer las características físicas del agua se tomó una muestra de la misma en cantidad aproximada de un litro; para determinar las características mecánicas del material planteado para construir la obra se tomaron muestras alteradas y para saber de las características de permeabilidad del vaso y de la boquilla se hicieron pruebas de permeabilidad en ambas áreas. Las características socioeconómicas de la comunidad se definieron mediante encuestas con las autoridades municipales y la meteorológicas se obtuvieron de la literatura de sobre la comunidad y la región existe.

Trabajo de gabinete

Durante los meses siguientes, se realizó la sistematización de la información topográfica y los análisis de las muestras de aguas y suelos que se recopilaron durante la fase de campo. La fase de gabinete consistió en la realización de los cálculos y pruebas específicas que se requerían para la proyección de la obra.

Las muestras de los materiales recabadas en campo, se analizaron en laboratorio, haciéndoles las siguientes pruebas, con la finalidad de conocer la resistencia al esfuerzo cortante y la plasticidad de los materiales: Límites de consistencia, Límite de contracción volumétrica, Proctor estándar y Compresión simple. También se realizaron pruebas de compactación Proctor, con el objeto de determinar el peso volumétrico y el contenido de óptimo de humedad del material. Las pruebas de compactación se realizaron aplicando una energía de compactación de 7.10 kg/cm^3 .

De otra parte, las pruebas de compresión simple se hicieron labrando probetas reproducidas al 85%, al 90% y al 95% de su peso volumétrico óptimo y humedad.

Una vez que se tuvieron todos los datos derivados de las pruebas realizadas, se procedió al diseño de la cortina de las estructuras que conforman la obra de almacenamiento (obra de toma y obra de excedencias).

Específicamente, para el diseño de la cortina, se estimó el volumen aprovechable, el volumen muerto de almacenamiento, el nivel de aguas mínimas, la elevación de la obra de toma, la capacidad total de almacenamiento, la capacidad útil, la elevación del nivel de aguas máximas extraordinarias, la capacidad de sobre-almacenamiento, la capacidad útil, la elevación de la corona, la altura máxima de la cortina, la magnitud de taludes de la cortina y el ancho de la corona. Para el diseño de la obra de toma, se determinó su ubicación, tipo, partes y el diámetro del conducto.

RESULTADOS

De los estudios

De la información topográfica se obtuvo un plano con la configuración del vaso de almacenamiento y de la boquilla; y de otra parte un plano de la cuenca de captación en el que se anotaron sus características hidrológicas. El área de la cuenca A_c resultó igual a $2.920,000 \text{ m}^2 = 2.92 \text{ km}^2$.

Los valores del Coeficiente de Escurrimiento, del Volumen medio de escurrimiento anual y del gasto máximo fueron: $C_e = 22\%$; $V_{ema} = 445,446 \text{ m}^3$ y $Q_{m\acute{a}x} = 17.06 \text{ m}^3/\text{s}$.

Por otra parte, con base en los resultados obtenidos de las pruebas de mecánica de suelos, se concluyó que los materiales de los bancos de materiales estudiados son de buena calidad para la cortina, pudiendo ser ésta de sección homogénea y se recomendó un grado de compactación de 95% referido a la prueba Proctor como mínimo; para cuyo cumplimiento se recomendó también efectuar la compactación con rodillo "pata de cabra", con capas de 30 cm y llevar a cabo un estricto control del proceso constructivo.

El Proyecto del Bordo

Los resultados correspondientes al diseño de la obra y sus estructuras fueron los siguientes:

- A) Longitud de la cresta vertedora $L = 11.50 \text{ m}$.
- B) Elevación de la cresta o *Elevación del NAN* = 989.90 m .
- C) Capacidad Total de Almacenamiento $CTA = 445,446 \text{ m}^3$
- D) Área de Embalse Normal $AEN = 75,952 \text{ m}^2$
- E) Capacidad de azolves $Ca = 16704.225 \text{ m}^3$
- F) La capacidad útil $Cu = 428,741.775 \text{ m}^3$
- G) Elevación del NAME, *Elev. NAME* = 990.9 m
- H) Capacidad de Sobrealmacenamiento, $CSA = 105,325.50 \text{ m}^3$
- I) Elevación de la corona, *Elev. de la C.* = 991.4 m
- J) Altura máxima de la corona, $Hm = 20.00 \text{ m}$
- K) Ancho de la corona = 5.5 m
- L) Magnitud de los taludes = $2.5:1$
- M) Tipo de Obra de toma: "Tubería y Válvulas a la Salida"
- N) Elev. del Obra de toma *Elev. de la O de T.* = 976.90 m
- O) Longitud de la Obra de Toma, $Lo = 78.00 \text{ m}$
- P) Material de la obra de toma: estropac de alta resistencia
- Q) Diámetro de la Obra de Toma: $D = 6''$
- R) Gasto de la obra de toma $Q = 35.3 \text{ L/s}$

Avances del proceso constructivo

El proyecto se concluyó y fue entregado a las autoridades municipales de San Miguel Tulancingo en noviembre de 1998, y en ese mismo mes se iniciaron los trabajos de desmonte y despalde en la zona de la boquilla.

De los meses de diciembre de 1998 a junio de 1999, antes de que se iniciara la temporada de lluvias se construyó la cortina en un 70% que es el avance actual. El trabajo de excavación, acomodo y compactación de la arcilla se hizo con un motoconformadora Komatsu 155, y el acarreo de los materiales con tres camiones de volteo. La figura 2, muestra el avance en el proceso constructivo de la obra.



Figura 2. Avances del proceso constructivo del bordo de almacenamiento "La Ciénega" en Tulancingo, Oax.

CONCLUSIONES

El presente proyecto del Bordo de Almacenamiento de agua para riego y otros usos "La Ciénega" constituye, indudablemente, una excelente alternativa para garantizar el incremento de la producción de los cultivos que tradicionalmente se han manejado, en las áreas susceptibles de regarse. Pueden introducirse con amplias posibilidades, especies hortícolas y frutícolas adecuadas a las condiciones locales; se ampliaría la disponibilidad de agua para abrevadero y para la producción de especies forrajeras, que aseguren la sobrevivencia del ganado mayor que se usa en las labores agrícolas; se posibilita la cría de peces que implicaría una mejora en la dieta alimenticia de los beneficiarios, que en este aspecto es toda la comunidad; representará un lugar de recreación y esparcimiento para

propios y extraños y contribuirá definitivamente a la conservación del los recursos agua y suelo y con ello a disminuir el deterioro ecológico del área.

Así pues, los beneficios de una obra tal, pueden ser múltiples y de gran importancia social y económica, pudiendo mejorar la alimentación y en general, las condiciones de vida tan precarias de los tulancinguenses.

BIBLIOGRAFÍA

Colegio de Postgraduados. 1980. **Manual para proyectos de pequeñas obras hidráulicas para riego y abrevaderos**. Tomo II. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Davis E., R. y Kelly, J.W. 1976. **Topografía Elemental**. Reimpresión. Editorial CECSA. México, D.F.

García, E. 1981. **Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana**. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

Nieto Angel, R. 1984. **Tulancingo, Oaxaca una comunidad rural de la Mixteca Oaxaqueña**. Dirección de Difusión Cultural de la UACH. Chapingo México.

Pérez Nieto, S.; Hernández Saucedo F. R. y Sánchez Bravo J. R. 1994. **Proyecto de los bordos de almacenamiento “Ndaruncajña” y “Truteca”, en San Miguel Tulancingo, Oax.** Departamento de Irrigación de la Universidad Autónoma Chapingo.

Pérez Nieto, S y Hernández Saucedo F. R. 1997. **Topografía**. Ed. Lito-grapho S. A de C. V. México, D. F.

MODELO DE MANEJO INTEGRADO EN CUENCAS HIDROGRAFICAS (MODELO: MMICH- 1999)

SEBASTIÁN GONZÁLEZ DÁVILA

INTRODUCCION

Con base en una zonificación agroecológica de cuencas hidrográficas del trópico húmedo, se describe un modelo constituido por tres submodelos de manejo integrado de agua, suelo y plantaciones, para definir acciones y prácticas productivo-conservacionistas, recomendables en terrenos con diferentes condiciones de relieve, precipitación, suelos, sistemas productivos o vegetación natural, haciendo compatible, el manejo conservacionista de los recursos con la producción cíclica anual y su permanencia para reducir la degradación del suelo, captar el agua de lluvia y evitar su pérdida, inducir la recarga de acuíferos, rehabilitar zonas erosionadas, controlar y aprovechar los escurrimientos, controlar los azolves, proteger la infraestructura hidroagrícola construida provocar la regeneración natural y cultural de los bosques en un uso continuo y con un manejo que pueda lograr el desarrollo de una agricultura productiva y sustentabilidad de los recursos naturales aprovechables.

El presente trabajo se realiza en la cuenca del río Huehuetán, Chis., que tiene dos corrientes principales; el río **Cuilco** que es donde se presenta este ejemplo de aplicación de submodelos y el río Mesapa, ambos nacen a 2550 m de altura en las estribaciones del volcán Tacaná en la zona del Soconusco que vierte a la Costa de Chiapas.

Zonificación de Cuencas Hidrográficas

Considerando la extensión de las cuencas hidrográficas y con base en el diagrama hidrológico de Lattes (1993) y los cambios notables y/o bruscos del relieve que van desde el parteaguas hasta el litoral, éstas se pueden dividir para la atención productivo - conservacionistas, en cuatro grandes zonas que se indican a continuación:

- A. **Cuencas Altas o zona de captación:** Se caracteriza por una orografía de cañadas profundas, altas pendientes y condiciones climáticas con fuertes precipitaciones, ésta zona presenta una vegetación forestal cuyos bosques tropicales con clima cálido y semicálido se encuentran con diversos grados de perturbación. En el trópico húmedo la presencia de selvas se han transformado en acahuales o vegetación secundaria y zonas productoras de café de altura bajo sombra forestal, ubicándose arriba de la cota 500 msnm., que es donde inicia básicamente la zona cafetalera del Soconusco, Chis.
- B. **Cuencas medias o zona de lomeríos.** Esta es un área de lomeríos y cañadas donde se concentran los escurrimientos torrenciales fuertemente destructivos, en los cuales el uso dominante de la tierra, está constituida por pastizales, relictos de selvas, cultivos en

laderas y alta presión demográfica marginada. Está definida por el cambio geomorfológico que une a la planicie con los lomeríos bajos (cota 80 a 100 msnm) hasta la zona donde inician los cafetales (a 500 msnm) limite bajo de la zona alta.

- C. **Planicie costera o zona agropecuaria.**- La zona corresponde a la planicie costera donde se ubica la infraestructura hidroagrícola de drenaje construida, que apoyan áreas de desarrollo ganadero, frutícola, y agrícola con un manejo tecnológico de medio a alto, situado entre la cota 5 y la de 100 m en la costa de Chiapas.
- D. **Zonas de esteros y lagunas litorales.**- Comprende la zona abajo de la cota 5 con presencia de áreas francamente inundables donde se desarrolla vegetación acuática como manglares, algunos tipos de zacatonales y vegetación halófila en suelos con inclusiones salinas. En el aprovechamiento de las lagunas y esteros por los pobladores destaca la pesca de lisa, pargo, robalo, ostión, y recolección y cría de camarón.



CUENCA DEL RIO HUEHUETAN, CHIS.

Ejemplos de Manejo Integrado en Cuencas hidrográficas.

En los submodelos que se presentan a continuación se caracterizan las corrientes de la cuenca hidrográfica dividiéndolos en tres elementos hidrológicos fundamentales que son:

a.- **Las corrientes principales**, cuyo caudal generalmente es permanente durante todo el año, se busca captar parte de él a lo largo de la cuenca. En este caso se presenta el

“Submodelo 1” con tres acciones para manejo de aprovechamiento integrado del agua, el suelo y las explotaciones productivas.

b.- Los afluentes o tributarios, que llevan agua durante el período lluvioso captando parte de los escurrimientos, para aprovecharla en época de sequía y evitar que se pierdan en su totalidad los escurrimientos que al final van al mar. A este nivel de subcuencas se propone la aplicación del **“Submodelo 2”**.

c.- Los subafluentes, cuyas corrientes intermitentes forman áreas de captación más pequeñas a las que genéricamente se les ha dominado en la Comisión Nacional del Agua como microcuencas operativas o áreas compactas. Para este caso se propone el **“Submodelo 3”**.

En este marco geográfico los **“submodelos”** no son excluyentes sino se complementan y en algunos casos se interrelacionan. Como ejemplos se presentan tres “submodelos” que constituyen sistemas de manejo integrado de agua, suelo y plantaciones para **las zonas agroecológicas: A, B y C** de las cuencas hidrográficas, con el propósito de controlar los escurrimientos no solo en los cauces de los ríos y arroyos, sino también a nivel parcelario, en donde existe una presión humana alta y donde el deterioro de los recursos y la pérdida de suelos productivos es acelerado. Estos modelos son aplicables para explotaciones minifundistas y propiedades medianas y grandes, donde se puede desarrollar una actividad productivo- conservacionista planeada y ordenada, con la participación de todos los productores que viven en la cuenca para lograr un desarrollo sustentable en las explotaciones agropecuarias y forestales

Los ejemplos que se presentan fueron determinados en la Cuenca media y alta del río Huehuetán en la Costa de Chiapas, utilizando cartografía topográfica de INEGI a escala 1:50 000 y fotografía aérea a escala 1: 37 500 de 1996, para la ubicación de dos sitios seleccionados para la construcción de presas derivadoras sobre el río Cuilco afluente principal del Huehuetán y 36 sitios seleccionados para la construcción de gaviones reforzados, cercanos a la confluencia de cada afluente a lo largo del río. También se analizó una subcuenca y se localizaron sitios propios para la construcción de dos presas de captación con gaviones alternados y en una microcuenca se ubicaron los sitios para un sistema de gaviones, represas filtrantes y cabeceos de cárcavas, los cuales se indican con los submodelos que se presentan a continuación:

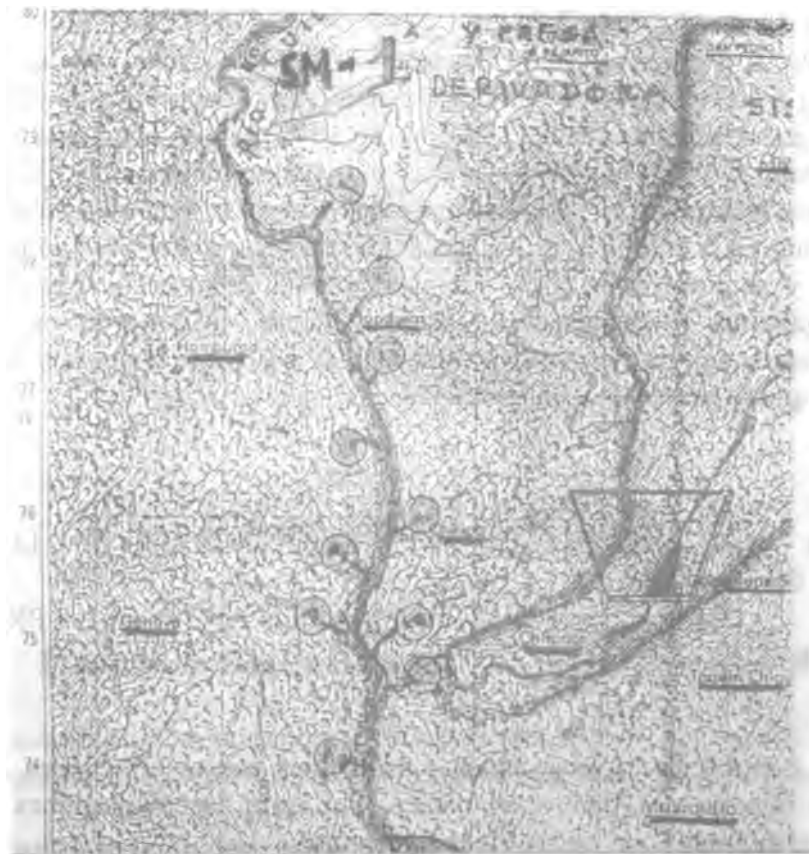
**SUBMODELO 1.- SISTEMA DE MANEJO INTEGRADO EN LOS CAUSES PRINCIPALES DE LAS
(SM1) CUENCAS HIDROGRAFICAS EN APOYO A LA PRODUCCION SUSTENTABLE**

Este sistema de control de escurrimientos y azolves en causes principales se plantea en una perspectiva integral que incluye el manejo del agua, las plantaciones y prácticas conservacionistas de suelos con las acciones siguientes:

SM1a.- Construir presas derivadoras o de embalse y gaviones reforzados. Se selecciona uno o dos sitios en el río principal, cercanos a la salida hacia la planicie, para la construcción de la presa o presas derivadoras o de embalse. Además se selecciona lo más cercano a la convergencia de cada afluente o tributario con el río principal, un sitio para construir un gavión reforzado (usando tecnología recomendada por la FAO 1988 sobre gaviones). Para aprovechar el agua de la presa debe interconectarse con los drenes principales o hacia cárcamos artificiales reguladores y de aprovechamiento en la planicie. Los gaviones funcionan como reguladores, para el control de azolves en cada afluente y reducir la fuerza de los escurrimientos que son destructivos al salir el agua a la planicie causando destrozos en la infraestructura de carreteras y drenes cuando no existe control.

SM1b.- Construir compuertas de control en drenes principales laterales al río para aprovechar el agua conducida por los drenes y utilizarla en irrigación complementaria en apoyo a sistemas de producción agrícola , frutícola, ganadera y mistas en épocas de sequía.

SM1c.- Realizar una agricultura productivo- conservacionista sustentable, aplicando las prácticas de conservación más eficientes a lo largo de la cuenca, como terrazas individuales, reforestación múltiple y de alta densidad, muros vegetativos, entre otras en la parte alta, que contrarreste la erosión y pérdida de suelos productivos. En la ilustración que se presenta a continuación de la cuenca del río Cuilco se ejemplifica este submodelo.



RÍO CUILCO AFLUENTE DEL HUILFUTÁN

SUBMODELO 2: - SISTEMA DE MANEJO INTEGRADO EN AFLUENTES O SUBCUENCAS
(SM2) **HIDROGRAFICAS EN APOYO A LA PRODUCCION SUSTENTABLE**

Este sistema de control en cauces de afluentes o tributarios a nivel de subcuencas o ramales secundarios permite el manejo integrado del agua, plantaciones y prácticas de conservación del suelo con las acciones siguientes:

SM2a.- Construcción de gaviones reforzados alternados con presas de captación en los afluentes o tributarios.- Se parte del gavión ubicado cerca de la confluencia con la corriente principal del modelo 1 y en forma alternada se construyen pequeñas presas de captación con cortina de ferrocemento sumamente económica (Tecnología del Instituto Politécnico Nacional 1998) de acuerdo con la condiciones del cauce de la corriente y los sitios localizados a lo largo de la misma. Los Gaviones además de retener azolves y rehabilitar zonas degradadas mejoran el entorno ecológico y las presas de captación se aprovechan con usos múltiples sobre todo en sistemas de producción minifundista.

SM2b.- Fomentar el manejo integrado con fruticultura, floricultura, horticultura y en algunos casos ganadería de traspatio o mixtas, sobre todo donde existe una población humana formada por rancherías y ejidos aislados o compactos en el área geográfica de la subcuenca.

SM2c.- Promover prácticas productivo conservacionistas en apoyo a una agricultura sustentable, aplicando las prácticas de mayor eficiencia, como terrazas individuales, reforestación múltiple y de alta densidad, muros vegetativos entre plantaciones de ladera, cultivos de cobertera, bordos al contorno y plantaciones frutícolas con terrazas individuales en tres bolillo y manejo de residuos con diversa tecnología.



SUBMODELO 3: SISTEMA DE MANEJO INTEGRADO EN MICROCUENCAS EN APOYO A (SM3) LA PRODUCCION SUSTENTABLE.

Este sistema de control en subafuentes terciarios, cauces de cárcavas y arroyos a nivel de microcuencas operativas o zonas compactas, se integra con las acciones siguientes:

SM3a.-Construir gaviones, ollas de captación, represas filtrantes y cabeceo de cárcavas. Ubicar el sitio del primer gavión reforzados cercano a la confluencia del arroyo o cárcava a la corriente tributaria y diseñar sistemas de control con la construcción alternada de ollas de captación, represas filtrantes, y cabeceo de cárcavas en arroyos y cárcavas.

SM3b.- Fomentar el manejo integrado con floricultura, fruticultura y horticultura y aprovechar el agua para irrigación a nivel de minifundio.

SM3c.- Promover prácticas productivo - conservacionistas para apoyar una agricultura, sustentable, aplicando las prácticas de mayor eficiencia, como terrazas individuales, reforestación de múltiple y de alta densidad, muros vegetativos, que permitan desarrollo de explotaciones minifunfistas en apoyo al ejido productivo.



M.3. EJEMPLO DE UN SISTEMA DE CONTROL CON GAVIONES Y CABECEO DE CARCAVAS A NIVEL DE MICROCUENCA

La interacción de submodelos de manejo integrado en cuencas, se puede dar a nivel de ejidos, propiedades privadas, municipios, inclusive entre estados sin que esto pueda ser una limitante cuando hay una participación conjunta entre instituciones y productores.

CONCLUSIONES.

- 1.- Para la aplicación del Modelo MMICH, se puede iniciar con cualquiera de los tres submodelos SM1, SM2 y SM3 siempre que haya una distribución de comunidades, ejidos y rancherías en las cuencas medias y altas donde el manejo de los recursos esté sujeto a un proceso de degradación y pérdida de los recursos naturales.
- 2.- Cuando existe una infraestructura construida en la planicie que resulta afectada por los azolves de las partes medias y altas se recomienda iniciar con el submodelo SM1.
- 3.- Los costos de la cortina para las presas de captación de ferrocemento son muy económicas, lo mismo en el caso de los gaviones y los beneficios son múltiples.
- 4.- Este modelo podría solucionar muchos problemas, tanto para hacer zonas productivas como para beneficiar áreas bajas sujetas a inundaciones y al deterioro.

BIBLIOGRAFIA.

1. CNA-IMTA-CP, (1997). Diagnóstico de erosión potencial, actual y permisible entre el río Novillero y el Vado Ancho, Costa de Chiapas. México.
- 2.- IPN (1997), Manual para la construcción de Cortinas de Ferrocemento Instituto Politécnico Nacional, México D.F.
- 3.- Caballero Aquino T. Juárez Ruiz T. et al (1998), Retención de agua de lluvia mediante Cortinas de Ferrocemento .- V Reunión Nacional sobre Captación de lluvia. Memoria. Oax .Oax., México.
- 4.- Sebastián González D. (1998). Las terrazas individuales y control de la erosión en plantaciones de cafetales y marañón en la costa de Chiapas. V Reunión Nacional sobre Captación de lluvia. Memoria. Oax. Oax., México.
- 5.- Pérez Nieto S. Sánchez Bravo J.R. et al (1998), Estudio, proyecto y construcción de pequeños bordos de almacenamiento de agua para uso agrícola y ganadero. V Reunión Nacional sobre Captación de lluvia. Memoria Oax .Oax, México.

SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA PARA LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIAFORESTAL

SERGIO TRUEBA CASTILLO*

A escasos 60 días de cumplir 2000 años de civilización y cultura en el planeta tierra, el 40% de la humanidad, 2000 millones de personas no disponen de agua potable y tampoco tiene acceso a alimentación, educación, casa y esparcimiento sanos.

Hemos descuidado las dos fuentes sagradas de vida en este planeta: el agua y los árboles, diseños inseparables para conservar la vida en la tierra. Sin precipitaciones pluviales no hay vida ni alimento.

El problema que presentan las precipitaciones a nivel mundial es alarmante ya que su periodo se acorta cada vez más. De 210 días con lluvia al año durante los años de 1940 a 1950, hoy tenemos escasamente de 60 a 90 días.

Precipitaciones que presentan además, variantes alarmantes: Tormentas y huracanes que arrasan las costas del planeta o bien ligeras o nulas precipitaciones en lugares que producen los alimentos del planeta.

¿Cuáles son los factores climáticos que han desequilibrado los sistemas de lluvia que año con año conducen a menos agua para todos?

El diseño neoliberal agrícola e industrial es un diseño abusivo y agresivo hacia la naturaleza y hacia toda forma de vida en el planeta viviente la madre-Tierra. Diseños globales y neoliberales han fracasado porque promueven miseria en el ser humano y destrucción en la naturaleza.

Una de las causas principales de la destrucción la constituye la deforestación de los bosques en todo el planeta, lo que nos convierte en pésimos administradores de la naturaleza. No aprendemos a reciclar los desechos humanos, agrícolas e industriales. Nos negamos a utilizar la tecnología de la "biodigestión anaerobia" para tratar las excretas humanas y convertirlas en un supernutriente líquido para todos los cultivos agrícolas. Estos sistemas de biodigestión anaerobia tienen su origen en los pobladores de México-Tenochtitlán, que combinaban perfectamente la sanidad lacustre y la población. Tecnología que ha sido rescatada por ECORED con tecnología de la UNAM y Xochicalli A.C. con tecnología propia.

Y teniendo a la mano este conocimiento hemos convertido nuestros ríos en ríos de muerte, virtiendo los drenajes de aguas contaminadas en ríos alguna vez tan bellos como el Usumacinta, Grijalvo, Papaloapan, Lerma, etc.

En la Sierra Norte de Puebla y en Banderilla, Xalapa, Veracruz los ríos están contaminados con excretas humanas crudas, detergentes, metales tóxicos, aceites minerales y basura urbana. Urge su rescate como una deuda ecológica a todos los seres del planeta.

Hagamos un recorrido por lo que queda de los bosques del sureste: Chiapas, Tabasco, Campeche; occidente: Jalisco y Michoacán; norte: Durango y Chihuahua; oriente: Puebla y Veracruz. Arrase total. La motosierras el símbolo de una civilización decadente, globalizadora y neoliberal. Esta postura no implica que queramos los bosques como un mero adorno, queremos un bosque productivo, en el cual se empleen una tecnología de explotación armónica para que de esta forma siempre tengamos un sistema arbolado eterno. Tecnologías armónicas sustentables integrales de agroforestería desarrollada por Nocon, S.A. de C.V., empleando la biología aplicada a la forestería con bacterias fijadoras de nitrógeno, micorrizas y sustratos composteados derivados de los mismos bosques.

Los astroagricultores de hace 16,000 años conservaron el equilibrio de los ciclos de lluvia viviendo en armonía con la naturaleza. Nunca destruyeron sus bosques, ya que sabían que los árboles son los conductores del agua.

Los bosques son la segunda fuente sagrada de vida en este planeta, cuya función es capturar tóxicos como el dióxido de carbono y aportar oxígeno para todas las formas de vida. Sin oxígeno no hay vida, sin árboles no hay oxígeno.

La otra función importantísima de los árboles es mantener los microclimas de lluvia en todo el planeta ya que en su punta tiene signo positivo y las nubes tiene signo negativo. Signos de diferente carga siempre se atraen. Los antiguos precortesianos, los astroagricultores, dejaron este mensaje en piedra para que no se borrara: “los árboles hablan con las nubes y las nubes hablan con la tierra en el lenguaje de la lluvia”.

Así podemos tener la mejor tecnología agrícola, la más moderna, pero sin árboles no hay microclimas de lluvia.

No tenemos una cultura de los árboles ni del uso del agua. No tenemos una ética de la naturaleza y la hemos suprimidos y destruido. Es más hemos perdido el amor por la naturaleza misma y como no tenemos amor por la naturaleza y por la madre Tierra, el desarrollismo globalizante tiene sus expresiones en el alto índice de criminalidad, drogadicción y dispersión familiar.

¿Cuál es la solución que se propone para reconciliarnos con la naturaleza? ¿Para conservar, restaurar y acrecentar lo poco que queda del equilibrio en la madre Tierra?

1. Detener la tala inmoderada de la pluviselva del Amazonas y todos los bosques tropicales del planeta. Entre ellos Chiapas y el mega proyecto del Istmo de Tehuantepec, que es un ejemplo de la tecnología abusiva y agresiva del neoliberalismo para despojar a los indígenas y a la naturaleza de su riqueza.

2. La producción masiva de viveros forestales con especies arbóreas endémica en todo el país. Con lo cual se equilibraría la función microclimática de los bosques y la demanda de madera. Finlandia es un buen ejemplo.

3. Rescatar, eficientar y utilizar la tecnología campesina a cuyos esfuerzos se han sumado los técnicos agrícolas comprometidos con la conservación de la naturaleza.

Esta tecnología campesina que ha demostrado ser eficiente durante miles de años para cosechar agua de lluvia. Construyendo zanjas en la laterales de los caminos vecinales y tierras de cultivo, con lo cual se recargan los mantos freáticos de la región. Así mismo se resta velocidad a los escurrimientos pluviales y se evita la erosión, se crean microclimas de humedad donde pueden plantarse árboles frutales, maderables, medicinales, ornamentales, etc. y se crean reservorios de diversidad faunística.

En la actualidad la tecnología agresiva esta tapando los pros de la tierra con planchas de concreto en las comunidades rurales, dejando sin posibilidad de agua y de vida a las especies arbóreas regionales cuyos especímenes alcanzan cientos de años.

4. Presas de gaviones. Esta tecnología de construir presas de gaviones es económica, eficiente y de fácil construcción. Consiste en formar retenes acomodando piedras una sobre otra, partiendo de una base de 2 metros que disminuye a metro, con altura de un metro y forrada con malla ciclónica. De lo demás se encarga la naturaleza.

5. La construcción de terrazas siguiendo las curvas de nivel de los terrenos agrícolas con pendiente. Inclinando mi sugerencia a la utilización de barreras vivas.

6. Riego por goteo. Este sistema eficientiza el agua. Por citar un dato, una hectárea de hortalizas consume 3000 litros de agua semanalmente. El punto negativo consiste en el costo, sin embargo se están realizando esfuerzos para bajarlos a lo mínimo.

7. Veamos ahora como la biología aplicada a la agricultura multiplica el agua de lluvia. Esta tecnología data de hace 16,000 años, cuando los astroagricultores de Xochimilco construyeron las primeras compostas en lo que denominaron chinampas.

Estamos hablando de la producción de COMPOSTAS. Este mejorador de suelo se fabrica con esquilmos agrícolas y urbanos, activadores enzimáticos, agua y energía solar.

Las compostas son capaces de retener 10 veces más agua de lluvia que proporcionan lentamente a los sistemas radicales de las plantas. El mecanismo de retención de agua se realiza a través de puentes de hidrogeno del humus.

Plantaciones de gramíneas y leguminosas han resistido de 30-45 días sin agua cuando el suelo ha sido nutrido con Composta.

El resultado puede mejorar utilizando polímeros sintéticos, capaces de fijar 100 veces su peso en agua. La composta se mezcla con 1 kilo de polímero por hectárea y foliarmente

captamos humedad ambiental de los rocíos nocturnos por medio de polímeros fijadores de agua utilizando 1 litro por hectárea.

Es urgente que se aplique la tecnología de “lluvia por inercia” desarrollada por el Sr. José Carmen García Martínez de Valle de Santiago, Guanajuato. Esta tecnología es eficiente, económica y con una duración de 7 años, teniendo como exigencia para su aplicación la forestación y reforestación de la zona con especies nativas.

Las tecnologías de captación de agua de lluvia siempre deben complementarse para su óptimo resultado.

Yo envió un mensaje a todos los habitantes del planeta Tierra: “O restablecemos los sistemas arbolados, creando una cultura de los árboles y el agua o el planeta empieza a morir”.

EFICIENCIA EN EL USO DE AGUA POR LA COQUIA (*Kochia scoparia* L. Schrad Var. *Esmeralda*), CULTIVO FORRAJERO.

MANUEL ANAYA GARDUÑO *
COLEGIO DE POSTGRADUADOS
IRENAT-EDAFOLOGIA
anayam@colpos.colpos.mx

LA DESERTIFICACIÓN EN MÉXICO

La principal consecuencia de la desertificación (degradación de la tierra) es la severa reducción de la productividad de los ecosistemas, expresada en la disminución de los rendimientos agrícolas, pecuarios y forestales, así como en la pérdida de la diversidad biológica. Desde el punto de vista social, se generan procesos de empobrecimiento, migración y deterioro de la calidad de vida de la población; por lo tanto, México debe enfrentar de manera integral los problemas de la desertificación y la sequía, promoviendo modelos de desarrollo sostenible acordes con la realidad ambiental, económica, cultural y social de cada región.

La base para el desarrollo agropecuario esta en asegurar el abastecimiento de agua, de granos básicos y de forrajes a cada comunidad, con el objeto de satisfacer, en primera instancia, la alimentación de todos los habitantes.

Las prioridades detectadas con el diagnóstico de la desertificación indican que deben considerar los tres aspectos siguientes: a) Sistemas de captación y aprovechamiento integral del agua de lluvia, b) Producción y autosuficiencia en granos básicos, y c) Producción y autosuficiencia de forrajes para las diversas especies animales.

El sistema de uso del suelo que cubre más superficie en México es el dedicado a la ganadería, (114 millones de hectáreas) donde el principal problema es la escasez de forraje con las consecuencias ya conocidas (severa disminución del hato, pobreza, miseria, migración y desnutrición). En 1999, varios millones de cabezas morirán por falta de agua y forraje; ya son más de 12 entidades federativas afectadas por las crecientes y recurrentes sequías.

EL AGUA EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJES

Cada día se toman decisiones en varios niveles para establecer programas y proyectos de desarrollo urbano, agrícola e industrial que afectan la disponibilidad de los recursos agua y suelo 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 1,250 litros para producir un kilogramo de alfalfa seca; lo que repercute drásticamente en el continuo abatimiento de los mantos acuíferos. Lo anterior muestra la

urgente necesidad de encontrar nuevas opciones forrajeras más eficientes en el uso del agua, sin afectar la calidad del forraje.

La Coquia: Una Opción Forrajera con alta eficiencia en el uso de agua.

La coquia es una planta forrajera que, por su precocidad, calidad bromatológica y resistencia a sequía, es cada día más utilizada por los ganaderos mexicanos, en las entidades siguientes: Chihuahua, Sonora, Sinaloa, Tamaulipas, Coahuila, Nuevo León, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Jalisco, Michoacán, Aguascalientes, Querétaro, México, Tlaxcala, Puebla, Guerrero, Oaxaca, Veracruz. Además, se ha impulsado su utilización de esta planta forrajera en otros países como Cuba, Brasil, Argentina, Venezuela, Honduras, Siria, Jordania y Egipto.

La Coquia (*Kochia scoparia* L. Schrad) pertenece a la familia de las chenopodiaceas, igual que el quelite, el romerito, la acelga, la remolacha forrajera, el huauzontle y la costilla de vaca.

Su contenido de proteína va de 16 a 26%, lo que le permite ser utilizada en la nutrición del ganado en las mismas proporciones y con el mismo manejo que la alfalfa. Es resistente a plagas y enfermedades, siendo así un cultivo que requiere la mínima inversión.

Además, su ciclo corto, de apenas 70 a 80 días de la siembra al inicio de la floración, permite obtener de tres a cuatro cosechas al año en el sistema de riego, favoreciendo la planeación y representando ingresos de \$8,000 a \$11,000/ha/cosecha por concepto de venta de forraje.

Es de alta gustosidad, buena digestibilidad y baja en fibra. Se puede utilizar como fuente de proteína en alimentos balanceados, y así reducir los costos de producción en la alimentación de los animales.

Actualmente, ya se cuenta con semilla, paquete tecnológico y asesoría para asegurar a productores privados, instituciones y gobiernos la producción de forraje a un costo inferior al convencional y así evitar pérdidas en la rentabilidad de los ranchos y la muerte o sacrificio del ganado por falta de forraje.

Eficiencia en el uso de agua del cultivo de Coquia.

La eficiencia en el uso de agua (EUA) de las plantas depende de los factores siguientes:

a) El continuum suelo-planta-atmosfera.

b) Factores que controlan la EUA

- Requerimientos de agua por los cultivos
- Demanda evaporativa
- Eficiencia en la transpiración e índice de cosecha
- Relación Evaporación/transpiración

- Disponibilidad de agua para las plantas
- Método de riego.
- EUA y producción

c) Formas para mejorar la EUA

- Patrones de cultivo
- Mejoramiento Genético
- Manejo de cultivo
- Manejo de suelo
- Manejo del agua de riego
- Tecnificación de la agricultura de temporal

d) Tecnologías que mejoran la EUA

- Modificación del régimen de la humedad del suelo
 - Métodos de riego
 - Captación de Agua de Lluvia
 - Residuos de cosecha sobre el suelo
 - Labranza de conservación
- Modificación del microclima y del microambiente de las plantas

En México y en otros países de la región se ha dado gran atención a la EUA en cultivos bajo riego pero poco se ha hecho en los sistemas de producción bajo condiciones de temporal, los cuales abarcan más del 75% del territorio nacional.

En 1993, en los terrenos del campo agrícola experimental del Colegio de Postgraduados en Montecillo, Edo. de México se estableció en experimento con Coquia para evaluar la eficiencia en el uso de agua (EUA) en un suelo salino-sódico, con una textura franco-arcillosa, un contenido de sales de 7.63 ds/m, un pH de 7.9, el porcentaje de sodio intercambiable de 27%. (Díaz, 1995)

La fecha de siembra de la Coquia (*Kochia scoparia* L. Schrad Var. Esmeralda.) se realizó el 20 de febrero. La precipitación anual fue de 625 mm, la evaporación anual fue de 1491 mm, la humedad relativa fue de 68% y la altura sobre el nivel del mar es de 2250 m.

El corte de la Coquia se realizó cuando la planta estaba al 5% de floración, se dieron cinco cortes con un calendario en días como sigue: 88, 39, 12, 36, 41 dando un total de 216 días para los cinco cortes. Los rendimientos respectivos fueron de 43, 20, 23, 14 y 19 ton/ha dando un total de 124 ton/ha de materia verde.

El agua consumida por el cultivo de Coquia para los cinco rendimientos fue como sigue: 19.7, 6.7, 3.5, 17.7 y 19.2 cm, dando un total de lámina (riego+lluvia) de 66.8 cm.

El rendimiento promedio de forraje verde fue de 0.57 ton/ha/día en el periodo de 216 días con cinco cortes, lo cual da una eficiencia en el uso de agua 0.4 ton de materia seca/ha/cm.

En 1991, en terrenos del campo experimental del C.P., Montecillo, Méx. Se estableció un experimento sobre fechas de siembras de Coquia en un suelo de textura migajón arcilloso-arenoso, con un pH de 7.7, una conductividad eléctrica de 0.8 ds/m y un contenido de materia orgánica de 3.6 %. Los cuadros 1 y 2 muestran la relación entre la lámina de agua recibida (riego + lluvia) con la producción en peso seco de Coquia por fecha de siembra y la eficiencia en el uso de agua por la Coquia expresada en kg/ha/cm. (Hoechst, 1992)

La máxima producción de materia seca la Coquia fue de 43.2 ton/ha con 66.13 cm de lámina de agua; los 43.2 ton/ha con 66.13 cm de lámina de agua; los valores fluctuaron de 310 a 653 kg/ha/cm. Fuehring en 1984, encontró valores de 400 kg/ha/cm. La Coquia tiene una alta eficiencia en el uso de agua (EUA) sobre todo si se compara con la alfalfa cuyo valor de EUA es de 20 ton de materia seca por hectárea por año con 250 cm de lámina de agua, la cual indica que la Coquia es 8.13 veces más eficiente en el uso de agua que la alfalfa para suelos y clima del Valle de México.

Cuadro 1.- Relación de la lamina de agua (LA) con la producción en peso seco de Kochia por fecha de siembra.

Fecha de siembra	Lámina de agua (mm)	Producción Máxima ton ha ⁻¹	Relación Prod/Lámina kg/ha/cm	Kg m ⁻³
6-III-90	661.3	43.2	653.2	6.5
15-III-90	588.5	36.1	613.4	6.1
30-III-90	707.5	22.8	322.3	3.2
16-IV-90	662.6	23.4	353.1	3.5
30-IV-90	681.8	25.9	379.9	3.8
15-V-90	481.2	14.9	309.6	3.1

Cuadro 2.- Cálculo de producción de Kochia por lámina de agua recibida por fecha de siembra y por muestreo en kg. Ha⁻¹ cm⁻¹ de lámina (Eficiencia en el Uso de Agua).

Muestreo	Fecha de siembra (1990)					
	1 6-III	2 15-III	3 30-III	4 16-IV	5 30-IV	6 15-V
1	161.23	57.43	22.67	21.10	12.80	15.83
2	172.90	62.44	39.16	22.60	22.48	24.53
3	248.41	122.71	63.56	361.59	119.19	33.52
4	327.59	243.50	139.84	326.80	302.44	138.34
5	428.53	409.80	208.93	372.82	479.99	216.77
6	474.92	491.50	301.73	356.50	287.21	285.21
7	574.20	605.53	341.13	358.88	339.40	310.18
8	653.25	614.81	323.61	354.39	379.90	136.51

El agua en la nutrición del ganado

El agua cumple un papel fundamental en la nutrición del ganado al facilitar la digestión, la absorción y metabolización de los nutrientes, además de la eliminación de los residuos y mantener la temperatura del cuerpo.

El agua representa el 66% del peso vivo en 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.

En México, las condiciones ecológicas y socio-económicas favorecen el predominio de la ganadería mixta y extensiva, por lo que la productividad de las explotaciones se ve seriamente afectada por el largo período de sequía, (que va de 8 a 10 meses) donde la capacidad de carga de los agostaderos disminuye notablemente, dando origen al sobrepastoreo, principal proceso de la desertificación; es por ello necesario considerar la siembra con avión.

El problema no termina ahí, sino que, además, la falta de obras de captación de agua de lluvia para el ganado obliga a los animales a recorrer hasta 5 km diarios para obtener el pasto y llegar al abrevadero, causando mermas en los parámetros productivos y la muerte por falta de agua y forraje.

Para contrarrestar esta problemática, se han generado manuales sobre sistemas de captación de agua de lluvia, con el apoyo del IICA los cuales ya se encuentran en 34 países de América Latina y el Caribe. Además, las Reuniones Nacionales Sobre Sistemas de Captación de Agua de Lluvia, constituyen el foro más importante en nuestro país donde se vierten las experiencias de productores, técnicos, instituciones involucradas y científicos sobre el aprovechamiento del vital líquido, donde se desarrollan y aplican propuestas, y se enriquecen las tecnologías sobre el tema.

AGUA Y SOSTENIBILIDAD

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, es preocupante observar cómo 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 de deforestación, sobrepastoreo y alteración del ciclo hidrológico; así, el hombre está cavando su propia tumba, al eliminar la cubierta vegetal que representa el mejor aliado para prevenir la erosión del suelo por la lluvia.

Lo anterior indica la necesidad de establecer programas masivos de concientización que conlleven a la comunidad a la cultura del agua, mediante el establecimiento de planes,

programas y proyectos para lograr una utilización integral del agua de lluvia, base para el desarrollo sustentable.

CONCLUSION

Lo errático y escaso de la precipitación pluvial está afectando a más de doce entidades federativas, cada año mueren cientos de miles de animales por falta de agua y de forraje y más de 40 millones de personas empiezan a sufrir hambre y falta de agua, lo cual traerá en un futuro cercano mayores problemas de tipo social y económico. La eficiencia en el uso de agua por la Coquia es 8.13 veces mayor que la de la alfalfa para condiciones del Valle de México, lo cual la hace una buena opción para la producción de forraje de alta calidad.

BIBLIOGRAFIA

- Anaya, G.M. (1999) Kochia: a fodder crop to combat desertification and poverty VI International Conference for Drylands Development. Cairo, Egipto (en prensa)
- Díaz E. F.L. (1995) Potencial productivo de la Coquia en Suelos Salinos. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. 199 pag.
- Hoechst V, C.M. (1992) Efecto de las fechas de Siembra y Fertilización sobre el crecimiento de Coquia. Tesis de Maestría en Ciencias Colegio de Postgraduados Montecillo, Méx. 93 pág.

ESTIMATION OF WATER USE BY VEGETATION BARRIERS BASED ON CLIMATOLOGICAL FACTORS AND SOIL MOISTURE LEVELS**

WIM SPAAN, J./RINGERSMA, L./STROOSNIJDER, A. SIKKING
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCES
WAGENINGEN UNIVERSITY
NIEUWE KANAAL 11
6709 PA WAGENINGEN, THE NETHERLANDS
FAX: 0031 317484759
E-MAIL: wim.spaan@users.tct.wau.nl

ABSTRACT

Runoff management is one of the tools to increase the available water for agricultural production in areas where rainfall is erratic. Vegetation barriers have shown to increase the amount of water in the soil by slowing down runoff and thus allowing more time for infiltration. They do not cause upstream water logging problems due to the semi-permeable character of the barrier. However little is known about the water use of the vegetation barrier and thus whether its conservation effect is not being minimised by its own water use. This paper presents the results of a study conducted in Burkina Faso in 1996 in which a method has been developed to assess the water use of a vegetation barrier. Transpiration (sapflow) was measured on 3 barrier species (*Andropogon gayanus*, *Piliostigma reticulatum* and *Ziziphus mauritiana*). Transpiration was related to meteorological factors and soil moisture availability. The method used was found to be simple and reliable. The results can be used in other experiments focusing on the water use of (natural) vegetation and its competition with agricultural crop water use.

INTRODUCTION

The aim of runoff management in the Sahel is to enhance the amount of available water in the soil for plant growth and crop production. Improved local infiltration can be achieved by water conservation measures along contour lines. Hien (1995) gives an overview of these measures and their efficacy. Non permeable measures minimise runoff but can also cause waterlogging problems upstream. Semi-permeable stone and dead wood barriers result in an improved water balance and avoid waterlogging.

Vegetation barriers slow runoff and retain sediment and organic debris and still allow drainage of excess water due to their semi-permeable nature, thus positively affecting the upstream and downstream soil water availability. A vegetation barrier, using locally available species is often cheap and easy to establish. As both the crop and the vegetation barrier use water, competition for water may reduce yields of nearby crops as the extraction of water from the soil by the roots of the vegetation barrier (Smith et al., 1994). Since vegetation barriers present an appropriate measure in runoff management a method to

** Paper presented at the 9th International Conference on Water Catchment Systems. Petrolina, Brazil, July, 1999.

assess the water use of vegetation barriers becomes necessary in order to optimise the design of this conservation practice.

For most agricultural crops a relation has been established between climate and potential evapotranspiration by the introduction of crop coefficients (Doorenbos and Pruitt, 1977) and the use of reference evapotranspiration. The method, recommended by the FAO (1992) requires crop factors, which are not available for non-agricultural crops used in vegetation barriers, as well as extended climatological data. The reduction of the potential evapotranspiration as a result of non-optimal soil moisture conditions (Doorenbos and Kassam, 1979) is another unknown factor for vegetation barriers.

This paper presents results of a study conducted in Burkina Faso in which a method has been developed to assess water use by vegetation barriers based on easily measured variables. Various options are presented with increasing complexity and accuracy ranging from the use of a single climatological factor, a multi-climatological factor and a combination of climate and available soil moisture under the vegetation barrier.

MATERIALS AND METHODS

The study took place in Gampela, Burkina Faso, in 1996. Twenty-one plots of 20 x 20 m were laid out within a 3 ha experimental site in 1994. Plots were laid in the direction of the slope, which varied between 1.5 and 2%. At 5 m from the downstream side of each plot a 1 m wide vegetation barrier was planted. Seven plant species were planted in three replications. The choice of species was influenced by local availability, anticipated growth and soil and water conservation properties.

For the development of the water use assessment method three species were selected *Andropogon gayanus* (a perennial grass), *Piliostigma reticulatum* (a tree), and *Ziziphus mauritiana* (a shrub). Transpiration was monitored for two periods of approximately 5 days. Soil moisture content and climatological factors were measured throughout the whole period. Transpiration measurements started when the barriers were in the mid-season stage and since the vegetation barriers were maintained, the biomass of the barriers remained the same over the mid-season, thus a seasonal variation of the transpiration has not been studied.

For the measurement of transpiration use was made of the stem heat balance method (Baker and van Bavel, 1987). The 20 m vegetation strips were divided in 4 sections according to plant size based on visual observations. In each section the sapflow of a representative plant was monitored continuously for 5 days and averaged every 30 minutes. Since transpiration was directly related to the biomass of the vegetation barriers through the number of leaves on the sampled stem, correlations found were between 0.86 and 0.99 for all observations (Fig. 1), the transpiration of each section could be calculated from the area of the section and the total number of leaves in the section. The transpiration of the whole barrier was calculated from the weighted average of each section.

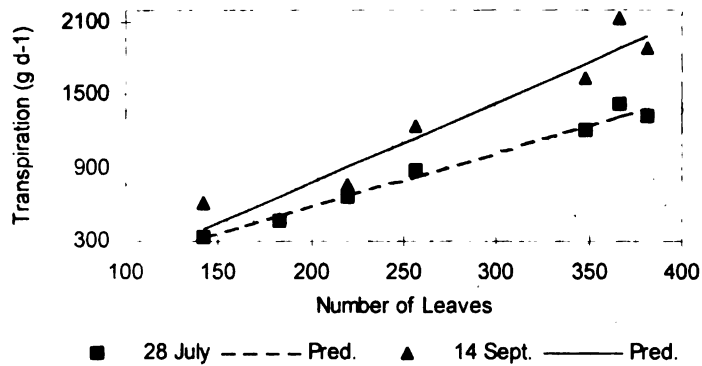


Figure 1: Relation between the number of leaves and transpiration for 28 July ($R^2=0.98$) and 14 September ($R^2=0.92$) of *piliostigma*. Gampala, Burkina Faso, 1996.

Soil moisture was measured using a TDR tube probe. Three access tubes were placed in the vegetation barrier and measurements were taken daily every 0.20 m to 1.0 m depth. The measurement depth was limited to 1 m because of a restricting soil layer at this depth. Total soil moisture in the profile was calculated by summing the depth of water in each layer of 0.20 m. In order to be able to detect stress conditions for plant growth soil moisture retention curves were made in the laboratory.

Continuous measurements of air temperature, wind speed and direction, humidity and incoming solar radiation at the experimental site were made using an agro-meteorological station and averaged for 30 minute periods. Rainfall was measured using a tipping bucket rain gauge. Reference evapotranspiration was calculated for 24 h periods using the Penman-Monteith method (FAO, 1992).

Relations of single or multi-climatological factors and transpiration were made based on 30 min. averages. The relation between transpiration and reference evapotranspiration was made on the basis of 24 h. period data. This also counts for the relation between transpiration and available soil moisture and the combination of available soil moisture with climatological factors.

A validation of the relations was made by calculating the transpiration over short periods without rainfall and fitting it into the water balance.

RESULTS

The relation between the transpiration and single meteorological factors is presented in Fig. 2 and Table 1. All relations are linear with high correlation coefficients.

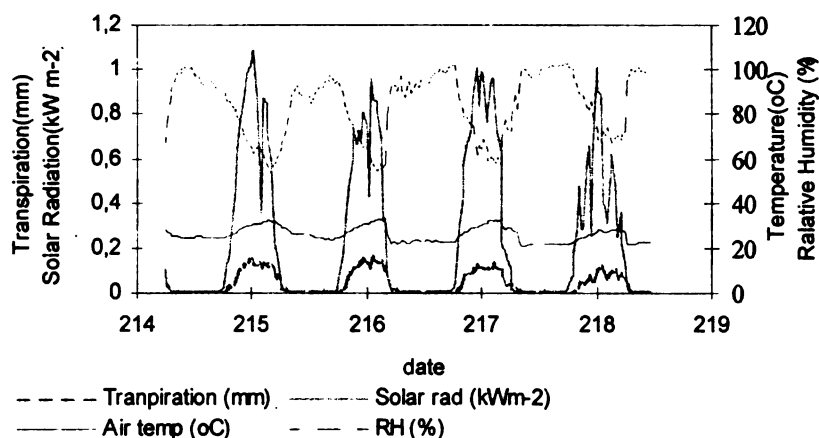


Figure 2: Relation between the transpiration of the ziziphus barrier and climatological factors, Gampala, Burkina Faso, 31 July - 5 August 1996

Table 1: Relation between transpiration ($\text{mm } 30 \text{ min}^{-1}$) of vegetation barriers and single climatological factors, Gampala, Burkina Faso, 1996

	Andropogon	Piliostigma	Ziziphus
Solar Radiation $R_s (\text{kW m}^{-2})$	$\text{Tr} = 0.46R_s + 0.008$ $R^2 = 0.88$	$\text{Tr} = 0.19R_s + 0.003$ $R^2 = 0.91$	$\text{Tr} = 0.14R_s + 0.007$ $R^2 = 0.89$
Temperature $T (^\circ\text{C})$	$\text{Tr} = 0.04T - 0.8$ $R^2 = 0.82$	$\text{Tr} = 0.02T - 0.46$ $R^2 = 0.78$	$\text{Tr} = 0.01T - 0.3$ $R^2 = 0.73$
Relative Humidity RH (%)	$\text{Tr} = 0.008\text{RH} + 0.8$ $R^2 = 0.83$	$\text{Tr} = 0.008\text{RH} + 0.8$ $R^2 = 0.83$	$\text{Tr} = -0.008\text{RH} + 0.8$ $R^2 = 0.83$

Over a period of 10 days in July the change in the soil moisture content under the piliostigma barrier was found to be 21.2 mm. The period was without rain. An estimation of the transpiration over the same period based on the relation of transpiration and solar radiation results in 23 mm. The difference between the estimated transpiration and the change in soil moisture content is only 1.8 mm. A possible explanation could be that the vegetation barrier distracts its water from the layers deeper than the measured 1 m. Although this layer was observed to be restricting it is possible that some roots entered. Soil evaporation over the period can be neglected since the vegetation fully covers the soil surface. Percolation over the period can also be neglected since the soil moisture potential was between -1000 and -3100 cm.

Linear regression of the transpiration of the vegetation barriers and a combination of two climatological factors resulted in relations with regression coefficients of 0.78 to 0.85 for a combination of temperature and relative humidity. Combining either temperature or relative humidity with solar radiation results in relations with regression coefficients of 0.93 to 0.95. The results of the linear regression of a combination of all 3 factors are presented in Table 2.

Table 2: Regression coefficients for the relation $\text{Transpiration} = aR_s + bT + cRH + d$ of vegetation barriers, Gampala, Burkina Faso, 1996

Factor	Solar radiation (kW m ⁻²)	Temperature (C°)	Relative Humidity (%)	Constant	Regression coefficient
Coefficient	a	B	C	D	
Andropogon	0.27	0.01	-0.002	-0.05	0.96
Piliostigma	0.14	0.004	-0.0006	-0.04	0.95
Ziziphus	0.10	-0.00021	-0.00135	+0.14	0.94

Over a period of 4 days in August without rain the change in the soil moisture content under the piliostigma barrier was found to be 12.9 mm. An estimation of the transpiration over the same period based on the relation $\text{transpiration} = aR_s + bT + cRH + d$ resulted in 11.9 mm. Some unsaturated flow might have occurred during the period since the soil moisture potential was between -200 and -500 cm.

Since the reference evapotranspiration was calculated for 24 h periods and related to the 24 h. transpiration of the barrier, the obtained relations are based on a limited data set. The obtained relations can be found in Table 3.

Table 3: Relation between transpiration and reference evapotranspiration of vegetation barriers, Gampala, Burkina Faso, 1996

	Andropogon (mm d ⁻¹)	Piliostigma (mm d ⁻¹)	Ziziphus (mm d ⁻¹)
Reference Evapotranspiration (mm d ⁻¹)	$Tr = 0.157ET_0 - 0.05$ $R^2 = 0.95$	$Tr = 2.1ET_0 - 7.7$ $R^2 = 0.77$	$Tr = 1.6ET_0 + 0.58$ $R^2 = 0.58$

The above mentioned relationships all relate transpiration with one or more elements of the atmospheric demand causing transpiration. Since the actual transpiration is a compromise between the demand and the supply of soil moisture, measured transpiration is also related to total soil moisture (TSM) under the barriers. For two species linear relations between transpiration and soil moisture existed. (Table 4).

Table 4: Relations between transpiration of vegetation barriers and total soil moisture, Gampala, Burkina Faso, 1996.

	Piliostigma (mm d ⁻¹)	Ziziphus (mm d ⁻¹)
Total Soil Moisture (mm m ⁻¹)	Tr= -0.019 TSM + 6.66 R ² = 0.87	Tr= 0.48 TSM - 10.94 R ² = 0.96

Since actual transpiration is a compromise between demand and supply it may be expected that a combination of a single climatological parameter or the full atmospheric demand (ET₀) and TSM will yield the best correlation with actual transpiration. Since the best fit of transpiration with a single climatological factor was found with solar radiation, this factor was used. The obtained relations can be found in Table 5.

Table 5: Relation between transpiration of vegetation barriers and a combination of total available moisture and solar radiation or reference evapotranspiration, Gampala, Burkina Faso, 1996.

	Piliostigma (mm d ⁻¹)	Ziziphus (mm d ⁻¹)
Total Soil Moisture (mm m ⁻¹) and ET ₀ (mm d ⁻¹)	Tr=- 0.03TSM+0.005ET ₀ +7.8 R ² = 0.66	Tr=0.49TSM+0.46-13.5 R ² = 0.97
Total Soil Moisture (mm m ⁻¹) and Solar Radiation (MJ m ⁻² d ⁻¹)	Tr= -0.01TSM + 0.07R _s + 4.9 R ² = 0.94	Tr= 0.5TSM + 0.02R _s - 11.29 R ² = 0.97

CONCLUSIONS

The aim of the study was to find a method to assess water use of vegetation barriers based on simply measurable parameters. The method consists of a brief measurement period with subsequent data analyses leading to simple predicting equations for each barrier species. Under conditions of good maintenance whereby the biomass and LAI of the vegetation barriers are kept at a more or less constant level, these equations can then be used for any other period in the growing season, except for the development stage. In a situation whereby no maintenance of the barrier takes place more than one relation over the season should be established in order to find water use over the whole season.

Results indicate that the simplest option, whereby transpiration is predicted with the use of a single meteorological factor gives acceptable results for all 3 factors used. Linear relations with high regression coefficients were found, therefore no attempt was made to search for non-linear prediction equations.

There is no significant improvement in the prediction of transpiration when instead of using temperature or relative humidity in a single factor relation these two factors are combined.

The solar radiation single factor relation improves when combining solar radiation with either temperature or relative humidity.

The results suggest that transpiration prediction using the reference evapotranspiration ET_0 is not as good as the relation found between transpiration and the three climatological factors combination. Reference evapotranspiration was calculated for 24 h periods. Since the number of observation days on each species was only 10 days, this relation is based on a limited data set. The other relations are based on 30 min periods, thus on a far larger data set. In the 10 days of monitoring the ziziphus barrier 5 days with rainfall occurred, influencing the relationship.

The influence of the available soil moisture on transpiration could be established for 2 species (piliostigma and ziziphus) only. The restriction of limited data sets also counts for these relationships. A more extended data set will improve these relations and probably a relation for andropogon can be found when more data become available. The combination of solar radiation and available soil moisture results in the best prediction of the barrier transpiration.

REFERENCES

- Baker, J.M. and van Bavel C.H.M. (1987) Measurement of mass flow in stems of herbaceous plants. *Plant Cell and Environment* 10: 777 - 782
- Doorenbos, J. and Pruitt, W.O. (1977) Guidelines for predicting crop water requirements, *FAO Irrigation and Drainage Paper 24*, Rome
- Doorenbos, J. and Kassam, A.H. (1979) Yield response to water, *FAO Irrigation and Drainage Paper 33*, Rome
- FAO (1992) Report on the expert consultation on the revision of the FAO methodologies for crop water requirements, Land and water development division, FAO, Rome
- Hien, F.G. (1995) La régénération de l'espace sylvo-pastoral au Sahel, *Tropical Resource Management Papers 7*, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands
- Smith, D.M., Jarvis, P.G. and Odongo, J.C.W. (1994) Water use by Sahelien windbreak trees, Presentation at The International Symposium on Wind Erosion in West Africa: the Problem and its Control, December 5 -7, Hohenheim University, Stuttgart, Germany

A SIMULATION MODEL OF FLOOD RUNOFF UTILIZATION IN TAIWAN

K.F. ANDREW LO
DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES
CHINESE CULTURE UNIVERSITY, TAIPEI, TAIWAN
E-mail: ufab0043@ms5.hinet.net

ABSTRACT

Watershed data are being gathered in Taiwan that includes soil, topography, hydrology, and land use. These information along with the AGNPS model are used to assess watershed conditions and objectively evaluate storm-related generation and transport of non-point source pollution. The main objective of this pilot study is to simulate storm water collection using retention ponds and infiltration enhancement through tree planting. Runoff volume results from various storm sizes may provide adequate information for a follow-up on-site study to optimize flood runoff utilization in Taiwan. //

INTRODUCTION

About two-thirds of the island of Taiwan is covered with rugged mountains. The central mountain range runs from North to South. Torrential typhoon rains, steep topography, young and weak geologic formations, and erodible soils are unfavorable natural factors contributing to rapid rates of geologic erosion and runoff. In addition to these natural conditions, population pressure, diversified cropping, small size of individual farms, abusive cultivation on steep slopeland, and socio-economic pressure for more land have accelerated the rate of soil erosion and runoff causing irreversible damages. A detailed assessment of the natural environment along with accurate estimation of the potential erosion and runoff hazard would reduce major on-site and off-site damages.

Many erosion and runoff models have been developed for predicting fluvial soil erosion, runoff and sediment yield. The "AGNPS" (Agricultural Non-Point Source Pollution) model has the capabilities of evaluating non-point source pollution and predicting site-specific sedimentation within a catchment. With proper modifications of the Universal Soil Loss Equation (USLE) factors, excellent agreements between the simulated and measured sediment yields have been obtained for a few reservoir watersheds in Taiwan (Lo, 1995).

The objective of this study is to integrate the powerful tools of GIS and AGNPS, to simulate soil erosion, runoff and sediment yield resulting from various storm sizes, and to optimize the design of storm runoff utilization in the Shuli River Basin, Taiwan.

AGNPS MODEL

The AGNPS model was developed by the USDA's Agricultural Research Service in co-operation with the Minnesota Pollution Control Agency and the Soil Conservation Service (Young et al., 1987). The model subdivides the catchment watershed into uniform grid squares called "cells". Potential pollutants are routed through cells in a stepwise manner, proceeding from the headwaters of the watershed to the outlet. This allows flow as

well as water quality parameters to be examined at any point. All characteristics of the watershed are expressed at the cell level.

AGNPS is an event-based model. The basic model components include hydrology, erosion, and sediment and chemical transport. In the hydrology component, runoff volume and peak concentrated flow are calculated. The erosion portion computes total upland erosion, total channel erosion, and a breakdown of these sources into five particle size classes (clay, silt, sand, small aggregates, and large aggregates). Upland erosion is routed through the watershed. Sediment transport is also calculated for the five particle classes as well as the total. The chemical transport portion is separated into one part handling soluble pollutants and another part handling sediment-attached pollutants.

DESCRIPTION OF STUDY AREA

The Shuili River is located in Nantou County (Figure 1). It is one of the tributaries of the Choshui River. There are two sub-watersheds within the Shuili River Basin, namely Mingtan and Minghu. The total area is about 57 km². The prevailing slope of this watershed is towards the south, with many undulating streams and hills, as well as high mountains. The average annual temperature is around 19.5°C, higher during August and lower in January. The average annual rainfall is about 2,400 mm. Major rainfall comes between April and September. December and January are the driest months.

Most land within the watershed is government-owned (75%). About 20% are privately owned land. The remaining is owned by the Land Bank. Land use in the study area often differs largely as a result of variability in topographic setting, soil property, climate, and the farmers' cultural preference. About 69% of the land area are covered with forest. Betel nut farms comprise about 23% of the watershed area. Other land use includes tea, orchard, rice paddy, and other crops.

STUDY METHODS

The ARC/INFO GIS computer software was employed to process and analyze the necessary input data. The ARC/INFO software is preferred over the others because of its ability to accept, store, manage, retrieve, and display both raster and vector data types, as well as its ability to convert from one form to the other.

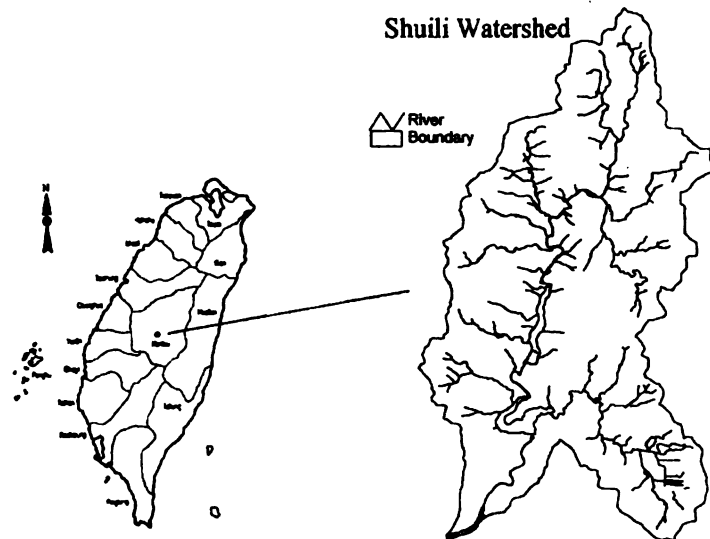


Figure 1. Location map of the Shuili River Basin.

Extremely accurate digitized vector data were first converted to raster form for direct input and creation of AGNPS model data file. Data layers consist of:

1. The Ministry of the Interior 1/25,000 topographic maps,
2. The Central Geologic Survey Institute 1/50,000 geologic maps, and
3. The Soil and Water Conservation Bureau 1/25,000 soil maps.

The available natural resources theme maps for the study area include climate, hydrology, geology, soil, elevation, slope steepness, aspect, land use, and vegetation.

To form the input data file needed to operate the model, the Shuili River Basin was first divided into 679 uniform cells. Each cell occupied approximately 9 ha in area. The drainage direction of each cell, defined as the direction of flow leaving the cell, was estimated based on its shape and topographic setting.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Model Output

The erosion and runoff potential of the Shuili River Basin was first determined with a rainstorm of 200 mm and a rainfall erosivity index of 80. The soil erosion at the basin outlet (cell no. 677) is estimated to be about 1.25 t/ha. The sediment yield is about 509.2 t. The total runoff volume is about 87 mm. Among all the cells, the highest values for runoff, erosion, and sediment are 200 mm, 20.6 t/ha, and 1305.8 t, respectively. The lowest values for runoff, erosion, and sediment are 2.8 mm, 0.0 t/ha, and 0.0 t, respectively. Erosion vulnerable area is located in an area with steep topography, poor surface cover, and intensely cultivated farmland. The high sediment yielding area is concentrated at or near the stream channel. Therefore, high priority countermeasures should be provided for these cells. Timely remedial works may prevent sediment removal and erosion problems, further enhancing effective watershed management policies and farm development plans.

B. Selection of Collection Sites

Storm runoff water can be collected in a trench dug in the ground or stored in a small retention pond. Such a system can open up new prospects for land and water management. Rainwater collected can be used for irrigation, livestock husbandry, aquaculture, recreation, and reclamation of wasteland and/or introduction of high yielding cash crops. The collection and utilization of runoff may increase the availability of water resources. It also provides other indirect benefits that include depressing flood peaks, diminishing soil erosion, providing large sediment storage space, and improving the operation of reservoirs and channels.

The ideal siting of dugouts and farm ponds should satisfy the following design criteria: (1) upper reaches of the watershed; (2) maximum runoff interception; (3) minimum sediment load. Therefore, the drainage pattern of the watershed (Figure 2), in addition to the runoff and sediment analyses provided by the AGNPS model for each cell should be adequate in determining the best locations to construct dugouts and farm ponds.

A total of 12 sites were selected. They are located at cell number 39, 68, 113, 193, 273, 354, 386, 401, 440, 499, 644, and 674. Most are situated at the upper northeastern and southwestern parts of the watershed. The surface runoff pattern at these sites is characterized by runoff volume entering the collecting cell from three or more above cells, and thus, greatly inflated the total collected runoff volume. However, further examination of the sediment load at the receiving cell indicates that out of 5 cells (67, 131, 440, 640, and 674) while runoff volume is great, at the same time the sediment delivered is also large. This will adversely affect the rainwater storage capacity of the dugouts and farm ponds. The prevailing land use type at these 5 cells is betel nut farming. As a remedial measure, an attempt was made to convert this land use type to natural forest through model simulation. This was accomplished by modifying the current curve number, cover and management factor, and surface condition constant parameters to the appropriate values for forestland use. Although the generated runoff volume decreases only about 52 to 58% with forest conversion, the sediment reduction is quite significant, reaching above 95%. This result indicates that in order to optimize rainwater utilization using dugout and farm pond collection, proper land use and soil conservation measure are necessary to ensure maximum runoff interception and minimum sediment load.

C. Runoff Collection with Different Storm Sizes

Calculation of total runoff collected consists of one part runoff entering the receiving cell from above and another part from within the cell. Based on this computation procedure, total runoff volume collected with a 200-mm storm for the 12 selected sites are listed in Table 1. The volume ranges from 20,060 to 47,352 m³, which is quite substantial considering it is coming from one storm only. However, a storm of this magnitude occurs only once or twice a year in this area, according to the long-term climatic statistics. The sediment generated is also listed in Table 1. The total sediment load (above + within) may amount to as much as 13.2 t. This shows that, on one hand, storm runoff collection at the upper watershed may indeed reduce a large amount of sediment delivered downstream. But, on the other hand, adequate and effective soil conservation measures such as in-situ check dam and stilling basin may be needed to store this large sediment load, in order to maximize rainwater collection in dugouts and farm ponds.

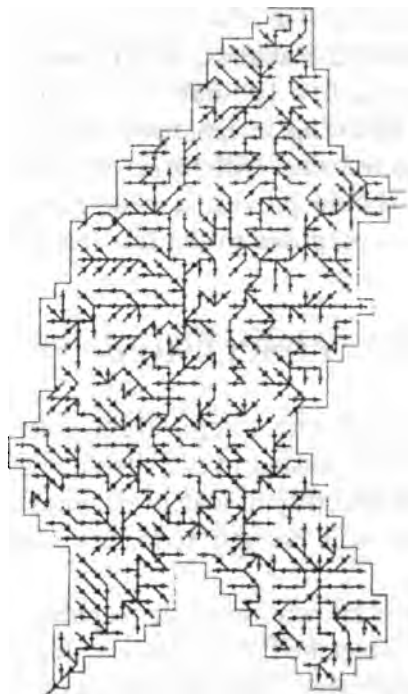


Figure 2. Drainage pattern of the watershed.

Table 1. Total runoff collected and sediment generated with a 200-mm storm.

Cell number	Runoff collected (m ³)	Sediment generated (t)	
		Above	Within
39	23624.1	6.18	4.63
68	23624.1	4.84	2.78
113	47352.4	7.62	0.03
193	23454.4	5.47	3.71
273	20059.7	6.81	3.71
354	20059.7	6.86	6.49
386	28578.2	4.94	2.04
401	27255.1	3.56	3.71
440	27255.1	1.87	7.42
499	20059.7	4.48	3.71
644	20059.7	4.60	4.08
674	27255.1	2.81	4.08

The model is also used repeatedly to simulate runoff output for other smaller size storms. With a 100-mm storm, the runoff collected at the selected sites range from 3,789 to 14,507 m³. The total sediment load becomes much smaller. The highest load occurs also in cell

number 354 with a value of about 5.8 t. The total runoff collected ranges from 74 to 3,707 m³ with a small rainstorm of only 50 mm. The total sediment generated is less than 2 t. On the basis of a drainage area of over 9 ha, this sedimentation rate is not significantly high at all.

According to long-term climatic statistics, Shuili River Basin, on the average, will receive about two 200-mm storms, five 100-mm storms, and twenty 50-mm storms a year. Based on these statistics and ignoring evaporation and seepage loss, the annual runoff volume collected at the 12 selected sites will range between 60,550 and 241,394 m³. This large volume of water source should provide a wide range of benefits starting from the basic water supply for irrigation purposes to the far-fledged water supply for recreational purposes.

CONCLUSIONS

In a rainfall-abundant watershed with steep terrain, torrential rainstorm may result in accelerated soil erosion and runoff causing irreversible damages downstream. Flood runoff collection should increase the availability of water resources and include other side-benefits such as flood peak depression, soil erosion reduction, sediment storage, reservoir and channel operation improvement.

The AGNPS model is a computer simulation model capable of evaluating non-point source pollution at any point within a watershed. It is also capable of identifying areas within the watershed with high runoff and erosion. This provides a useful guide for selecting the best sites to install dugouts and farm ponds. The model output can be used to compute the total rainwater collected from each storm at the selected sites. Runoff volume results from various storm sizes simulation may provide adequate information for a follow-up on-site study to optimize flood runoff utilization in Taiwan.

REFERENCES

Lo, K.F.A. 1995. Erosion assessment of large watersheds in Taiwan. *J. Soil and Water Conserv.*, 50(2): 180-183.

Young, R. A., C. A. Onstad, D. D. Bosch and W. P. Anderson. 1987. AGNPS: An agricultural non-point source pollution model: A watershed analysis tool. U.S. Dept. Agric.

Conservation Research Report 35, Washington, D. C., USA, 150 pp.

**COMMUNITY BASED RESOURCE MANAGEMENT:
A PHILIPPINE EXPERIENCE**

**JESSICA CALFOFORO-SALAS, MANAGING DIRECTOR
KAHUBLAGAN SANG PANIMALAY (COMMUNITY MOVEMENT) FOUNDATION
INC.**

**25-B MAGSAYSAY VILLAGE, LA PAZ, ILOILO CITY 5000 PHILIPPINES
Tel/Fax +63 (33) 3200854, Tel +63 (33) 3202373 Email: kahubilo@mozcom.com**

IDENTIFICATION OF THE CASE

This is a case of watershed rehabilitation done in the province of Iloilo. Iloilo City, the capital of the province and the second oldest city in the Philippines, is surrounded by the sea -- the Guimaras strait and the Iloilo river which is actually an arm of the sea. For its potable water, it depends on a watershed located 30 kilometers inside the Iloilo province that was declared as a critical watershed in 1921 by General Leonard Wood, under the American occupation of the country. A water distribution agency was created, called as Metro Iloilo Water District (MIWD). The watershed that is the object of the case is popularly known as Maasin Watershed because it is located in the political boundaries of the municipality of Maasin, although the national government has jurisdiction over its management. The area rehabilitated was around the headwater of the Tigum-Aganan watershed, the main tributaries being the two major rivers in the province named Tigum River and Aganan River.

THE INITIAL SITUATION

In 1990, as the people of Iloilo City were planning for an agro-industrial zone, they woke up to find that the watershed was 80% denuded, and that only 35% of their potable water needs were supplied by MIWD. Water was purchased from the Island of Guimaras, across the strait or from wells located in nearby districts. It was found that water in the other side of the river, about 2 km. in-land was also salty. The information campaign on the water situation started with data from the study of the author who first visited the watershed in 1989. The study further revealed that if the situation in the watershed were not reversed, the stream flow from Tigum River, the main tributary of the Maasin Watershed would decrease to 5 million cu m. ten years hence while the demand increased to 62 million cu. m. The 300,000 population of the city and the 2,200 farmers whose irrigation canals depend on the same Tigum River, will be greatly affected.

Kahublagan Sang Panimalay Foundation Inc, (KSPFI) a non-profit non-government organization, contracted the situation study and feasibility study. These studies showed that 10,000 people live around the watershed in 16 villages. Ninety per cent (90%) of this population live by the rice and corn farms they have established inside the watershed plus fuel wood, charcoal making and animal raising activities. It was learned that the 6 forest guards hired by MIWD were only effective during the early years of its operation. As

population around the watershed increased, the guards were not able to stop the cutting of trees and farming inside the watershed. In the 70's, the local government, through the mayor of the municipality of Maasin, in an attempt to stop the degradation of the forest, proposed to the farmer-occupants in the watershed that they will be allowed to till one hectare of land if they plant another hectare of trees. Documents were signed between the government and the occupants. As the government of the town changed hand, promises were not fulfilled. One village though, planted bamboos instead of trees that helped them in their livelihood. The government also launched massive tree planting projects but the animals trampled the seedlings and the farmers plowed the land where the seedlings had been planted and they planted rice and corn in stead.

↙ The study proposed that an appropriate land-use plan be prepared for the watershed allowing buffer zones for the old growth forest, which was less than 10% of the 6,720 hectares of total watershed area. Agroforestry will be allowed so those farmers can continue to have a source of livelihood. Selective harvesting of trees was also suggested. To accomplish this, a loan package to be accessed by the Department of Environment and Natural Resources (DENR) was proposed. The Regional Development Council had approved the proposal after it was defended in several committees.

THE CHANGE PROCESS.

Meanwhile, the provincial government established a task force for the rehabilitation of the Maasin Watershed. It was composed of various agencies of the government and the Rotary Club and MIWD representing the private sector. For three years, the task force was not able to implement its plan to resettle the occupants to another place. KSPFI joined with other NGO's, particularly the Green Panay and Media Task Force for Environment and formed the "Save Maasin" coalition. Seeing there is no fund at hand to start rehabilitation, the coalition planned to raise funds from various civic clubs and business establishments through various schemes. The plan was presented to the Provincial Task Force that was headed then by a new governor and it was enthusiastically supported. With the governor leading the campaign for funds, it was easy to draw interest from the private sector. The governor also agreed to the scheme of the "farmers co-existing with the trees." The governor declared his policy in spite of diverse opinions expressed in the media and the original members of the Task Force that the watershed should be declared a "no man's land" and that the people should be relocated. He designated the mayor of the municipality of Maasin as the implementor of the project. The Mayor immediately organized the Maasin Environment Development Council. Half a million pesos were raised and the governor added another half a million from the fund of the province.

After two years of fund raising and tree planting, 500 hectares were reported planted but a low survival rate (20%). It was also reported that the failure was due to the fact that the upland farmers were not involved and they continued to plow the land where the seedlings have been planted and they continued to keep their animals that grazed in the area. In a desperate move, the military was asked to participate in the program and they did the planting of trees in certain areas, trampling the grains and vegetables planted by the people. The 78th Infantry Battalion was also relocated in Maasin to stay close to the watershed. The KSPFI and the people complained and the military and the local government turned

their strategy from tree planting to capturing animals and taking away farm implements. The governor admitted he ordered the involvement of the military because the strategy of co-existence did not work.

In 1995, the Department of Environment and Natural Resources was able to access fund for riverbank stabilization and for community organizing. The tree-planting fund was given to the Mayor of Maasin for implementation and KSPFI got the two-year community-organizing contract.

Six (6) associations were organized in 6 villages after two years of immersion. The point of entry of organizing was health program and capability building for Barangay Development Councils, the village's governing council the health program was chosen because it has the least resistance. It was easier to talk about the need for nutrition, education, herbal medicines, and immunization rather than planting trees in their own rice fields. It was not possible to talk to the farmers to plant trees on their rice field thereby losing their means of feeding their families. So the women spearheaded the parents' class where they learned about health, the environment, family planning among others and they talked to their husbands to join them and the effort to rehabilitate the watershed.

In implementing the tree planting programs of the governor and the DENR, the municipal government-hired laborers to do the tree planting. Seedlings were purchased from the nursery of the mayor, of the MIWD employee, the provincial nursery and that of the Municipal Council (MEDC). A livelihood committee was organized under the Barangay Development Council to look for livelihood opportunities for the households. This committee, together with the village council, was given capability-building exercises. One community organizing strategy to strengthen the various associations was to encourage the associations to access contracts with the municipal government to do various activities like tree planting,

Nursery establishment and patrolling. In the end, the women were able to contract nursery establishments, and the men joined them in patrolling, although the total fund channeled through the associations was less than 10% of the total budget of the DENR and nothing from the provincial government project.

THE OUTCOME

By mid, 1997, DENR was able to access loan from the Overseas Economic Cooperation Fund (OECF). By that time, the six village associations had formed a Federation called KAPAWA and the Federation was contracted by DENR to establish a comprehensive site development of 2,678 hectares with a fee of P48 million for 5 years with a counter part fund from the government of the Philippines. KSPFI also won the screening competition with 4 other non-government organizations interested to work at the watershed and was contracted to assist the federation and to continue organizing the 16 villages around the watershed for a fee of P4M.

It was planting season when the contracts were signed and there was an output expected for the first year of contract. KAPAWA and KSPFI responded to the challenge and 80% of the

target was accomplished even without a single centavo released from DENR contract. KSPFI advanced the amount for the seedling and the farmer members of the associations completed the job with an understanding that payment will be made only after all the bureaucratic requirements were completed. OECF mission team visited the watershed in November 1997 and was pleased of the initial result, saying it was the best project site they have visited in the country.

By the end of June 1999, the contract of the assisting organization, Kahublagan Sang Panimalay Foundation Inc. terminated after two years of information, education, and organizing work. The end-of-project report showed that on the average, 80% of the population of target villages joined the 16 community-based associations that formed themselves into a federation. A separate association of women also federated into another organization called, "Women of the Watershed."

Site development was 90% completed but the Federation has still one year to go in its contract. It was easy to complete the 200 hectares left in one planting season when they were able to complete 90% of the target area of 2,076 hectares in one planting season. Development of the area consisted of:

Agroforestry	704.3 hectares
Reforestation	1,000 hectares
Bamboo	249.35 hectares
Rattan	63 hectares
Riverbank	60 hectares.

The community also established 150 kilometers of trail inside the watershed, 700 meters of fire line in developed area. Seven- (7) look out towers and 6 bunkhouses were also put up by people's organizations to continuously monitor the area. To control soil erosion, small water impounding system was established; gabion units and check dams were constructed.

The community-based organizations also put up various off-farm livelihood activities. Examples of these are tilapia (fish) culture, rice trading, vermi-culture, animal (goat, chicken, cow) raising, rice milling and others. As of the end of the project, the total capital build up fund of the associations amounted to P2, 463,581.12. The Federation's total assets amounted to P1, 670,000.

Most of all, the municipalities have endorsed the bid of the federation, KAPAWA, to be granted the Community-Based Forest Management Agreement (CBFMA) that will allow the federation, KAPAWA, to have a 25-year tenure as steward of the watershed area. CBFMA provides for a 30-70 harvest sharing with the government.

THE LESSONS LEARNED

The experience in community-based resource management at the Maasin Watershed highlighted the following practices that were seen to have a positive impact on watershed management and protection:

- a. effective community organizing
- b. advocacy for tenure policy
- c. installation of management systems for operation, organization, finance and administration
- d. framework for development includes: holistic education, occupation skills training, institutional development, assistance in entrepreneurship
- e. Creation of a venue for continuing dialogues, such as a watershed management council, or a Task Force.

AGUA: MITO Y CULTURA; EN EL MEXICO PREHISPANICO

JORGE L. TOVAR SALINAS
DAVID RIVERA OLIVAR
COLEGIO DE POSTGRADUADOS
IRENAT-EDAFOLOGIA

jtovar@colpos.colpos.mx

El agua, como elemento fundamental de la vida ocupó un lugar preponderante en la vida de los primeros habitantes de mesoamérica, a tal grado, que en la evolución de los diferentes pueblos se le deificó de diferentes maneras y con diferentes nombres pero siempre con el mismo propósito, para que, según sus creencias no les faltara el vital líquido, ni para sus necesidades domésticas y vitales, ni para sus plantas cultivadas de las cuales que obtenían alimento, ni tampoco para vitalizar los bosques, ríos y lagos de donde obtenían caza, pesca y productos de recolección.



FUENTE ILUSTRACION RAICES BASADP EN SADNEY Y PRICCE

Limites de Mesoamérica, según Paul Kirchoff. Uno de los criterios para definir esta área cultural es precisamente de existencia de cultivos

En este trabajo se expondrá brevemente parte de la cultura que algunos pueblos tenían, y en algunos casos aún tienen, en torno al agua.

ANTIGÜEDAD DEL CULTO

En la cultura nahua tenían dos deidades, una para el agua de lluvia que era *Tláloc*; de *tlali* - tierra y *octli*-licor. “el vino de la tierra”: la lluvia y otra para el agua de ríos, lagos, lagunas, es decir el agua que se encuentra sobre la tierra, que era *Chalchiuhtlicue*, la de la falda de jade, diosa de las agua terrestres, que se arrastran.



Tláloc. Proviene de Coatlínchán, estado de México. Clásico del MNA. Foto Marco Antonio Pacheco



Chalchiuhtlicue, diosa del agua. Proviene de la zona arqueológica de Teotihuacan. Foto Rafael Doniz

En la cultura maya el dios de la lluvia recibía el nombre de *Chac*; en la Mixteca: *Dzau*; en la Purépecha: *Tirípeme*; En la Zapoteca: *Pitao Cocijo*, *Cocijo* o también era representado con el dios murcielago; En Cholula: *Chiconahuiquíúitl* (*quiauitl* - lluvia, *chiconahue* - número nueve, el que llueve muchas veces). En Veracruz: *Tajín*.



Urna de Chac, dios de la lluvia. Mayapan, Yucatán. Sala Maya

El dios del agua cuya representación y culto estuvo difundido en casi toda Mesoamérica fue Tláloc, como se referirá más adelante.

En cuanto a la antigüedad del culto al dios del agua en sus diferentes advocaciones se reporta lo siguiente:

Covarrubias, citado por Marquina 1964, señala que en la Venta, Tabasco, predominan en el arte las deidades jaguares. El dios jaguar parece haber tenido influencia en la formación de las máscaras de Tláloc, Cocijo y Tajín.

En 1996, se encontró en la Pirámide circular de Cuicuilco, D.F., al pie del gran basamento, en el lado sur, una especie de recámara rectangular, al centro, un pequeño monumento en forma de pilar; alrededor de éste se encontraron los restos de un ser humano. Debido a este hallazgo se esperaba encontrar una ofrenda por lo que procedieron a excavar.

El pequeño pilar resultó ser un bloque tallado en andesita, en forma de columna y de casi cuatro metros de altura, erigido por los antiguos habitantes del sitio, sobre lo que posiblemente fue el primer piso de ocupación del valle, a 3.5 metros bajo el piso de la pirámide. Por su profundidad se le ha asignado una antigüedad aproximada a 3000 años, lo que lo haría la estela más temprana conocida, la cual recibió el nombre de Estela de Cuicuilco.

El monumento es más semejante a un obelisco o a una columna que a una estela, en su cara norte tiene esculpidos tres o cuatro rombos, al pie de los cuales hay dos series paralelas de ocho círculos cada una, la estela está inclinada $6^{\circ}30''$, está pintada de rojo en la parte más baja, su forma y los diseños labrados virtualmente no tienen semejanza en otras culturas de su época, sin embargo una de las hipótesis planteadas la vincula con la fertilidad donde los círculos semejan gotas de lluvia y los rombos nubes de donde surge la lluvia (Pérez, 1998).

La Estela de Cuicuilco
Dibujo: Graciela Rodriguez
Fuente: Perez, 1998.



Stirling (1940) citado por Marquina (1964) señala que en tres zapotes, Veracruz se encontró un fragmento de estela, labrada en una piedra verde, muy dura, con una fecha marcada en una de sus caras, en el estilo de la estatuita de Tuxtla, y en su parte posterior el relieve de un dios, que puede identificarse con cocijó, una de las formas más antiguas del dios de la lluvia, tal como se encuentra en las primeras épocas de Monte Albán, Oax.

La fecha de la inscripción correspondería a 7.(?)16.6.16.18 6 Eznab 1 Uo es decir, 31 a.J.C., de acuerdo con la correlación de Goodman, M. Hernández, y Tompson y por lo tanto sería la fecha más antigua hasta ahora conocida de la representación de este dios.

ORIGEN MITICO

En Heyden (1998), se dice que la cueva, es la gran matriz de la tierra, el lugar de donde salimos y a donde regresamos. En México y otras partes del mundo, en casi todas las épocas y culturas la cueva ha sido símbolo de la creación, es el lugar de nacimiento de los dioses, del sol, de la luna, de grupos humanos, de individuos y de oráculos. La cueva es el sitio, de comunicación entre los hombres y las deidades a través del culto y del ritual.

Las cuevas naturales de Teotihuacán son de formación volcánica y tienen aproximadamente un millón de años. La cueva asociada a la Pirámide del Sol fue hallada en 1971 debido a un deslizamiento de tierra en el lado oeste del monumento, el cual dejó al descubierto el tunel, que conduce a una cámara con forma de flor de cuatro pétalos, la que se encuentra casi exactamente debajo de la cima o centro de la Pirámide.

El culto al agua fue importante en todo mesoamérica, ya que como se sabe, en algunas épocas falta el líquido y en otras llega con demasiada fuerza. El dios de la lluvia, Tláloc, está presente en Teotihuacán, tanto en la pintura mural como en la cerámica. Es una deidad de las cuevas, pues se le llamaba también “camino debajo de la tierra” o “cueva larga”, según el cronista Fray Diego Durán.



Izquierda: Tláloc descendiendo por un chorro de agua Codice Vaticano
 Derecha: Tláloc en el interior de las lluvias, que tienen forma de

El tunel que conduce a la cueva debajo de la pirámide mide aproximadamente 100 metros y a lo largo tiene 25 divisiones. Las pequeñas cámaras formadas por las divisiones del túnel sugieren la posibilidad de que ahí se depositaran los cuerpos de los niños sacrificados al dios de la lluvia cada año como apunta Motolinía. Los niños eran las víctimas predilectas para estos ritos, tanto en las cuevas como en la cima de las montañas.

En las varillas, en una de las cámaras, aparecieron siete entierros de recién nacidos colocados en un círculo situado debajo del Techo de la cueva, por donde entra la lluvia. En otra cámara la funeraria, se encontraron dos entierros infantiles junto con los restos de tres adultos. En la cueva del pirul se encontraron 14 entierros humanos casi todos de niños, que Manzanilla, citado por Heyden (1998) relaciona con la idea del *Tlálocan*, es decir el inframundo repleto de bienes y poblado por seres pequeños. Las ceremonias de petición de agua para las cosechas se hacían en cuevas que eran casas de espíritus del agua.

También en el pirul se hallaron los esqueletos de tres perros, animales que eran los guías de los muertos, rumbo al inframundo.

Entre los murales que se encontraron en Tetitla, Teotihuacán, en una de las habitaciones se encuentran varios murales, en uno de ellos se ven varios sacerdotes que caminan por una calzada indicada con huellas de pies y bordeada de agua, dirigiéndose a un templo; llevan disfraz de tigre y grandes tocados de plumas, abánico y bolsas para las semillas. En la pared Norte de este cuarto, en otro tablero, la decoración ha sido concebida conservando sólo la idea dominante; en lugar que esten representados los sacerdotes de *Tláloc* sembrando, sólo aparecen grandes manos, tocado de plumas y escudos con la flor acuática del dios

ICONOGRAFIA

En Xochicalco, en el tiempo de las Estelas, en la Estela 2, se representa a Tláloc, semejante a las representaciones de Teotihuacán; aparece en el centro la máscara característica de este dios que lleva en la boca una hoja de una planta acuática semejante a la que se encuentran en las pinturas del “Templo de la Agricultura” en Teotihuacán y como tocado el signo del año, en la parte alta se ve un geroglifo que tal vez pueda relacionarse con el agua y que lleva el numeral 7 y en la parte bajo de la Estela se ve representada la conocida estilización del *Tláloc* en forma de cruz como las que se conservan en el museo de Teotihuacán (Marquina, 1964).

Matos (1999), citando las palabras con las cuales Fray Bernardino de Sahagún inicia el apéndice II del libro II de su Historia General de las cosas de Nueva España, refiriéndose al Templo Mayor de los Mexicas dice “era el patio de este Templo muy grande; Tendría hasta doscientas brazas en cuadro. Era todo enlozado tenía dentro de sí muchos edificios y

muchas torres; de estas torres unas eran unas más altas que otras, y cada una de ellas era dedicada a un dios. La principal torre de todas estaba en medio y era más alta que todas, era dedicada al dios *Huitzilopochtli* o *Tlacauépan Cuexcotzin*. Esta Torres estaba dividida en lo alto, de manera que parecía ser dos y así tenía dos capillas o altares en lo alto, cubierta cada una con un chapitel, y en la cumbre tenía cada una de ellas sus insignias o divisas distintas, en la una de ellas y más principal estaba la estatua de *Huitzilopochtli*, que también la llamaban *Ilhuícatl xoxouhqui*; en la otra estaba la imagen del dios *Tláloc*”....

Esto resalta la importancia de *Tláloc* dentro del culto que los mexicas rendían a su dioses.

En la descripción de sus excavaciones, Matos 1999, relata que además del Templo Mayor se encontró un adoratorio a *Tláloc*, de seis metros de largo orientado hacia el oeste, que excavó en 1965, tiene talud y tablero y el primero, está decorado con mascarones del dios del agua. Se localiza debajo de la librería Porrúa, al Norte de la Casa de las Águilas, cerca de su esquina noroeste. (Matos, 1999).

Alfonso Caso, citado por Marquina (1964) al descubrir el altar 8 de Tizatlán, Tlaxcala, señala que a los lados de la canal del altar, hay dos decoraciones indudablemente relacionadas entre sí. A la izquierda aparece un recipiente rectangular lleno de agua, en el que nada una mujer desnuda y está rodeada de peces; arriba, tres dioses representados como viejos barbados, con cabello oscuro y ojos estelares, probablemente por ser dioses nocturnos que son difíciles de identificar. A los lados del recipiente se ven un águila y un tigre.

En el otro lado la escena es muy semejante: el centro está ocupado por una vasija con agua en la que aparece un enorme pez, rodea lo de conchas y caracoles; arriba, tres dioses, como en el anterior y a los lados del recipiente una cabeza de *Tláloc* y otro signo que representa un caracol con una cinta azul.

En el mapa de *Cuauhtinchan 2*, sección B9 se muestran algunos accidentes geográficos que están asociados a la cosmovisión mesoamericana. *Xipe-Totec*, dios de la vegetación que renace; *Chalchiuhtlicue*, la de la falda de jade, diosa de las aguas terrestres y marinas, contraparte de *Tláloc*, están asociados a *Matla'ueye* (la Malinche). En una roca blanca y circular junto al *citlaltepil*, cerro pinal, se encuentran dibujados dos culebras y dos árboles entrelazados, los cuales quizá se relacionan “con tronco doble torcido como *malinalli*” de *tamoanchan*, así mismo, el *Nappatecuhtli*, (cofre de Petate), tiene el rostro de *Tláloc*. Al comparar algunos glifos toponímicos de los mapas de *Cuauhtinchan* con el lugar que actualmente se conoce, salta a la vista el cambio ecológico que han sufrido las inmediaciones de las sierras de *Amozoc* y *Tepezca* en los últimos 500 años. La sierra está pintada de verde en los mapas de *Cuauhtinchan*. Ahora ya no se ve así, salvo en la época de lluvias, pues actualmente la vegetación es escasa y sólo crecen ahí arbustos y cactáceas. En la zona de humedad, donde existían una serie de depósitos de agua según los Mapas de *Cuauhtinchan 2* y 4, y varios canales de acuerdo con el 1, se encontraba un lago donde todavía se podía pescar en 1955, en la actualidad, la humedad que contiene el suelo sólo es visible en fotografía aérea. (Yoneda, 1999).

Stirling, citado por Marquina (1964) señala que en el sitio arqueológico denominado Cerro de las Mesas, en el Sur de Veracruz, se encontró, en la estela 15, esculpida una figura con rostro de Tláloc y tocado de Murcielago con largas plumas; aparece representado, probablemente en el agua, entre conchas y al centro hay dos glifos, 1 *ocelotl* y 4 *Atl*.

Acosta y Moedano, citados por Marquina (1964) señalan que en Tula encontraron una estatua de un guerrero con los atributos de *Tláloc*.

En estelas encontradas en Tula y trasladadas al Museo Nacional de Antropología aparecen representados personajes con grandes tocados de plumas, y caras de *Tláloc* entre otros símbolos.

En 1932 Alfonso Caso realizó uno de los hallazgos más ricos y espectaculares en la historia de la Arqueología Mexicana, en lo que se denomina la Tumba 7 de Monte Albán, la arquitectura corresponde a la época Monte Albán III o período clásico Zapoteca, sin embargo el contenido de la misma corresponde a la época Monte Albán V o Mixteca, lo que quiere decir que se reutilizó la tumba.

Se encontró una ofrenda rica en joyas y objetos de oro, plata, cobre, hueso, concha, jade, obsidiana, coral y cristal de roca, destacan por su belleza los pectorales de *Xochipilli* y de *Tláloc*.

Además en otros materiales se representan los dioses *Quetzalcóatl*, *Xipe*, *Tláloc* y *Tonatiuh*. (Robles, 1988).

Antonio Caso (1928), citado por Marquina (1964) indica que en Monte Albán, Oax., existen un gran número de estelas zapotecas, labradas en piedra en bajo relieve, algunas de grandes dimensiones, en las que se representan cerros con jeroglífos del lugar, dioses con tocados que los caracterizan, principalmente al dios de la lluvia, *Pitao cocijo* y el del maíz, *Pitao Cozobi*.

Pitao cocijo, dios de la lluvia entre los zapotecas suele llevar mazorcas en su tocado.

Marquina (1964) cita a la *Relación* enviada en 1581 a la Corona Española, por el Corregidor Gabriel Rojas, en la cual se describe dos grandes pirámides; “Un Templo mayor que había en esta ciudad (Cholula) que se llamaba *Quetzalcoatl*, donde agora es el convento de religiosas que hay en ella”... En la actualidad esta pirámide esta completamente desaparecida.

En cuanto a la otra pirámide, Gabriel Rojas dice: “En un cerro que hay en esta ciudad (Cholula), en lo alto de él, en una ermita que allí tenían hecha, estaba un ídolo llamado

Chiconahuiquiáuitl, que quiere decir “el que llueve muchas veces” por que al llover llaman *quiauitl* y al número nueve dicen *chiconahue*”.

Describe así el monumento: “En esta ciudad no hay más fortaleza que un cerro antiquísimo que está dentro de ella hecho a mano todo de adobes que antiguamente estaba hecho en redondo y ahora con las cuadras de las calles está cuadrado, tiene pedestal de bajo dos mil y 400 pasos comunes, tiene de alto este pedestal 40 varas encima del cual pueden caber diez mil personas, después va subiendo el cerro en redondo de en medio de este pedestal otras cuarenta varas de manera que todo su altar con ochenta varas a la su mitad del cual puede subir un hombre a caballo en lo alto del está una placeta muy llana en que pueden caber mil hombres y en medio de esta placeta esta puesta una cruz de madera con su pie y gradas hechas de calicanto en el propio lugar que en tiempo de su gentilidad estaba el ídolo *chiconahuiquiáuitl* como está dicho”.

Hoy, en la parte alta se encuentra el templo de Nuestra Señora de los Remedios.

En las excavaciones que realizó en Uxmal, Erosa, citado por Marquina (1964), señala que en la fachada principal de la pirámide denominada “de la Vieja”, la escalinata de piedra ofrece una hermosa decoración de mascarones del dios *Chac*.

Lo mismo ocurre con el edificio norte el cual tiene en la fachada cuatro mascarones superpuestos coronados por otro enorme mascarón del dios de la lluvia.



Las representaciones de Chac, dios de la lluvia, formadas con mosaicos de piedra al estilo Pucc, son motivos frecuentes en las edificaciones del Grupo de las Mil Columnas.

Según la mitología Nahuatl, a *Tláloc* lo rodeaban cuatro ayudantes, cuatro nubes, que como las vasijas, se rompían cuando empezaba a llover.

Aatzin (del náhuatl *atl*, agua, y *tzin*, reverencial: “venerable agua”.) Caudillo de una de las tribus nahuatl en su peregrinación desde Aztlán hasta el Valle de México, se dice que fue el primero en llegar a Chapultepec. Está considerado como uno de los fundadores de Tenochtitlán, con Tenoch, llevó a cabo la unión con Tlatelolco. Son variedades del mismo

vocablo *aátlatl*, *áhatl*, *áatl*, *ahuatzin*, *atzin*, sin embargo, algunos autores (Enciclopedia de México 1996) sostienen que era una deidad primitiva del agua.

DUALIDADES

En la época prehispánica, como en la actualidad, el maíz esta íntimamente vinculado al agua, es por ello que en algunos casos, en la representación de un dios aparecen símbolos del otro. En Izapa, Veracruz, algunas estelas muestran una deidad nariguda vinculada con el agua, pues de la boca emana una corriente del líquido. En la parte superior de la cabeza de ese ser, especialmente en el caso de la Estela 67 se encuentra la representación de un elemento tripartita, característica distintiva de la mazorca de maíz.

En la zona de zacuala se conservan varios murales elaborados con vivos colores, que representan diversos temas, entre los que sobresalen el de *Tláloc*, dios de la lluvia, así como los de otros símbolos relacionados con el cosmos.

No se conoce una imagen Teotihuacana del dios del maíz; sin embargo, en los murales del Palacio de Zacuala, un personaje que por su anteojera circular ha sido asociado con *Tláloc* lleva en la espalda una red llena de mazorcas. Al mismo tiempo, en una de sus manos porta una planta del cereal, de manera similar a la que lleva el *Tláloc* de la llamada piedra del maíz, procedente de Castillo de Teayo, en Veracruz. Una figura semejante de *Tláloc*, con una caña de maíz en la mano como signo de la abundancia, se observa en varios códices del altiplano central.

Teniendo en mente esas representaciones, Alfonso Medellín sugirió que uno de los personajes de el monumento de El Viejón, que ahora se exhibe en el Museo de Xalapa, bien podría ser un dios Olmeca vinculado con el maíz por llevar la planta de ese cereal en la mano. (Pérez, 1999).



Tláloc como dios del maíz. Mural 3 del Pórtico 3 del Palacio de Zacuala. Clásico. 90x45 cm. Cultura teotihuacana. Zona Arqueológica de Teotihuacán



Tláloc con planta de maíz en la mano. Códice Vaticano A, f. 50r. BNAH



Personaje con atributos de Tláloc y planta de maíz en la mano. Códice Magliabechi, f. 34r. BNAH

Algunas otras divinidades como las del viento, del maíz, del sol, de la tempestad se relacionaban con el agua y con la vegetación. También a Venus y los cuatro puntos cardinales.

Las divinidades del agua estaban asociados a la fertilidad también; como los Chaques de los mayas, los tiripemes de los Tarascos y los Tlaloques. Tenían por atributos especiales los cuatro puntos cardinales y colores insignia que simbolizaban sus cuádruples funciones.

Sus poderes pluviógenos, particularmente en la iconografía maya y en Teotihuacán se representaban con grandes lagrimones.

En las pinturas prehispánicas, las deidades del agua aparecen siempre con colores azules limitadas por caracoles y conchas. (Enciclopedia de México).

Kidder (1927) citado por Marquina (1964) al describir los objetos encontrados en una tumba del montículo A *Kaminaljuyú*, en la región de los Altos de Guatemala, señala algunos de clara influencia Teotihuacana II y III como los vasos de barro negro en forma de caras de *Tláloc* con decoración superpuesta.

Blom, así como Ricketson, citados por Marquina (1964), señalan que en el edificio E-VII, en la subestructura F-VII suben Uaxactun, Guatemala se encontraron en las escaleras cuatro caras decoradas con mascarones, que en este caso representan caras humanas, en cuyas bocas se pueden advertir colmillos semejantes a los de *Tláloc*, dios de las lluvias, cuyo conjunto recuerda en ciertos aspectos las máscaras olmecas. Estos mascarones son el antecedente de los que se emplearon profusamente en los edificios mayas de épocas más recientes.

En las excavaciones realizadas en *Xochitécatl*, región poblana-Tlaxcalteca, se encontraron tres grandes pilas monolíticas, semejantes a las halladas en *Totimehuacan*, *Tlalancaleca* en la misma región. Frente a la fachada oeste del edificio 1 de *Xochitécatl* se encontró la primera pila, dentro de ella cuatro esculturas: dos que representan cabezas humanas una de ellas con una mueca que sugiere parálisis facial; una más muestra a un ente con cuerpo humano y rostro de batracio; la cuarta es una serpiente con las fauces abiertas, de donde emerge un personaje.

La tina del sitio arqueológico *Totimehuacan* también es redonda como esta de *Xochitécatl*, y muestra en su exterior diseños labrados de batracios, simbolismo que, de la misma manera, se asocia a este hallazgo y le confiere un carácter ritual.

La segunda pila de *Xochitécatl*, asociada a la número 1 tiene forma arriñonada, con una longitud máxima de 3.70 m y altura de un metro, lo que la diferencia de la anterior de dimensiones menores, se encontró vacía, en la parte central superior de la estructura 2, se localizó una tercera tina de piedra, estaba rodeado de un pretil elaborado con lajas, aparentemente para aumentar su profundidad, dentro de la tina se encontró una escultura zoomorfo representando una serpiente, que en general se asocia al elemento terrestre y a las corrientes de agua.



Xochitécatl
Foto. Carlos Blanco
Fuente: Serra y Beutelsspacher. 1994

En *Xochitécatl*, todas las tinas muestran un agujero para desagüe, y los materiales asociados a ellas indican un uso ritual asociado con el agua y la fertilidad. (Serra y Beutelsspacher, 1994).

RITUALES

Para el mundo indígena prehispánico, el desconocimiento del proceso de desarrollo de un fenómeno, la lluvia por ejemplo, le generaba la incertidumbre del porqué ocurría el fenómeno y en su concepción lo atribuía a fuerzas sobrenaturales y a dioses, que en forma organizada daba paso a religiones con sus respectivos rituales.

López (1998) señala que los ritos que se practicaban en mesoamérica, en torno a esas fuerzas sobrenaturales y a los dioses se basaba en una serie de actos cuidadosa, pero no absolutamente rígida, e indica los siguientes:

- a) Todo rito es una expresión y por ello debe quedar normada por las leyes específicas de las formas de expresión utilizadas. Cuando la expresión es comunicativa, debe ser, además convincente, lo que implica una formalidad mayor. La comunicación puede obligar a la observación de estrictas reglas de cortesía, aún en el caso de que el mensaje sea agresivo.
- b) La operación puede poseer un alto grado de dificultad o un costo elevado como requisito de eficacia. A mayor bien solicitado, mayor deber ser el mérito del fiel. El costo no puede ser dejado a la libre determinación del fiel.

- c) El rito supone formas de cumplimiento de obligaciones mutuas en una relación de reciprocidades estrictamente establecidas. El incumplimiento puede ocasionar consecuencias funestas.
- d) El rito obedece a un conjunto de principios técnicos que se supone que garantizan su eficacia. Estos principios pueden ser genéricos, pero los hay específicos, pues las características del ente al que se dirige el acto o la particularidad de la solicitud exigen precisión ritual.
- e) La sobrenaturaleza es muy peligrosa. El ejecutante debe protegerse de sus peligros con actos que suponen un contacto seguro o, al menos, no demasiado riesgoso. Un rito que se ejecute mal o parcialmente puede ocasionar un daño.
- f) Los fieles suponen que el rito tiene una eficacia empíricamente demostrada por su práctica reiterada a través de las generaciones.
- g) El rito adquiere sacralidad *per se*. En ocasiones su sacralidad deriva de que los fieles creen que determinados ritos fueron instituidos por los dioses mismos en el momento de la creación, y que fueron comunicados a los primeros seres humanos.
- h) Se atribuye al rito una oportunidad inmanente, más allá de su función vinculatoria entre los ámbitos humanos y sobrenatural.

En algunas ocasiones se estima que no sólo la falta, sino el exceso en el rito, puede ser contraproducente.

- i) En términos prácticos y psicológicos, el creyente debe justificar la falibilidad de su acción ritual, si no alcanza los propósitos pretendidos, puede atribuir su fracaso no al rito mismo, en el cual sigue confiando, sino a alguna falla voluntaria o involuntaria, identificada o no, en su ejecución.
- j) El rito suele cristalizarse como una forma obligatoria de conducta que liga al fiel y lo identifica, por un comportamiento definido, como parte de una comunidad. Su conducta lo señala como individuo incluído y le crea responsabilidades sociales.

De acuerdo al propio López (1998) la ritualidad tiene una serie de términos, por ejemplo:

Rito: Práctica fuertemente pactada que se dirige a la naturaleza. Es una ceremonia compuesta casi siempre por elementos rituales heterogéneos que están encaminados a un fin preciso, lo que da a la ceremonia, coherencia y, generalmente, una secuencia ininterrumpida. Por ejemplo; Conjunto complejo de actos rituales destinados a propiciar la fecundación de la milpa.

Celebración ritual: Rito dirigido a la veneración o exaltación de una persona o de un hecho sagrado. Por ejemplo; Rito anual maya de renovación del Templo en la fiesta de *ocná*, en honor a los dioses *chaacoob*, con dedicación de nuevos braseros e imágenes de los dioses de la lluvia.

Acto ritual: Hecho significativo, unitario, que constituye un elemento ceremonial de un rito. Por ejemplo; Oración dirigida a los dioses *Pitao cozobi* y *Pitao cocijo* para obtener una buena cosecha de maíz, en Oaxaca, (López 1998).

Los códices Florentino y Matritense son ricos en contenido en cuanto a ritos a dioses del agua.

El primer mes del calendario náhuatl, *Atlacahualo*, empezaba el 2 de febrero, terminaba el 21 y estaba consagrado a las deidades del agua de lluvia: *Tláloc*, *los Tlaloques*, *Chalchiuhtlicue* y *Quetzalcoatl* en su advocación de *Ehécatl*, dios de los vientos que precedían a la precipitación pluvial.

El agua, como elemento indispensable para la vida fue el noveno de los signos del calendario náhuatl, pero estuvo presente en todos los calendarios de mesoamérica; en el maya es *muluc* (cantaro). (Enciclopedia de México, 1996).

Según la concepción de los Aztecas y otros pueblos afines, de las cuatro edades del universo, la tercera fue gobernada por *Tláloc* y la cuarta por *Chalchiuhtlicue*. La primera edad de la tierra, según la mitología nahuatl, fue destruida por el agua; la mayoría de los hombres se ahogó, y los sobrevivientes se convirtieron en peces; a esa edad se le llamó *Atonatiuh* y se encuentra presidida por *Chalchiuhtlicue*. (Enciclopedia de México, 1996).

La fiesta de *cuáhuatl ehua*, que significa “se levantan los palos”, se realizaba el primer mes del año, dedicado a los dioses de la lluvia, según Sahagún, del 2 al 21 de febrero (López, 1998).



La fiesta de *cuáhuatl ehua* “se levantan los palos” se realizaba el primer mes del año, dedicado a los dioses de la lluvia, según Sahagún, del 2 al 21 de febrero.

Repografía: Marco Antonio Pacheco/Raíces
Fuente: López, 1998

Barros y Buenrostro (1999) señalan que el alimento era lo primordial, y la naturaleza lo proveía. Sobre la naturaleza mandaban determinados dioses como *Tláloc*, dios de la lluvia, y *Quetzalcoatl*, dios de los vientos, que “barría los caminos a los dioses de las lluvias, para que viesesen a llover”.

A la mayoría de los dioses les ofrendaban alimentos y de ellos los más frecuentes estaban elaborados con maíz. A los sacerdotes que elaboraban las imágenes de los montes altos relacionados con la lluvia, les ofrecían tamales.

En memoria de los montes altos, en los que “se juntan las nubes”, y de las personas que habían muerto en agua o heridos por el rayo, ponían sobre unas roscas hechas de heno y enredadas con zacate, figuras de montes elaboradas con masa de *huauhtli*. Sobre estas roscas solían poner la figura del muerto, al cual le ofrendaban tamales, atole o guisos hechos de “gallina” o de carne de perro, que se criaba, este último, como alimento refinado.

Cuando ya escaseaba el maíz de la cosecha, y aún no llegaban las lluvias (octavo mes, llamado *huei tecuhilhuilt*) para mitigar el hambre el señor, es decir el cacique, hacía un convite para todos los necesitados del pueblo y los alrededores que duraba ocho días.

Seguramente esta acción era una forma de fortalecer al Estado protegiendo a la población, al proveerla de alimentos.

Aún así, temían a los años llamados *ce Tochtli*, pues este signo era nefasto y podía traer consigo las sequías. Para enfrentarlos juntaban y escondían en sus casas “muchos mantenimientos y todos los generos de semillas que se podían comer”. Había alimentos que no comían “sino con gran necesidad”. Era el caso de la semilla llamada *polúcatl* y del *popóyotl*, que es el maíz “aneblado” o helado. En ese tiempo también comían los cabellos del elote, las raeduras de las raspas del magüey, el *mexcalli* o pencas del magüey cocidas, las semillas del amaranto sin limpiar, y en cuanto a los frijoles, “los guardaban con todas las... hojas y vainas, porque de todo se aprovechan en tiempo de hambre (Barros y Buenrostro, 1999).



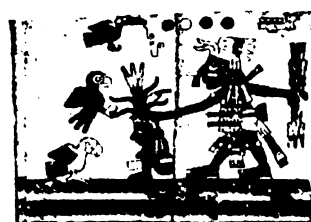
Chalchiutlicue



Fhécatl o xochinilli



Tláloc



Tonatiuh o Xiuhtecuhtli

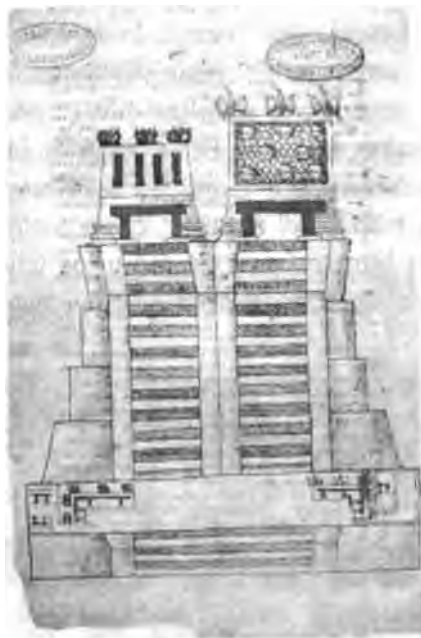
Fuente Roñas 1997

Heyden (1998) señala que otras ceremonias relacionadas con el agua incluían la presencia de “graniceros”, es decir, sacerdotes que practicaban el culto a la lluvia, a los cerros, a los manantiales y a las cuevas. Las ceremonias se llevaban a cabo en todos estos lugares, pero principalmente en las cuevas. Por medio de los ritos meteorológicos, los graniceros “controlaban” el clima, sobre todo la lluvia y el granizo. Al mismo tiempo, estos ritos estaban asociados con las ceremonias agrícolas, al igual que en la época actual.

A *Tláloc*, el dios de las aguas del cielo, se le veneraba de diversas maneras, en algunos pueblos le ofrecían ofrendas en vasijas llenas de agua, las que al romperse se convertían en lluvia, truenos y relámpagos.

En otras ocasiones adoraban al dios implacable y exigente sacrificando doncellas, cuyas últimas lágrimas, antes de morir, eran guardadas en pequeños recipientes en forma de gota, de alabastro u otro material fino, tan pequeños que cabían en la palma de la mano, como era el caso de Xochimilco.

Los Mexicas obligaron a los Tetzcoanos a construir un templo dedicado a *Tláloc* y *Huitzilopochtli*, similar al del Templo mayor de Tenochtitlán (Codice Ixtlixóchitl). Las fuentes indican que el Templo de la izquierda estaba dedicado a *Tláloc*, dios de la lluvia, muy venerado en Tetzco.



Fuente: Martínez, 1999

En 1539 fue año de sequía y los indígenas acudían a cerros como el *Tllocatépetl* o el *Tepeyac* a pedirle lluvias a *Tláloc*. En ese año el obispo Zumárraga reprimió los excesos del culto indígena a Santa María en el Tepeyac, el cual disimulaba el culto a *Tonántzin* y *Tláloc* (Martínez 1999).

La evangelización promovió la destrucción de códices religiosos o calendáricos-rituales, por considerar peligroso mantener la memoria de la idolatría de los indígenas, sin embargo en la época colonial se pintaron varios códices sobre éste tema, algunos elaborados con testimonios de informantes indígenas (*tonalámatl* de Aubín, Codice; Primeros Memoriales), o se incluyeron en códices históricos parte de la religión prehispánica, con deidades, ritos y festividades del calendario (Códice Telleriano-Remensis, Códice Tudela).

Información que necesitaban tener los propios frailes para planificar la evangelización. (Valle, 1999).

A diferencia de los sacrificios humanos a *Tláloc*, en Yucatán se le ofrecía otro tipo de "sacrificios a *Chac*, a base de balché.

El balché es un árbol (*lonchocarpus violaceus*) con cuya corteza se elabora una bebida embriagante del mismo nombre, la cual era y es empleada en los rituales nativos especialmente a los de petición de lluvia, la ceremonia actualmente conocida como *ch'a'chaac*, que los indígenas realizaban ante la inminente pérdida de sus milpas, la realizaban para contrarestar la gran sequía como la registrada en 1606.



Árbol del *balché* en Ek'Balam, Yucatán.
Fuente: Bracamonte, 1999
Foto: Michael Calderwood/Raices



Preparación del aguamiel con la corteza del *balché* en una batea, Tixhualactún, Yucatán
Foto: Mario H. Ruz



El *h'men* reparte *balché* en jicaras durante una ceremonia. Tixhualactún, Yucatán
Fotos Mario H. Ruz



El *h'men*, el *balche* y la virgen de la Candelaria, Yucatán

Bracamonte 1999, cita a AGN, Inquisición 629,e,4,88,328-429 que en 1674 en una ceremonia para pedir lluvia, se señala que los indios colocaban a sus “ídolos en el suelo o en una mesa, donde se les sahumaba copal, y los participantes bailaban ante ellos, “a la vez que bebían *balché*”.

Para finales de la colonia y principios del siglo XIX también existen registros sobre la bebida intoxicante, a la que un español le dió en llamar pitarrilla. En un proceso de 1785 (AGN, Inquisición 1256,e,1) se describe una ceremonia del *Ch'a'chaac* en la cual los participantes emplearon dos botijas de pitarrilla hecha con corteza de *balché*, agua y miel, “que excediendo en beber embriaga”. En el año 1813 el cura Bartolomé del Granado Baeza hizo referencia a la pitarrilla en su descripción del *tich* o misa milpera. (Bracamontes, 1999).

En la actualidad, en *tixhualactun*, Yucatán, se realiza esta ceremonia a la Virgen de la Candelaria. Actualmente, en algunos lugares se efectúan ritos dentro de la religión cristiana, que son reminiscencias de cultos prehispánicos tales son los casos de la fiesta de la Candelaria el 2 de febrero, los altares a la Virgen de los Dolores y la fiesta de San Isidro Labrador el día 15 de mayo.

López (1962), cita un relato que según la tradición de Yatzachi el Bajo, Oaxaca dice así: Nuestros antepasados tenían la costumbre de hablar con el monte *Xinadjo*, y llevaban regalos para el monte. Y cuando no llovía, iban a un charco en el Monte *Xinadjo* para traer la lluvia, y mataban un par de gallos o de guajolotes, y hacían lluvia. Pero cuando iban, cargaban agua y la llevaban a algunos niños, y los niños regaban el agua como lluvia. También los niños gritaban: "Lluvia, lluvia." Y la lluvia venía, porque creían. Y para dar un regalo al monte, molían cinco semillas de cacao y también cinco granos de maíz blanco y las llevaban al monte, y llevaban también huevos crudos para derramar cuando mataban a las aves que llevaban. Y allí también encendían velas.

En Petlacala, Guerrero se efectúa una ritualidad asociada al lienzo de Petlacala que consiste en la petición de lluvias, que se lleva a cabo en fechas asociadas a la festividad de San Marcos, 1° de junio, (el mítico héroe fundador que habría dado las semillas a los campesinos) y poco antes de iniciarse la temporada de lluvias. En esa ocasión, el *Tlahmáquetl* (el sabio, el que sabe rezar, el que pide lluvia) lleva consigo el lienzo y lo despliega al pie de un altar con una cruz, en la cima del cerro *Petlacaltépetl*, en un paraje denominado *Coapotzaltzin*. Ahí, al igual que a la cruz del cerro y a otros elementos sacros, se le hacen al lienzo ofrendas consistentes en velas, flores, aguardiente, cigarrillos, pan, chocolate, tortillas y un guiso de carne. Se pretende con ésto pedir la intercesión tanto de los fundadores míticos como de las entidades sobrenaturales para asegurar un buen régimen de lluvias, que garantice la obtención de una buena cosecha, así como conjurar a los malos aires, al arcoiris y a las plagas que amenazan a los cultivos.

La ceremonia ritual se prolonga a lo largo de todo el día, durante el cual se realizan danzas, se liba, se toca música al son de las “bandas de chile frito” (así se denomina en Guerrero a las bandas de viento) y se realiza una comida comunal, al terminar el evento en el cerro, los asistentes al ritual se desplazan a la casa del comisario municipal, donde nuevamente es desplegado el lienzo en el altar familiar para presidir el final de la ceremonia. (Jiménez y Villela, 1999).



Al terminar el ritual de petición de lluvias, el *tlahmáquetl* – el sabio, el que sabe pedir la lluvia- recoge el *Lienzo de Petlacala*.
Foto: Samuel Villela Flores



Petición de lluvias
Foto: Samuel Villela Flores



Un lugareño presenta una ofrenda ante el *Lienzo de Petlacala*. La ofrenda permanente del altar se enriquece días antes de la petición de lluvias.
Foto: Samuel Villela Flores

Un relato Tarahumara en el que se vinculan los dioses del agua y del maíz, observado en la iconografía prehispánica, se sincretiza con la tradición cristiana y con objetos contemporáneos. Lo registró Valente Payan Loera en el Rancho Otovachic, Chihuahua.

San Isidro es el protector de las cosechas, por lo cual en todas las parcelas tienen su imagen La Leyenda del Sr. San Isidro. Aseguran los indígenas que el Sr n colgada en un pino o en una pequeña cueva de piedras. Y dicen que una vez que se cayó de un pino el Santo, se desbarató el vidrio: y que en esos días no caía ni una gota de agua y el maíz estaba cada vez más seco y amarillo. Nadie se explicaba el fenómeno, por más fiesta que hacían, hasta que un pastorcito descubrió la imagen en el campo y avisó al dueño de la parcela.

Por lo tanto se organizaron todos, le pusieron vidrio y lo colgaron donde mismo; le cantaron unas alabanzas y aseguran que por la tarde empezó a llover y a llover en una forma increíble. (Pérez, 1997).

CONCLUSIONES

Las actividades de caza, pesca y recolección y posteriormente las actividades agrícolas estaban supeditadas a zonas con disponibilidad de agua tanto de ríos, lagos y lagunas que eran las menos, como a las zonas que dependían directamente del agua de lluvia.

Todas las culturas asentadas en mesoamérica, tenían como una de sus deidades principales al dios del agua, en diversas advocaciones, aún aquellas culturas que se desarrollaron en el trópico húmedo y que relativamente tenían menos problemas de escasez de agua.

Las ceremonias, ritos, sacrificios, ofrendas y demás parafernalia desarrollada alrededor del culto al agua, por los sacerdotes de los dioses y diosas del agua, impusieron una toma de conciencia entre la población indígena para la captación, la conservación, y el aprovechamiento del agua de lluvia, considerándolo como un beneficio otorgado por los propios dioses.

En la actualidad, por razones de evolución cultural se ha perdido en gran medida la cultura a las divinidades del agua, pero con ello también se ha perdido el respeto, el amor y la conciencia al valor que representa el agua como el elemento vital para la vida.

Es necesario, que autoridades tanto federales como estatales de dependencias tales como la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, la Secretaría de Salud, Secretaría de Educación Pública, así como la Comisión Nacional del Agua, Pémex, la Comisión Federal de Electricidad y todas las universidades que aboquen a crear programas con los siguientes objetivos:

1. Crear conciencia del valor intrínseco del agua.
2. Aprovechamiento de toda el agua de lluvia, reduciendo problemas de erosión y azolve de vasos de almacenamiento.
3. Reutilización de aguas industriales y urbanas
4. Reducir el dispendio de agua en zonas residenciales
5. Proponer iniciativas de ley para hacer obligatorio el uso de técnicas de captación de lluvia para uso doméstico, urbano, industrial, agrícola y pecuario.
Apoyar la realización de eventos como el presente y coadyuvar a la difusión de los resultados del mismo ante quien corresponda.

De no ser así, la escasez de agua puede generar crisis de carácter social en un futuro.

BIBLIOGRAFIA

- Barros, C. y Buenrostro M. 1999. La alimentación prehispánica en la obra de Sahagún. *Arqueología Mexicana*. Fray Bernardino de Sahagún. Revista bimestral marzo-abril de 1999. Vol. VI. Núm. 36. pags. 38-45.
- Bracamontes, S.P. 1999. El sagrado Balche. *Arqueología Mexicana*, Hallazgos recientes en el norte de Yucatán. Revista bimestral, mayo-junio de 1999. Vol. VIII, Núm. 37, pág. 66-69.
- Enciclopedia de México. 1996. Sabeca International Investment Corporation. México, Impreso en USA.
- Heyden, D. 1998. Las cuevas de Teotihuacan. *Arqueología Mexicana*. Ritos del México Prehispánico. Revista bimestral, noviembre-diciembre de 1998. Vo. VI, Número 34, pags. 18-27.
- Jiménez P.B., Villela F.S., 1999. Vigencia de la territorialidad y ritualidad en algunos códigos coloniales. *Arqueología Mexicana*. Códices Coloniales. Revista bimestral, julio-agosto de 1999. Vol. VII-38, pág. 58-61.
- López, A.A. 1998. Los ritos, un juego de definiciones. *Arqueología Mexicana*. Ritos del México Prehispánico. Revista bimestral, noviembre-diciembre de 1998. Vol. VI, Núm. 34. pág. 4-17.
- López, LL. L., 1962. Iban para traer lluvia. Traducción de Ines Butler. [Http://zapotec.agron.iastate.edu/traer lluvia.html](http://zapotec.agron.iastate.edu/traer%20lluvia.html).
- Marquina, P. 1964. *Arquitectura Prehispánica*. INAH. 1231 pp.
- Martínez, B.R. 1999. El Tetzcotzincó y los símbolos del Patriotismo Tetzcocano. *Arqueología Mexicana*. Codices Coloniales. Revista bimestral, Julio- agosto de 1999. Vol. VII-38, pags. 52-57
- Matos M.E. 1999. Sahagún y el recinto ceremonial de Tenochtitlan. *Arqueología Mexicana*. Fray Bernardino de Sahagún. Revista bimestral, marzo-abril de 1999. Vol. VI., Núm. 36. pags. 22-31.
- Pérez C.M. La Estela de Cuicuilco. 1998. *Arqueología Mexicana*. Dos siglos de Hallazgos. Revista Bimestral Marzo-Abril de 1998. Vol. V, Núm. 30. pág. 37.

- Pérez S.T. 1997. De elemento creador a sustento vital. *Arqueología Mexicana*. El maíz. Revista bimestral, mayo-junio de 1997. Vol. V, Núm. 25, págs. 72-73.
- Pérez, S.T. 1997. El Dios del Maíz en Mesoamérica. *Arqueología Mexicana*. El maíz. Revista Bimestral mayo-junio de 1997. Vol. V, Núm. 25, pág. 44-45.
- Rojas, R.T.; 1997. De las muchas maneras de cultivar el maíz. *Arqueología Mexicana* Maíz. Revista bimestral mayo-junio 1997, Vol 5 Num25 pp 24-33.
- Robles G.N. 1998. La Tumba 7 de Monte Albán. *Arqueología Mexicana*. Dos siglos de Hallazgos. Revista Bimestral, Marzo-Abril de 1998. Vol. V, Núm. 30, pág. 42-43
- Serra, P.MC. 1997. El Museo Nacional de Antropología. *Arqueología Mexicana*. El Museo Nacional de Antropología. Revista bimestral marzo-abril de 1997 pp 4-11.
- Schmidt, P.J. 1999. Chichén Itzá, Resultados y proyectos nuevo (1992-1999). *Arqueología mexicana*. Hallazgos recientes en el norte de Yucatán. Revista bimestral, Mayo-Junio de 1999. Vol. 7, Num. 37. Pp 32-39
- Xochitécatl. *Arqueología Mexicana*. Occidente. Revista bimestral, agosto-septiembre de 1994. Vol. II, Núm. 9. pág. 81.
- Valle P. 1999. Memorias en Imágenes de los Pueblos Indios. *Arqueología Mexicana*. Códices Coloniales. Revista bimestral, julio-agosto de 1999. Vol. VII, Núm. 38. pág. 6-15
- Yoneda K. 1999. Los mapas de Cuauhtinchan. *Arqueología Mexicana*. Códices Coloniales. Revista Bimestral, Julio-agosto de 1999. Vol. VII, Núm. 38, pag. 18-23

**LA IMPORTANCIA DE LAS CIENCIAS SOCIALES Y DE COMUNICACION EN
LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA, CASO DE ESTUDIO:
CONSTRUCCION DE UN COLECTOR DE AGUA DE LLUVIA EN LA
COMUNIDAD INDIGENA TZOTZIL DE YALENTAY, CHIAPAS.**

**MARTÍN D. MUNDO MOLINA¹
POLIOPTRÓ MARTÍNEZ AUSTRIA²
ROMEO BALLINAS AVENDAÑO³
LUZ MARÍA RODRIGUEZ⁴**

INTRODUCCIÓN

Actualmente existen en las pequeñas poblaciones rurales, fuertes requerimientos de abastecimiento de agua. En la actualidad con el ajuste y reordenamiento de la economía del país, difícilmente podrá el gobierno satisfacer esta demanda con las tecnologías convencionales de alta inversión, salvo en ciertas excepciones. Frente a esta condicionante, las tecnologías alternativas de abasto de agua son una opción viable para contribuir a la solución de esta problemática. Sin embargo, no basta con tener la tecnología apropiada, ya que en el proceso que va de la propuesta técnica a su aplicación práctica, existen adversidades socioculturales que a la postre puedan propiciar un fracaso total o se tengan resultados por debajo de las expectativas y metas programadas. Por ello a la parte técnica hay que agregarle la parte social. Los instrumentos, herramientas y metodologías de comunicación que abran espacios y canales para la comprensión colectiva, participación y apropiación social completa del sistema tecnológico a transferir. En ese sentido, es pertinente integrar a los proyectos de transferencia acciones sociales y de comunicación que promuevan la participación y organización responsable de los beneficiarios de la tecnología, desde la planeación hasta la puesta en marcha del proyecto (Mundo, 1997).

ANTECEDENTES

En el marco del proyecto de Tecnologías Alternativas que desarrolla la Coordinación de Tecnología Hidráulica a través de la Subcoordinación de Hidráulica Rural y Urbana del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), con base en el convenio IMTA-UNACH, se construyó un Colector de Agua de Lluvia (CALL) (Mundo et al, 1997), en la comunidad indígena Tzotzil de Yalentay en los altos de Chiapas (ver fig. 1 y 2). La experiencia acumulada en el IMTA demuestra que para que las tecnologías sean asimiladas por los beneficiarios de la misma, se requiere de un equipo multidisciplinario y la articulación de diversos procesos y



Fig. 1 Colector de agua de lluvia



Fig. 2 Comunidad de Yalentay, municipio de Zinacantán, Chiapas

metodologías (tanto técnicas como sociales) orientadas a un mismo objetivo: transferir adecuadamente las tecnologías a los usuarios y que estos lo incorporen a su modo de vida.

Para cumplir con los objetivos planteados en el proyecto de construcción del CALL se inició paralelamente un proyecto de investigación social y de comunicación para desarrollar actividades orientadas a promover la organización y participación de las familias beneficiadas en torno al sistema de colección de agua de lluvia.

ACCIONES SOCIALES Y DE COMUNICACIÓN PARA LA DIFUSIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS EN ZONAS RURALES

Concepto rector social y de comunicación

Se estableció un espacio social y de comunicación para el intercambio de información, experiencias y conocimientos entre la comunidad de Yalentay, y el personal técnico responsable de la tecnología a introducir. En forma conjunta investigadores, administradores, funcionarios, autoridades, técnicos, instituciones y las familias de la comunidad en cuestión, tomaron decisiones para la planeación y ejecución del proyecto a realizar.

Objetivos específicos

- ❑ Proporcionar información a los decisores, administradores y técnicos sobre la percepción sociocultural de la comunidad respecto a la problemática del agua.
- ❑ Proporcionar información a los pobladores en relación al proyecto desde su planeación hasta su transferencia.
- ❑ Proporcionar información a la comunidad sobre los sistemas de abastecimiento de agua no convencionales, capacitarlos en el uso, mantenimiento y operación de la tecnología y elaborar material audiovisual y escrito (didácticos), para cumplir con la tarea: transferir de manera eficiente la tecnología de colección de agua de lluvia.
- ❑ Dar seguimiento a la transferencia de la tecnología para: a. evaluar dicha transferencia. b. evaluar los beneficios de la tecnología para la comunidad, c. retroalimentar futuros proyectos y d. verificar el cumplimiento de las metas.

PLAN DE TRABAJO SOCIAL Y DE COMUNICACIÓN PARA APOYAR LA DIFUSIÓN Y TRANSFERENCIA DE LA TECNOLOGÍA

Diagnóstico sociocultural y de comunicación

1. Se realizó una monografía básica de las localidad seleccionada.
2. Se identificó la problemática específica del agua a nivel microregional y del poblado.
3. Se identificaron los medios e instancias locales para organizar, difundir y transmitir información, conocimientos, percepciones e ideas sobre el CALL.

Formación de un plan local social y de comunicación

1. En función de la evaluación de las actividades anteriores se determinó la factibilidad de recepción sociocultural del CALL por la comunidad.
2. Se produjeron los materiales didácticos de comunicación para informar a la población del proyecto a realizar.
3. Se produjeron los materiales de comunicación (periódico mural y maqueta). Con estos materiales se explicó con detalle a la comunidad (atendiendo de manera especial a los niños, quienes realizaron la maqueta del CALL mediante un concurso escolar), cada componente de la tecnología y su funcionamiento. Estas actividades se realizaron con el apoyo de los maestros de educación primaria de la comunidad.
5. A partir de los materiales de comunicación se crearon espacios de diálogo para el intercambio y análisis la información sobre la transferencia del CALL entre técnicos, administradores, funcionarios y la comunidad.
6. Se realizó un video de 15 minutos de duración en donde se explica de manera clara y sencilla qué es un CALL, para qué sirve, cómo funciona, cómo se mantiene y cómo se construye.

Diseño de la metodología para la transferencia del CALL

1. Se diseñó la metodología para implementar la auto-organización de la comunidad. Se organizó un comité hidráulico comunitario, que ahora le permite a la comunidad resolver los problemas técnicos, administrativos, financieros y sociales en relación al CALL. Este comité es la garantía para la adecuada operación y mantenimiento del mismo.
2. Se realizó un manual de operación y mantenimiento del colector.
3. Se realizó un estudio sanitario antes y después de la construcción del CALL, con el objeto de conocer con detalle el nivel de vida y de salud de la comunidad (relacionado con la falta de agua y las enfermedades producidas por la mala calidad de la misma para consumo humano).

METODOLOGÍA

a. Se estableció en una asamblea general de la comunidad las actividades en las que participarían los diferentes facilitadores y la población. Luego se realizaron las siguientes actividades (IDESMAC, 1998):

- ❑ Se llevó a cabo un taller participativo con los hombres (padres de familia) de la comunidad para avanzar en el auto-conocimiento de la problemática del agua en la misma.
- ❑ Se realizó también un taller participativo con mujeres (amas de casa) para avanzar en el conocimiento de la problemática del agua a nivel doméstico⁵.

⁵ En ambos talleres la participación de la población no fue amplia, pero fue suficiente para conocer en detalle y jerarquizar los problemas generales de la población. El problema del agua potable apareció en primer lugar.

- Se aplicó una encuesta⁶ a un 40% de los hogares y captó información de la mayoría de la población que vive permanentemente en la localidad, ya que un alto porcentaje son migrantes temporales. A través de la encuesta se logró el conocimiento cuantitativo del uso del agua, así como el análisis cualitativo de las necesidades y costumbres en torno a ella, lo mismo que de las expectativas respecto a la construcción del CALL.
 - Se realizaron varias reuniones con autoridades y personas clave de la comunidad (agente municipal, maestros, moletic-personas ancianas-), para recuperar datos de la organización social local, la historia del pueblo, la gestión de los recursos (principalmente del agua potable) y la organización de actividades alternas.
- b. La sensibilización de la población para apropiarse la tecnología partió de los siguientes elementos metodológicos (fig. 3):
- Uso de información de fuentes primarias (diálogo con los pobladores), información de fuentes secundarias (lo ya escrito) y el uso de diagramas y maquetas. A otro nivel se confrontaron visiones de género (visión masculina y femenina de la problemática del agua en la comunidad). El principio de aprender con la gente, no sólo de transferir la tecnología visible, para compartir el conocimiento, fue otro objetivo de las actividades de investigación y difusión.
 - El uso y la conservación del recurso agua y de la tecnología del CALL es un proceso de largo plazo que se cimienta en un comienzo sólido. Para ello se realizó una actividad pedagógica con los niños de la escuela primaria local. Con el apoyo de los maestros se logró llevar a cabo un concurso de maquetas del CALL, en el que se involucró al Comité de Educación y a muchos padres de familia, así como a un arquitecto y una dibujante; las autoridades municipales participaron en la entrega de los premios. También se llevó a cabo la video-grabación de un par de documentales, uno sobre la edificación de la obra y otro sobre la problemática del agua y la difusión del CALL en la comunidad. La difusión fue el paso indispensable para lograr que la gente de la localidad se apropiase del proyecto.



Fig. 3 Pilares de la sensibilización en el proceso de transferencia tecnológica

⁶ La encuesta fue levantada por estudiantes de Antropología Social de la UNACH como parte de las prácticas de uno de sus cursos regulares.

- Finalmente, todo el proceso de investigación y difusión se fundó en el respeto a las costumbres y formas de organización de la comunidad. Los facilitadores, ingenieros, sociólogo, economista, antropólogos, videasta, arquitecto y dibujante, se convirtieron en un puente de comunicación para la transferencia del CALL.

LA PROBLEMÁTICA DEL AGUA EN YALETAY

De la investigación de campo se pueden resaltar los siguientes:

- a. Las limitantes que el medio natural impone al desarrollo de las actividades humanas, principalmente la fisiografía (ver fig 3), así como el proceso de deforestación de la región. han acentuado la problemática de captación de agua en Yalentay. Como ejemplo se muestran las tablas 1 a 3 y la figura 4.

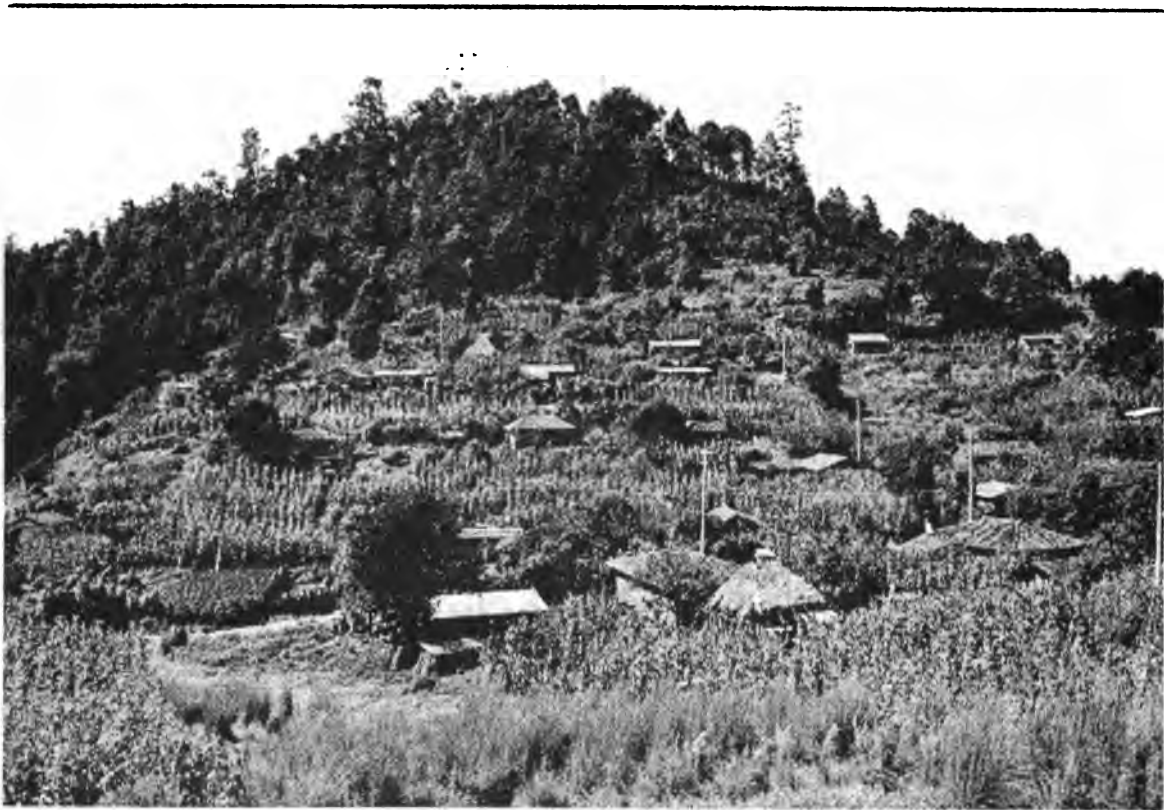


Fig3. Yalentay, Chiapas.

Tabla 1 Consumo de agua en los hogares de Yalentay, 1998⁷.

	Consumo familiar al día ⁸	Consumo per cápita al día
Familias de 3 miembros	60.14	20.04
Familias de 4 miembros	71.60	17.90
Familias de 5 miembros	93.92	18.78
Familias de 6 miembros	100.28	16.71
Familias de 8 miembros	161.57	17.95
Familias de 9 miembros	172.38	21.54
Promedio	109.98	18.82

Tabla 2 Consumo promedio por familia

40,142 litros de agua al año, (incluye sólo necesidades primarias).
20,071 litros de agua por seis meses (incluye sólo necesidades primarias).
41 litros de agua sólo para beber y preparar alimentos al día.
29 litros sólo para preparar los alimentos.

Tabla 3 Consumo promedio de toda la comunidad

60 familias: 1'204,281 litros de agua en seis meses (necesidades primarias).
El CALL, puede almacenar hasta 1'562,500 litros.

Formación del Comité hidráulico

Base fundamental en el proceso de transferencia del CALL es el patronato del agua o comité hidráulico. El Patronato de Agua dirigido por una persona está ya encajado en la estructura organizativa de la comunidad⁹ (ver figura 5).

⁷ Incluye agua para todas las necesidades, menos riego.

⁸ La muestra de los hogares se seleccionó del censo realizado en 1997 por las autoridades educativas locales. La muestra cubrió familias de diferentes estratos, ciltos familiares, tamaños y actividades.

⁹ La tradición zinacanteca establece severos límites a formas de organización que no involucren a toda la comunidad. Este es un principio organizativo que puede llevar al éxito del CALL.

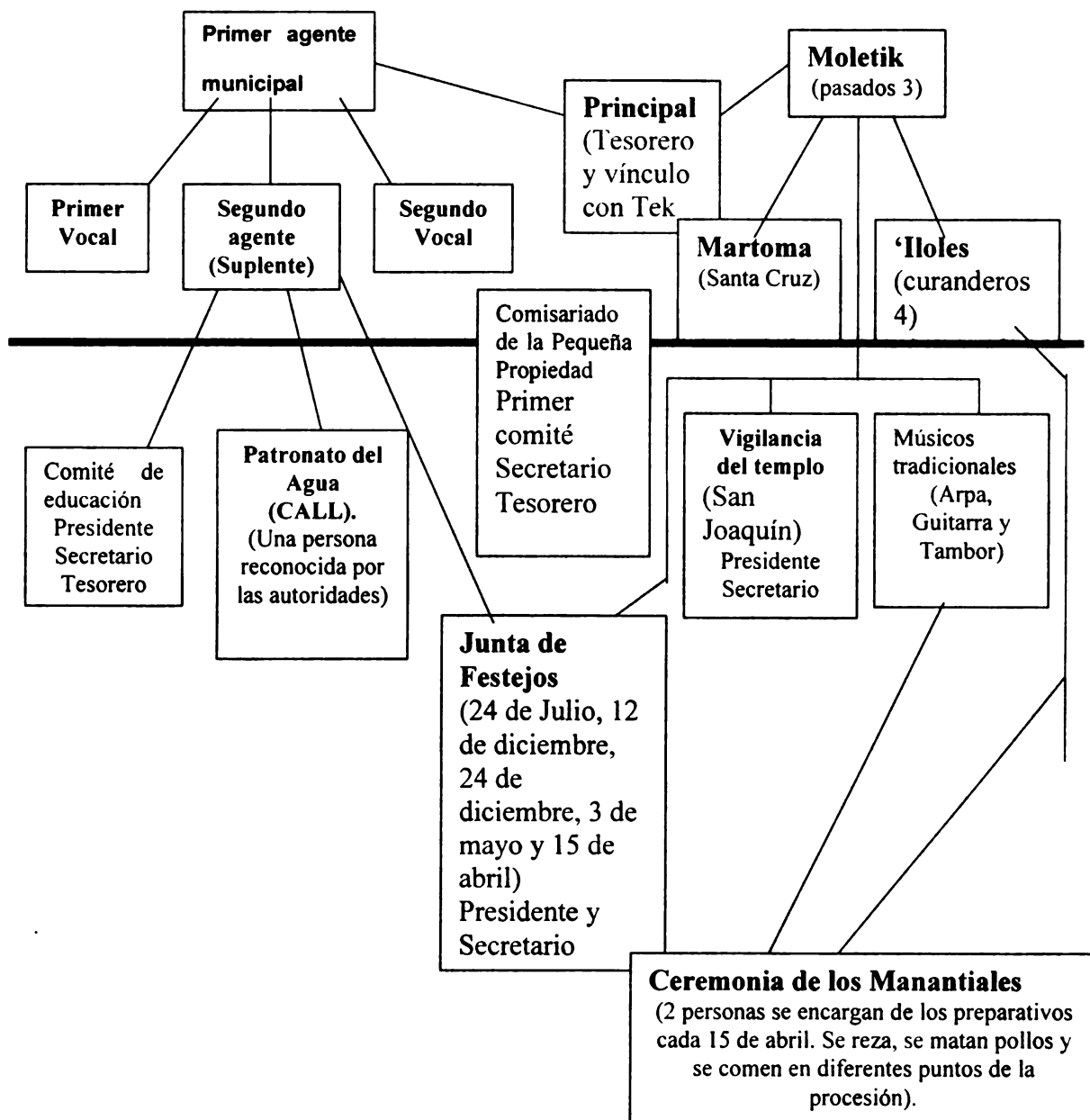


Fig. 5 Estructura organizativa de la comunidad Yalentay, Zinacantan, Chiapas

CONCLUSIONES

- ❑ Como se ha observado a lo largo del desarrollo de este trabajo, la transferencia de tecnología requiere de una metodología social y de comunicación adecuada, acorde con las características propias de cada comunidad. La transferencia de tecnología tienen más probabilidades de éxito si se consideran aspectos sociales y de comunicación.
- ❑ En el caso de Yalentay el trabajo de investigación social y de comunicación para la transferencia del CALL representó el 8% del monto total de la obra.
- ❑ Las tecnologías alternativas de abasto de agua por medio de colectores de agua de lluvia son una opción viable para contribuir a la solución de esta problemática en pequeñas comunidades rurales del país.
- ❑ Sin embargo, no basta con tener la tecnología apropiada, ya que en el proceso que va de la propuesta técnica a su aplicación práctica, existen adversidades socioculturales que a la postre puedan propiciar un fracaso total o se tengan resultados por debajo de las expectativas y metas programadas. Por ello a la parte técnica hay que agregarle la parte social y de comunicación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Mundo Molina Martín D. (1997). **Términos de referencia del proyecto de transferencia del colector de agua de lluvia en Yalentay Chiapas.** IMTA.
2. Mundo Molina M.D., Martínez Austria P., Hernández Barrios L., Delgado Bocanegra A. (1997). **Tecnologías alternativas en Hidráulica. Guía técnica para la selección.** Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México.
3. Reporte del trabajo social y de comunicación realizado por la empresa IDESMAC para el IMTA. (1998). México.

“DISPONIBILIDAD Y PRODUCTIVIDAD EN EL USO DEL AGUA DE GRAVEDAD EN LA LAGUNA”

**FORTIS HERNÁNDEZ, M¹; SALAZAR SOSA, E²;
LEOS RODRÍGUEZ, J.A²; RODRÍGUEZ VALDÉS, B³.**

RESUMEN

Una de las grandes restricciones en agricultura es la disponibilidad de agua en el momento y en las cantidades que la planta la necesita. Las necesidades de agua de las plantas son prácticamente continuas durante su ciclo fenológico mientras que el suministro natural de este recurso es incierto o la mayoría de las veces insuficiente para cubrir las demandas de las mismas. En el caso de las zonas áridas y semiáridas el riego es un elemento necesario y para la utilización racional de este recurso implica una gestión eficiente, integral y sostenible. Para alcanzar esta eficiencia es necesario analizar sus efectos de forma integrada y abordar incertidumbres relacionadas con los usos y demandas, lo que implica llevar a cabo análisis más completos. En este sentido, la presente investigación pretende calcular la productividad marginal del agua de gravedad en el Distrito de Riego 017 y evaluar el impacto de la disponibilidad de este recurso en la estructura productiva agrícola de la región. Para llevar a cabo este estudio se diseñaron encuestas y entrevistas a los involucrados con la planeación y manejo de este recurso, así mismo, se realizaron análisis de información estadística para cuantificar indicadores relacionados con este problema.¹ Se concluye que el valor calculado a través de un modelo matemático fue de \$0.93/m³. Este valor representa el precio que estaría dispuesto a pagar el agricultor por una unidad adicional de agua (dada la escasez del recurso), el cual es equivalente al incremento en su beneficio y que el agua disponible en la presa se destina para regar cultivos de muy alta rentabilidad, y posteriormente para abastecer la demanda de forrajes en la región. Y aunado a una escasa dotación de agua y tierra, a los altos costos de producción de los cultivos, al alto riesgo de invertir en la agricultura y en general a los problemas de rentabilidad de ésta, se aceleró la renta de los derechos de agua de una gran parte de los productores sociales.

¹ Estudiante de Doctorado en Ciencias en Agricultura Sustentable. Universidad Juárez del Edo. de Durango.

² Asesores principales. Doctorado en Agricultura Sustentable. Universidad Juárez del Edo. de Durango.

³ Profesor-Investigador. Torreón, Coah. México.

INTRODUCCION

En todos los procesos y sistemas de producción agrícola, el elemento agua es el principal e indispensable factor para que los cultivos realicen y desarrollen todas sus fases fisiológicas, que tienen como última etapa el rendimiento de la cosecha. En algunas regiones la disponibilidad de este recurso, es la limitante fundamental para la obtención de una buena cosecha. Por lo que muchas investigaciones agrícolas se han abocado a la búsqueda y generación de estrategias que conduzcan a un uso más eficiente del agua disponible para los cultivos. Generalmente, la evaluación de las estrategias generadas se realiza en términos de eficiencia en el uso del agua, escrita como el rendimiento de un cultivo por unidad de área dividido entre el agua utilizada para producir el rendimiento.

Sin embargo, para que se puedan llegar a tener niveles de eficiencia elevados los administradores del riego deben planear con anticipación como se utilizará el agua disponible, buscando siempre el equilibrio entre los volúmenes de agua que se estiman disponibles y los volúmenes necesarios para satisfacer las demandas de los usuarios. Dado que existe una interrelación entre la demanda y la disponibilidad de agua, los planes de cultivo se ajustan cambiando o modificando los patrones de cultivo y muchas veces estas decisiones no son las mejores.

Se supone que la decisión del patrón de cultivos de una región es el resultado de la selección individual, por usuario, de uno o varios cultivos, bajo el supuesto de que se trata de maximizar su ingreso neto. Significando esto que cada uno de ellos estará tratando de maximizar su beneficio bajo ciertas restricciones, entre las cuales se destacan, los precios de los productos, las restricciones probables en el uso del agua de riego, las disponibilidades de crédito y otros factores importantes que influyen en su decisión final.

En el caso del agua y para una región árida (Palacios, 1989), en donde la lluvia tiene poca importancia en la producción agrícola, si la cantidad de agua disponible es poca, se utilizará en principio para regar cultivos de muy alta rentabilidad, conforme se disponga de mas agua, se regaran cultivos menos remunerativos pero con más facilidad de mercadeo, de manera que el incremento en beneficio por unidad adicional va disminuyendo, lo que representa un costo por unidad de volumen, para el usuario o en general para la sociedad y esta representado por la productividad marginal que es función, entre otros factores, del volumen disponible de agua.

Sin embargo, el agua es un recurso sin precio en el cual el estado tomo la decisión deliberada de proveer agua de riego a los agricultores en forma gratuita o a una tarifa nominal. En tal situación, no sólo el agua es un recurso natural escaso, con un costo de oportunidad positivo, el que carece de precio (o tiene un precio nulo), sino también el capital escaso que se invierte en los sistemas de riego han limitado el uso eficiente de este recurso.

En este sentido la presente investigación pretende calcular la productividad marginal del agua de gravedad en el Distrito de Riego (DR) 017, perteneciente a la región Lagunera y evaluar el impacto de la disponibilidad de este recurso en la estructura productiva agrícola de la región.

JUSTIFICACION

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, 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 disponibilidad y a las láminas de precipitación bajas y a altas láminas de evapotranspiración.

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 Laguna, para asegurar el alimento del ganado lechero de más de 600,000 vacas de alta productividad (SAGAR, 1998).

Para estos fines, la Comarca Lagunera posee una infraestructura hidroagrícola que cuenta 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.

Sin embargo, un ciclo normal de riegos representa una superficie de riego en promedio anual de 87,240 ha, que demandan un volumen de 1,345 millones de metros cúbicos (Mm^3) de agua de las presas en beneficio de 33,227 usuarios de los Módulos en la jurisdicción del Distrito de Riego 017 (Saldaña, 1998).

En relación con 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) en la Comarca Lagunera, anualmente se extraen volúmenes estimados de $1,185 Mm^3$, estas extracciones comparadas con el volumen de recarga, que en promedio se estima en $600 Mm^3$, ha originado un déficit anual de $585 Mm^3$, lo que manifiesta una evidente sobre-explotación de los mantos acuíferos de la región (CNA, 1997).

Tales condiciones limitantes se han visto agravadas por la acción del hombre, en la medida en que se ha incurrido en una explotación intensiva del recurso, que combinada con una falta de apego por parte de los Módulos de Riego, el DR 017 y la misma CNA a la normatividad vigente de la política nacional del agua, ha conducido a la situación que actualmente presenta la disponibilidad del agua en la región, es decir, no ha sido sustentable su manejo. Esta problemática ha traído como consecuencia una significativa disminución de áreas de riego por gravedad en los últimos ciclos agrícolas; si en 1991 la superficie fue de 105,769 ha, en 1998 solo se regaron 49,372 ha (DR017, 1998).

La asignación de cultivos se ha realizado basándose en superficies y no en relación con la cantidad de agua que esta disponible, y mucho menos a estudios de competitividad y eficiencia para determinar las ventajas comparativas de cada cultivo, lo que ha ocasionado una serie de efectos negativos tanto en la actividad agropecuaria, como en la generación de empleos y esto ha tenido impacto en otros sectores de la economía.

Además, la existencia de una marcada diferencia en la tenencia de la tierra entre el sector ejidal y privado, ha orillado a los primeros a rentar sus tierras y derechos de agua en plazos de tiempo y precios muy variados a un número muy pequeño de agricultores privados que han concentrado la mayor parte de la tierra y derechos, respaldados en las reformas al artículo 27 de la Constitución y la Ley de Aguas Nacionales que formalizaron este mercado.

Es alarmante que un recurso escaso y clave para el desarrollo regional no se halla administrado adecuadamente; por el contrario, se ha desperdiciado, no existe una cultura del agua. Al parecer la transformación agraria y económica que México ha seguido a través de la liberación dirigida a descentralizar y comercializar la agricultura no ha orientado a los productores a cultivar bajo los mecanismos del mercado libre y en detrimento del uso eficiente del agua.

A pesar del desarrollo logrado en esta región, éste se ha visto frenado por la baja disponibilidad de agua, tanto en forma superficial como subterránea y por el aumento en las demandas de agua de los distintos sectores, aunado a las inapropiadas toma de decisiones en la planeación y manejo de este recurso durante décadas y que han repercutido en la productividad de este recurso, se pone de manifiesto la necesidad de aprovechar este recurso hidráulico de manera más racional.

REVISION DE LITERATURA

El agua es un recurso indispensable para la vida, las políticas desarrollistas actuales contraponen producción y sustentabilidad, lo que ha motivado una sobreexplotación de las fuentes de abastecimiento de agua y una afectación de su calidad debido al uso intensivo tanto urbano como industrial o agrícola. Esta situación hace prever que en el siglo XXI la mayor fuente será por el acceso al agua. No será raro que estos conflictos se presenten no solo internacionalmente, sino también entre pequeñas comunidades en la lucha por la posesión de un elemento que será probablemente más importante que el petróleo u otros minerales.

Aun cuando estos problemas son conocidos desde décadas pasadas, el recurso agua se sigue derrochando y los niveles de contaminación aumentan, lo que exige con la mayor brevedad la formulación de políticas que permitan tomar medidas efectivas que detengan este deterioro, disminuyan las pérdidas y aumenten las eficiencias de utilización de forma tal que se logren niveles de consumo racionales y sustentables (Artega, 1998).

Las tendencias actuales de apropiación de los recursos naturales nos presentan una panorámica en la que será necesario conjuntar la eficiencia y la sustentabilidad desde la óptica de lo ambiental y no de lo económico. Esto no sólo para enfrentar las necesidades

inmediatas, sino de garantizar los recursos biogeoquímicos para las futuras generaciones (Guzmán, 1998).

En el caso de la agricultura, esta es una actividad que depende necesariamente de los recursos naturales y de los procesos ecológicos, igual que de los desarrollos técnicos humanos y del trabajo, y en su toma de decisiones influyen tanto condiciones internas de las explotaciones como las políticas impuestas desde el nivel local, nacional e internacional (Muro, 1998). Indudablemente que los factores que afectan al sistema productivo primario esta compuesto por circunstancias naturales y socioeconómicas, las primeras imponen restricciones biológicas al sistema de cultivo, en tanto que los factores socioeconómicos afectan al ambiente externo en el que los productores toman sus decisiones.

La carencia y sobreexplotación de este recurso ha sido causa de conflictos y pobreza en el campo, pero indudablemente es y será elemento vital para su recuperación. Sin embargo, esta polaridad obliga a elevar la eficiencia en su uso y mejorar la aplicación y productividad ya que representa la oportunidad de satisfacer requerimientos de otros sectores, en áreas de conflicto y escasez.

En consecuencia, para las áreas de riego resulta también prioritaria la puesta en práctica de acciones orientadas a fomentar la productividad y mejorar la rentabilidad, necesidades que originaron las líneas de acción específicas de impulso a la generación y transferencias de tecnología, de cambios de estructuras productivas y de capitalización del sector, dejando de insistir en las escasas posibilidades de continuar un crecimiento extensivo (Takeda, 1998).

En este sentido, la principal limitante en el uso eficiente del agua sigue siendo el factor de riesgo y el bajo costo del agua, el agricultor prefiere sobreirrigar sus cultivos ya que el precio por m^3 varía desde 10 centavos de dólar hasta casi 25 centavos en el sureste y noroeste de México respectivamente (Montecillo, 1997). De esta manera el agricultor prefiere trabajar en el rango seguro, ocasionando con esto una sobredosis de riego, con los consiguiente problemas ambientales que deterioran la calidad del entorno agrícola.

La ausencia de reglas simples y concretas, debido a la complejidad de los factores que modifican los requerimientos hídricos de los cultivos y la disponibilidad del agua en el suelo, parecen la principal razón de resistencia al cambio. En este sentido, los agricultores pueden entender las bases del mejor método para utilizar su riego y la manera de optimizar este recurso, pero lo han aplicado tan mal que prefieren aplicar excesos de agua a tener una disminución en la calidad y cantidad del rendimiento, a costa de sacrificar la productividad y costo de este recurso (Sifuentes et al, 1998).

MATERIALES Y METODOS

Localización del área de estudio. Para analizar la disponibilidad y productividad del uso del agua de gravedad en la Comarca Lagunera se consideró únicamente el Distrito de Riego 017, este concentran el 83% del total de la superficie regada en esta región. El Distrito de Riego 017 agrupa a 20 Módulos de Riego, 17 corresponden al Río Nazas y 3 al Río Aguanaval, con una superficie dotada de 190,721 ha que benefician a 33,227 usuarios.

Actualmente se tienen constituidas 17 Asociaciones Civiles de Usuarios, las que fueron objeto de análisis ya que son las que a la fecha se les ha transferido la operación, conservación y administración de la infraestructura hidroagrícola.

Cabe hacer mención que la totalidad de las aguas superficiales en la región son utilizadas con fines agrícolas exclusivamente y el volumen a utilizar para cada ciclo varía de acuerdo a los almacenamientos existentes en las presas. En la actualidad un ciclo normal de riegos representa una superficie de 87,240 ha. que demandan un volumen de 1,345 millones de m³ de agua.

Metodología. Para llevar a cabo los análisis se utilizaron los análisis de indicadores tales como; almacenamientos en las presas, volúmenes de agua concesionados, superficies de cultivos, etc., con los cuales se pudo ubicar cualitativa y cuantitativamente estas disponibilidades. Además, se formulo un modelo matemático para calcular la productividad marginal de este recurso.

En relación con la determinación y productividad del agua se utilizó el proceso de Palacios Veléz (1994) el cuál consiste en calcular el costo de oportunidad del agua, en a modelos matemáticos o de programación lineal. Para evaluar la productividad tanto de la tierra como del agua, se usan variables como; Valor Bruto de la Producción (VBP) por unidad de superficie regada, VBP por unidad del área de control, y el VBP por unidad de agua de riego.

Además, la metodología incluye la recopilación de datos primarios a través de entrevistas y encuestas a los responsables de los 17 Módulos de Riego y funcionarios de la CNA, para determinar el nivel de disponibilidad, uso y productividad del agua. Y datos secundarios, asociando presupuestos de cultivos con indicadores de productividad, eficiencia, conservación y re-asignación de este recurso. Así mismo, se recopiló información al nivel de los usuarios para detectar los efectos económicos, sociales y legales que enfrentan para aprovechar el agua de riego y evaluar el impacto que esto ha ocasionado. Finalmente, con la información recabada se pudo evaluar la productividad del agua a nivel del Distrito de Riego 017 de la Comarca Lagunera.

Información a utilizar. La información a utilizar se obtuvo a través de encuestas directas aplicadas a los poseedores de títulos de derechos de agua. Las encuestas se aplicaron en las unidades de supervisión del DR 017, en los Módulos de Riego, en los ejidos representativos, con canaleros, aforadores y al nivel de los usuarios de este distrito.

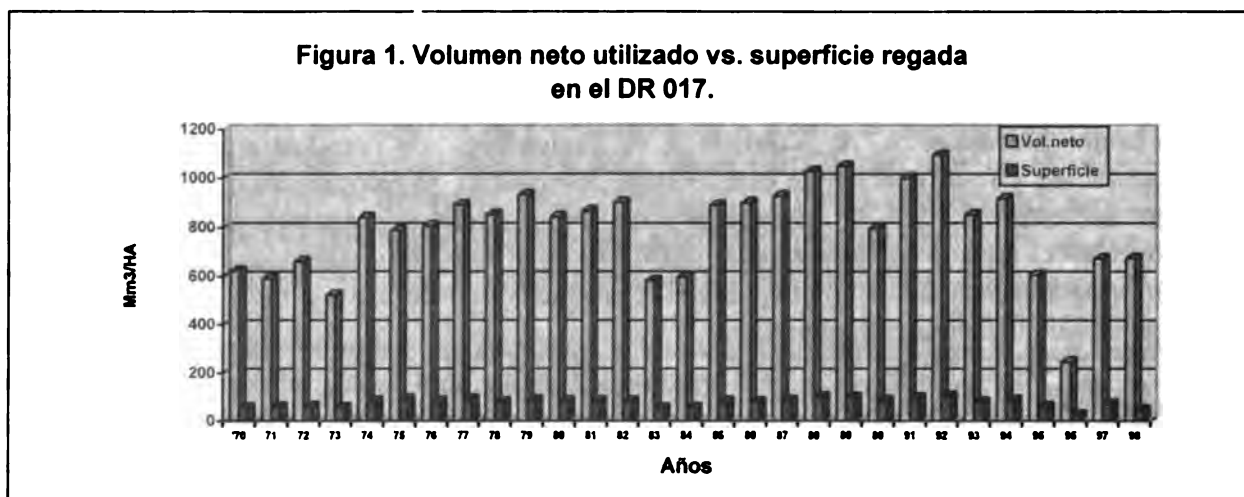
También se recabó información en las distintas instituciones gubernamentales y privadas relacionadas con la planeación y manejo del agua, tales como: Comisión Nacional del Agua (CNA), Distrito de Riego, Módulos de Riego, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR), Uniones de Ejidos, etc. Asimismo, se utilizaron registros estadísticos de varios años del patrón de cultivos, superficies, rendimientos, costos de producción, precios, valor de la producción a nivel del Distrito de Riego 017.

RESULTADOS Y DISCUSION

La actividad agropecuaria en la Comarca Lagunera, depende en gran medida del aprovechamiento de las aguas del Río Nazas, las cuales se almacenan en las presas Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco, sin embargo, en los últimos cuatro años las precipitaciones que se han registrado se ubican por abajo de su nivel histórico, provocando que las aportaciones a estas presas se observen reducidas y por tanto el volumen neto utilizado disminuya.

En función del comportamiento de estos almacenamientos se ha reglamentado el volumen anual de agua por extraer. El decreto vigente establece que el volumen máximo por extraer de la presa Lázaro Cárdenas es de 800 Mm³ por año; pero cuando al 1° de octubre de cada año⁴ el almacenamiento sumado de las presas supere los 2,873 Mm³, se permite una extracción adicional de hasta 250 Mm³. Esto es un total 1,050 Mm³.

Durante la década de los noventa, se tienen superficies de riego que han sido muy variables, por ejemplo han sido de 105,769 ha para un volumen neto en parcela de 1,097.46 Mm³ (ciclo agrícola '91-'92); de 27,283 ha con un volumen de 245,827 m³ (ciclo '95-'96); y para el ciclo '97-'98 un volumen de 677 Mm³ para una superficie de 47,320 ha. Esta relación entre el volumen usado y el área cosechada en el Distrito de Riego, puede observarse en la figura 1.



Si se aplica un modelo matemático, y se relacionan los variables volúmenes netos y superficie física regada, se encontraría que por cada millón de metros cúbicos de agua, 62.17 ha pueden ser cosechadas, sin embargo, lo más importante de esto ha sido que la planeación del riego se ha realizado basándose en la superficie susceptible de ser regada y no tomando en cuenta los requerimientos de agua que demandan los cultivos.

Por otra parte, hay un número constante de hectáreas (6,814 ha) que son cosechadas

⁴ A pesar de que la temporadas de lluvias en la región se presentan en meses posteriores.

independientemente de que exista agua en los almacenamientos debido a que los agricultores de estas áreas (zona alta del DR) toman el agua directamente del río y estos volúmenes no son contabilizados como aportaciones a la presa.

Disponibilidad de agua. La capacidad de las dos presas en 1998 fue de 4,874 Mm³, destinándose un volumen para riego de 830 Mm³, quedando un volumen de agua en las dos presas después del ciclo agrícola de 320 millones de metros cúbicos. Durante este año se autorizaron extraerse 830 Mm³ de agua para el ciclo agrícola primavera-verano para distribuirse en los 17 Módulos que forman parte del DR 017, este volumen total de agua se utilizó para el riego de presembrado 180 Mm³ y para los auxilios de los cultivos 496 Mm³.

La diferencia que existe de 154 Mm³ (18.5%), de acuerdo a funcionarios del DR 017, se debe a las pérdidas por conducción, evaporación, filtración, manejo y establecimiento de cultivos que se tienen en áreas cercanas a la presa Francisco Zarco.

Demanda de agua. El distrito 017 es de gran importancia para la Laguna; por el desarrollo agrícola que se manifiesta en el área cultivada, el número de usuarios y su contribución a la producción de riego a escala nacional. Algunos de los problemas relacionados con el agua en esta región son:

a. Los cultivos de exportación que tradicionalmente se han establecido en esta región presentan problemas de rentabilidad, debido al incremento de los costos de producción, a la disponibilidad de agua, a la alta incidencia de plagas y enfermedades, y a la caída de los precios internacionales.

Tal es el caso del algodón el cual según estadísticas del distrito de riego, hasta 1990 ocupaba el 55% del área cultivable, en 1998 se sembraron 16,135 ha. las cuales correspondieron al 32.7% de la superficie total del distrito.

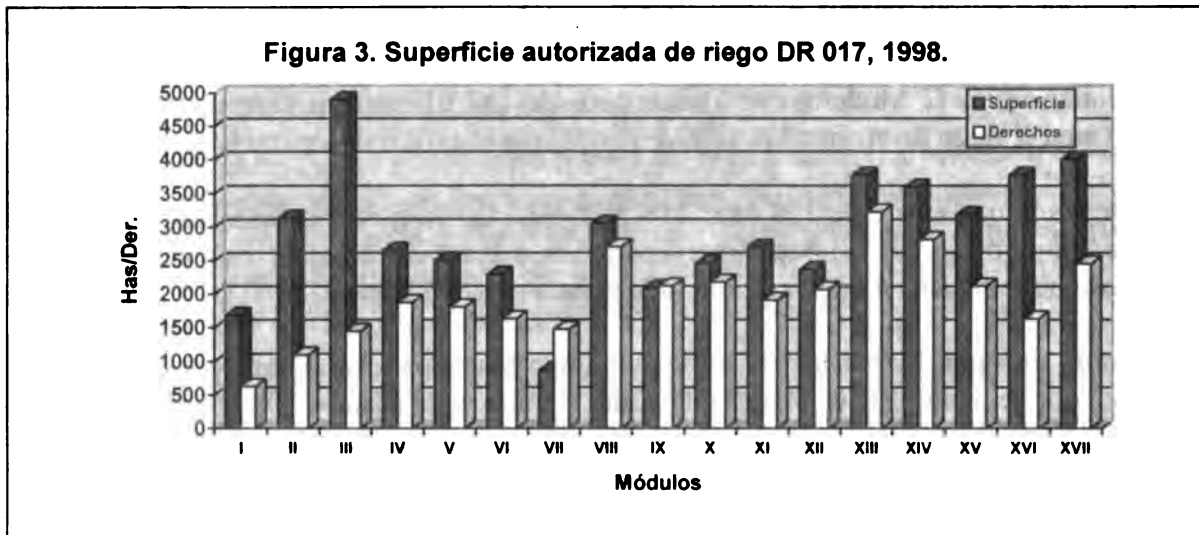
b. El patrón de cultivos predominante en esta región se ha clasificado en tres grupos, de acuerdo con su ciclo vegetativo y consumo de agua: los cultivos "Perennes" entre los que destacan la alfalfa, nogal y vid, que representan en 1998 el 18% de la superficie total en el distrito, son los que demandan mayores volúmenes de agua; en segundo término, los de "primavera-verano" siendo los principales cultivos: algodón (32.7%), maíz forrajero (13.6%), frijol (9.8%), sorgo forrajero (7.8%), y en tercer lugar los cultivos del ciclo "Otoño-Invierno" como son: trigo, zacate ballico y avena entre otros⁵.

c. El incremento de la industria lechera, ha originado un aumento en el uso del agua para los forrajes, especialmente la alfalfa, para estos cultivos se hace una extracción de pozos media anual de 586 mm³ utilizando la alfalfa el 82% de este volumen, y en el caso de riego de gravedad se destina el 13% de esta agua a su producción.

En esta investigación se considera a los Módulos de riego como los usuarios primarios del Distrito de Riego 017 y a los productores agrícolas de éste como usuarios secundarios o como usuarios primarios de los módulos. Por lo que las demandas de agua para el

⁵ Este ciclo agrícola fue suspendido, por lo que la superficie a penas cubrió 1200 has.

establecimiento de los cultivos durante el ciclo agrícola primavera-verano '98 de cada módulo, se presentan en la figura 3. Cabe señalar que las condiciones de almacenamiento de las presas determinaron estos volúmenes y superficies.



Cabe resaltar que los módulos de riego que mayor superficie de riego estableció fueron: el III (4,907ha) perteneciente a la zona alta del Edo. de Durango; el XVII (4,005 ha), y los módulos XIII y XV con 3,772 ha, pertenecientes a la zona baja de Coahuila.

Mercado de agua. En este distrito se identificó la existencia de un mercado de agua a través de la renta de los derechos de agua de gravedad del río Nazas, principalmente del sector ejidal, que consiste en que un productor cede a otro, por una cantidad de dinero y tiempo, sus derechos para el usufructo del recurso. También en la práctica se da que los mismos canaleros y aforadores vendan a productores, principalmente privados, volúmenes de agua que son desviados de las parcelas ejidales.

Este mercado se presenta ya que en un ciclo normal de riego la superficie que le corresponde en promedio es de 2.5 ha, mientras que a los productores privados es de 4.5 ha, y la superficie total de producción corresponde un 93.2% a los ejidatarios y sólo el 6.8% a los privados. Pero durante el ciclo agrícola 1998, la superficie de riego para el sector ejidal se redujo considerablemente por las escasas aportaciones a las presas, lo que ocasiono que se redujera la superficie a 1.4 ha para el productor ejidal y 3.0 ha para el pequeño, sin embargo, hubo módulos en los cuales la superficie promedio autorizada fue de una hectárea o menos para el productor social.

Aunado a una escasa dotación de agua y tierra, a los altos costos de producción de los cultivos, al alto riesgo de invertir en la agricultura y en general a los problemas de rentabilidad de ésta, la decisión de rentar los derechos de agua fue tomada por los

productores sociales.

Por ejemplo, en la siguiente tabla se puede apreciar que cuatro cultivos presentan niveles de rentabilidad muy bajos o no los hay, y en aquellos que si presentan alta rentabilidad se deben realizar grandes inversiones para sufragar los costos de producción.

Tabla 1. Costos de producción de los cultivos establecidos en riego por gravedad, DR017, 1997.

Cultivo	Costo de producción (\$/ha)	Valor de la Producción (\$/ha)	Ingreso Neto (\$/ha)	Tasa de Rentabilidad/ha.
Algodón	12,866.90	17,781.33	5,534.43	43.01
Frijol	4,380.68	5,250.00	1,489.32	34.00
Maíz forrajero	4,193.52	6,000.00	1,806.48	43.08
Nogal	6,799.81	14,300.00	7,500.19	110.30
Sorgo grano	4,791.46	2,800.00	(1,191.46)	(41.56)
Sorgo Industrial	4,300.67	5,640.00	1,339.33	31.14
Sorgo forrajero	4,140.66	6,000.00	1,859.00	44.90
Alfalfa	3,123.86	12,600.00	9,476.14	303.35
Tomate	13,376.84	13,600.00	223.16	1.67
Chile	14,193.17	18,750.00	4,556.83	32.11
Melón	10,119.91	10,200.00	80.09	0.79
Maíz Grano	4,381.75	3,268.00	(493.75)	(11.27)

Fuente: Elaboración propia en base a estadísticas de la SARH-SAGAR, Cd. Lerdo, Durango. 1997.

Basándose en lo anterior y derivado de los resultados de las encuestas aplicadas se calcula que los derechos de agua que fueron rentados en el DR 017 durante el ciclo agrícola 1998-'98 suman 20,000. Los cultivos a los que se destinaron estos derechos rentados son los siguientes: algodón (12,633 ha), maíz forrajero (5,391 ha), sorgo forrajero (2,831 ha), perennes (1,162 ha), huerta y hortalizas (637 ha) y sorgo industrial (150 ha).

En este sentido, se puede señalar que el agua disponible en la presa se destina para regar cultivos de muy alta rentabilidad, y posteriormente para abastecer la demanda de forrajes en la región.

Volúmenes utilizados del agua en el DR 017. Los cultivos que fueron establecidos en los módulos de riego demandaron un volumen bruto total de 677,432 m³, destacando los cultivos de algodón con 221,389 m³; frijol (con dos auxilios) 66,711 m³; huerta y hortalizas 3,053 m³; forrajes 145,538 m³; perennes 120,909 m³. La distribución del volumen bruto de agua por estado se repartió de la siguiente manera: Coahuila 326,395 m³, correspondiendo a la parte ejidal un volumen de 280,361 m³ y a la pequeña propiedad de 46,034 m³. Al estado de Durango le correspondió un volumen bruto de 351,037 m³; 305,278 m³ fue concesionados a los productores sociales y 45,759 m³ a los pequeños

En cuanto a la demanda de agua que se utilizaron para los derechos rentados, en promedio se comporto de la siguiente forma; algodón 173,324.76 m³; maíz forrajero 73,965 m³; sorgo forrajero 38,841 m³; sorgo industrial 2,050 m³; huerta y hortalizas 8,739 m³; y los cultivos perennes 15,943 m³.

Precios de los derechos de agua. Los precios de los derechos de agua varían en todos los módulos de riego pero en promedio son de \$1,500.00 por ciclo agrícola por hectárea, este precio es independiente de la cuota de riego y “faenas”, y PROCAMPO que el arrendatario esta obligado a pagar al arrendador como parte del convenio que celebran. Cabe resaltar que el precio de un derecho de riego lo define un grupo de arrendatarios que marcan un precio de referencia mediante el cual se rigen todos los demás arrendatarios.

Existen diferentes plazos de tiempo y modalidades de renta de estos derechos, llegándose a notariar casos de arrendadores ejidatarios que han rentado sus derechos a particulares por treinta años obligatorios y con opción de compra. Esta modalidad se basa en un contrato de arrendamiento certificado por un notario público donde se indica por ambas partes (arrendador y arrendatario) que se ha obtenido la opinión favorable de la Comisión Nacional del Agua, desde el punto de vista legal y técnico, para alojar estos derechos en la propiedad del arrendatario.

Sin embargo, al analizar los precios que pagan los productores por el usufructo del agua de las presas hay que recordar que el productor paga una cantidad nominal anual por el servicio de riego; dicho monto se ha destinado a la conservación de la infraestructura de riego (60%) y a la operación y mantenimiento (40%). Para 1988 la cuota fija era de 35 pesos por hectárea por riego "completo" con aguas del Río Nazas y de 7 a 12 pesos por el "medio riego" del Río Aguanaval, en 1995 la cuota fija era de 185 pesos para el riego por gravedad de las presas y de 140 para el agua del Aguanaval. En 1997 y 1998 la cuota de riego con aguas del Nazas fue de 320 pesos por todo el ciclo, excepto dos Módulos (I,II) que por acuerdo de asamblea decidieron disminuir sus cuotas y pagar 190 pesos en estos dos años.

Estos precios en los costos de los cultivos representaron para el caso del maíz forrajero, en el ciclo agrícola 95-95', el 12% del costo total, para el riego por bombeo era de 27%, sin embargo, en 1998 representó para gravedad el 8% y para bombeo el 40%. Es decir, el metro cúbico de agua en bombeo costó \$0.310/m³, mientras en gravedad el precio por metro cúbico, considerando los seis cultivos principales, en promedio fue de \$0.0221/m³.

En la siguiente tabla se muestran los precios estimados del agua por metro cúbico para los cultivos más representativos de la región, destacándose que existen cultivos como el frijol que pagan la misma cuota nominal de agua que la alfalfa o nogal a pesar de usar diferentes láminas de riego.

Tabla 2. Precios de agua de diferentes cultivos, considerando la cuota de riego de \$320.00/ciclo

Cultivo	Precio (\$/m ³)
Sorgo forrajero	\$0.024
Algodón	\$0.026
Maíz forrajero	\$0.027
Nogal	\$0.012
Alfalfa	\$0.009
Frijol	\$0.034

Fuente: Elaboración en base a láminas de riego aplicadas en el DR 017.

En cuanto a los meses en que se da este mercado de agua, se puede mencionar que durante los meses de octubre a diciembre se acelera este mercado, ya que es cuando se toma la decisión en el Comité Hidráulico de cuánta agua aprovechar y qué superficie autorizar a cada módulo de riego. Siendo en el mes de febrero cuando todos los derechos deben estar arreglados.

Productividad del agua. La productividad de un recurso es el beneficio expresado en términos monetarios o de producto que se obtiene por cada unidad de recurso invertido. Palacios y Exebio (1988), señalan que aun existiendo un mercado definido de los productos, es difícil asignar precios en la formulación de un modelo, pues existen mercados donde el precio de un satisfactor no es representativo de su valor social o real, en este caso es posible estimar otros precios que no son los del mercado pero que sí reflejan su valor social en términos monetarios.

En el caso de la estimación del precio del recurso agua, se formuló un modelo de programación lineal relacionando la variación del beneficio total con la variación del volumen total utilizado en el DR 017. Tratando de obtener el máximo beneficio con el volumen de agua de que dispone, el agricultor pensará en establecer primero los cultivos que sean más rentables, después, cultivos menos rentables y de fácil cultivo y por último, cultivos poco rentables y de fácil comercialización.

El valor calculado a través de un modelo matemático y ejecutado en un programa computacional denominado Basic Linear Programming (BLP), fue de \$0.93/m³. Este valor representa el precio que estaría dispuesto a pagar el agricultor por una unidad adicional de agua (dada la escasez del recurso), el cual es equivalente al incremento en su beneficio.

Impacto económico y social de la utilización del agua de riego. Durante el presente ciclo agrícola el agua proveniente de las presas se utilizó para el riego de 49,372 ha, los cultivos que ocuparon la mayor superficie fueron el algodón (33%), la alfalfa (15.2%), el maíz forrajero (13.6%), el frijol (9.8%), y el sorgo forrajero (7.8%), éstos cultivos cubrieron cerca del 80% de la superficie total.

Esta estructura productiva se encuentra muy ligada a dos industrias, la textil que inducen una alta producción de algodón y la lechera que demanda grandes cantidades de forrajes, en 1997 el ganado bovino productor de leche era de 497,625 cabezas, para 1998 fueron 505,847.

La producción del algodonero siempre ha ocupado un papel destacado en la región, aunque el mercado ha presentado grandes bajas e inclusive no ha sido rentable en alguna época de su producción. En la actualidad esta fibra presenta serios problemas de comercialización.

Por otra parte, la producción de forrajes (35% de la superficie en 1998), inducida por la industria lechera no da señas de poder disminuir, tanto por la muy arraigada tradición de utilizar a la alfalfa como forraje, como por la falta de una campaña de concienciación que promueva la sustitución de la alfalfa por otros forrajes. La producción de la alfalfa para la industria lechera conlleva problemas con relación al uso del agua en la región, pues como se comentó anteriormente, el 15.2% de la superficie autorizada del DR017 se regó con agua proveniente de las presas, ésta demanda grandes cantidades de agua.

La problemática agrícola de la región se complica toda vez ya que el título de cerca del 70% de los agricultores ejidales tiene un promedio cercano a 4 hectáreas y en condiciones de un ciclo normal de riego la superficie irrigable es solo del 50% de su dotación. En 1998 la disponibilidad de agua en las presas ocasionó que en promedio la superficie de riego fuera de 1.6 ha. Esta partición de la tierra también supuso que una gran superficie se destinará a la producción de cultivos de autoconsumo y a su comercialización en el mercado no organizado, situación que no favorece la organización total de la producción del Distrito de Riego.

Esto representó en la práctica un serio problema en el manejo del recurso proveniente de las presas, evidenciándose aún más los problemas de planeación, organización y manejo eficiente de las operaciones del DR0 17. Esto aunado a los problemas de rentabilidad de los cultivos orillaron a los agricultores a dinamizar el mercado de los derechos de agua, ya que gran número de ejidatarios rentó sus tierras, siendo concentradas por parte de pequeños empresarios agrícolas para la producción principalmente de algodón y cultivos forrajeros.

Gran parte de los ejidatarios (más del 50% de los derechos de agua fueron comercializados) buscaran como alternativas de empleo en las pequeñas propiedades, o en los programas emergentes de empleo que instrumentaron los gobiernos estatales y federal, se vieron obligados a emigrar a las ciudades de Torreón, Gómez Palacio y Lerdo, o al norte del país a buscar trabajo principalmente en la industria maquiladora.

En síntesis, el campo Lagunero o su estructura agraria se caracteriza por su bimodalidad, es decir, por la coexistencia de unidades de producción capitalizadas y orientadas a los mercados nacionales e internacionales y de predios familiares pobres, de producción y autoconsumo y con dotaciones pequeñas de tierras. Tal heterogeneidad se presenta regionalmente y está relacionada con el aceleramiento del mercado del agua y la tierra.

Por consiguiente, el DR017 sufre un proceso de estancamiento secular. Lo último refleja que ni las políticas intervencionistas ni las liberales han logrado cumplir con sus objetivos de recuperar el crecimiento del sector. Además, debido a que los agricultores de tipo empresarial, que son los que reaccionan directamente a las condiciones de mercado y no enfrentan elevados costos de transacción, sigan dedicando sus tierras a aquellas actividades agropecuarias distintas a la obtención de los alimentos de la dieta nacional.

CONCLUSIONES

La capacidad de las dos presas en 1998 fue de 4,874 Mm³, destinándose un volumen para riego de 830 Mm³, quedando un volumen de agua en las dos presas después del ciclo agrícola de 320 millones de metros cúbicos. Durante este año se autorizaron extraerse 830 Mm³ de agua para el ciclo agrícola primavera-verano para distribuirse en los 17 Módulos que forman parte del DR 017, este volumen total de agua se utilizó para el riego de presembrado 180 Mm³ y para los auxilios de los cultivos 496 Mm³.

El patrón de cultivos predominante en esta región se ha clasificado en tres grupos, de acuerdo con su ciclo vegetativo y consumo de agua: los cultivos "Perennes" entre los que destacan la alfalfa, nogal y vid, que representan en 1998 el 18% de la superficie total en el distrito, son los que demandan mayores volúmenes de agua; en segundo término, los de "primavera-verano" siendo los principales cultivos: algodón (32.7%), maíz forrajero (13.6%), frijol (9.8%), sorgo forrajero (7.8%), y en tercer lugar los cultivos del ciclo "Otoño-Invierno" como son: trigo, zacate ballico y avena entre otros

El incremento de la industria lechera, ha originado un aumento en el uso del agua para los forrajes, especialmente la alfalfa, para estos cultivos se hace una extracción de pozos media anual de 586 mm³ utilizando la alfalfa el 82% de este volumen, y en el caso de riego de gravedad se destina el 13% de esta agua a su producción.

Existe en la práctica un mercado de aguas en el Distrito de Riego 017 de la Comarca Lagunera, sin embargo, a pesar de que existe y es bastante dinámico, este tiene fallas que se manifiestan como un grado de insuficiente competitividad. En relación con el precio que se paga por este recurso, no existe o no se paga un precio que refleje la escasez o abundancia de este recurso, en este caso, el estado ha tomado la decisión deliberada de proveer de agua de riego a los agricultores a una tasa nominal. En tal situación, no sólo el agua es un recurso natural escaso, con un costo de oportunidad positivo, que carece de precio (o tienen precio nulo), sino también el capital que se pueda invertir en los sistemas de riego es escaso.

La productividad marginal del agua de gravedad calculado a través de un modelo matemático y ejecutado en un programa computacional denominado Basic Linear Programming (BLP), fue de \$0.93/m³. Este valor representa el precio que estaría dispuesto a pagar el agricultor por una unidad adicional de agua (dada la escasez del recurso), el cual es equivalente al incremento en su beneficio.

El problema de la agricultura de la comarca Lagunera es un problema de rentabilidad, lo que incide notablemente en el incremento de la oferta de derechos de agua en los módulos de riego y en general en el DR 017. Por lo que la reforma liberal que consiste en dejar a los agentes privados y a las fuerzas del mercado la libre asignación de los factores productivos, como el agua, no ha conducido al incremento de las inversiones de capital en el campo Lagunero, ni a la elevación de la eficiencia o al desarrollo de la producción de alimentos. En este sentido, en 1998 se desplomó aún más la producción de maíz grano en la región, porque a las políticas económicas adversas se sumó la sequía que afectó a esta región, y en gran medida el mercado del agua se orientó a cultivos con mayor ingreso neto.

RECOMENDACIONES

Se deben impactar y modificar los procesos reales de planeación, distribución y utilización del agua de gravedad en la DR 017, básicamente se propone cubrir las necesidades de que los pequeños productores logren acceso a la tierra, el agua, el crédito, la tecnología y el conocimiento, para que, en la misma lógica y tendencia hegemónica de la eficiencia y productividad que demandan los mercados, puedan hacer las contribuciones que requieren la sociedad y la economía regional.

La creación de los mecanismos de eficiencia y productividad son esenciales para que los productores logren condiciones equilibradas para la retención de excedentes que les permitan re-invertir en sus explotaciones, incrementar la productividad y calidad de sus productos y elevar sus capacidades competitivas y su desarrollo humano.

Es necesario detenerse a revisar lo hecho hasta ahora en la Laguna, con la finalidad de mejorar las acciones y las políticas y, sobre todo, mirar lo que se está haciendo en otros lugares, regiones y latitudes en el contexto de la utilización del agua de riego, ya que las lecciones de ellos y las nuestras pueden ser fuentes de importantes reflexiones, experiencias y ejemplos.

Se sugiere seguir realizando y difundiendo este tipo de estudios económicos enfocados a analizar no solo el mercado de agua sino de la tierra, ya que la disputa por estos dos recursos es también, la disputa por el nuevo modelo de desarrollo agropecuario que se está impulsando en esta región.

BIBLIOGRAFÍA

ANEIAC.1998."Congreso Nacional de Irrigación y III Seminario Internacional de transferencia de sistema de riego". Memorias. Comarca Lagunera, Torreón, Coah.

Arteaga, T.E. 1998. *I Seminario Internacional del Uso integral del agua". Memorias. Agosto.*

Castro, I. M.1983."Desarrollo de una metodología para el diagnóstico de los distritos de Riego". Tesis de maestría. Centro de Hidrociencias. Colegio de posgraduados. Montecillo, Edo. México, México.

Comisión Nacional del Agua, 1991. "*Estudios para actualizar las políticas de operación del sistema de presas en México*". México, D.F.

Comisión Nacional del Agua, 1994-95. "*Plan anual de riego*". Ciudad Lerdo, Durango, Dgo.

Comisión Nacional del Agua, 1995. "*Lineamientos estratégicos para el desarrollo hidráulico*", México, D.F.

Comisión Nacional del Agua. 1997. "*Ley de Aguas Nacionales y su Reglamentación (1997)*", CNA. México, D.F.

Comisión Nacional del Agua, 1998. "*Estadísticas del Distrito de Riego 017*". Gerencia regional, Torreón, Coah.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. 1997. Quinta Edición actualizada. México, D.F.

De León, M., et al. 1998. "*La organización y la participación de las asociaciones de usuarios del agua en la modernización de los distritos de riego*". I Seminario Internacional del uso integral del agua. USIA 1998. Chapingo, México.

Fuentes, M. S. 1998. "*Políticas de operación de presas*". Ingeniería hidráulica en México, México, D.F.

Guzmán, P.J.I. 1998. "El desarrollo sostenible, una alternativa ineludible para el campo mexicano". Universidad Autónoma Chapingo. programa de Investigación y servicio en regionalización agrícola y desarrollo sustentable. Chapingo, Edo. de México.

Ibarra, M.J.L. 1996. "*Recent changes in the Mexican constitution and their impact on the agrarian reform*". In reforming Mexico's agrarian reform, de. L. Randell, pp.49-62. M.E. Sharpe, New York.

Muro, B.P. 1998. "En torno a la agricultura y la sostenibilidad". Universidad Autónoma Chapingo. programa de Investigación y servicio en regionalización agrícola y desarrollo sustentable. Chapingo, Edo. de México.

Montesillo, J. 1997. Efectos económicos en el sector agrícola de riego ante la implementación del cobro del derecho de uso. En Anuario IMTA 1997.

Moore, M. 1989. "*The fruits and fallacies of neoliberalism: The case of irrigation policy*". The institute of development studies at the University of Sussex, Brighton. World Development, Vol. 17, No. 11, pp.1733-1750. Printed in Great Britain.

Palacios, V. y Exebio, G. 1989. "*Introducción a la teoría de la operación de Distritos y sistemas de riego*". Centro de Hidrociencias, Colegio de Postgraduados. Montecillos, Edo. México, México.

Plan Nacional de Desarrollo 1994-2000. Gobierno de la República Mexicana. México, D.F.

Saldaña, M. 1998. "*Disponibilidad Hidráulica y su aprovechamiento en el DDR 017*". VIII Congreso Nacional de Irrigación y III Seminario Internacional de transferencia de sistema de riego". ANEI, A.C. Memorias. Comarca Lagunera.

SAGAR,1998. "*Anuarios Estadísticos de la producción regional*". Varios años 1990,1991,1992,1993,1994,1995,1996,1997. Delegación regional, Cd. Lerdo, Dgo. Dgo.

SARH-CPNH.1985."*Plan Nacional Hidráulico*". Estudio para la Comarca Lagunera. México, D.F.

Sifuentes, I.E; Ojeda, B.W.; Guerrero, E,M; Valdéz, C.J. 1998. "El uso de parcelas de validación como herramienta de apoyo en la transferencia del sistema de calendarización del riego en tiempo real en el DR 075". VIII Congreso nacional de Irrigación. Memorias. Región lagunera.

S.R.H. Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la contaminación.1975. "*Estudio de factibilidad del manejo racional de las aguas residuales en la Región Lagunera*". Vol.1, Torreón, Coahuila.

Takeda, I.J.1998. "La alianza para el campo y la sustentabilidad de la agricultura de riego". *I Seminario Internacional del Uso integral del agua*". Memorias. Agosto.

Universidad Autónoma Chapingo.1998. "*I Seminario Internacional del Uso integral del agua*". Memorias. Agosto.

ALTERNATIVAS DE DESARROLLO SUSTENTABLE EN EL EJIDO TRES MANANTIALES

ENRIQUE SALAZAR SOSA¹
JOSÉ CRUZ RODRÍGUEZ RÍOS²
EDGARDO CERVANTES ALVAREZ³

RESUMEN

El presente trabajo, muestra los resultados de un estudio diagnóstico realizado durante 1997 y 1998 en el Ejido Tres Manantiales, Municipio de Francisco I. Madero Coahuila, en lo referente al **Ecosistema Natural** el objeto de estudio fue: Vegetación, Suelo y Agua. En el componente de Vegetación, encontramos que en relación con la distribución espacial, las especies que más se repitieron en cuatro de los doce sitios de muestreo fueron: *Acacia rigidula*, *Larrea tridentata*, *Hilaria mutica* y *Jatropha dioica*. En cuanto a la densidad de plantas por especie, la que mayor población tuvo fue *Ephedra spp.* Con una densidad relativa del 26.5 %. Con relación al componente Suelo, los resultados nos indican que son suelos no salinos, no sódicos y pobres en materia orgánica. En relación con el componente Agua, los resultados nos indican que la del Pozo presenta muy alto contenido de sales y dureza; la del manantial el Puerto tiene alto contenido de sales; y la parrita tiene salinidad media En relación al **Aspecto Social y Organización** de la comunidad se encontró que una de las variables que más influyen es el ingreso, que deriva de la venta de cerote que se extrae de la quema de “hierba de candelilla”. El tipo de Organización, que mayor avance y participación tuvo fue la forma individual. Las **alternativas de Desarrollo sustentable** que el estudio arrojó son; 1.-Utilizar el agua de la “Parrita”, para consumo humano, 2.- Se puede utilizar el agua de la “Noria” y del “Puerto”, como alternativa para producción acuícola, ó para uso agrícola, solo con una planta tratadora de sales, 3.-Utilizar alternativas vegetativas, para evitar la erosión hídrica en áreas con escurrimiento superficial como: *Euphorbia antisyphilitica*, *Agave lechuguilla*, *Agave asperrima* y *Opuntia rastrera*. 4.- Realizar obras de infraestructura para captar agua de lluvia.

¹ Profesor Investigador DEP – FAZ - UJED.

INTRODUCCION

Poca importancia se le ha dado a los campesinos marginados del país que anteriormente producían alimentos básicos para el autoconsumo, actualmente ya ni esto hacen debido a las fuertes restricciones de apoyo. Para confirmar lo anterior, es importante mencionar que de acuerdo al estudio realizado por el INEGI en 1995, menciona que en el medio rural casi toda la población es pobre (97.3 %) y de éstos se forman tres estratos: los pobres moderados, los muy pobres y los indigentes. La pobreza rural media resulta muy aguda, ya que el 78.7 % de los habitantes rurales se encuentran en la categoría de indigentes y su nivel de vida es, apenas arriba de la cuarta parte de las normas mínimas. Por otro lado el suelo sufre degradaciones naturales o antropogénicas, pierde su capacidad de producción de biomasa, afectando la regulación del ciclo hidrológico, la permanencia de la biodiversidad, el amortiguamiento de variaciones climáticas severas, la fijación de energía, entre otros; en suma, afecta la capacidad biológica del ecosistema. Sin embargo, lo anterior no implica que las tierras carezcan de la capacidad de sustentar producción y vida. Las regiones áridas guardan una riqueza, basada no tanto en su densidad, como en su especialización biológica, donde la flora y la fauna son el producto de milenios de adaptación fisiológica y morfológica para su sobrevivencia. El enfoque del presente trabajo de investigación, fue el de considerar al ejido como un Sistema y realizar un diagnóstico de algunos componentes como: la Vegetación, Suelo, Agua y Hombre. Los objetivos del estudio fueron: realizar un diagnóstico de los componentes del sistema social y productivo, así como presentar alternativas de desarrollo Sustentable.

REVISION DE LITERATURA

DIVERSIDAD

Franco *et al.* (1991) en un trabajo sobre diversidad mencionan que en general, se consideran que una comunidad es más compleja mientras mayor sea el número de especies que la componen y mientras menos dominancia presenten una o pocas especies con respecto a las demás. A la característica de las comunidades que mide ese grado de complejidad, se le llama **diversidad**. Existe una gran cantidad de índices que estiman la diversidad de una comunidad. De éstos, los que se basan en la teoría de la información, son los que mayor impulso ha tenido a pesar de sus limitaciones. El índice de Simpson concede mayor importancia a las especies comunes. El índice de Shannon concede mayor importancia a las especies raras. Solbrig en 1991, citado por Halffer y Ezcurra (1997), define la diversidad biológica o biodiversidad como la propiedad de las distintas entidades vivas de ser variadas. La biodiversidad es quizá el principal parámetro para medir el efecto directo o indirecto de las actividades humanas en los ecosistemas.

Medición de la diversidad de especies

Según Miranda y García (1989), la teoría de la información, permite evitar algunas de las dificultades que entrañan la curva logarítmica normal y las series logarítmicas. La facilidad del cálculo es una de las ventajas de usar los índices de Margaleff y Menhinick, que consideran al total de especies "S" y al total de individuos de todas las especies "N". El índice de Shannon H; es un índice de diversidad en que mientras más grande es el valor, mayor es la diversidad y la comunidad está menos dominada por una o pocas especies (Odum, 1983). Rivera (1998) menciona que el índice de diversidad de Simpson concede

relativamente poca importancia a las especies no abundantes, y mayor significancia a las que sí lo son.

Desertificación en México

Se estima que el 97 % del territorio nacional sufre de diferentes niveles de deterioro y el 60 % está severamente impactado. El 85 % del país está afectado por erosión eólica, el 80 % está impactado por disminución de materia orgánica, el 60 % de los suelos sufre de erosión hídrica y el 20 % del territorio presenta amenaza de salinización. Se estima que México pierde 460 millones de toneladas de suelo anualmente (SEMARNAP, 1997). En un estudio efectuado sobre erosión y productividad en la Comarca Lagunera, menciona que existe erosión en un 50.1%, siendo severa en un 4.2% del área, moderada en un 11.8% y de moderada baja en un 34.1% (Madinaveitia, 1997).

BASES ECOLOGICAS DEL DESARROLLO SUSTENTABLE EN ZONAS ARIDAS

Ecocultivos

El concepto ecocultivo se plantea como una solución moderada al problema de la productividad en ambientes desfavorables. Según Gastó *et al.* (1981) citado por Medina y Beltrán (1986), ecocultivo se define como: un estilo de agricultura de disclimax avanzado, de moderada artificialización de las estructuras esenciales con elementos voluntarios complementarios que ocupan nichos y territorios no ocupados por las estructuras esenciales. Se ha planteado que existen básicamente dos estilos de agricultura: la pionera y la de equilibrio sucesional avanzado. La primera puede ser de cultivos con máxima intensidad de labores de preparación de suelo y labores culturales, y la segunda con mínima intensidad de preparación de suelo y labores culturales.

EL NUEVO MODELO PROPUESTO

Propone Nicolo Gligo (1990), cinco factores no excluyentes, que se deben considerar para establecer estrategias de desarrollo sustentable: Coherencia ecológica, estabilidad socioestructural, complejidad infraestructural, estabilidad económico-financiera, incertidumbre y riesgos. La eco-comunidad correspondería al óptimo buscado por un proyecto fundamentalmente campesino, en el que la búsqueda de la autosubsistencia de las comunidades sería el objetivo principal de toda acción. La noción de eco-comunidad descansa sobre los siguientes postulados: El usufructo ecológicamente adecuado de los recursos naturales locales, es decir, un usufructo basado en la correcta discriminación de las unidades eco-geográficas o ambientales, el reconocimiento de sus vocaciones productivas y su capacidad de sustentación, y el uso eficiente de la energía.

MATERIALES Y METODOS

Area de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en el ejido Tres Manantiales, de la región del Valle de Acatita, perteneciente al Municipio de Francisco I. Madero, Coahuila. Se ubica a los 26° 22' 30" latitud Norte y a los 103° 03' longitud Oeste y una altitud de 1100 m.s.n.m. Cuenta con una superficie total de 28,640 hectáreas, de los cuales 30 son de riego, 170 de temporal y 28,440 has, de agostadero.

Metodología para medir la vegetación

Se escogieron al azar 12 sitios de muestreo, de tal forma que quedaran 6 sitios al Oriente de la Carretera y 6 sitios al Poniente. Los 6 sitios al Poniente se encuentran en la parte plana o valle y los 6 sitios al Oriente se encuentran en lomerío de la Sierra de las Delicias (Figura 3). Para la selección de los sitios se apoyó en la Carta de vegetación de INEGI escala 1:50,000. En cada uno de los sitios de muestreo se aplicó el método del área mínima el cual consiste en medir cuadros anidados de tamaño (1m. X 1m.), (2m.X 2m.), y (3m.X 3m.) y así sucesivamente. Se contó el número de especies y de individuos dentro de cada cuadro anidado, hasta que no hubiera especies diferentes en el siguiente cuadro anidado, Franco (1985). Después de contabilizar las especies y los individuos por especie, en cada sitio, se procedió a calcular los índices de diversidad propuestos por: Margaleff, Menhinick, Shannon-Wiener y Simpson.

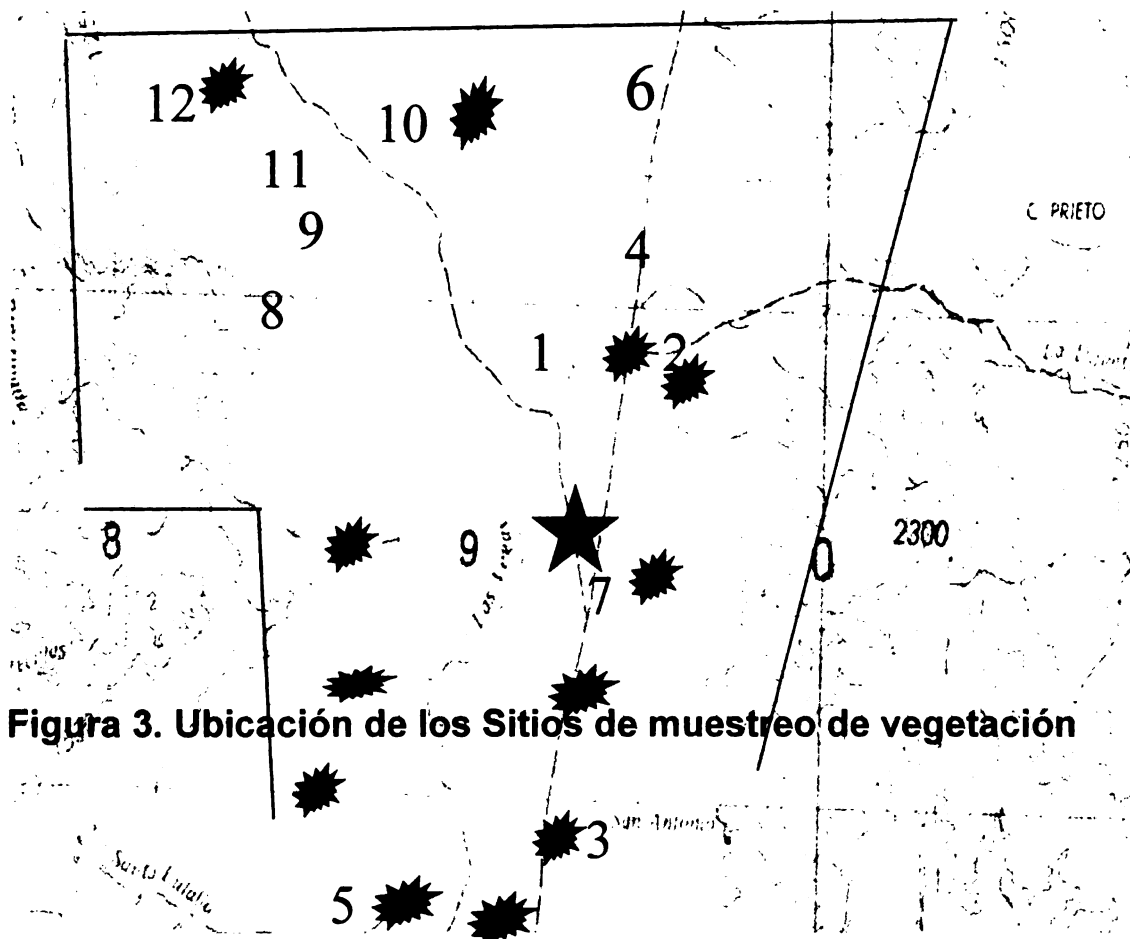


Figura 3. Ubicación de los Sitios de muestreo de vegetación



Índice de diversidad de Margaleff

Para el cálculo del índice de diversidad de Margaleff, se utilizó la fórmula que aplica Miranda y García en 1989:

$$D_{Mg} = (S-1) / \ln(N)$$

Índice de diversidad de Menhinick

También se utilizó la fórmula que aplica Miranda y García (1989), para calcular el índice de diversidad de Menhinick:

$$D_{Mn} = S / \sqrt{N}$$

Índice de diversidad de Shannon-Wiener

Para el cálculo del índice de diversidad de Shannon-Wiener, se utilizó la fórmula que aplica (Franco *et al.*, 1985):

$$H = - \sum_{i=1}^S (p_i) (\log_2 p_i)$$

Índice de diversidad de Simpson

La metodología utilizada para el cálculo del índice de diversidad de Simpson fue la que aplicó (Franco *et al.*, 1985):

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S (p_i)^2$$

Metodología para medir características del suelo

En la Figura 4 se muestran los 6 sitios de muestreo al azar, considerando dos de importancia para la Comunidad: el área de riego y el área de temporal. En cada sitio se colectaron 5 muestras en el estrato de 0-30 cm. y se mezclaron para obtener una muestra representativa por sitio, de aproximadamente 1 kilogramo. Las variables analizadas fueron: pH, Conductividad Eléctrica, Materia orgánica, Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Bicarbonatos y Relación de Adsorción de Sodio.

Metodología para medir características del Agua

Se hizo el análisis de agua de los manantiales llamados “*el puerto*” y “*la parrita*”. También se le hizo el análisis del agua que usan para riego, el de la “*noria*” (Figura 4). Para la toma de muestras de agua se emplearon envases de vidrio limpios, de 250 mililitros. Las variables que se analizaron fueron: Arsénico, pH, Conductividad Eléctrica, Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Carbonatos, Bicarbonatos, Cloruros, Relación de Adsorción de Sodio y Porcentaje de Sodio Intercambiable.

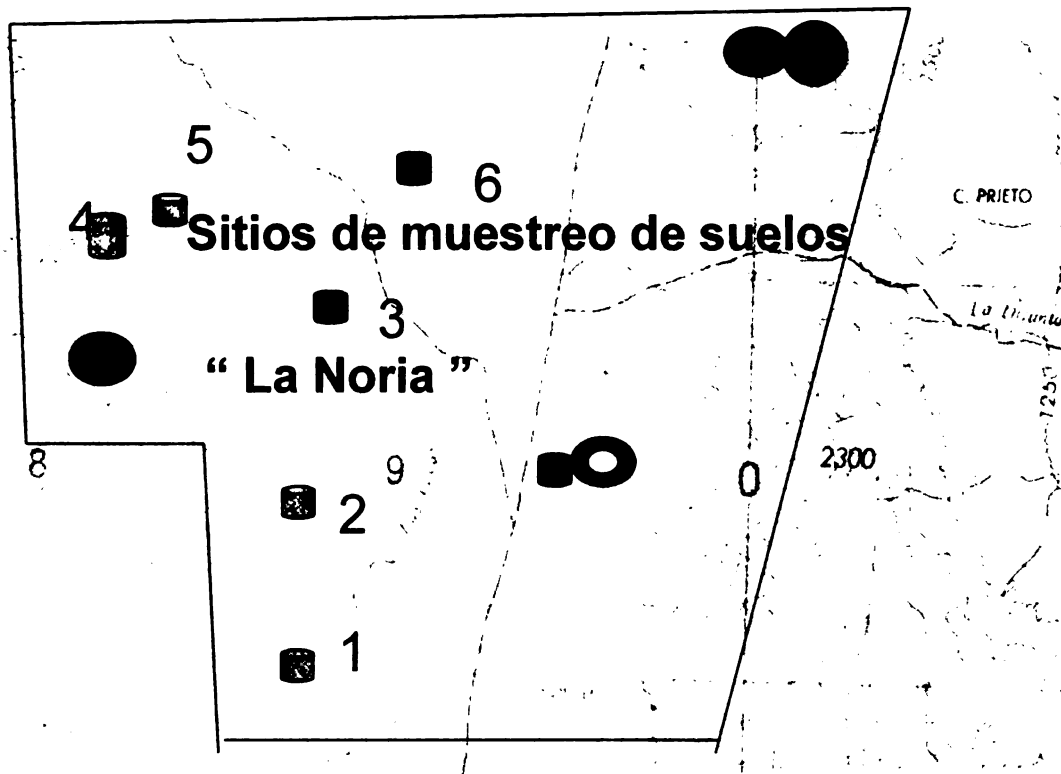


Figura 4. Ubicación de los Sitios de muestreo de suelos y agua

Metodología del bienestar social

Para realizar el diagnóstico referente al nivel de bienestar social, se realizó una encuesta en un 90% de las familias que habitan ésta comunidad, considerando las siguientes variables: ingreso, educación, vivienda, salud, transporte, agua potable, drenaje y alimentación.

Metodología para medir la Organización

La metodología aplicada para evaluar la Organización, fue el seleccionar la mejor opción de tres formas de realizar actividades productivas: *Colectiva*, en *Grupos* y en forma *Individual*. Para esto se consideró los antecedentes de años anteriores de la forma en que trabajaban.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Componente vegetal

Con relación al componente de vegetación, en el Cuadro 1 se muestra la relación del número de especies e individuos por sitio, así como el número de cuadros anidados que se realizaron. Aquí observamos que el sitio que tuvo mayor número de especies fue el Sitio 10 (6 especies) y los sitios con menor número de especies fueron el Sitio 5, 6 y 8 (2 especies). Con respecto al número de individuos en el Sitio 8 se encontraron la mayor población (205) ya que de las dos especies que se localizaron predominó la *Ephedra spp.* con 200 individuos.

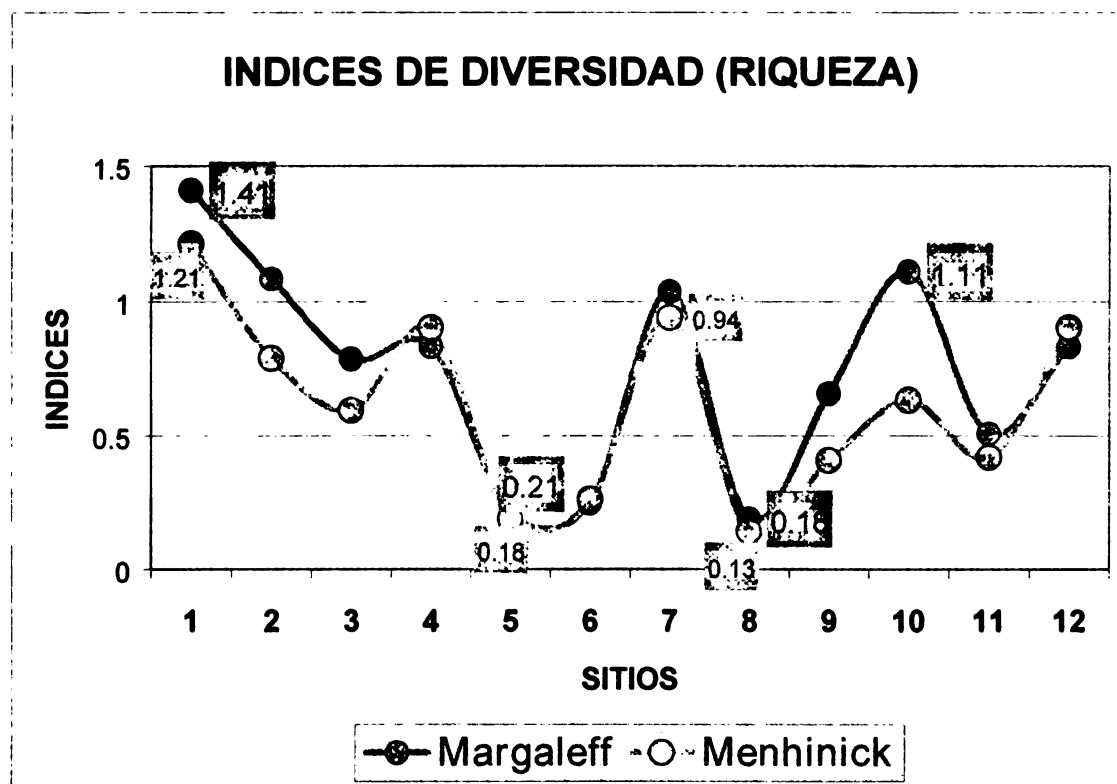
CUADRO 1. CUADROS ANIDADOS, ESPECIES E INDIVIDUOS LOCALIZADOS EN CADA SITIO DE MUESTREO

SITIO S	CUADROS ANIDADOS	ESPECIES	INDIVIDUOS
1	5	5	17
2	3	5	40
3	4	4	45
4	2	3	11
5	2	2	113
6	2	2	58
7	2	4	18
8	2	2	205
9	2	4	96
10	2	6	90
11	4	3	51
12	2	3	11

CUADRO 2. INDICES DE DIVERSIDAD DE MARGALEFF, MENHINICK, SHANNON-WIENER Y SIMPSON EN CADA SITIO

Sitios	Margaleff	Menhinick	Shannon-Wiener	Simpson
1	1.412	1.213	1.875	0.671
2	1.084	0.791	2.126	0.745
3	0.788	0.596	1.349	0.538
4	0.834	0.905	1.340	0.512
5	0.212	0.188	0.177	0.052
6	0.246	0.263	0.579	0.238
7	1.038	0.943	1.493	0.593
8	0.188	0.140	0.165	0.048
9	0.657	0.408	1.900	0.719
10	1.111	0.632	2.281	0.767
11	0.509	0.420	1.234	0.534
12	0.834	0.905	1.572	0.661

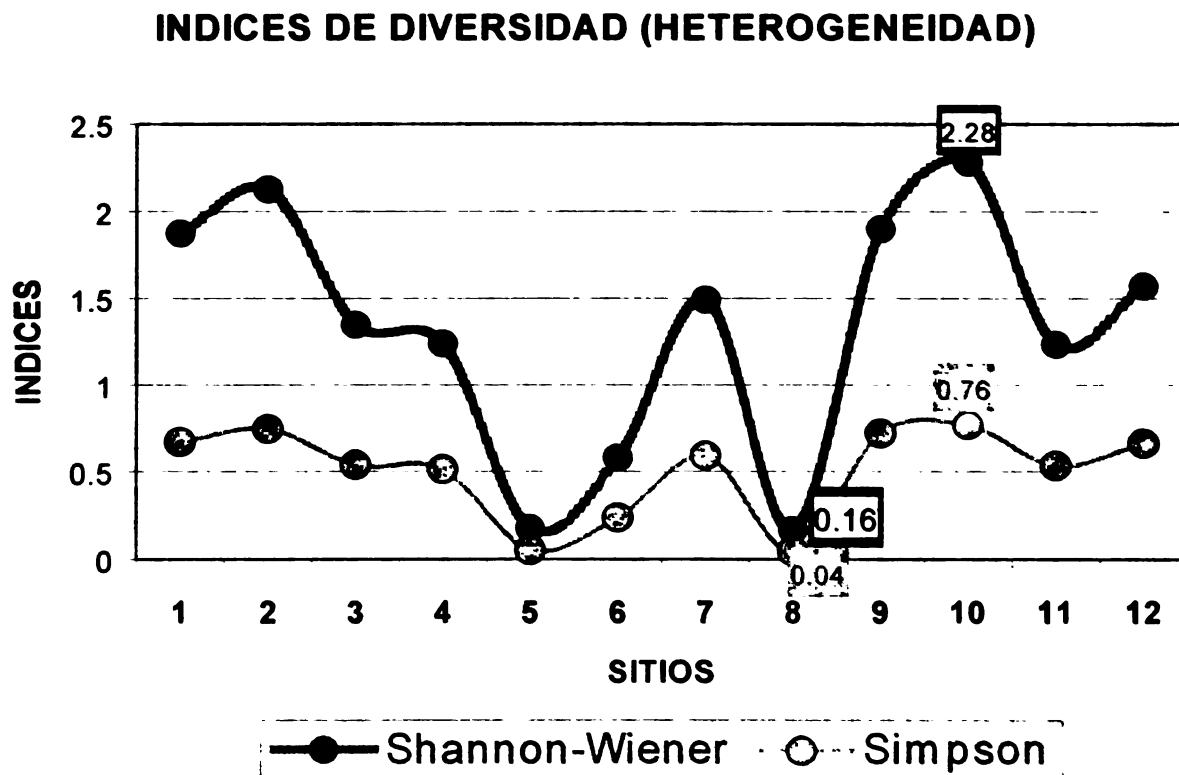
Figura 17. Índices de diversidad de Margaleff y Menhinick en cada Sitio de muestreo.



En relación a la heterogeneidad en la Figura 18, observamos que coinciden Shannon-Wiener y Simpson en que el sitio más heterogéneo es el que presenta menor índice, en este caso el **Sitio 8** y el sitio más homogéneo es el que presenta mayor índice en este caso es el **Sitio 10**. De acuerdo a la forma de cálculo del índice de diversidad de Shannon-Wiener entre más cercano a cero sea el índice, el Ecosistema será más heterogéneo o sea más frágil por la dominancia de una o pocas especies, que generalmente es lo que sucede en ecosistemas erosionados como en el sitio 8, donde existe mucho suelo desnudo y predomina una especie como la *Ephedra spp.* con 200 individuos. Contrario a lo anterior cuando el índice de diversidad tiende a ser mayor de uno habrá más especies y menor dominancia por éstas. En el caso del índice de diversidad de Simpson la interpretación es la misma, solo que por la forma de cálculo, el rango en que puede variar es entre cero y uno, de ahí que la decisión sea que valores del índice cercano a cero el ecosistema presenta menor biodiversidad y entre valores más próximos a uno tendrá mayor biodiversidad. Cabe aclarar que los índices de Margaleff y Menhinick solo consideran al número total de especies y número total de individuos, en cambio para el cálculo de los índices de diversidad de Shannon-Wiener y Simpson no solo consideran al total de especies e

individuos sino que también consideran a la proporción o dominancia del número de individuos por especie. Por esto se consideran como los más apropiados para medir biodiversidad.

Figura 18. Índices de diversidad de Shannon-Wiener y Simpson en cada sitio de muestreo.



CUADRO 5.- CALCULO DE LOS CUATRO INDICES DE DIVERSIDAD EN EL ORIENTE Y PONIENTE.

	Margaleff	Menhinick	Shannon-Wiener	Simpson
ORIENTE	1.907	0.8	2.884	0.827
PONIENTE	2.05	0.588	2.922	0.809

A nivel Ejido

Considerando a los doce sitios de muestreo, como una representación de la vegetación de todo el ejido (sin considerar la parte de montaña) se calcularon todas las especies, los individuos por especie, la frecuencia y densidad de plantas según se muestran en el Cuadro

6. Aquí podemos observar que hubo cuatro especies, que se repitieron en cuatro de los doce sitios de muestreo: *Acacia rigidula*, *Larrea tridentata*, *Hilaria mutica* y *Jatropha dioica*, representando un 33.3 %. La relación de la distribución de todas las especies en porcentaje de aparición se representan en la Figura 22. En el Cuadro 6 se observa que las especies con mayor densidad relativa de plantas fué la *Ephedra spp.* con un 26.49 % y le siguió la *Jatropha dioica* con un 22.65 %. La relación completa de la densidad relativa de todas las especies se comparan en la Figura 23. También se calcularon los cuatro índices de diversidad a nivel ejido, donde los resultados obtenidos se representan en la Figura 24.

CUADRO 6. RELACION DE ESPECIES, FRECUENCIA Y DENSIDAD A NIVEL EJIDO, CONSIDERANDO LOS DOCE SITIOS DE MUESTREO

C	Especies	Nombre científico	Frecuencia en los sitios	Densidad de plantas	% Frecuencia en los Sitios	Densidad relativa plantas/esp en %
A	Chaparro prieto	<i>Acacia rigidula</i>	4	5	33.3	0.66
B	Tasajillo	<i>Opuntia leptocaulis</i>	3	9	25.0	1.19
C	Gobernadora	<i>Larrea tridentata</i>	4	29	33.3	3.84
D	Zacate banderita	<i>Bouteloua curtipendula</i>	3	34	25.0	4.50
E	Flor amarilla		1	1	8.3	0.13
F	Perritos	<i>Opuntia shottii</i>	1	27	8.3	3.58
G	Lechuguilla	<i>Agave lechuguilla</i>	2	21	16.7	2.78
H	Candelilla	<i>Euphorbia antisiphilitica</i>	3	21	25.0	2.78
I	Sangre de grado	<i>Jatropha dioica</i>	4	171	33.3	22.65
J	Maguey	<i>Agave asperrima</i>	1	3	8.3	0.40
K	Z. Borreguero	<i>Dasyochloa pulchella</i>	3	30	25.0	3.97
L	Encinilla	<i>Croton dioicus</i>	1	22	8.3	2.91
M	Sanbaneta	<i>Hilaria mutica</i>	4	63	33.3	8.34
N	H. No iden. 1		1	9	8.3	1.19
O	H. No iden.2		1	3	8.3	0.40
P	Coquillo	<i>Hoffmanseggia glauca</i>	2	39	16.7	5.17
Q	Lampotillo	<i>Ephedra spp.</i>	1	200	8.3	26.49
R	Cost. De vaca	<i>Atriplex canescens</i>	1	5	8.3	0.66
S	Trompillo	<i>Solanum elaeagnifolium</i>	1	29	8.3	3.84
T	Mezquite	<i>Prosopis glandulosa</i>	1	3	8.3	0.40
U	H. De la mosca		1	31	8.3	4.11
		21		755		100

Figura 24. Índices de diversidad de Margaleff, Menhinick, Shannon-Wiener y Simpson a nivel ejido.



Componente Suelo

Los resultados obtenidos del análisis de suelo en cada uno de los seis sitios se muestran en el Cuadro 7. De acuerdo al análisis y resultados obtenidos en el Laboratorio de suelos de la UAAAN-UL, estos son suelos, de ligeros a moderadamente alcalinos; todos los sitios son suelos no salinos; todos son pobres en contenido de materia orgánica; en relación con el Potasio (K) todos son pobres, solo el Sitio 2 es medianamente rico; ningún sitio presenta problemas de sodicidad, esto es, son suelos no sódicos.

CUADRO 7. RESULTADOS DEL ANALISIS DE SUELO EN CADA SITIO DE MUESTREO

	Sitio 1 Temporal	Sitio 2 Costilla Vaca	Sitio 3 Mogote	Sitio 4 La vela	Sitio 5 Sabaneta	Sitio 6 Noria
pH	7.6	7.79	7.99	7.97	8.15	8.13
CE (mmhos/cm)	.748	2.32	.958	.583	.489	.577
MO (%)	1.11	.87	.97	.92	.92	1.08
Ca ²⁺ (meq/Lt)	3.75	13.85	6.1	3.35	2.6	3.4
Mg ²⁺ (meq/Lt)	3.12	4.08	2.33	.85	1.42	1.42
Na ⁺ (meq/Lt)	.57	.21	.69	.47	.62	.38
K ⁺ (ppm)	33.15	70.98	19.89	15.99	17.94	17.16
CO ₃ ²⁻ (meq/Lt)	0	0	0	0	0	0
HCO ₃ ⁻ (meq/Lt)	2.2	2.9	1.7	2.6	1.75	2.5
RAS (meq/Lt)	.307	.07	.336	.324	.437	.245
PSI (%)	0.813	1.17	0.77	0.78	0.61	0.90

Componente Agua

Los resultados obtenidos del análisis de agua en los tres sitios de muestreo se presentan en el Cuadro 8. Se hizo la comparación de estos resultados con el límite máximo permisible para consumo humano. En los tres sitios, el agua varía en su clasificación, de salinidad media(C2) a muy altamente salina(C4) por lo tanto su restricción de uso es obvio. Con respecto a sulfatos y dureza total, el agua de la noria y del manantial "el puerto" no se debe utilizar para consumo ya que rebasan el límite máximo permisible. No se detectó Arsénico. Solo el agua del manantial "La Parrita", se puede utilizar para consumo humano.

CUADRO 8. RESULTADOS DEL ANALISIS DE AGUA EN CADA SITIO DE MUESTREO

	Noria	Puerto	Parrita	Límite máximo permisible
P H	7.61	7.58	7.64	8
Ca (ppm)	448.9	114.2	46	
Mg (ppm)	273.4	64.4	23.1	125
Na (ppm)	80.5	41.4	69	
K (ppm)	11.7	1.17	1.95	
CO ₃ (ppm)	10.2	10.2	21.6	
(ppm)	108.6	151.9	173.2	
		HCO ₃		
Cl (ppm)	284	71	106.5	250
SO ₄ (ppm)	3846.5	827.1	0	250
Alcalinidad	118.8	162.1	194.8	400
Total (ppm)				
Dureza total	2260.2	553.6	211.3	300
(ppm)				

Diagnóstico de los manantiales

En el Cuadro 11 se presentan los resultados obtenidos del estudio realizado.

CUADRO 11. EVALUACION DE LAS CONDICIONES DE LOS MANANTIALES. EJIDO TRES MANANTIALES PARAMETROS EVALUADOS

MANANTIAL	Distancia del manantial al ejido (mts.)	Profundidad Del túnel (mts.)	Cantidad (litros/seg)	Calidad del manantial
EL PUERTO	8100	3	0.20	No se recomienda el agua para consumo humano.
LA PARRITA	5300	4	0.95	Presenta condiciones buenas para consumo humano.
SAN ANTONIO	9000	No hubo acceso	No hubo acceso	No hubo Acceso

Componente Hombre

Organización. En el aspecto de organización, los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 12, donde se observa que la gente de ésta comunidad, no está acostumbrada a trabajar en forma colectiva sino en forma individual.

CUADRO 12. RESULTADOS OBTENIDOS, DONDE SE MUESTRA EL NIVEL DE AVANCE Y PARTICIPACION EN LAS FORMAS DE ORGANIZACIÓN

FORMAS DE ORGANIZACIÓN	AREAS DE APLICACION	NIVEL DE AVANCE Y PARTICIPACION
COLECTIVA	Hortalizas	40 %
GRUPOS	Candelilla, trigo	60 %
INDIVIDUAL	Maíz, candelilla	95 %

CONCLUSIONES

1. Se debe utilizar un mismo índice de diversidad, para comparar cambios de biodiversidad en un ecosistema, en tiempos diferentes.
2. El mejor índice de diversidad de los cuatro aplicados, es el de Shannon-Wiener, ya que en la fórmula que aplica, no solo considera a las especies (S) y al total de individuos de todas las especies (N), sino que también a la proporción de los individuos de cada especie con respecto del total de individuos de todas las especies.
3. Se recomienda volver a realizar estudios del agua para detectar Arsénico, por el método de **Generador de Hidruros**, ya que, es un método más sensible que el método utilizado "Merckoquant 10026".
4. Utilizar solamente el agua del manantial "La Parrita", para consumo humano.
5. No utilizar el agua de "la noria", para riego cultivo ni para consumo humano.
6. No utilizar el agua del manantial "El Puerto", para riego ni para consumo humano.
7. Se puede utilizar el agua de "La Noria" o del "Puerto", como alternativa de desarrollo, solo para producción de peces como la "carpa".
8. Se puede utilizar el agua de "La Noria" o del "Puerto", para uso agrícola, solo con una planta tratadora de sales.
9. Utilizar alternativas vegetativas, para evitar la erosión hídrica, en áreas con escurrimiento superficial, con plantas que se adaptan muy bien a la región como: Nopal, candelilla, lechuguilla y maguey.
10. Realizar obras de infraestructura para conducir y captar agua de lluvia.

11. Realizar un programa de reforestación anual y permanente, de hierba de candelilla, para asegurar que el Sistema de Producción de la cera de candelilla sea sostenible en el tiempo.
12. El nivel de bienestar social se clasifica como en la pobreza extrema (Boltvinik, 1995). De ahí que sea un factor limitante para el Desarrollo Sustentable.
13. Las conclusiones y alternativas que aquí se proponen, ayudan y tienden a mejorar el Sistema Social y productivo de los campesinos de ésta comunidad, pero no aseguran que el desarrollo sea sostenible, porque existen otros factores externos que influyen directamente en el sistema .

BIBLIOGRAFIA

- Anaya, G. M. y F.D. Calero 1995. IV Curso Sobre Desertificación y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas Montecillo, Estado de México, 432 pp.
- Boltvinik, k. J. 1995. Pobreza y Estratificación Social en México. INEGI. Tomo X. Primera Reimpresión. Aguascalientes, Ags. México. 111 pp.
- CONAZA. 1994. Plan de Acción para Combatir la Desertificación en México. Primera Edición 1994. Saltillo, Coahuila. 155 pp.
- Franco, L. J. y Colaboradores. 1985. Manual de Ecología. Primera Reimpresión. Editorial Trillas. México, D.F. 266 pp.
- Halffter, G.y E. Ezcurra. 1997. La Diversidad Biológica de Iberoamérica. The Latin American alliance. Internet: <http://www.latinsynergy.org/bdquees.htm>
- INEGI. 1994. Resultados Definitivos VII Censo Ejidal. Coahuila. 53 pp.
- Madinaveitia, R. H. 1997. Estudio del potencial y limitantes agroecológicas de la Comarca Lagunera. Publicación en trámite. Torreón, Coahuila. 9-17 pp.
- Madinaveitia, R. H. Y E. C. Alvarez. 1995. Análisis Ecológico del Valle de Acatita Municipio de Francisco I. Madero, Coahuila. Ponencia. Segunda Reunión Regional de Investigadores. Gómez Palacio Dgo. 8 pp.
- Medina, T.J.G. y Natividad B.L.A. 1986. Metodología de Planeación Integral de los Recursos Naturales. Primera Edición. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 161 pp.
- Miranda, R. y García S. J. 1989. Diversidad Ecológica y su Medición. Editorial Vedra. Barcelona, España. 155 pp.
- Odum, E. P. 1983. Ecología. Quinta Impresión. Editorial Continental. México, D.F. 139 pp.
- Odum, E. P. 1986. Fundamentos de Ecología. Editorial Iberoamericano. Primera Edición. México D.F. 384 pp.
- Rivera, C. J.A. 1998. Análisis de los Componentes Ecológicos y Sociales del Ejido Tres Manantiales, Municipio de Francisco I. Madero Coahuila. Tesis de Licenciatura. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 60 pp.

CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA DOS PEQUENOS PRODUTORES DO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO: O QUE TEM SIDO FEITO E COMO AMPLIAR SUA APLICAÇÃO NO CAMPO**

**Everaldo Rocha Porto, Aderaldo de Souza Silva, José Barbosa dos Anjos,
Luiza Teixeira de Lima Brito, Paulo Roberto Coelho Lopes
Centro de Pesquisa do Trópico Semi-Árido-CPATSA
BR 428, km 152, Zona Rural, Caixa Postal 23
CEP 56300-000, Petrolina, Pernambuco, Brasil
E-mail: erporto@cpatsa.embrapa.br**

RESUMO

O trópico semi-árido brasileiro ocupa uma área de aproximadamente um milhão de quilômetros quadrados onde vive vinte milhões de habitantes. A maioria dos produtores dependem da agropecuária de subsistência, caracterizada por explorar pequenas áreas, utilizar pouco capital e obter produtividade a qual é instável e baixa. Utilização errada e abusiva dos recursos naturais pode comprometer, a médio e longo prazo, a sustentabilidade da agropecuária explorada nesta região. O regime pluviométrico apresenta alta variabilidade e os solos são predominantemente pobres.

O Centro de pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA) foi criado pelo governo federal em 1975, e tem como objetivo desenvolver tecnologias que permitam melhorias na qualidade de vida dos habitantes desta região. Um compreensivo programa de pesquisa sobre manejo de solo e água para pequenos produtores tem estado em atividade desde 1977, o qual é apresentado neste documento. Os principais tópicos do programa são: indução de escoamento superficial, coleta de chuva, agricultura de vazante, irrigação de salvação, barragem subterrânea e cisterna para armazenamento de água para o consumo humano. Significativos avanços no desenvolvimento destas tecnologias tem sido alcançados. Todavia, existe o reconhecimento por parte do CPATSA que é necessário se trabalhar com mais eficácia na difusão de tecnologia. Além disso, se se pretende desenvolver uma agricultura de base sustentável no trópico semi-árido brasileiro, a abordagem de sistema de produção, incluindo questões sociais, ambientais e econômicas, é de fundamental importância.

** Paper presented at the 9th International Conference on Water Catchment Systems. Petrolina, Brazil, July, 1999.

INTRODUÇÃO

O trópico semi-árido brasileiro, perfazendo 1 milhão de km², é formado por um aglomerado de ambientes, que se diferenciam quanto aos principais componentes que constituem os recursos naturais. Nesta região, vivem mais de 20 milhões de habitantes.

Agricultura familiar de subsistência baseada na oferta de chuva, extrativismo dos recursos naturais, capital financeiro muito limitado, e quase ausência do uso de tecnologias melhoradas, são características predominantes no processo produtivo. Portanto, baixa produtividade e produção instável são os resultados alcançados pelos pequenos produtores.

Do ponto de vista dos recursos naturais, as áreas semi-áridas brasileiras apresentam solos rasos, com baixas fertilidade, infiltração, capacidade de retenção de umidade e matéria orgânica. Em adição, eles estão submetidos a chuvas de alta intensidade, intercaladas por longos períodos de estiagem, alto potencial de erosão hídrica e elevada taxa de evaporação. Na maior parte desta área, chuvas esporádicas são as únicas fontes de água para a sobrevivência, visto que, a formação geológica que dá origem ao solo é cristalina, com baixo potencial para acumulação de água subterrânea.

Os sistemas de produção tradicionais, praticados pelos pequenos produtores do semi-árido brasileiro, compreendem cultivos de subsistência e produção animal. A consorciação de culturas é uma prática comum, cujo objetivo é reduzir os riscos de perdas. Milho e feijão estão entre os principais cultivos anuais. Para as áreas com precipitação ao redor de 400 mm por ano, a chance de colher um rendimento superior a 50% do potencial produtivo, é de apenas 30% (Porto et al, 1983). Quando se trata de milho, esta chance ainda é menor. Por estas razões, os pequenos produtores não têm conseguido nem mesmo satisfazer suas necessidades básicas.

No trópico semi-árido brasileiro, a ocorrência de secas não é novidade, existindo registro deste fenômeno desde 1559 (Medeiros Filho e Souza, 1983). Só nas últimas décadas, a região já sofreu os efeitos de quatro secas severas, sendo que uma delas durou cinco anos (1979-1983). Portanto, é necessária a introdução de tecnologias para conviver em harmonia com este cenário.

O Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA) - hoje Embrapa semi-árido foi criado em 1975 e está vinculado à Embrapa, que, por sua vez, pertence ao Ministério da Agricultura e do Abastecimento. O objetivo do Centro é gerar e adaptar tecnologias que permitam melhorar a qualidade de vida dos produtores, sem, contudo, danificar o meio ambiente. Durante todos estes anos, a Embrapa semi-árido tem desenvolvido pesquisa sobre irrigação, captação e aproveitamento de água de chuva, cultivos, produção animal, mecanização agrícola, meio ambiente e sócio-economia. Atualmente, o Centro possui um grande acervo de informações geradas.

Este documento tem como objetivo apresentar, de forma resumida, a proposta de pesquisa que tem sido desenvolvida na Embrapa Semi-Árido sobre Captação e Aproveitamento de Água de Chuva, além de apresentar sugestões para que pequenos produtores possam ter mais acesso a uma agropecuária sustentável.

Captação e Aproveitamento de Água de Chuva: a base para o desenvolvimento

A necessidade de se implementarem alternativas estratégicas que possibilitem maximizar a utilização dos recursos pluviais disponíveis no Nordeste, reduzindo o elevado risco da exploração agrícola em áreas dependentes de chuva, constitui o fundamento básico para os estudos que a Embrapa Semi-Árido vem desenvolvendo.

O programa, em seu início, foi baseado em sugestões técnicas, consultorias e na literatura nacional e internacional sobre trópicos semi-áridos como: Rebouças & Marinho (1972), Duque (1973), Guerra (1975), NAC (1974), Water Harvesting Symposium (1975) e ICRISAT (1975-76). As principais técnicas estudadas têm sido: Cisterna, barreiro para irrigação de salvação, captação “in situ”, exploração de vazante e barragem subterrânea.

Tecnologias

A seguir, são apontadas as principais tecnologias trabalhadas:

Cisternas rurais

Um dos graves efeitos da seca, nas regiões áridas e semi-áridas, é a escassez de água potável para o consumo familiar. À medida que as fontes habituais de água vão se esgotando, as famílias passam a utilizar as não habituais, geralmente compartilhadas com animais, agravando a situação devido à péssima qualidade da água, que contribui para uma maior incidência de doenças no meio rural.

A técnica de captação e armazenamento de água de chuva para o consumo humano na pequena propriedade rural tem sido usada secularmente nas zonas urbanas, porém foi pouco difundida no meio rural, particularmente no Nordeste Semi-Árido. Consiste em aproveitar os telhados das casas como área de captação e os depósitos ou cisternas como recipientes para armazenamento.

Os estudos sobre cisternas foram iniciados em 1979, sendo a Embrapa Semi-Árido uma das primeiras instituições governamentais a estudar cientificamente o assunto. Várias propostas de formas e tipos de materiais utilizados na construção da cisterna propriamente dita e da área de captação foram avaliadas.

Atualmente, existem várias propostas disponíveis de formas e processos utilizados para construção de cisternas. O modelo mais popular é a cisterna de placas pré-moldadas, conforme Figura 1. Várias ONGs têm programas de treinamentos para ensinar como fazer este tipo de cisterna.

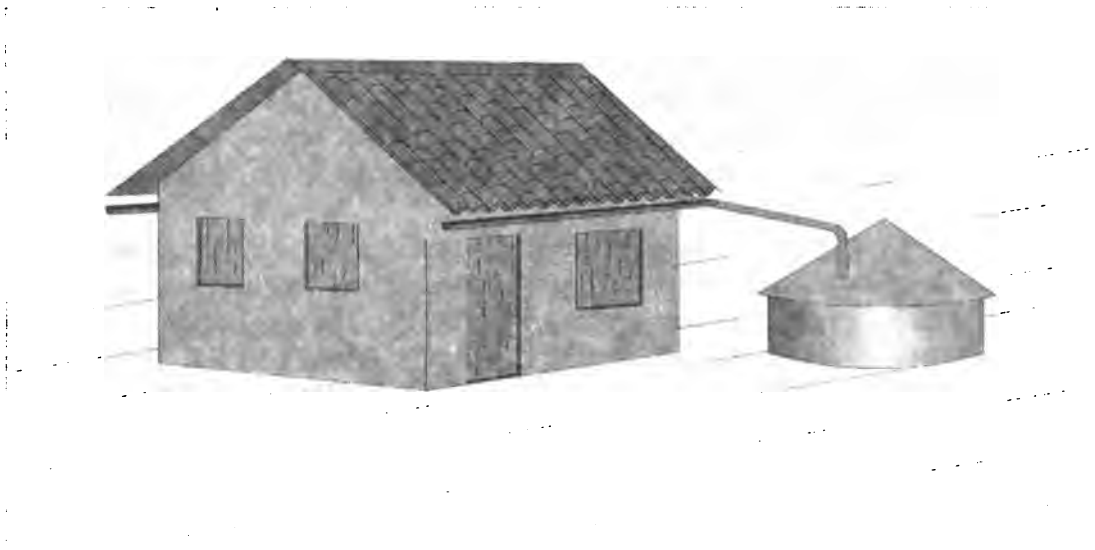


Figura 1. Desenho esquemático de cisterna de placa implementada na zona rural.

Vários governos estaduais e municipais têm hoje em seus programas de ações, a construção de cisterna para o armazenamento de água para o consumo humano das famílias que vivem na zona rural. Estima-se que nos últimos cinco anos foram construídas mais de cinquenta mil cisternas no semi-árido. Esta tem sido uma grande conquista obtida pela Embrapa Semi-Árido.

Barreiro para “irrigação de salvação”

A captação e o armazenamento de parte do escoamento superficial que se forma quando da ocorrência de chuvas, e sua utilização posterior como irrigação de suplementação, pode reduzir, significativamente, as chances de perda das colheitas de cultivos anuais tais como milho e feijão.

Os estudos de utilização do escoamento superficial para irrigação suplementar, neste caso definida como irrigação de salvação, tiveram início em 1975 e foram a primeira linha de pesquisa desenvolvida pela Embrapa Semi-Árido. A hipótese inicial era de que com 100mm extras de água de chuva captada e armazenada, para cada hectare cultivado com o consórcio feijão e milho na proporção 2:1, as chances de colheita saíam de 10 a 30% para 70 a 80%, em áreas com totais anuais de chuva entre 400 e 500mm.

As altas taxas de evaporação reduzem a eficiência de utilização de água de chuva quando armazenada superficialmente, principalmente, para as localidades em que o período de chuva coincide com o de temperaturas elevadas. Com o objetivo de minimizar estas perdas, a Embrapa Semi-Árido introduziu, no sistema, o conceito de **reservatórios com compartimentos**. Esta idéia foi inicialmente desenvolvida por Cluff (1977) e nas condições do semi-árido brasileiro tem demonstrado ser um método eficiente para armazenamento de

água em locais onde os reservatórios necessitam ter pouca profundidade. A Figura 2 apresenta uma visão esquemática do sistema.

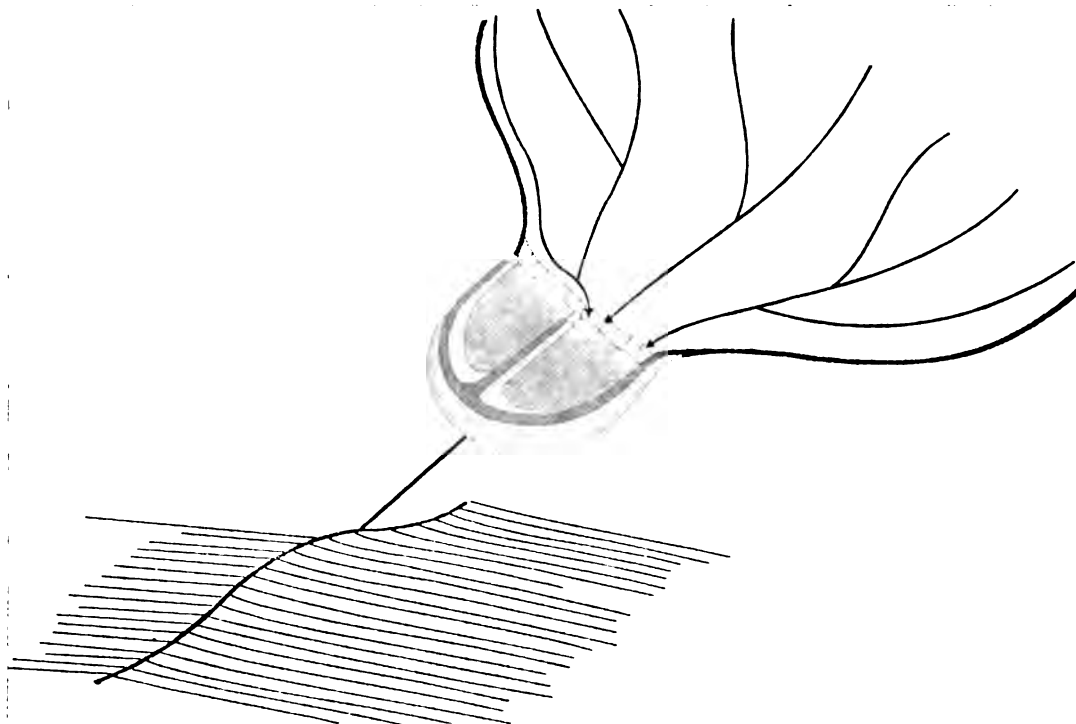


Figura 2. Desenho esquemático do sistema desenvolvido pela Embrapa Semi-Árido para irrigação de salvação.

A eficiência do barreiro para uso de irrigação de salvação tem sido comprovada através de um sistema construído na fazenda de sequeiro existente nos campos da Embrapa Semi-Árido, o qual foi construído em 1982. Desde a sua implantação, em todos os anos são realizados plantios de feijão e milho. Até o ano de 1998, ou seja, numa seqüência de 17 anos, em apenas dois anos houve frustração de safras.

Por outro lado, é importante ressaltar que até o momento não se tem informações sobre a utilização em escala desta tecnologia por parte dos pequenos produtores. As razões para isto são duas: 1. a necessidade de áreas significativas, em relação ao tamanho das propriedades dos pequenos produtores; 2. o alto custo de horas-máquinas para a construção mecanizada do sistema. Em geral, em regiões com precipitação de 400 a 500mm anuais, são necessários entre 7 e 10 hectares, e o tamanho do reservatório deve ser de, aproximadamente, 3000 m³. Isto implica num gasto de 60 a 80 horas de trator de esteira.

Captación "in situ"

Através do programa de manejo de solo e água para agricultura dependente de chuva, a Embrapa Semi-Árido tem procurado desenvolver diferentes alternativas de captação e aproveitamento do escoamento superficial, devido à grande diversidade de situações ambientais e sócio-econômicas encontradas em de campo.

Considerando que a aplicação de barreiro para irrigação de salvação apresenta exigências específicas de tipo de solo, topografia e tamanho de área da propriedade, a Embrapa Semi-Árido, a partir de 1980, utilizando os mesmos princípios que fundamentam essa tecnologia, tem desenvolvido várias configurações para captar excedente de chuva no próprio pé da planta ("in situ"). Esta linha de trabalho contempla tanto culturas anuais em fileira, como culturas perenes. A Figura 3 apresenta alguns modelos utilizados.

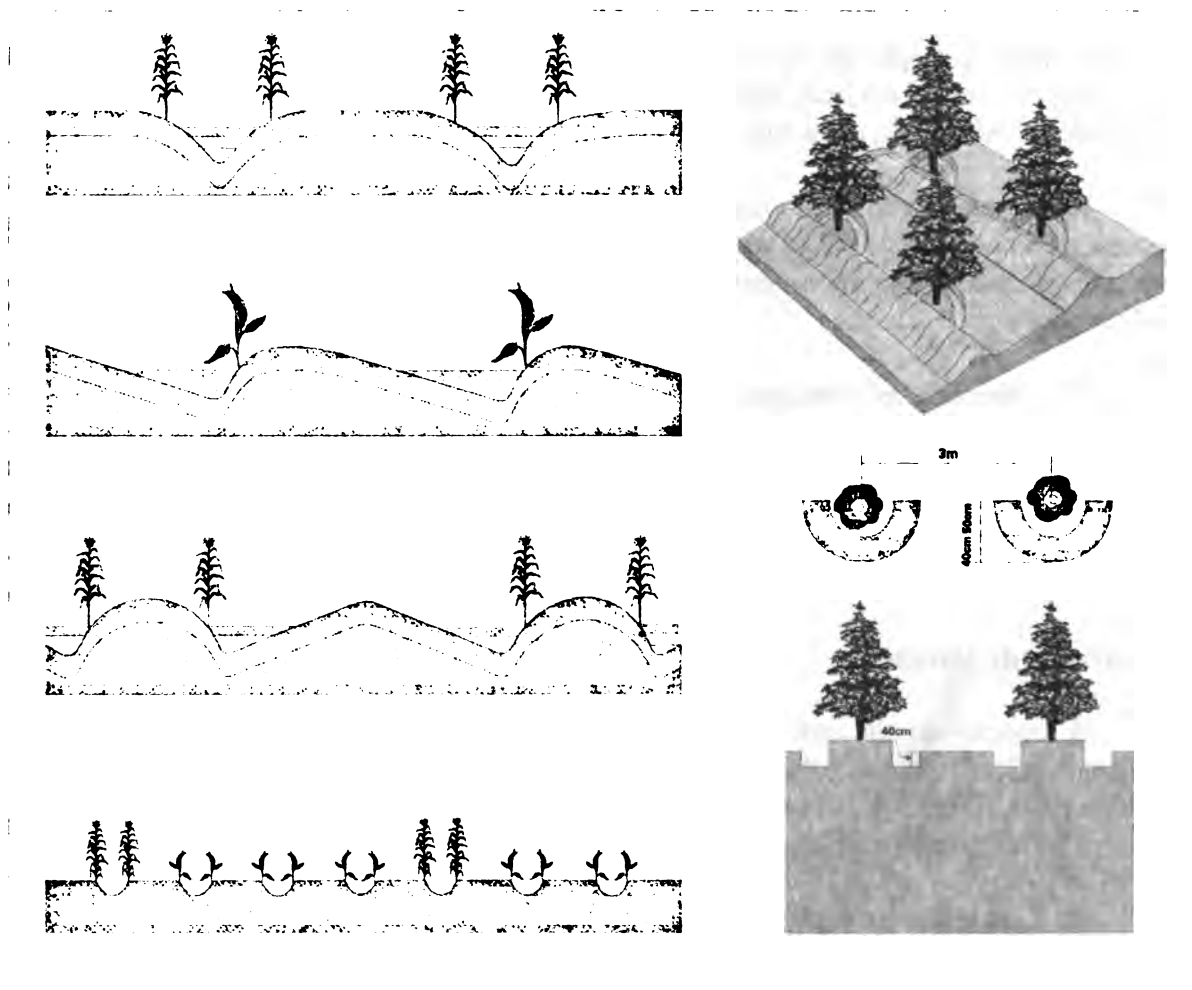


Figura 3. Desenho esquemático do sistema de captação de água de chuva "in

O sistema de captação de água de chuva “in situ” consiste na modificação da superfície do solo, de maneira que o terreno entre as fileiras de cultivo sirva de área de captação. Esta área apresenta uma inclinação que intensificará a produção de escoamento, ao mesmo tempo em que o conduzirá para a porção de solo explorada pelo sistema radicular da cultura.

As principais vantagens desta tecnologia são: 1. a produção de escoamento por unidade de área é mais eficiente; 2. não requer maquinário pesado para sua implementação; 3. é de fácil construção no campo, e 4. os investimentos são baixos.

A capacidade de retenção de umidade do solo é fator extremamente importante para o sucesso desta tecnologia, pois de nada vale produzir um excedente de água, se este não for absorvido pelo solo. Portanto, textura, estrutura, porosidade e profundidade do solo são características indispensáveis no planejamento deste sistema.

Por outro lado, a adição de alguns produtos na área explorada pelo sistema radicular, tais como: adubo verde, esterco, resíduos de culturas e compostos, pode ser feita com a finalidade de melhorar a capacidade de retenção de umidade do solo.

A Embrapa Semi-Árido tem desenvolvido equipamentos simples, de tração animal, destinados ao preparo de solo para a captação de água de chuva “in situ”. Convém salientar que estes sulcos e camalhões modificados são feitos em curvas de nível com 0,4% de declividade.

Não obstante as vantagens apontadas para a captação “in situ”, as avaliações de campo demonstraram que o uso desta tecnologia pelos pequenos produtores é quase inexistente. A explicação dada por eles é a dificuldade de trabalhar com curva de nível. Portanto, há necessidade que a Embrapa Semi-Árido estabeleça estratégias prioritárias para a difusão desta tecnologia.

Exploração de Vazante

A agricultura de vazantes é uma prática típica do Nordeste Semi-Árido, cujo potencial agrícola é ainda subexplorado (Guerra 1975 e Barbosa et al., 1980). Esta técnica consiste na utilização dos solos potencialmente agricultáveis dos açudes, rios e lagos que foram cobertos pelas águas na época chuvosa (Duque, 1973 e Guerra, 1975).

As vazantes são exploradas, principalmente, por pequenos produtores, sendo as espécies mais cultivadas o arroz, o caupi, a batata-doce e o milho (Brasil.MINTER, 1973; Duque, 1973; Guerra, 1975 e Holanda et al., 1981).

A exploração de vazantes, como realizada tradicionalmente, apresenta limitações, devido a um inadequado manejo de solo e água. No que tange ao manejo de solo, o plantio das culturas é feito em covas abertas diretamente no solo, quando o teor de umidade está próximo da saturação, ocorrendo, com muita frequência, o apodrecimento da semente.

Quanto ao manejo de água, o problema é o espelho d'água recuar rápido, ressecando o solo e provocando estresse hídrico para o cultivo.

Para reduzir o efeito destes problemas, os pesquisadores da Embrapa Semi-Árido desenvolveram um método simples de marcação de curva de nível, sem a ajuda de equipamento. A técnica consiste em marcar a linha de água que limita a área da bacia hidráulica do reservatório, com piquetes espaçados de 10 em 10 metros. Quando a água baixar, reduzindo a bacia, estará demarcada uma curva de nível base com muita precisão, conforme mostra o esquema da Figura 4. Em seguida, os sulcos e camalhões são abertos com enxada, acompanhando o direcionamento dado pelos piquetes.

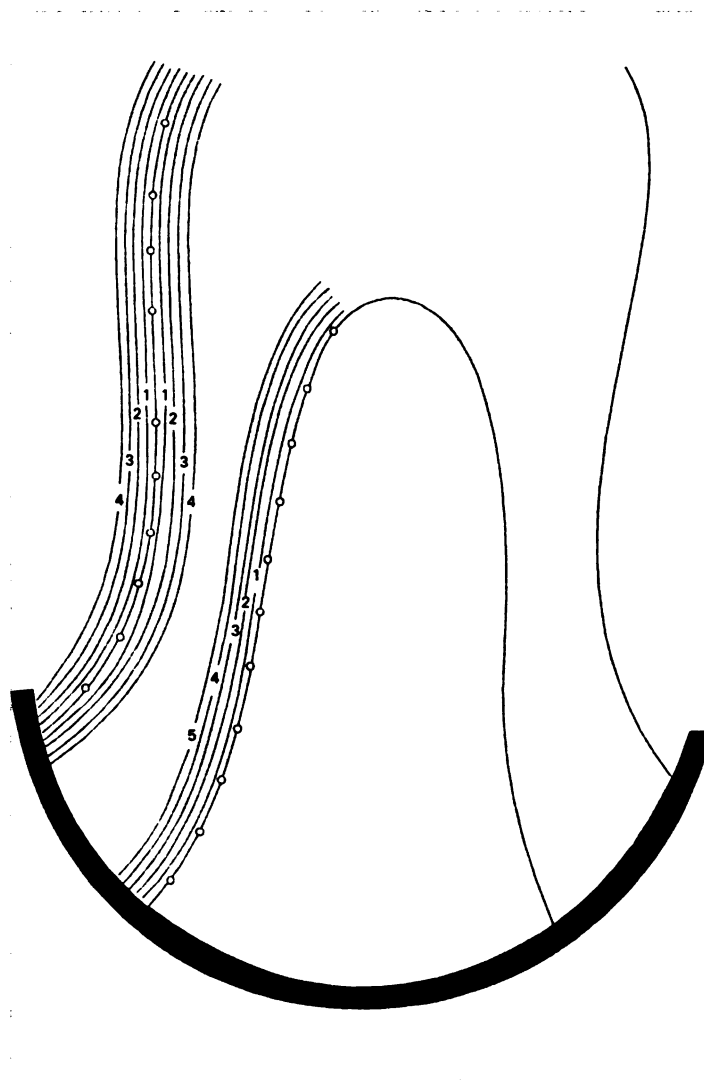


Figura 4. Desenho esquemático de exploração de vazante em açude

A utilização desta tecnologia permite que o plantio possa ser realizado mais cedo, porque os camalhões drenam o excedente da umidade da área de plantio, e o produtor

poderá irrigar através dos sulcos formados entre os camalhões, caso a cultura comece a apresentar sintomas de estresse hídrico.

Não obstante os aumentos de rendimento alcançados em cultivos anuais, tem-se verificado insignificante utilização desta tecnologia por parte dos pequenos produtores. Dentre as ações apontadas para aumentar a adoção, sugere-se a necessidade da montagem de um programa de difusão de tecnologia mais agressivo, visto que nunca foi organizado um dia de campo, ou qualquer outro evento com o objetivo de difundir-la. Por outro lado, é reconhecida a relutância dos produtores do semi-árido em trabalhar com curva de nível, que também é parte integrante da tecnologia.

Barragem Subterrânea

A barragem subterrânea nada mais é do que uma estrutura construída para deter o fluxo horizontal de água subterrânea que ocorre no perfil do solo. Através do balanço hídrico, se tem conhecimento do total de chuva que chega à superfície do solo. Parte retorna para a atmosfera, através da evaporação direta ou pela transpiração das plantas, parte escoar na superfície do solo, podendo ser armazenada superficialmente, e parte se infiltra indo formar os lençóis freáticos.

O deslocamento da água, tanto na superfície como no interior do perfil do solo, se dá por conta da formação de um gradiente hidráulico, e este movimento pode se dar no sentido horizontal, vertical ou em ambos. Portanto, o fundamento básico da barragem subterrânea é a criação de um septo ou parede impermeável, transversal ao deslocamento horizontal do fluxo, conforme mostra a Figura 5.

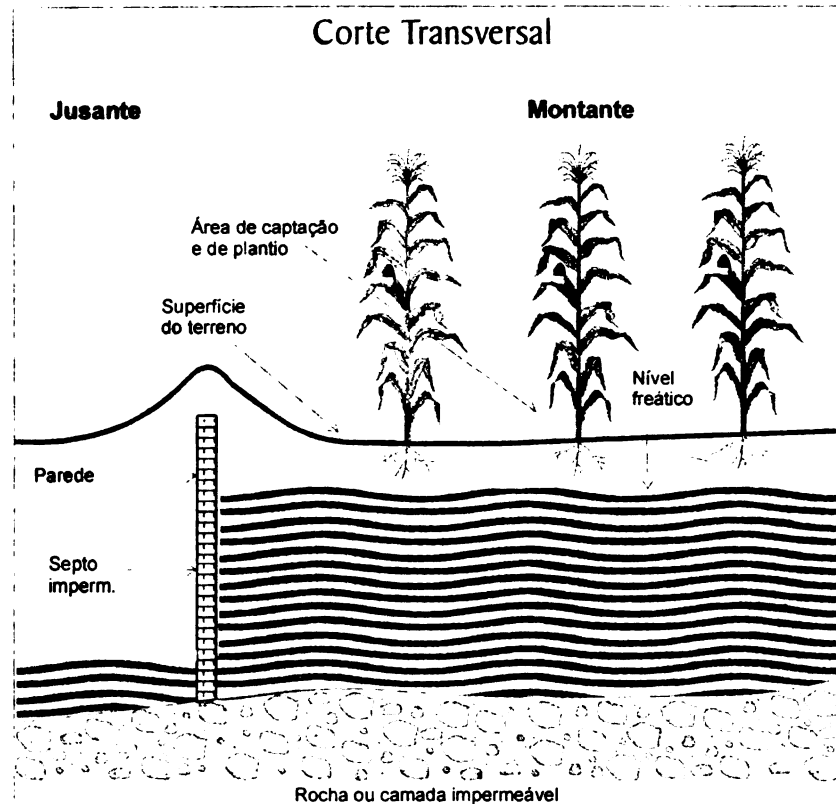


Figura 5. Desenho esquemático de exploração de barragem subterrânea.

Este tipo de barragem só deve ser construída em terrenos de aluvião. Este tipo de solo, formado pela sedimentação das partículas sólidas que são transportadas pelos escorrimentos superficiais durante o período de chuvas, é encontrado de forma irregular no semi-árido, constituindo camadas contínuas ou bolsões de largura e espessura variáveis.

O septo impermeável é o principal componente da tecnologia. Para construí-lo, abre-se uma valeta no aluvião apropriado, com largura suficiente para um homem entrar, ou da pá do equipamento utilizado. Esta valeta deve ter a profundidade limitada pela camada impermeável do perfil do solo, que geralmente é a rocha matriz. No caso do semi-árido brasileiro ela varia de 3 a 8 metros, em geral. Depois de aberta a valeta, coloca-se uma lâmina de plástico na vertical, ou constrói-se uma parede de pedra ou de argila bem compactada. A parede é construída no centro da valeta. No caso do septo feito com plástico ou de pedra, ficam espaços entre o septo e a parede do perfil do solo. Este espaço deve ser preenchido com o material retirado da escavação. Ao nível da superfície do solo, deve-se construir uma pequena parede, com 0,5 m de altura, para reter o fluxo superficial.

Nos últimos três anos, principalmente na seca de 1998, esta tecnologia foi muito difundida no semi-árido brasileiro. Só no estado de Pernambuco, foram construídas, neste ano, mais de 200 barragens subterrâneas. Um ponto importante a ser ressaltado no projeto

implementado por Pernambuco é que em todas as barragens foram construídos Poços Amazonas.

ESTRATÉGIA PARA AMPLIAR A APLICAÇÃO DE TECNOLOGIA NO CAMPO

Desempenho dos atuais sistemas de produção

Não obstante todo o esforço e probidade na geração e difusão de tecnologia levados a efeito pela Embrapa Semi-Árido, no sentido de provocar a transformação do semi-árido, no que se refere ao desenvolvimento da agropecuária dependente de chuva, tem-se verificado ser insignificante a utilização de algumas tecnologias, quando se toma como referencial os pequenos e médios produtores.

Dentre as razões apontadas para este insucesso, identifica-se a não consideração nas propostas de transformação, do conhecimento local, das características das unidades de produção agrícola, das políticas públicas, da capacidade de resposta dos ambientes e da mobilização dos produtores.

Via de regra, as políticas voltadas para exploração agrícola das unidades de produção do semi-árido dependentes de chuva, têm sido baseadas em informações com nível de detalhamento não adequado e, principalmente, não associado a uma base de dados (clima, solo e vegetação), ao perfil do produtor e ao custo dos recursos financeiros.

O ambiente tem efeito direto em qualquer tipo de atividade agropecuária. No caso do semi-árido, o clima e o solo lideram os fatores que definem o ambiente. A escassez e a variabilidade temporal dos eventos pluviais são as causas principais apontadas como obstáculos ao desenvolvimento agrícola dependente de chuva.

De acordo com Porto (1995), o desempenho dos sistemas de produção tradicionais, atualmente em uso no semi-árido brasileiro, está levando os pequenos produtores ao empobrecimento a uma taxa média de 13,5% ao ano.

Para comprovar as afirmações anteriores, é suficiente verificar os dados do último Censo Agropecuário, ou seja, no período de 1985 a 1995, cerca de 30% dos estabelecimentos agrícolas da região foram abandonados, por absoluta falta de condições de sustentação do trabalhador e de sua família. Além disso, cerca de 90% das propriedades deixam de captar crédito no mercado por insuficiência de capacidade de pagamento, à luz dos seus "modus operandi".

Desta forma, urge que sejam desencadeadas ações governamentais, em todos os níveis, no sentido não apenas de minimizar o sofrimento do homem do campo, mas, também, e, principalmente, de viabilizar meios e mecanismos que tornem as propriedades do semi-árido sustentáveis no longo prazo. Isto será possível através da intensificação da aplicação de tecnologias.

AÇÕES SUGERIDAS

O semi-árido brasileiro é o tipo de ambiente em que mais ou menos alguns milímetros de chuva ou centímetros de perfil de solo podem fazer significativas diferenças no desempenho dos sistemas de produção dos agricultores. Por outro lado, as técnicas de captação e aproveitamento de água de chuva podem reduzir muito os impactos destas diferenças. Portanto, a aplicação de tecnologias que tornem a utilização das chuvas mais eficiente é fundamental.

Para ampliar a operacionalização do processo de aplicação destas e de outras tecnologias necessárias no espaço semi-árido do Nordeste, sugere-se que sejam trabalhados quatro segmentos distintos, porém complementares:

No primeiro, propõe-se que seja trabalhada a compreensão do habitat semi-árido em toda sua singularidade. Não obstante toda a fragilidade, esta região tem muito a oferecer em termos de recursos naturais, flora e fauna, podendo a população que nela reside, obter ganhos comparativos caso seja capacitada para conviver com seu habitat, passando a ter consciência das limitações e potencialidades do semi-árido. Esta consciência deve ser trabalhada, transmitida e convivida através da educação formal e informal.

No segundo segmento, propõe-se a realização de um mapeamento dos recursos naturais (solo, vegetação, recursos hídricos), e a caracterização das unidades de produção, a partir da forma de uso atual e do tipo de produtor existente.

Esta caracterização poderá ser feita usando-se a Extensão Rural, as ONGs, a Pesquisa Agropecuária, as Escolas Rurais, as Associações de Produtores, os Sindicatos e as estruturas oficiais dos municípios. A participação da escola da zona rural é de fundamental importância, não apenas por ter capilaridade na zona rural, mas, também, pela capacidade de discussão sobre a compreensão da realidade local e da cidadania.

O terceiro segmento será concernente à configuração de cenários alternativos de exploração das unidades de produção agropecuárias, à luz do estoque de tecnologias, da potencialidade do ambiente e da realidade do produtor. Estes cenários serão produzidos, complementando-se as informações das unidades de produção, com outras referentes às condições de posse e escala de exploração da terra, custo e prazo de pagamento do capital financeiro e de governança das cadeias produtivas.

O quarto, por sua vez, refere-se à operacionalização e administração do banco de dados, com vistas a subsidiar a tomada de decisão. Ressalta-se que, dada a dinâmica da oferta de tecnologia, bem como da evolução das condições ambientais e das unidades de produção, será imprescindível a formalização de "locus" de oferta de tecnologia de modo a alimentar o banco de dados. Além disso, será imprescindível, também, a alimentação do banco, com informações concernentes aos instrumentos das políticas públicas, e de mercado, de forma que, mudadas as condições reais de influência sobre as propriedades, alternativas de modelos de exploração sejam concebidas e difundidas.

CONCLUSÕES

O trópico semi-árido brasileiro se constitui de um aglomerado de unidades de produção com características diferenciadas quanto às potencialidades dos recursos naturais, tipos de produtores e sistemas de produção;

Não obstante todo o acervo tecnológico gerado pelos órgãos de pesquisa, tem-se verificado insignificante grau de transformação das unidades de produção localizadas nos semi-árido brasileiro;

Para ampliar a aplicação de tecnologia na produção dependente de chuva, há necessidade de informações com maior nível de detalhamento quanto ao solo, clima, vegetação, perfil do produtor, escala de exploração e políticas de crédito, objetivando a criação de cenários específicos para cada conjunto ou tipo de propriedade;

É imprescindível formalizar a participação da Escola Rural, não só como formadora da compreensão sobre o ambiente e a cidadania, mas também como um fórum permanente de discussão sobre a sustentabilidade das unidades de produção.

BIBLIOGRAFIA

BARBOSA, A.R.; LYRA, H.A. de; FREITAS, M.L. de & HOLANDA, P.E.M. de. **As Vazantes e a tecnologia de produção**. Natal, RN., EMATER, 1980. 17p.

BRASIL. Ministério do Interior. Comportamento dos principais sistemas de produção da zona semi-árida. In: _____. **Plano integrado para o combate preventivo aos efeitos das secas do Nordeste**. Brasília, DF., 1973. Cap. 3., p. 111-12. (BRASIL-MINTER. Desenvolvimento Regional. Monografias, 1).

CLUFF, C.B. The Use of the compartmented reservoir in water harvesting agrisystems. In: INTERNATIONAL ARID LANDS CONFERENCE ON PLANT RESOURCES, Lubbock, Texas, 1979. **Proceedings...** Lubbock, Texas Tech University, 1979. p. 482-500.

DUQUE, J.G. Algumas questões da exploração de açudes públicos. In: _____. **Solo e água no polígono das secas**. 4. Ed. Fortaleza, CE., DNOCS, 1973. p. 129-56. (DNOCS. Série I-A. Publicação, 154).

GUERRA, P. de B. Agricultura de Vazantes – um modelo agrônômico nordestino. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 3., Fortaleza, CE., 1975. **Anais**. Fortaleza, MINTER-DNOCS/ABID, 1976. V.4. p. 325-30.

HOLANDA, J.S. de; FONSECA, F. das C.E.; LYRA, H.J.A. de; LEITE, L.A. de S. & LEONEL NETO, M. **Recomendações técnicas para agricultura de vazantes**. Natal, RN, EMPARN, 1981. 23p. (EMPARN. Boletim Técnico, 3).

INTERNATIONAL CROPS RESEARCH INSTITUTE FOR THE SEMI-ARID TROPICS, Hyderabad, India. **Annual Report 1975-1976**. Hyderabad, s.d. 233 p. il.

MEDEIROS FILHO, J. & SOUZA, I. de. Os degregados filhos da seca: uma análise sócio-política das secas do Nordeste. Ed. Vozes, Petrópolis. 1983. 46p.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, Washington EUA. **More Water for arid lands: promising technologies and research opportunities**. Washington, 1974. 153p. il.

PORTO, E.R.; GARAGORRY, F.L.; MOITA, A.W. & SILVA, A. de S. Risco climático: estimativa de sucesso da agricultura dependente de chuva para diferentes épocas de plantio. I Cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 183. 129p. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 23).

PORTO, E.R.; SILVA, A. DE S. Utilización racional de áreas agrícolas en el semi-árido brasileiro. In: CURSO SOBRE DESERTIFICACION Y DESARROLLO SUSTENTABLE EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE, 4, 1995, Montecillo, México. **Memórias...** Montecillo: PNUMA/FAO, 1995. p. 245-261.

REBOUÇAS, A. da C. & MARINHO, M.E. **Hidrologia das secas do Nordeste do Brasil**. Recife, SUDENE-DRN, Divisão de Hidrologia, 1972. 126p. (BRASIL. SUDENE. Hidrogeologia, 40).

WATER HARVESTING SYMPOSIUM, 1974, Phoenix, Arizona. **Proceedings...** Berkeley: USDA-ARS, 1975. 329p. il. (ARS W-22).

LA ORGANIZACIÓN DE UNA CUENCA PARA LOGRAR UNA MEJOR CAPTACIÓN DE AGUA.

**ING. JULIÁN RUBÉN RÍOS ANGELES
GERENTE REGIONAL PACIFICO SUR DE LA COMISIÓN NACIONAL DEL
AGUA**

**REFORMA 905 COL. CENTRO, OAXACA, OAXACA. CP. 68000
DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO: cnaoax01@oax1.telmex.net.mx**

PRESENTACIÓN

Una de las principales limitantes para manejo integral de cuencas es la insuficiente cantidad de recursos financieros para apoyar programas integrales con un impacto en el corto plazo hacia la retención de excedentes económicos que motiven a los pobladores de las comunidades el desarrollar acciones de largo plazo dentro de proyectos de rescate y conservación de recursos naturales, situación que plantea la necesidad de optimizar los recursos financieros disponibles que los gobiernos: federal, estatal y municipal canalizan a estas acciones. Otro de los factores importantes que limita esas acciones es el desconocimiento de los diversos sectores usuarios del agua de la problemática que cada uno ellos enfrenta a lo largo de la cuenca o bien la problemática que un sector genera a otro como producto de su actividad.

El marco de las transformaciones actuales que sufre el país en materia de descentralización de funciones del gobierno federal a los gobiernos estatales y a los municipales, es necesario proponer y retomar los conceptos de ordenamiento de los recursos hídricos a nivel de cuencas, mediante la implementación de planes de manejo acordados con los habitantes de las comunidades que nos permitan disponer de la información necesaria para poder orientar las alternativas de solución más idóneas desde el punto de vista técnico, económico y social para ser considerados como verdaderos instrumentos de planeación para el corto, mediano y largo plazo.

Se requiere además de la definición de políticas, que permitan que los apoyos gubernamentales concurren en forma organizada en el ámbito de los territorios de las cuencas hidrográficas mediante la promoción e impulso a la creación de los instrumentos jurídicos que garanticen su permanencia, como instrumentos básicos de planeación, sin embargo una de las principales limitantes para hacer realidad estas premisas se relacionan con los siguientes aspectos:

- > Como se promueve el que los municipios en la región que no cuentan con la capacidad financiera y técnica para el desarrollo de planes integrales de manejo de cuencas y dispongan de ellos.

- > Como se impulsa una cultura del agua mediante programas educativos para disponer de la suficiente educación ambiental en las comunidades, e inducir dentro de los usos y costumbres de las comunidades sobre la propiedad de su territorio, el visualizar la cuenca como un todo interrelacionado, en el que es necesario sumar esfuerzos para la ejecución y puesta en marcha de programas con una visión integral, mas alla de sus limites administrativos.
- > Como se ligan el desarrollo de planes de producción agrícola, pecuaria y forestal al interior de la comunidad dentro de los municipios, mediante planes de manejo y conservación consensados desde las partes altas, media y baja de las cuencas.

El documento describe la experiencia en la constitución del Consejo de Cuenca de la Costa de Oaxaca como alternativa para incrementar la participación de las diversos sectores usuarios del agua en un foro que permita conciliar los tres objetivos que se asocian al desarrollo sostenible, es decir el crecimiento económico con metas ambientales y sociales, en donde el agua se plantea como punto de partida para resolver los diversos y complejos problemas ambientales que requieren de la participación organizada y decidida de la sociedad.

AMBITO DE INFLUENCIA DEL CONSEJO:

El territorio del Consejo de Cuenca de la Costa de Oaxaca, se constituye por una porción de la subregión hidrológica 20ª Costa Chica - Rio Verde, la subregión 20b Atoyac - Rio Verde y las regiones hidrológicas 21 Costa de Oaxaca y 22 Tehuantepec.

Se encuentra ubicado en la Vertiente del Pacifico, ocupando una porción de la Sierra Madre del Sur y parte de la Provincia Geográfica de la Cordillera Centroamericana en el Istmo de Tehuantepec. Limita al norte con los Distritos de Huajuapán, Tlaxiaco, Juxtlahuaca, Teotitlán, Ixtlán y Cuicatlán, al este con el estado de Chiapas, al oeste con Guerrero y al sur con el Océano Pacifico.

La zona considerada ocupa una superficie de 55,591 km² equivalente al 52% del estado de Oaxaca, con 328 municipios y concentraciones urbanas importantes como: Oaxaca, Tlaxiaco, Zimatlán, Ocotlán, Etla y Zachila en la región de los Valles Centrales; Juchitán, Tehuantepec y Salina Cruz en el Istmo y Bahías de Huatulco, Puerto Escondido, Pinotepa Nacional y Pochutla en la zona del litoral del estado.

OBJETIVOS DEL CONSEJO:

- > Formular y ejecutar programas y acciones para el mejor ordenamiento y regulación de la distribución y aprovechamiento de las aguas subterráneas y superficiales.

- > Fomentar el cuidado y el saneamiento de las aguas de las cuencas y la vigilancia y control de su calidad.
- > Promover el uso eficiente de las aguas superficiales y subterráneas de las cuencas y de su infraestructura, promoviendo la ejecución de programas para su aprovechamiento racional, e impulsando el tratamiento y reutilización de las aguas residuales.
- > Atender la conservación de cuerpos de agua y corrientes dentro de las cuencas.
- > Promover el reconocimiento del valor ambiental, social y económico del agua y el aprovechamiento y uso sustentable de los recursos naturales de las cuencas.

RESULTADOS DEL DIAGNOSTICO DE LA REGIÓN:

- > Bajas coberturas de servicio de agua potable y saneamiento sobre todo en las zonas rurales.
- > Baja productividad e ineficiencias en el uso del agua en la agricultura y en los servicios urbanos.
- > Contaminación de corrientes superficiales y lagunas estuarinas.
- > Limitada disponibilidad de aguas subterráneas en acuíferos sujetos a condiciones críticas de explotación en la zona geohidrológica de Valles Centrales, que puede conducir a un estado de escasez.
- > Azolvamiento gradual de los cauces de los ríos debido a la erosión de los suelos en las partes altas de la cuenca, propiciado por el uso de sistemas de explotación agropecuaria y forestal inadecuados.
- > Ausencia de un manejo integral de las cuencas.
- > Insuficiente cultura del agua.
- > Daños por fenómenos meteorológicos extremos, con sus efectos adversos en la población y en las áreas productivas.

A continuación se describen las principales etapas para su creación

ETAPAS BASICAS PARA LA CONSTITUCION DEL CONSEJO DE CUENCA DE LA COSTA DE OAXACA.

GESTACION

- ELABORAR DOCUMENTO BÁSICO PARA LA INTEGRACION DEL CONSEJO DE CUENCA.
- ELABORAR CARACTERIZACIÓN ECONOMICA, SOCIAL Y ORGANIZATIVA DE LOS USUARIOS Y SU ENTORNO.
- ELABORAR DIAGNOSTICO, ESTRATEGIAS Y PLAN MAESTRO; REVISAR PADRON DE USUARIOS Y REGULARIZACION.
- ORGANIZAR Y ACREDITAR USUARIOS (COMITES Y SUBCOMITES DE CUENCA).
- CREAR ASAMBLEAS DE USUARIOS.
- ELABORAR REGLAMENTOS (ASAMBLEA Y CONSEJO).
- INTEGRAR AGENDA DE TRABAJO.



INSTALACION

- PROPONER AGENDA DE TRABAJO
- FORMALIZACION DEL ACUERDO DE COORDINACION; PRIMERA REUNION DEL CONSEJO).
- INSTALACION JURIDICA DEL CONSEJO
- INTEGRACION DE AGENDA DE TRABAJO



OPERACION

- REVISAR Y APROBAR (Y MEJORAR VIA CONSENSO) EL PLAN MAESTRO
- ONCENSAR Y APROBAR EL REGLAMENTO DEL CONSEJO
- CREAR COMISIONES DE TRABAJO
- ATENDER LA AGENDA DE TRABAJO; INTEGRAR PROGRAMAS OPERATIVOS
- EVALUAR LA GESTION DEL CONSEJO; RETROAL MENTACION ; REORIENTACION

RESULTADOS OBTENIDOS:

Constitución de 16 comités regionales en los que participan 19 grupos de trabajo.

Instalación de una asamblea de usuarios y elección de un vocal representante por cada uno de los siguientes usos:

- Agrícola.
- Pecuario.
- Público urbano
- Industrial.
- Agroindustrial.
- Servicios.

Interrelación entre los diversos sectores de usuarios del agua y los gobiernos federal y Estatal.

Análisis de la problemática del agua en cada una de las subregiones.

CONCLUSIONES:

Los consejos de cuenca en el país representan una alternativa real de concertación y conciliación de las diversas problemáticas que enfrentan los usuarios del agua dentro de las cuencas hidrológicas para puesta en marcha de programas y acciones que permitan revertir la tendencia de deterioro de los recursos naturales.

AGUA, VIDA O MUERTE

LIC. ABEL DOMÍNGUEZ RIVERO
DIRECTOR DE LA SOCIEDAD ECOLÓGICA DE LA REGION DE LOS LAGOS DEL
VALLE DE MÉXICO, A.C.

INTRODUCCIÓN

Los grandes Lagos del Valle de México fueron la grandeza de un Poderío Ecológico, que permitió la armonía sustentable de los Elementos Agua, Aire, Plantas y Animales, haciendo el hábitat perfecto para los Aztecas, lo que permitió la mezcla Mística Religiosa para los asentamientos humanos, en los entornos de los grandes Lagos Xochimilco, Texcoco, Zumpango, Chalco, Xaltocan, unidos en una armonía de una Cuenca Endorreica Cerrada con características únicas en el Mundo, ya que el Lago de Texcoco en sus entrañas albergó aguas saladas, con unl Embalce de 10 mts. de altura con la Dirección Arquitectónica del Poeta-Soñador y Flechador del cielo "Netzahualcoyotl", separó las aguas saladas de Texcoco y de Xaltocan, construyendo el Albarradón de Carpio a Ecatepec, obra monumental para controlar las aguas, para evitar la inundación de la gran Tenochtitlán, y la mezcla de aguas dulces con aguas saladas.

Al llegar la Conquista, los mismos quedaron maravillados por el pequeño mar de Texcoco, construyeron sus navíos para dar paso a la Conquista, éstos Depredadores trajeron consigo enfermedades, malas mañas, violadores, sinvergüenzas y otros vicios.

Abriendo así una página en la Historia de la Depredación y destrucción de la Vida Social del recurso Agua y natural, así como la proliferación de la raza humana, las aves emigraron, los animales se extinguieron.

Desde el año de 1960, el Clima mundial ha comenzado a cambiar, lo que ha originado que los Gobiernos de todo el Mundo hallan iniciado la Guerra de la Tecnología, para el aprovechamiento de los Recursos Naturales, los Países avanzados se han esmerado en sofisticar los aparatos reguladores, para el máximo eficiente del uso del agua.

Los Países del tercer Mundo nos hemos concretado al crecimiento demográfico, cargar las Ciudades de Ciudadanos en busca de una oportunidad de trabajo, Ciudades con hambre, miseria y niños de la calle.

Un cuerpo descapitalizado, sin herramientas de trabajo, semillas, fertilizantes y otros enseres de labranza y sus hombres nuevos en busca de oportunidades en los EE.UU., como braseros y jornaleros mal pagados, llevando al País más grande del Mundo mensajeros de hambre, porque en México no existen Programas coyunturales en beneficio del Campo.

Para continuar con vida en este Planeta, es de vital importancia unir esfuerzos, la Sociedad Civil, Gobierno Federal, Estatal y Municipal.

Ejemplo: El Gobierno del Estado de México, presta Maquinaria para la rehabilitación de Presas y Abrevaderos, así como Jagüeyes, que permiten la siembra de agua, captando en cantidades mínimas el agua de lluvia, es decir 600 mm. anuales, esto permitió reincorporar al suelo un promedio de 3' millones de metros cúbicos al subsuelo, 1 millón de metros cúbicos en evaporación y 5 millones para el consumo de los animales.

La evaporación soportó las moléculas reguladoras del Clima, provocando mayor reverdecimiento de las Plantas endémicas, suculentas, cruzaláceas, así como aumento en las Poblaciones de aves migratorias, pato, zercetas, bucón y otras.

Las Poblaciones de aves canoras, víboras, así como tordos y de rapiña, provocando un cambio en el Clima y sus habitantes naturales, favoreciendo así a los animales domésticos (burros, caballos, vacas y borregos), en el renglón de la Agricultura en la siembra de frijol y de maíz, estos tienen el riego con aguas residuales de la Ciudad de México, regando escasamente 3,500 hectáreas en los Municipios de Hueyoxtla, Apaxco, Tequixquiac y Zumpango, el Distrito de riego --088. 075 de Chiconautla riega actualmente 2,200 has. de los Municipios de Ecatepec, Tecámac, Santa Ana Nextlalpan y Jaltenco, extrayendo 35 millones de metros cúbicos por año, para satisfacer la poca área que tiene, ya que este Distrito de Riego fué creado en el año de 1977, con una superficie de 6,300 has. de riego y una extracción de 73 millones de metros cúbicos por año, lo que ha provocado que la mancha urbana se haya comido un 65% de la tierra que daba los alimentos para 12 Poblaciones Rurales, con una tendencia de extinción de este Distrito de Riego para dar paso a los asentamientos humanos.

Es lamentable que este Distrito de Riego tienda a desaparecer por la falta de una Planeación de parte del Departamento del D.F., así como de la Comisión Nacional del Agua, el poco interés de parte de sus Autoridades, así como dar paso a las Aguas Residuales hacia la cuenca del Estado de Hidalgo para crear más áreas de Cultivo.

El Distrito de Riego Los Insurgentes, con capacidad para 26-000-00 has de riego con la fuente de abastecimiento de la Laguna de Zumpango, que tiene una capacidad de 100 millones de metros cúbicos para satisfacer dicha demanda y cumplir con un compromiso social para 11,000 Agricultores de 12 Municipios, esto permitirá al año 2003 recargar al 100% los mantos acuíferos del Valle de México.

Tener capacidad para soportar la demanda de extracción de las zonas urbanas, sembrar las 26-000-00 has. con ello provocaremos evaporación y la evotranspiración de las plantas, que permitirá regular el clima que actualmente lo tenemos con tendencias a desertificación.

La economía será mayor para sus habitantes, el subsuelo tendrá mayor cantidad de agua, lo que permitirá a la Ciudad de México un mayor equilibrio Hidráulico, además tendrá enfriamiento en las cuevas tectónicas que soportan el equilibrio de calentamiento de los volcanes, evitando así futuras erupciones de desastre que esto provocaría el hundimiento y desaparición de la Ciudad de México.

Es de vital importancia que el Gobierno Federal a través de la Comisión Nacional del Agua y el Departamento del Distrito Federal comiencen hoy a colocar las Plantas de Tratamiento de las Aguas Residuales, que son aproximadamente 78 metros cúbicos por segundo que se están desperdiciando y la misma Ciudad de México puede reutilizar y potabilizar sus aguas, con ello evitaremos mayor extracción del Plan Cutzamala del Estado de México, de lo contrario provocaremos para el año 2020 la desertificación y la pérdida de los equilibrios ecológicos de la Cuenca de Toluca.

La regulación y el control de los Climas, así como el equilibrio del ser humano serán las Directrices para llegar a su momento preciso. Agua, Vida o Muerte.

SISTEMA DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA A NIVEL DE PISO ZONA DE ZONGOLICA

ING. LUIS ACOSTA GONZÁLEZ ¹

MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CALCULO

INTRODUCCION

La aplicación de una tecnología apropiada para coleccionar agua de lluvia, puede hacer posible la utilización de la lluvia como un valioso y en muchos casos un recurso hidráulico necesario.

Los trabajos de captación de agua de lluvia han sido practicados por mas de 4,000 años. En los Países más desarrollados, es apropiado esencialmente debido a la variación de la precipitación pluvial en el tiempo y en el espacio.

Por mas 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.

La captación de agua de lluvia es necesaria en áreas con lluvias significantes, donde carecen de cualquier sistema de abastecimiento de agua convencional y también en áreas donde la calidad del agua superficial o subterránea es deficiente, contaminada o de mala calidad.

La precipitación con rangos de menos de 500 mm. a más de 1500 mm, puede encontrarse en la mayoría de los países de Latinoamérica y del Caribe. La mayoría de las precipitaciones se presenta durante pocos meses del año, con pequeñas o nulas precipitaciones durante el resto de los meses (Estiaje). Hay países en los que la distribución anual regional difiere significativamente por regiones.

¹ Subgerente Regional de Construcción de la Gerencia Regional Golfo –Centro de la Comisión Nacional del Agua

DESCRIPCION TECNICA

Los sistemas de captación de agua de lluvia consisten de tres elementos básicos:

- Una área de captación
- Un sistema de distribución o conducción.
- Un tanque de almacenamiento

El área de la captación en la mayoría de los casos es el techo de una casa, o el nivel de piso, el área y el material usado en la construcción del techo o el área de captación a nivel de piso influyen en la eficiencia de la colección y calidad del agua. El sistema de conducción consiste en canaletas o tubos que entregan o conducen el agua del techo a la cisterna o a otro almacenamiento.

La conducción y las superficies de los techos o pisos pueden construirse de materiales inertes tales como madera, plástico, aluminio o fibra de vidrio, en ese orden para quitar los efectos adversos de la calidad del agua

Por último, el agua se almacena en un tanque o cisterna, la que debe ser construida con un material inerte.

DESCRIPCION TECNICA DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA

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 o un edificio, así como el 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 o 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 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 de 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 del aguacero se debe desviar del tanque de almacenamiento, ya que esta es mas probable que se contamine de materiales indeseables que se han acumulado en el área de captación. Esto se logra a través de una compuerta colocada en el desarenador que opera manualmente, formada por cuñas de madera, levantándola durante los primeros 10 minutos del aguacero.
- Se debe verificar y limpiar el tanque de almacenamiento cuando menos una vez al año, se recomienda que la limpieza se efectúe en época de lluvia para no tener déficit en el volumen de la cisterna en los meses posteriores a la limpieza.
- El tanque de almacenamiento debe permanecer tapado, para evitar la posibilidad de que roedores y otros insectos usen la cisterna como criadero.
- La cloración de las cisternas o tanques de almacenamiento es necesaria si el agua se usa para beberla ó para uso doméstico. Se puede tratar con tabletas de cloro ó hervir el agua antes de beberla.
- 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.

VENTAJAS

- La captación pluvial provee una fuente de agua al punto donde se requiere. Esto es manejo y operación propia In Situ.
- La construcción de un sistema de captación de agua de lluvia es simple y los habitantes de la región pueden construir fácilmente uno, minimizando su costo.
- La tecnología es flexible. Los sistemas se pueden construir para satisfacer casi cualquier demanda. Hogares de escasos recursos pueden comenzar con un simple tanque pequeño y adicionar más cuando puedan producirlos.
- La calidad física y química del agua de lluvia puede ser mejor que las aguas subterráneas o aguas superficiales, que pueden estar sujetas a contaminación, a veces por causas desconocidas.
- Los costos de operación y mantenimiento son bajos.

- La construcción, operación y mantenimiento no es una labor que abarque grandes áreas o involucre mucha gente en un mismo lugar y al mismo tiempo.

DESVENTAJAS

- El éxito de la captación de agua de lluvia depende de la frecuencia y cantidad de lluvia que se precipita en determinada región, por tal razón los dimensionamientos del volumen de la cisterna y el área de captación implícitamente involucran una probabilidad de error o que en un tiempo determinado no cubran la demanda, es decir, el sistema no siempre funciona.
- La posible contaminación del agua puede resultar de basuras y de materia vegetal.
- El uso de estos sistemas requieren de la capacitación de los usuarios.

ACEPTABILIDAD CULTURAL

Estos proyectos, los cuales han sido predominantemente hechos por personas de la localidad, han tenido mucho más éxito que aquellos que han sido operados por personas extrañas a un área, y en los que la comunidad ha contribuido con ideas, fondos y labor han tenido mucha 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 el suministro de agua una prioridad.

Algunas personas, quienes dependen únicamente del agua de lluvia como fuente de suministro, la utilizan para todas las necesidades del hogar, de bebida, en la cocina, para el lavado y otros usos domésticos.

Otras personas, quienes tienen acceso a agua de lluvia y un suministro de agua pública, usan selectivamente el agua de lluvia para beber o riego de cultivos; 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 la seguridad relacionados a su uso, incluyendo los problemas de la amenaza de los insectos y otras preocupaciones de salud pública.

PROYECTO EJECUTIVO 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 suelo 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, de modo que el agua captada pueda escurrir con suficiente rapidez hasta el canal colector que la conduce al tanque de almacenamiento.

ANTECEDENTES.

Ante la problemática presentada con relación al abastecimiento de agua potable a las localidades rurales de la sierra de Zongolica, principalmente por la carencia de fuentes confiables en cantidad y calidad en época de estiaje, la Comisión Nacional del Agua propone como una opción alternativa la captación de agua de lluvia como una solución puntual viable, funcional y económica al problema del abastecimiento.

LOCALIZACION

Este proyecto está enfocado a atender la localidad denominada Barrio de Santa Cruz, perteneciente al municipio de Tequila, la cual presenta problemas con el abastecimiento de agua potable. Esta localidad se encuentra ubicada en la región del Pico de Orizaba.

Esta comunidad presenta traza irregular y está ubicada en ladera.

CLIMA Y TEMPERATURA

El clima es templado húmedo, con régimen de lluvia en los meses de mayo a octubre y secas en los meses de noviembre a abril, con una temperatura media anual de 18°C

ACTIVIDAD COMERCIAL

Esta se concentra en la Cabecera Municipal y en la Ciudad de Orizaba, donde se abastecen de todos los productos de primera necesidad, como son comestibles, ropa, calzado y utensilios para el trabajo de campo, se practica la horticultura para su consumo y la tala de árboles para su venta.

VIVIENDA

Las casas de la comunidad están construidas principalmente de madera, con techos de lámina y los pisos son de tierra.

SERVICIOS PUBLICOS

Se cuenta con servicio de energía eléctrica, correos y telégrafos.

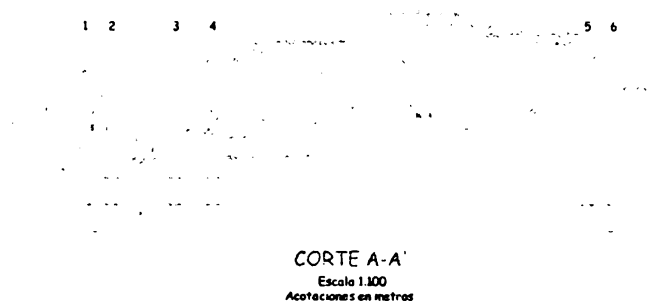
Un porcentaje de la población no cuenta con Agua Potable, por lo que tienen que descender un promedio de 200 m. para llevar agua en cubetas, la cual la toman de algunos manantiales. Con respecto al Alcantarillado Sanitario, estas poblaciones no cuentan con este servicio, la mayoría de las viviendas cuentan con letrinas rústicas que construyeron los mismos habitantes, y en la mayoría de los casos se práctica el fecalismo al aire libre.

ACTIVIDADES ECONOMICAS

Agricultura: Entre los cultivos agrícolas destacan primordialmente maíz, avena y frijol.

Ganadería: Se cría ganado únicamente para consumo interno.

Explotación Forestal: Se explotan principalmente, las especies de pino, cedro y fresno.



DIMENSIONAMIENTO

En función de la demanda mensual que presenta una familia, y el volumen mensual captado en un mes determinado, producto de una precipitación mensual por un área de captación; se puede estimar la probabilidad de error de un sistema de captación para un volumen de almacenamiento (Cisterna) y un área de captación determinada.

Para motivos de diseño se tomará como aceptable un porcentaje de error del 5 %, es decir, que se aceptará que la cisterna en uno de veinte meses muy probablemente se encuentre vacía e incapaz de abastecer la demanda.

Este criterio lanzará una variedad de volúmenes de almacenamientos y áreas de captación que funcionan satisfactoriamente, se escogerá la combinación tal que resulte el área de captación más barata que produzca el volumen de cisterna más barato. Una vez encontrada esta combinación se tendrá para un comportamiento de lluvia anual y una demanda determinada, el volumen de captación ideal y el área de captación más barata para solucionar el problema.

DESCRIPCION DEL PROYECTO

Para este proyecto, la captación se hará a nivel de piso para de ahí conducir el agua captada a través de una canaleta hasta un desarenador, de donde pasa el tanque de almacenamiento; este proyecto ayudará a resolver las necesidades de consumo de dos familias de 7 habitantes cada una.

AREA DE CAPTACION

El área de captación para el Barrio de Santa Cruz es de 250 m², este terreno debe ser compactado dándole una pendiente del 2% hacia el lugar donde se va a colocar la canaleta y en el otro sentido debe tener una pendiente del 5%. Una vez preparada, se cubrirá el área



PLANTA

Escala 1:100
Anotaciones en metros

con una cubierta de material ahulado, el cual se colocará en franjas de 1.25 metros de ancho, el traslape se hará en cunetas de 0.05 metros de ancho por 0.05 metros de profundidad rellenas de concreto simple $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$.

El sistema colector consta de una canaleta construida de tabique rojo recocido con unas dimensiones de 0.50 metros de ancho y 0.30 metros de profundidad, con una pendiente del 5% hacia el almacenamiento.

CISTERNA Y DESARENADOR

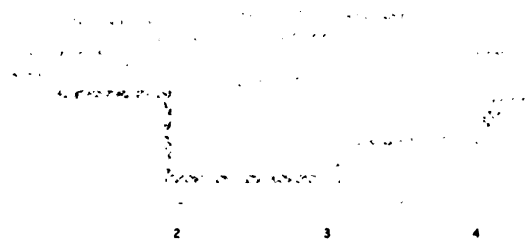


PLANTA
Escala 1/25
Acotaciones en metros

Se construirá un desarenador al final de la canaleta con el de que los sólidos que arrastre el agua se retengan antes de pasar a la cisterna.

El volumen de la cisterna será de 22 m³, este va en función del área de captación, la cisterna será a base de tabique rojo recocido en sus muros, se aplicará un firme de concreto en el piso f'c= 100 kg/cm² y la cubierta será de lámina estructural soportada en ángulo de acero de 38 mm x 38 mm x 3.2 mm (1 1/2" x 1 1/2" x 1/8").

FONTANERIA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO



Sin escala
Acotaciones indicadas

Partiendo de lo anteriormente señalado, procederemos al cálculo del gasto necesario, así como el área de captación y capacidad de almacenamiento requerida.

DATOS

Población	7 habitantes/vivienda
Dotación	25 lts/hab/día
No. de viviendas	2

Determinación del gasto

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

$$Q = \frac{2 (7 \text{ habitantes})(25 \text{ lt/hab/día})}{86,400} = 0.00405 \text{ l.p.s.}$$

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

$$Q = 10.5 \text{ m}^3$$

Basándonos en el resultado obtenido, vemos que necesitamos almacenar un caudal de 10.5 m^3 en un mes, con este dato procedemos a calcular una serie de áreas de captación y volúmenes de cisterna, de los cuales elegimos dos casos para estas comunidades, se anexa al final las tablas resultantes y el comportamiento de las combinaciones seleccionadas.

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.

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

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.

Consideramos:

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

Por lo tanto:

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

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

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

$$L = 0.243 + 0.01$$

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

CONSERVACION DEL SUELO Y AGUA EN EL ALTO PAPALOAPAN

JULIO RUEDA REBOLLEDO¹

RESÚMEN

Desde el inicio de la humanidad la obtención de alimentos ha preocupado al hombre, sin embargo actualmente ha cobrado un ímpetu asombroso, su explicación técnica es la explosión demográfica que sufre el mundo.

El fenómeno de la erosión, es un cáncer que esta dañando gravemente a la humanidad y no podemos concebir que elementos como el agua y el aire que tan necesarios son para nuestra existencia, puedan originar tanto daño al suelo, pero paradójicamente toca al hombre ser el causante principal de esta degradación.

Corresponde a nosotros enfrentarnos a la resolución del grave problema de la conservación de los suelos y del agua en el país, seleccionando los programas más apropiados para el control de la erosión, el racional aprovechamiento del agua, la conservación y manejo de la fertilidad de los suelos, la adquisición de experiencias, tanto Mexicanas, como la de otros países y sobre todo la educación y capacitación a nuestros técnicos y pueblo en general para que tomen conciencia de lo que esta sucediendo a nuestro alrededor. El costo de los trabajos de conservación es alto pero el precio por no hacerlos es mucho más.

INTRODUCCIÓN

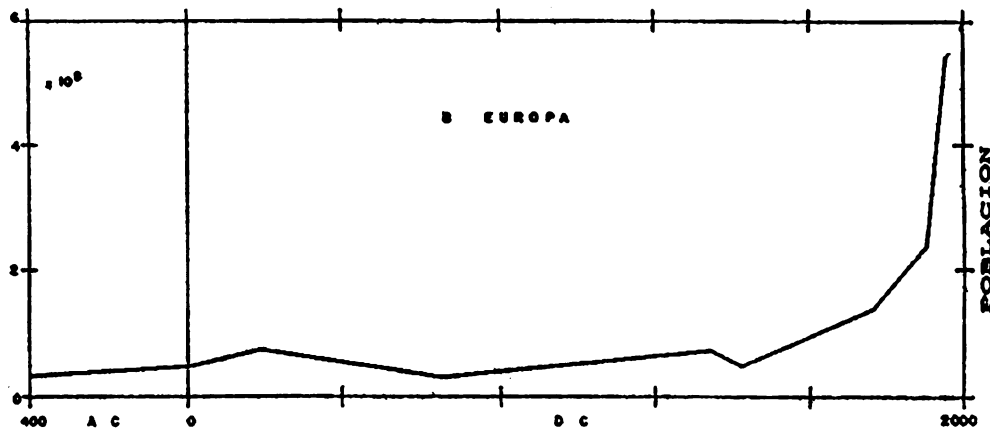
El problema No 1 que enfrenta la humanidad es: Alimentar el Incremento Poblacional. La explosión demográfica, es el peligro del mundo actual, Fig. 1.

El precio que estamos cubriendo por el exceso de población es muy alto: hundimiento de la tierra, provocado por la extracción del agua, el gas, petróleo, minería; equilibrio ecológico roto, mares, ríos, presas, contaminados; urbes con millones de habitantes contaminando el ambiente, en una palabra degradación drástica de la tierra.

La cacería en tiempos prehistóricos podía mantener alrededor de diez millones de personas, con el desarrollo primitivo de la agricultura fue posible incrementar a 300 millones. En esa época el control natural de la población era la falta de tecnología medica, industrial y agrícola, aunado a esto las guerras eran las sangrías que evitaban el incremento poblacional.

Sin embargo en 1850 vino la revolución industrial, medica y agrícola cambiando radicalmente este control, trayendo como consecuencia un desbordamiento incontenible de nuevas bocas que alimentar, se estiman que diariamente se incorporan a este mundo 220,000 personas.

DESARROLLO DE LA POBLACION EN EUROPA EN LOS ULTIMOS AÑOS



ESTAS CIFRAS SON MAS SIGNIFICATIVAS COMPARATIVAMENTE CON LAS MUNDIALES, CAUSADAS POR MECANISMOS DE REGULACION NATURAL. FIGURA 1.

De ahí el problema tan fuerte que enfrentamos, dado que la tierra no crece, por el contrario, en nuestro país con una superficie aproximada de 2 millones de km², esta condicionado por sus sistemas montañosos, se ha calculado un 28% de área con pendientes arriba del 25% un 55% con topografía ondulada y solo el 17% corresponden a tierras planas, ésta es la causa por lo cual se erosionan más de 250,000 ha por año. En la parte alta del Papaloapan en la zona Oaxaqueña – Poblana, la erosión afecta a 19000 km², la cual es una de las más graves que padece la República, depauperizando a sus pobladores al reducir sus áreas cultivables. La desertización progresiva de la región aumenta la torrencialidad de los ríos arrastrando los suelos hacia la parte baja. Tan solo el río Santo Domingo aporta 7.1 millones de m³ anuales en promedio de azolve hasta el bajo Papaloapan, se consideran totalmente perdidas 800,000 has.

LOCALIZACIÓN

La cuenca del Papaloapan se localiza en la vertiente Sur del Golfo de México y sus colindancias son: Al Norte con las cuencas cerradas Oriental y la del Río Atoyac de Veracruz. Al Este con la del Río Coatzacoalcos. Al Oeste con la del Río Balsas. Al Sur con la cuenca del Río Atoyac de Oaxaca y Tehuantepec.

Geográficamente queda ubicada entre los 17° y 19° de latitud Norte y entre los Meridianos 95° y 97° 40' de longitud Oeste de Greenwich.

Comprende parte de tres estados que integran los 46,517 km² de la cuenca del Papaloapan, correspondiendo el 51% de esta superficie al de Oaxaca, el 37% al de Veracruz y el 12% restante al de Puebla. El área total de la cuenca representa el 2.4% de la superficie de la República Mexicana.

Aspectos Fisiográficos, la Comisión del Papaloapan, clasifica la cuenca en dos regiones: Bajo Papaloapan que comprende la llanura costera que con suaves ondulaciones desciende hacia el mar y que se encuentra debajo de la curva de nivel de los 100 mts sobre el nivel del mar y Alto Papaloapan que enmarca las tierras restantes ubicadas arriba de los 100 mts.

Puede estimarse en términos generales, que el Bajo Papaloapan está comprendido en su mayor parte por la porción Veracruzana, en cambio el Alto Papaloapan está formado casi en su totalidad por las porciones correspondientes a los estados de Puebla y Oaxaca.

EROSIÓN

En tiempos prehispánicos en el Alto Papaloapan (Región Mixteca), está estaba densamente poblada, debido a su tecnología en cuanto a la agricultura se refiere ya conocían y practicaban la conservación del agua y suelo, aun quedan vestigios de algunas de estas practicas, además en los códices que aun existen, informan de estos trabajos, relatan que colocaban una olla de barro junto a una planta, llenándola con agua y esta llegaba a la misma por filtración actualmente esto se conoce, como riego por goteo. En el cerro del jicote se encontró vestigios de una zanja que rodeaba al mismo con la finalidad de aprovechar todo el escurrimiento el cual llevaban hasta una cárcava natural, previamente protegida con represas de piedra acomodada y que iba a descargar a un terreno preparado para recibir esta agua, construían tecorrales de piedra acomodada para evitar la erosión, los cerros se encontraban poblados de bosques.

Sin embargo vino la conquista y hubo emigración de los nativos, trayendo como consecuencia la perdida de estas practicas y la erosión tan grave que observamos en el Alto Papaloapan, fotos No 1, 2, así como el arrastre de azolve a la parte baja de la cuenca. El promedio anual de azolve en el Río Papaloapan, es de 14 millones de m³, los que se depositan tanto en el Río como en la laguna de Alvarado, estos azolves constituían una seria y constante amenaza por la impetuosidad de las avenidas del Río Papaloapan que lo hacen desbordarse inundando enormes extensiones con graves perjuicios materiales y perdidas irreparables de vidas.



Foto 1.



Foto 2.

Por lo que hubo necesidad urgentisima de decretar la formación de una comisión que se abocara a resolver el problema en forma integral, así como el desarrollo socioeconómico de toda la cuenca.

Dentro de las actividades de esta Comisión se puso en marcha, un programa de conservación del suelo y agua en el Alto Papaloapan, estos trabajos consistieron en la planeación y ejecución de una serie de prácticas cuya finalidad, era aprovechar el agua de lluvia y detener al máximo el azolve, estas prácticas fueron:

Presas de mampostería para entarquinamiento de aguas broncas.- Consisten en construir una presa como la que se observa en la foto No 3 la que deriva un caudal con un gasto previamente calculado, el cual va a dar a un terreno preparado con amelgas o bordos a nivel y un vertedor cuya función es continuar entarquinando la siguiente amelga.

Foto 3.



Presa de derivación de aguas permanentes.- Construidas con mampostería, en Arroyos y Ríos que llevan agua permanente, la cual es derivada por canales hacia los terrenos que van a beneficiar, previo estudio hidráulico. Foto 4.

Foto 4.



Presas Flexibles y Rígidas, para retención de azolve.- Es una práctica que ha dado buenos resultados para el control de sedimentos principalmente en grandes cárcavas como se puede observar en la foto No 5, el único requisito es que la cima de una presa coincida con la base de la siguiente y así sucesivamente, sin embargo el costo es significativo de una y otra y las dos dan el mismo resultado. Foto 5.



Presas de ramas entretejas.- Dan el mismo resultado que las anteriores sin embargo su duración es mucho menor y solo pueden construirse en cárcavas pequeñas, foto No 6.

Foto 6.



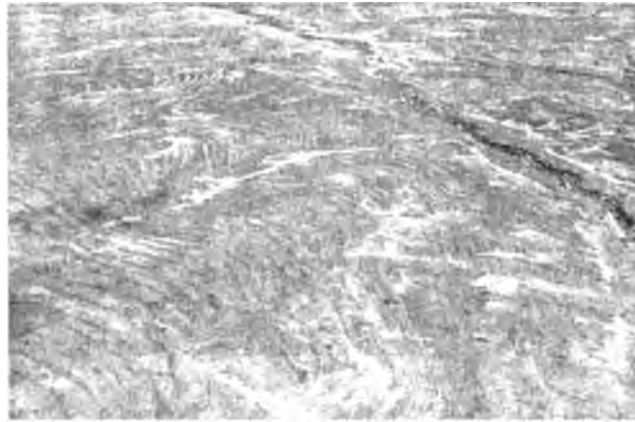
Tecorrales.- Son bordos contruidos con piedra acomodada en curvas a nivel para detener él azolve, sin embargo es una practica costosa, foto No 7

Foto 7.



Terrazas de Absorción.- Es una de las prácticas, más económicas, efectivas y de fácil construcción y dan un excelente resultado en el control de la erosión, son bordos de tierra a nivel, contruidos con arado agrícola foto No 8.

Foto No 8.



Terrazas de Banco.- Es una práctica efectiva pero demasiado costosa, por lo que no se recomienda, su construcción.

Zanjas tipo Gradoni.- Es una práctica un tanto costosa pero muy efectiva para el control de azolve y siembra de especies arbóreas, consiste en construir zanjas a nivel con las siguientes dimensiones 2.50 de largo por 0.50 de ancho y 0.50 de profundidad y los siguientes 50 cm. Queda crudo el terreno, excavando una cepa de 0.50X0,50X0.50 en la parte de debajo de este intermedio, para las plantaciones previamente determinadas, la tierra producto de la excavación se deposita en la parte de abajo, para evitar que se azolve con las primeras lluvias, foto No. 9

Foto 9.



Zanjas tipo Netzahualcoyotl.- Son similares a la anterior, con la única diferencia que la tierra se coloca en la parte superior de la zanja y la cepa va al centro de la misma en la parte inferior.

Zonas de Exclusión.- Esta práctica dio excelente resultado al evitar el pastoreo en áreas muy agostadas, ya que se aprecia la formación de cubierta vegetal que ayuda a controlar los escurrimientos superficiales y la erosión, esta práctica consistió en cercar áreas de 50 ha. Evitando el pastoreo intensivo de la zona, foto No 10

Foto 10.



Viveros.- Fue necesario la implantación de viveros de especies adaptables a la zona para la reforestación de estos cerros, dando los mejores resultados, la siembra del nopal, sobre todo en los bordos construidos, foto No 11.

Foto 11



CONCLUSIONES

La evaluación del efecto de las obras de Conservación del Suelo y Agua, en la parte alta del Papaloapan, no fue posible evaluarse porque se necesitan, gran cantidad de datos y registros, además no se contó con el apoyo financiero necesario que requieren estas obras, por lo que solo se puede hacer una evaluación subjetiva de cada práctica empleada.

LITERATURA CONSULTADA

SRH. COMISIÓN DEL PAPALOAPAN, 1972. 1947-1972: 25 Años de Labores 124p.
IPESA CONSULTORES. 1973 Análisis de Efectividad de los Trabajos Desarrollados por la Comisión del Papaloapan para la Conservación del Suelo en La Mixteca Oaxaqueña 151 p.

FONDO MIXTO REVOLVENTE PARA ESTUDIOS DE PREINVERSIÓN., SRH., COMISIÓN DEL PAPALOAPAN. NACIONAL FINANCIERA, S.A. 1973 Diagnostico Socioeconómico de la cuenca del Papaloapan 211 p.

FERRER REGALES MANUEL. 1975. La Población entre la Vida y la Muerte. Editorial Prensa Española. Editorial Magisterio Español. 158 p.
SRH.-COMISION DEL PAPALOAPAN. INSTITUTO MEXICANO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES. 1977. Recursos Naturales de la Cuenca del Papaloapan, Tomo I y II. 878 p.

SISTEMAS DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA

PEDRO LEÓN ROMERO

Secretaria de Desarrollo Regional, Dirección General de Asuntos Ecológicos, Subdirección de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.

Son indiscutibles los beneficios que grandes extensiones de terrenos en los que se practicaba una agricultura de temporal, se han obtenido al dedicarlos a una agricultura tecnificada con sistemas de riego; a raíz de la construcción de obras de almacenamiento consideradas como de grande y pequeña irrigación, mismas que arrojan un universo de 1,273 presas de almacenamiento y 1,412 presas derivadoras, en la historia hidráulica de nuestro país.

La capacidad aproximada de almacenamiento en obras artificiales es de 150,000 millones de metros cúbicos y los embalses naturales tales como lagos y lagunas almacenan un volumen promedio de 14,000 millones de metros cúbicos; de tal forma que la agricultura se ha incrementado en un poco más de 6 millones de hectáreas con riego a través de la infraestructura hidráulica de éstas obras, también se dispone de fuertes volúmenes para abastecer agua a los diferentes centros urbanos e industriales de la República Mexicana.

Dos aspectos, también muy importantes en la construcción de obras de almacenamiento, son los relativos a los beneficios que se obtienen en generación de Energía Eléctrica y al control de avenidas; brindando mayor comodidad a la sociedad por una parte y por la otra, protegiéndola de los siniestros que causan las inundaciones en zonas agrícolas y urbanas.

En el Estado de Veracruz, existen cuatro presas derivadoras que opera la Comisión Federal de Electricidad, en las cuales funcionan sistemas de generación de energía eléctrica, siendo éstas: Tuxpango, Texolo, Las Minas y el Encanto; además otras dos presas de almacenamiento que se utilizan para control de avenidas y generación de energía eléctrica, siendo éstas Temascal y Cerro de Oro, que aunque ubicadas en el Estado de Oaxaca, prácticamente los beneficios son para el Estado de Veracruz.

Es conveniente resaltar que las primeras cuatro obras, fueron construidas a principios del presente siglo y curiosamente se ubican en las cuencas de los Ríos Blanco, La Antigua y Bobos; es decir, en la parte central de la vertiente del Estado y las dos últimas en la cuenca del Río Papalopan, donde se han protegido de inundaciones, alrededor de 350,000 has. , Dedicadas a las actividades agropecuarias.

En ésta misma zona de referencia que abarca desde la cuenca del Río Tecolutla hasta la Cuenca del Río Jamapa, existen una serie de pequeñas cuencas que vierten directamente al Golfo de México, en las cuales no existen obras de captación para incrementar las superficies dedicadas a la agricultura y a la Ganadería y en primer orden para dotar de agua potable a los centros urbanos.

En las cuencas centrales del Estado, como son los Río Bobos y la Antigua, sobre todo en su parte media alta, es urgente la realización de estudios geológicos e hidrológicos, que nos permitan detectar pequeñas boquillas donde se puedan construir en serie, obras de almacenamiento y derivación en función de su capacidad, ciertos volúmenes acordes con las actividades que se desarrollen en los poblados ubicados agua abajo; incluyendo la instalación de pequeñas hidroeléctricas para abastecimiento local, que reduciría en gran medida el déficit que existe en nuestro país de energía eléctrica y que se mejoraría la calidad del medio ambiente al evitar el consumo de hidrocarburos en termoeléctricas.

Mención especial merece la parte media alta de las cuencas de los río Jamapa y Cotaxtla, la cual comprende grandes extensiones de terreno que no son aprovechados por falta de agua. Es una zona donde el agua subterránea y superficial, es sumamente escasa por las características del suelo y por la poca precipitación; sin embargo, existe un gran número de cañadas que se han formado a causa de las lluvias y cuando éstas se presentan, conforman escurrimientos importantes para su aprovechamiento.

Cabe mencionar que en el Estado de Veracruz existen alrededor de 270 embalses naturales, considerando un parámetro menor a 300 hectáreas de superficie cada una; mismos cuerpos de agua de captación que se abastecen de la escorrentía natural y que son una fuente potencial de explotación en su fauna que originar la creación de múltiples actividades en materia acuícola.

Lo anterior muestra la necesidad de contar con medidas que nos permitan conservar está riqueza natural, y así seguir disponiendo del recurso agua en estos sistemas de captación, con la finalidad primordial de mantener el equilibrio ecológico de estos ecosistemas, los cuales, en algunos casos, han sido seriamente afectados por las descargas provenientes de núcleos poblacionales y en ocasiones también por las actividades industriales.

Esta breve presentación, sirve como marco de referencia para plantear la urgente necesidad y la gran importancia que se tiene en nuestro país, de la construcción de pequeñas obras de almacenamiento y bordos que nos permitan la recarga de los acuíferos, la retención de azolves que se originan con la erosión y una mayor disponibilidad del vital líquido para beneficio de la sociedad.

GUIA DEL ITINERARIO DE LA RUTA XALAPA-EL CONEJO

Secretaría de Desarrollo Regional, Dirección General de Asuntos Ecológicos, Subdirección de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.

Bienvenidos a la VI Reunión Nacional sobre sistemas de captación de agua de lluvia; como una forma de entender y comprender la problemática y los avances que se han llevado a cabo en torno al conocimiento del agua, hemos preparado un conjunto de actividades que darán inicio con un recorrido, teniendo como punto de partida la ciudad de Xalapa y como destino la población del Conejo, ubicada dentro del Parque Nacional Cofre de Perote con una altura de 4,300 m.s.n.m. . Partiendo de la ciudad de Xalapa pasaremos por las poblaciones de Banderilla-Piletas-Acajete-La Joya chica- La Joya- Toxtlacoaya- Encino Gacho- Las Vigas de Ramírez- Cruz Blanca- Sierra de Agua- y Los Molinos- Perote (Ver mapa anexo), una vez que lleguemos a la ciudad de Perote tomaremos la terracería que nos llevará a la población de El Conejo pasando por las poblaciones de Justo Sierra-Dos aguas y llegando a el Conejo. Estas poblaciones se encuentran con diferente Orografía, teniendo entre sus extensiones, terrenos de sierra, lomerío, llanura y malpaís, estos dos últimos para la parte baja del Cofre de Perote, su hidrografía está compuesta por 3 cuencas que nacen en las faldas del Cofre de Perote, la cuenca Hidrológica la Antigua con una extensión de 150 km que cuenta con los ríos Consolapa, Pixquiac, Sordo, Los pescados, Texolo y Pintores, la cuenca Hidrológica Actopan con una extensión de 85 Km que cuenta con los ríos Naolinco, Pastorías, Alto-lucero, Trapiche del Rosario, El grande, y San Antonio, y la cuenca del Nautla, con una extensión de 125 Km aproximadamente que cuenta con los ríos Jobo, Quilatepec, Lajajalmaría de la Torre, Alseseca, Cepillo San Pedro, Trinidad, Tomata y Puerco. Caudales menores son Cocozatla, Tinimil, Minilla, Obispo y agua escondida hoy “ Pixquiac” que significa cosecha de agua. A los alrededores del cofre existen algunas lagunas como Tilapan, Tecajetes, Carnestolentas, Tonalaco y Negra. El agua almacenada es fuente de abastecimiento de poblaciones como Xalapa, Xico, Coatepec, Las Vigas, Perote, Jalacingo, Altotonga, Ixhuacán, Villa Aldama entre otras. Los climas más relevantes en este trayecto varían de semicálidos húmedos con temperaturas de 22 a 26°C, templados húmedos con temperaturas de 10 a 12° C a fríos y semifríos con temperaturas de 6 a 10°C.

Los suelos predominantes en esta zona, son Andosoles, siendo suelos de color negro y de consistencia polvosa, se caracterizan por una fracción fina que en lugar de estar compuesta de arcilla, consiste en materiales organo-minerales estables y muy higroscópicos se dividen en tres: los profundos y poco profundos se encuentran en un clima templado fresco y continuamente húmedo entre 1500 y 3500 m, los pardos se ubican en las partes mas bajas entre 1200 y 1500 m de altitud en donde se manifiesta una marcada estación seca, los Andosoles son suelos cuya capa de materia orgánica llega al 20% , su Ph es poco ácido, de 5 a 6, y tienen una gran capacidad de intercambio catiónico (de 40 a 70 meq en el horizonte superficial).

La vegetación en este trayecto está conformada por diversos tipos, como Bosque Caducifolio, Encinar, Selva Baja Caducifolia para el caso de Xalapa, Bosque de Pino, y de Pino Encino para las demás, para el primer caso encontraremos especies como (encinos-*Quercus sp*, liquidámbar-*Liquidambar macrophila*, olmos-*Ulmus mexicana*, pinos-*Pinus sp*, hayas-*Platanus mexicana*, marangola – *Clethra mexicana*, pepinque-*Carpinus carolineana*, rama tinaja- *trichilia havanensis* y helechos arborescentes-*Nephelea mexicana* de los más representativos); para las demás poblaciones encontramos encinos-*Quercus sp*, y coníferas *Pinus cupresus*, *Pinus teocote*, *Pinus patula*, *Pinus montezumae*, *Pinus pseudoestrobis*, *Pinus oyamel*, *Pinus hartwegii*, *Pinus ayacahuite*, *Pinus rudis* y árbol como el ilite *Alnus jurullensis*.

Xalapa y las demás zonas se encuentran situados sobre una zona volcánica, constituida por flujos piroclásticos de cenizas y bloques que se sobreponen a coladas de lava más antiguas, en el área existen una gran diversidad de rocas volcánicas efusivas tales como lavas andesíticas antiguas, a veces dacíticas cuyos extensos y espesos derrames conforman la estructura inicial del macizo del Cofre de Perote los materiales que se encuentran en estas zonas son aprovechados como piedra de construcción y las gravas que se encuentran en las cercanías de los pequeños conos volcánicos se utilizan como material de relleno para carreteras, de los depósitos piroclásticos e ignimbritas se aprovecha la parte superior intemperizada para la fabricación de ladrillo y la inferior como piedra de adorno, los depósitos menos consolidados de cenizas y pomez ubicados entre Xalapa y Coatepec constituyen los principales bancos de arena para la construcción.

En cuanto a Fauna, existe una gran variedad de especies debido a los diferentes tipos de vegetación que se dan en la zona, y a las ecotonías que se forman; podemos encontrar especies tanto Neárticas como Neotropicales, de los cuales citamos algunos: mapaches-*Procyon lotor*, zorras-*Urocyon cinereoargenteus*, tlacuaches-*Didelphis virginiana* y *D. marsupialis*, zorrillos- *Conepatus mesoleucus* y *mephitis macroura*, conejos- *Sylvilagus floridanus*, coyote- *Canis latrans*, cacomixtle-*Bassariscus astutus*, pajarito carpintero-*Melanerpes sp*, urracas- *Cyanocitta stelleri*, dominicos-*Dendroica dominica*, chipes-*Dendroica sp*, primavera-*Turdus sp*, cardenal-*Cardinalis cardinalis*, gorriones-*Carpodaco doméstico*, serpientes de cascabel- *Crotalus sp* y *Sistrurus sp*, culebra chirrionera-*Dryadophis melanolomus* y *Pithophis*, falsos coralillos-*Lampropeltis sp* y *Geophis sp*, lagartijas- *Sceloporus sp* *Anolis sp* *Barissia sp*, salamandras-*Bolitoglossa sp* y ranas-*Hyla sp* y *Rana sp*, Camaleón-*Phrynosoma orbiculare*.

Los principales cultivos en esta zona son el maíz, frijol, papa, avena, haba, cebada y trigo, las poblaciones manejan en alguna estación del año actividades agrícolas relacionándolas con actividades ganaderas como lo son la cría de ovejas, cabras, vacas, aves de corral etc., regularmente esto tiene como fin el autoconsumo aunque también se da el ingreso de ganancias por la venta de algún organismo.

PARQUE NACIONAL COFRE DE PEROTE

El volcán del Cofre de Perote se encuentra situado en la zona occidental con altitudes que se sitúan entre los 1500 y 4000m, sus climas son templado (Cf), semifrío (Cb') y frío E(T) C (Sistema de clasificación climática de Koopen, 1936), predominantemente húmedo. Es una zona volcánica constituida por flujos piroclásticos de cenizas y bloques que se sobreponen a coladas de lava más antiguas. Incluye a los Municipios de las Vigas, San Andrés Tlanchuayocan y la parte alta de Coatepec y de Xico, en contraparte la zona oriental se encuentra situada a altitudes inferiores a 1200m, está conformada por mesetas inclinadas con lomeríos, sobre espesos derrames piroclásticos y de lava, de estas mesetas emergen a veces cerros de caliza, levantados por fuerzas tectónicas y testigos de depósitos marinos anteriores a la actividad volcánica. El clima es semicálido húmedo, con aumento progresivo de la duración de la estación seca hacia el Este. Esta zona abarca los municipios de Xalapa, Emiliano Zapata, las partes bajas de Coatepec y el de Jalcomulco, en medio de ambos se encuentra una zona de transición con características comunes a las dos anteriores y que abarca un rango altitudinal entre 1200 y 1500 m.

Existe en el área una gran diversidad de rocas volcánicas efusivas tales como lavas andesíticas antiguas, a veces dacíticas, cuyos extensos y espesos derrames conforman la estructura inicial del macizo del Cofre de Perote. En ciertos valles afloran coladas de lavas basálticas de menor volumen y más recientes que las anteriores, esto ocurre por ejemplo en los valles de Banderilla y Jilotepec, dichos materiales son aprovechados como piedra de construcción, las gravas que se encuentran en la cercanía de los pequeños conos volcánicos se usan como material de relleno para carreteras.

De los depósitos piroclásticos e ignimbritas se aprovecha la parte superior intemperizada para la fabricación de ladrillo y la inferior como piedra de adorno. Los depósitos menos consolidados de cenizas y pómez ubicados entre Xalapa y Coatepec constituyen los principales bancos de arena para la construcción.

Los suelos de las laderas del cofre de Perote y Perote se llaman Andosoles y son suelos de color negro y de consistencia polvosa, se caracterizan por una fracción fina que en lugar de estar compuesta de arcilla, consiste en materiales organo-minerales estables y muy higroscópicos se dividen en tres, los profundos y poco profundos se encuentran en un clima templado fresco y continuamente húmedo entre 1500 y 3500 m, los pardos se ubican en las partes mas bajas entre 1200 y 1500 m de altitud en donde se manifiesta una marcada estación seca, los Andosoles son suelos cuya capa de materia orgánica llega al 20% , su ph es poco ácido de 5 a 6 y tienen una gran capacidad de intercambio catiónico (de 40 a 70 meq en el horizonte superficial), el agua que es almacenada por el Cofre de Perote desciende por tres caudales: Las cuencas de los ríos la Antigua, Actopan y Nautla, que juntan a numerosos arroyos. Caudales menores son Cocosatla, Tinimil, Minilla, Obispo y Agua escondida hoy Pixquiac que "significa cosecha de agua". Existen a los alrededores del cofre algunas lagunas como: Tilapan, Tecajetes, Carnestolentas, Tonaco y Negra., el agua captada es fuente de abastecimiento de poblaciones como Xalapa, Xico, Coatepec, Las Vigas, Perote, Jalacingo, Altotonga, Ixhuacán, Villa Aldama entre otras.

Los principales cultivos en esta zona son el maíz, frijol, papa, avena, haba, cebada y trigo, las poblaciones manejan en alguna estación del año actividades agrícolas relacionándolas con actividades ganaderas como lo son la cría de ovejas, cabras, vacas, aves de corral etc., regularmente esto tiene como fin el autoconsumo aunque también se da el ingreso de ganancias por la venta de algún organismo.

PEROTE

LOCALIZACIÓN

El municipio de Perote se localiza entre las coordenadas extremas del meridiano 97° 06' al 97° 26' de longitud oeste, y del paralelo 19° 24' al 19° 39' de latitud norte. Su altitud promedio es de 2,394 msnm, y su parte más elevada es de aproximadamente de 4250 msnm, en el lugar conocido como Cofre de Perote.

Tiene una superficie de 735.35 km², se divide en 32 localidades, entre las que destacan las congregaciones de Francisco I. Madero, Guadalupe Victoria, Justo sierra, Los Molinos, Sierra de Agua y Zalayeta.

HIDROGRAFÍA

Su hidrografía es muy importante puesto que en el Cofre de Perote se forman tres vertientes, la de los ríos Huitzilapan y Nautla, por medio de numerosos arroyos; otros arroyos de corto caudal son el Coccozatla, Tinimil, Aninilla, Obispo y el Venero de Pinaguztepec. Existen también pequeñas lagunas, entre las que destacan Tilapa, Tecajete, Carnestolenda, Tonaco y Negra.

CLIMA

Su clima es frío-seco-regular, con temperatura media anual de 12°C y lluvias escasas, con una precipitación media anual de 493.6 mm.

OROGRAFÍA

Está situado en la zona central-occidental del Estado; su topografía es quebrada, allí se localiza el Cofre de Perote, precisamente en la parte sur de la Sierra Madre Oriental. El tipo de suelo que predomina es el regosol, altamente susceptible a la erosión. El color varía de gris oscuro y negro, gris muy oscuro, gris amarillento, oscuro y negro; la textura es franca, franco arenoso, franco arcilloso, arcillosa y arenosa.

FLORA Y FAUNA

La Vegetación predominante es de bosques de tipo aciculípolis y de crasorosetifolio, compuesta por pinos, encinos, matorrales con isotes y matorrales espinosos.

La Fauna está integrada por diversas especies de animales silvestres: conejos, zorros, gatos monteses, mapaches, armadillos, tlacuaches; gavilanes, palomas y lechuzas, entre otros.

LAS VIGAS DE RAMIREZ

LOCALIZACIÓN

Se encuentra entre las coordenadas 19° 38' 22'' de latitud norte y a los 02° 02' 42'' de longitud este, con una altitud promedio de 2,481 msnm y tiene una extensión de 108 km² , dividiéndose en 34 localidades, entre las que destacan Tloxtlacuaya, Aguasuelos, El Paisano y Barrio de la Salud.

HIDROGRAFÍA

Al municipio lo riegan pequeños arroyos, tributarios del Río Actopan.

CLIMA

Templado-húmedo-regular, con una temperatura media anual de 18° C; lluvias abundantes en verano y hasta principios de otoño, con menor intensidad en invierno. Su precipitación media anual es de 1500 mm.

OROGRAFÍA

Se encuentra situado en la zona central del Estado, en las estribaciones del Cofre de Perote. Su suelo es de tipo andosol y litosol; el primero se ha formado a partir de cenizas volcánicas, y el segundo se caracteriza por tener una profundidad menor de 10 cm .

FLORA Y FAUNA

Su vegetación es de tipo de bosque frío de pináceas, con especies como pino colorado, *Pinus strobus* y *pinus ayacahuite*, *pinus rudis*, encino y oyamel.

Existe una gran variedad de animales silvestres, entre los que se encuentran coyotes, armadillos, conejos, víboras y ardillas.

ACAJETE

LOCALIZACIÓN

El municipio de Acajete se localiza entre las coordenadas 19° 34' de latitud norte y 96° 59' de longitud este. Su altitud promedio sobre el nivel del mar es de 2,000 m. Tiene una extensión de 90.48 km², se divide en 28 localidades, entre las que destacan La Joya, Joya Chica y Mazatepec.

HIDROGRAFÍA

Al municipio lo riegan arroyos afluentes del Río Sedeño, que son tributarios del Actopan, siendo el principal arroyo El Pixquiac.

CLIMA

Frío-húmedo, con una temperatura media anual de 16°C; heladas en invierno y constantes neblinas; su precipitación media anual es de 1000 a 2000 mm.

OROGRAFÍA

Se encuentra situado en la zona central y montañosa del Estado, sobre las estribaciones nororientales del Cofre de Perote. Su suelo es de tipo ígneo extrusivo, con alta susceptibilidad a la erosión.

FLORA Y FAUNA

Su Vegetación es de tipo Caducifolio, siendo sus principales especies el encino, oyamel y otros árboles pequeños.

Existe una gran variedad de animales silvestres, entre los que se encuentran armadillos, zorros, conejos, mapaches, lechuzas, gavilanes y jilgueros.

RAFAEL LUCIO
(SAN MIGUEL DEL SOLDADO)

LOCALIZACIÓN

Se encuentra localizado entre las coordenadas 19° 35'40'' de latitud norte y a los 2° 08'42'' de longitud este. Su altitud promedio es de 1901 msnm. Tiene una superficie de 24.68 km², se divide en 28 localidades, entre las que destacan Piletas y Teapan.

HIDROGRAFÍA

Al municipio lo riegan pequeños arroyos, que son tributarios al Río Actopan.

OROGRAFÍA

Se encuentra centrado en la zona central y montañosa del Estado, en las estribaciones nororientales del Cofre de Perote, siendo su suelo bastante accidentado. Su suelo es de tipo andosol, que se a formado a partir de cenizas volcánicas.

FLORA Y FAUNA

Su flora es de bosque templado caducifolio, el árbol representativo es el Liquidámbar u ocozote, además existen encinos, fresnos, álamos y sauces.

El municipio cuenta con una gran variedad de animales silvestres, como armadillos, zorros, conejos, mapaches, gavilanes, jilgueros, búhos, coyotes, calandrias, primavera y víboras.

BANDERILLA

LOCALIZACION:

El Municipio de Banderilla se localiza en la zona central del Estado, entre las coordenadas 19° 35' de latitud norte y 95° 56' de longitud oeste del Meridiano de Greenwich. Su altitud promedio sobre el nivel del mar es de 900m.

Tiene una superficie de 22.21 Km ², cifra que representa 0.172 % del total del Estado. Limita con los municipios de Jilotepec, Tlanehuayocan, Rafael Lucio y Xalapa.

HIDROGRAFÍA:

Es regado por pequeños ríos tributarios del Sedeño, que a su vez es tributario del Actopan.

CLIMA:

Frío-Húmedo, con escalas de oscilación térmica; lluvias abundantes en verano y hasta principios de otoño, durante el invierno corren fuertes vientos fríos.

OROGRAFÍA:

Está situado en la zona Central del Estado, sobre las estribaciones últimas del Cofre de Perote, por lo que su topografía es irregular pero sin accidentes de importancia. El Cerro de mayor consideración es de la Martinica.

CLASIFICACION Y USO DEL SUELO:

Su suelo es de tipo coluvial e in situ, derivado de roca volcánica y con poca susceptibilidad a la erosión.

FLORA Y FAUNA:

Las especies características son alamillo, palo barranco, álamo, aile, palo de baqueta, encino, encinos negro y rojo. Existe una gran variedad de animales silvestres, entre los que se encuentran tejones, tlacuaches, zorrillos, conejos, zorras, armadillos y ardillas.

XALAPA

LOCALIZACION:

El municipio de Xalapa se encuentra localizado entre las coordenadas siguientes: del meridiano 96° 49' al 96° 59' de longitud oeste y del paralelo 19° 30' al 19° 36' de latitud norte. Su altitud promedio es de 1,427 m sobre el nivel del mar.

Tiene una superficie de 118.45 km², lo cuál representa 0.16 % del total del Estado, colinda al norte con los municipios de Banderilla y Jilotepec, al sur con Emiliano Zapata y Coatepec, al este con Actopan, al Oeste con Talnehuayocan, al noreste con Naolinco y al Noroeste con Acajete.

HIDROGRAFÍA:

Al norte del territorio destaca el Río Sedeño que tiene su origen en el Cofre de Perote; al sur, los ríos Carneros y Sordo, que se unen con el límite poniente de la mancha urbana. Existen además cuatro cuerpos de aguas; tres de ellos artificiales: El Castillo, El Dique y las Animas, el cuarto es natural y se encuentra ubicado en la Colonia 6 de Enero.

CLIMA:

Templado húmedo regular y una temperatura media anual de 18°C, descendiendo notablemente durante invierno debido a los vientos del norte, presenta lluvias abundantes en Verano y principios de Otoño, con una precipitación media anual de 1,509.1 mm.

OROGRAFÍA:

Está situado en la zona central del Estado, en las estribaciones del cofre de Perote, su topografía es irregular pero poco accidentada.

CLASIFICACIÓN Y USO DEL SUELO:

Existen básicamente dos unidades edafológicas: en la zona centro-poniente, incluyendo la mancha urbana, el suelo es de tipo andosol húmico y órtico, combinado con regosol y litosol para el uso agrícola.

FLORA Y FAUNA:

Bosque caducifolio; encino, chaca, chijol, haya, uvero, álamos y sauces, piñuela, espino, mala mujer, etc.

En los montes alledaños se encuentran zorrillos, tlacuaches, conejos, ardillas, tuzas, armadillos, tejones y mapaches.

