



IV REUNION NACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTACION DE LLUVIA



IICA



FAZ

*6 al 9 de Octubre 1997
Torreón, Coah. México*



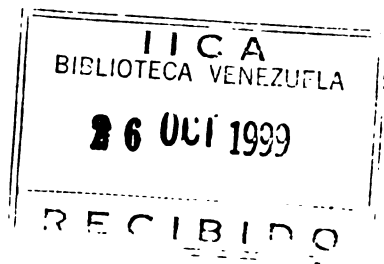
IICA
BIBLIOTECA VENEZUELA

26 OCT 1999

RECIBIDO



IV REUNION NACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTACION DE LLUVIA



IICA



FAZ

**6 al 9 de Octubre 1997
Torreón, Coah. México**

00007453

1101
010
35



IV REUNION NACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTACION DE LLUVIA

6 al 9 de Octubre de 1997. Torreón, Coah. México

PUBLICADO EN 1997 POR:

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

COPYRIGHT 1997

IMPRESO EN MEXICO/PRINTED IN MEXICO

MEMORIAS DE LA IV REUNION NACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTACION DE LLUVIA (6 AL 9 DE OCTUBRE DE 1997. TORREON, COAH. MEXICO). EDITADO POR DR. MANUEL ANAYA GARDUÑO, PROGRAMA DE EDAFOLOGIA. INSTITUTO DE RECURSOS NATURALES, COLEGIO DE POSTGRADUADOS EN CIENCIAS AGRICOLAS. MONTECILLO, EDO. DE MEXICO. DR. ENRIQUE SALAZAR SOSA, PROFESOR-INVESTIGADOR DE LA DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO. FAZ-UJED Y CIGA-ITA N° 10 GOMEZ PALACIO, DGO.

P.

ISBN: 968-6201-38-6

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

COMITE ORGANIZADOR NACIONAL

MANUEL ANAYA GARDUÑO
COORDINADOR GENERAL
COLEGIO DE POSTGRADUADOS

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

HECTOR PADILLA GUTIERREZ
DIRECTOR DE FOMENTO Y DESARROLLO
CONAZA

TOMAS VALENZUELA RUIZ
GERENTE DE DISTRITOS DE TEMPORAL TECNIFICADO
CONAGUA

GONZALO CHAPELA Y MENDOZA
DIRECTOR GENERAL DE RESTAURACION Y CONSERVACION DE SUELOS
SEMARNAP

COMITE ORGANIZADOR LOCAL

ENRIQUE SALAZAR SOSA
PROFESOR INVESTIGADOR DE LA DIVISION DE
ESTUDIOS DE POSTGRADO FAZ-UJED Y CIGA-ITA 10
GOMEZ PALACIO, DGO.
COORDINADOR

LUIS JAVIER HERMOSILLO SALAZAR
SECRETARIO GENERAL

IGNACIO SANCHEZ COHEN
SECRETARIO TECNICO

AURELIO PEDROZA SANDOVAL
SECRETARIO DE ORGANIZACION

JOSE DIMAS LOPEZ MARTINEZ
CELSO MANUEL VALENCIA CASTRO
CIRILO VAZQUEZ VAZQUEZ
RODOLFO ZAMORA NUÑEZ
EDITORIAL

ARMANDO ESPINOZA BANDA
GUILLERMO GARCIA LEGASPI
RAYMUNDO AMADOR CIFUENTES
DIFUSION

PREFACIO

A pesar de que los sistemas de producción agrícola bajo condiciones de irrigación datan de más de 5000 años, el porcentaje de la superficie que abarcan a nivel mundial es menor del 5%. Lo anterior indica que los sistemas de producción agrícola, pecuaria y forestal bajo condiciones de temporal, cubren más del 95% de la superficie mundial, lo cual establece un reto para el desarrollo sustentable.

Las crecientes poblaciones humanas y animal ejercen cada vez mayor presión sobre la tierra, esto genera en la mayoría de los casos, procesos de degradación física, química y biológica con consecuencias de tipo social, económico, ecológico y político.

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.

Es por ello, que los sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia, los cuales datan de más de 5,000 años, que son cada vez más importantes para el desarrollo y bienestar de la humanidad, ya que además de aumentar la producción, permiten reducir los efectos de la sequía.

Los sistemas de captación de agua de lluvia podrían considerarse como formas rudimentarias de irrigación; sin embargo, la diferencia está en que bajo condiciones de temporal, el productor no tiene control sobre el régimen de lluvias ya que este, está sujeto a fenómenos naturales.

A la fecha, se han realizado tres Reuniones Nacionales sobre Sistemas de Captación de Lluvia, promovidas por la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, la primera realizada en la Ciudad de Zacatecas, en Septiembre de 1990 y organizada por la Universidad de Zacatecas. La segunda, en la Ciudad de Torreón, Coahuila en Agosto de 1994, organizada por el CENID-RASPA-INIFAP del Estado. La tercera, en la Ciudad de San Luis Potosí, S.L.P., en Septiembre de 1996, organizada por Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo y el Colegio de Postgraduados.

La IV Reunión Nacional sobre Sistemas de Captación de Lluvia se inscribe en el marco de las actividades de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, la cual fue fundada en 1962. Además, se cuenta con la participación de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA), la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (C.P.), conjuntamente con diversos Organismos Internacionales tales como el Secretariado de la Convención Internacional de Lucha Contra la Desertificación, la Asociación Internacional de Sistemas de Captación de Lluvia y el IICA.

El propósito general de este Evento es fortalecer la capacidad de los organismos gubernamentales, los no gubernamentales, los productores, los técnicos y los investigadores en el aprovechamiento integral del agua de lluvia, así como la promoción hacia el Desarrollo Sustentable.

Los objetivos específicos de la IV Reunión se refieren al análisis profundo de los temas siguientes:

- Impacto de la sequía en la producción agrícola, pecuaria y forestal.
- Sistemas de captación de lluvia para la producción agrícola, pecuaria y forestal.
- Impacto social, económico y ecológico de los sistemas de captación de lluvia.

Durante éste Evento, se contará con la presencia de distinguidos investigadores y técnicos, nacionales y extranjeros quienes transmitirán sus conocimientos y experiencias. El Evento incluye sesiones plenarias, exhibición de carteles y recorridos de campo. Se pretende lograr un esfuerzo concertado que conduzca a la búsqueda de lineamientos estratégicos sobre el uso racional del agua en las zonas áridas y semiáridas con sistemas de producción económicamente viables y sobre todo, que repercutan en el bienestar social.

Las Instituciones representadas en este Evento son las siguientes:

- ✓ Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (CP)
- ✓ Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)
- ✓ Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP)
- ✓ Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA)
- ✓ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP)
- ✓ Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM)
- ✓ Universidad Autónoma Chapingo (UACH)
- ✓ Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca (ITAO)
- ✓ Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO)
- ✓ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste
- ✓ Facultad de Agricultura y Zootecnia Universidad Juárez del Estado de Durango (FAZ-UJED)
- ✓ Gobierno del Estado de México, Secretaría de Desarrollo Agropecuario
- ✓ Asociación Internacional de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (IRCISA)
- ✓ Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

Es necesario enfatizar sobre la necesidad de contar con una Base de Datos relativa a los sistemas de captación de lluvia y con una Red que enlace instituciones y personas con el objeto de promover la aplicación masiva de estas técnicas, así como la generación y el desarrollo de nuevas tecnologías.

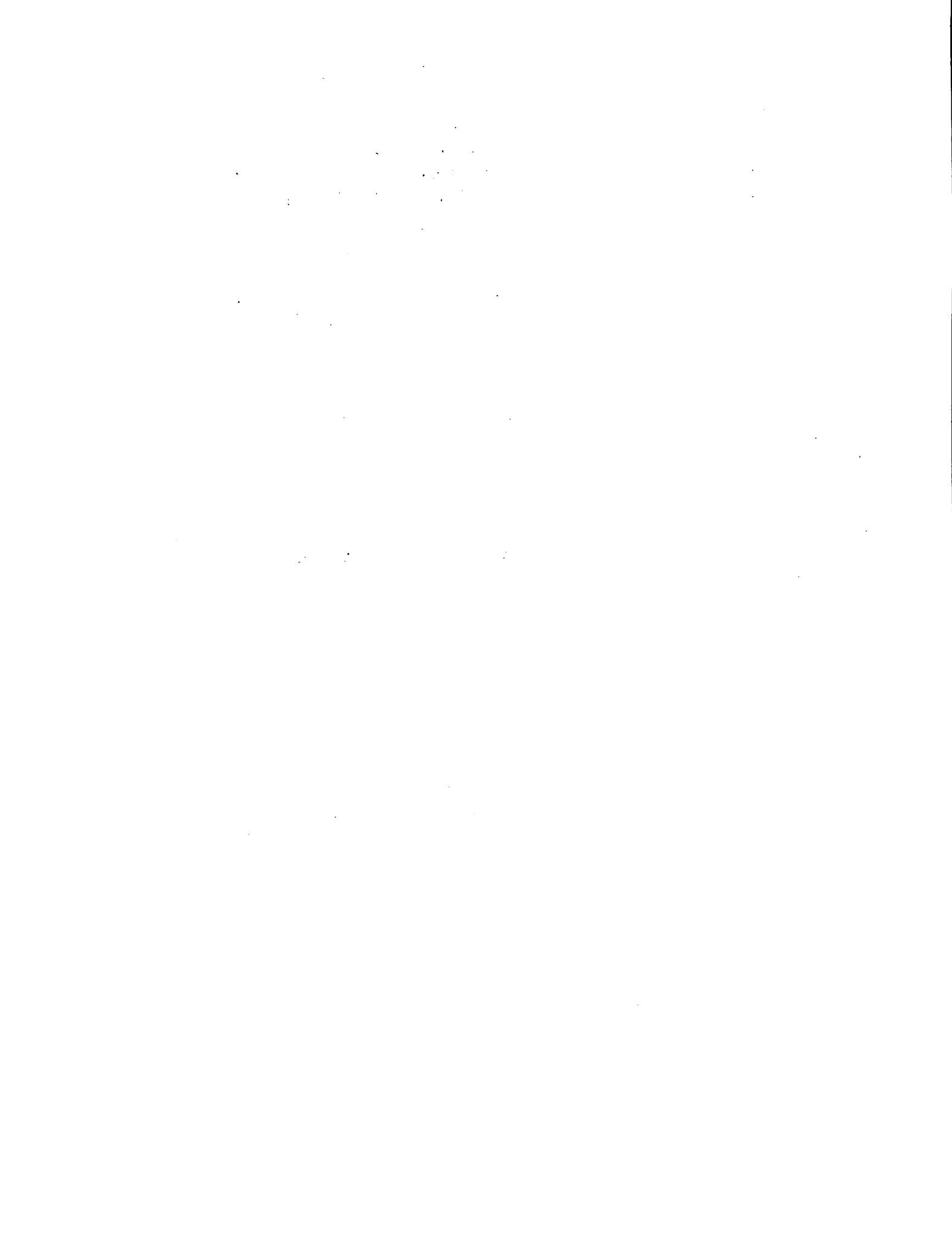
Las Instituciones Patrocinadoras de este Evento son las siguientes:

- ✓ **Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)**
- ✓ **Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA)**
- ✓ **Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP)**
- ✓ **Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C. (SMCS)**
- ✓ **Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (CP)**
- ✓ **Facultad de Agricultura y Zootecnia Universidad Juárez del Estado de Durango (FAZ-UJED)**
- ✓ **Secretariado de la Convención de Lucha contra la Desertificación**
- ✓ **Asociación Internacional de Sistemas de Captación de Lluvia**
- ✓ **Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).**

Las memorias de la IV Reunión Nacional sobre Sistemas de Captación de Lluvia tienen como objetivo principal, el aporte de documentos relacionados con el tema, preparados por especialistas en la materia.

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 llevará a cabo esta importante Reunión sobre Sistemas de Captación de Lluvia.

**Dr. Manuel Anaya Garduño
Coordinador de la IV Reunión Nacional
sobre Sistemas de Captación de Lluvia**



CONTENIDO

Cronología de la Desertificación en México y Lineamientos Estratégicos para su Prevención y Control Manuel Anaya Garduño	1
* Collection of Runoff in Urbanized Catchments for Augmenting Storage in Conventional Water Impoundment Schemes Adhityan Appan	9
Alternativas para la Captación de Agua de Lluvia para Consumo Humano Julián Rubén Ríos Angeles	18
Análisis Probabilístico de la Lluvia con Fines de Planeación Ramón Arteaga Ramírez Mario Alberto Vázquez Peña	34
Evaluación Espacial y Temporal del Período de Lluvias en los Valles Centrales de Oaxaca Valentín Vasquez Francisco Marini Zúñiga	49
Programa para el Cálculo del Índice de Aridez de Palmer y su Aplicación a los datos de la Estación Chapingo Edo. de México. Vazquez Peña Mario Alberto Arteaga Ramírez Ramón	60
Construcción de Pequeños Almacenamientos bajo Esquema de Participación Tripartita José Elías Chedid Abraham	71
Abatimiento del Proceso de Infiltración en Estanques Permeables Aumentando el Contenido de Arcilla y Sodio Absorbido Hugo A. Velásco Molina	79
Tecnologías Alternativas para el Suministro de Agua y Saneamiento en Pequeñas Comunidades Rurales Martín Mundo Molina Poliopetro Martínez Austria Leonardo Hernández Barrios Antonio Delgado Bocanegra Nahum H. García V.	87
Producción Agraria Sostenible Bajo de la Condición de Protección del Agua a Cielo Abierto Habil Dietmar Rössel Hipólito Ortiz Laurel	112
Obtención de la Lámina de Agua para Tomar la Decisión de Sembrar en Agricultura de Secano José Dimas López Martínez	122

Uso de Anillos de Arboles para Reconstrucción Climática y su Relación con Productividad del Bosque	133
José Villanueva Díaz Guy R. Mc Pherson	
Diseño, Cálculo y Reconstrucción de Presas de Tierras Averiadadas	155
Felipe de Jesús Ortega Rivera Manuel E. Castellón Hernández	
Estrategias de Restauración en Matorral Microfilo Inerme	164
Víctor Manuel Rodríguez Myrna Julieta Ayala Ortega Juan José López González	
Eficiencia en el Uso del Agua de Cultivos Forrajeros (PV-96) en el Altiplano Potosino	171
Catarina Loredó Osti Celestino Rivas González Jesús Huerta Díaz	
Evaluación de la Rentabilidad de un Módulo Productor de Forraje en el Altiplano Potosino	177
Catarina Loredó Osti José Luis Barrón Contreras Sergio Beltrán López	
Manejo Eficiente del Agua de Lluvia en Zonas Áridas para la Plantación del Nopal (Opuntia, spp)	182
Enrique Salazar Sosa Cirilo Vázquez Vázquez	
Programa de Conservación y Recuperación del Suelo, la Vegetación y la Fauna, Mediante el Cultivo del Nopal. Una Contribución al Desarrollo Rural Sustentable de la Mixteca Poblana	189
Pedro Ponce Javana Claudio Flores Valdez Pedro Ponce Ramírez Moreno	
Coquia (Kochia scoparia L. Schrad Var. Esmeralda), Forraje de bajo Consumo y Alta Eficiencia en el uso de Agua	197
Manuel Anaya Garduño	
Logros y Perspectivas de la Investigación del Programa de Básicos de la División de Estudios de Postgraduado de la FAZ-UJED para un Desarrollo Sustentable	204
Enrique Salazar Sosa José Santiago Valenzuela Rey Rodolfo Zamora Núñez	
Variedades de Cártamo (Carthamus Tinctorius L.) Estables para Condiciones de sequía de la Comarca Lagunera	210
Enrique Salazar Sosa Rodolfo Zamora Núñez José Santiago Valenzuela Rey	

El Sistema de Labranza de Conservación en la Producción de Maíz para Grano	216
Luis Javier Hermosillo Salazar	
Enrique Salazar Sosa	
Armando Espinoza Banda	
Tolerancia a Sequía en Girasol (<i>Helianthus annuus</i> L.) Una opción para las	220
Zonas Aridas de la Comarca Lagunera	
Armando Espinoza Banda	
Luis J. Hermosillo S.	
Diana Escobedo López	
José Santiago Valenzuela Rey	
* Quality Issues in Rainwater Harvesting for Kenya	230
G.K. Bambrah	
Ms. S. Haq	
* Problemas and Possibilities Relating to Rainwater Utilization in Botswana	240
John E. Gould	
* Design of Rooftop Rain Catchment Systems in Micronesia	255
Dr. Leroy F. Heitz P.E.	
Dr. Stephen Winter	
Dr. Shahram Khosrowpanah P.E.	
The Solamar Potable	264
George Greenhaum M.Sc.	
Captación de Lluvias; su Impacto Social, Económico y Ecológico	270
Jesús Fernando Olea Moreno	
** Distribución de la Precipitación en Isla Robinson Crusoe	273
Pilar Cereceda	
Robert S. Schemenauer	
Hugo Zunino	
*** Fog-water Collection in Arid Coastal Locations	279
Robert S. Schemenauer	
Pilar Cereceda	
Areas de Pastoreo: Manejo e Importancia en la Captación de	291
Lluvia para uso Ganadero Agrícola, Industrial y Urbano	
Elco S. Blanco Madrid	

* *Trabajo Presentado en Proceedings of the 8th International Conference on Rainwater Catchment Systems April 25-29, 1997. Tehran, Iran*

** *Trabajo Presentado en la Revista de Geografía Norte Grande, 21:33-36 (1994)*

*** *Trabajo Presentado en Ambio, Vol. 20 No. 7 Nov. 1991*

CRONOLOGIA DE LA DESERTIFICACION EN MEXICO Y LINEAMIENTOS ESTRATEGICOS PARA SU PREVENCION Y CONTROL.

Manuel Anaya Garduño ¹

INTRODUCCION

México reúne los paisajes más diversos, desde el desierto, la selva, las playas, hasta las nieves perpetuas y glaciares; además, presenta diversas formas del terreno que influyen en la diversidad de climas, en tipos de suelo y de flora y fauna. Se cuenta con una precipitación pluvial media al año de 780 mm, lo que equivale a un volumen aproximado de 1.53 billones de m³ anuales; sin embargo, esta no se distribuye de manera uniforme y además provoca problemas de erosión hídrica en más del 70% del territorio nacional, lo cual indica la urgente necesidad de multiplicar las obras de conservación del suelo y del agua, es decir una conservación basada en la comunidad. Los sistemas de captación de lluvia para fines de consumo humano, abrevadero y producción agropecuaria y forestal jugarán un importante lugar a principios del próximo milenio. Un milímetro de lluvia equivale a 1 litro/m², ese es el potencial de captación de lluvia, la cual deberá realizarse en techos, carreteras y laderas.

De acuerdo al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, la Desertificación se refiere a la degradación de la tierra en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas inducida por las actividades humanas y reforzada por los cambios climáticos. Esta puede tener consecuencias de carácter social, económico, ecológico y político, muchas veces de carácter irreversible. Por lo tanto, 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 largos plazos. El agua ha sido, es, y seguirá siendo uno de los recursos naturales más importantes para el desarrollo de las comunidades rurales y urbanas.

La principal consecuencia de la desertificación es la severa reducción de la productividad de los ecosistemas expresada en la disminución de los rendimientos agrícolas, pecuarios y forestales, así como la pérdida de la diversidad biológica.

¹

*Profesor Investigador Titular. Colegio de Postgraduados, Instituto de Recursos Naturales. Carr. México-
Texcoco km. 36.5 Montecillos, Texcoco, Edo. de México C.P. 56230 Tel/Fax: (595) 1-03-23*

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 deberá enfrentar de manera integral los problemas de la desertificación y la sequía, promoviendo modelos de desarrollo sostenible, acorde con la realidad ambiental, económica y social de cada región; deberá darse atención especial a los recursos suelo y agua.

Procesos de la Desertificación

Los procesos de la desertificación/degradación de la tierra en México, son los siguientes:

1) Degradación de la Cubierta Vegetal, 2) Erosión Hídrica, 3) Erosión Eólica, 4) Ensalitramiento, 5) Compactación, Encostramiento y Afloramiento de Horizontes Subsuperficiales, 6) Disminución de la Materia Orgánica, 7) Pérdida de Nutrientes y 8) Acumulación de Substancias Tóxicas

Los procesos de la desertificación, se evalúan considerando lo siguiente:

1) El Estado Actual, 2) Velocidad, la cual indica el cambio con que ocurren los procesos de degradación por unidad de tiempo y 3) El Riesgo Potencial, que muestra la susceptibilidad que tiene una localidad para ser degradada por un determinado proceso.

De acuerdo a estudios realizados por la Universidad Autónoma Chapingo y el Colegio de Postgraduados se encuentra que la desertificación afecta en diversos grados (desde el más leve, hasta el más severo) al 90% del Territorio Nacional.

CRONOLOGIA DE LA DESERTIFICACION

En el Cuadro 1 se presenta la cronología de la Desertificación en México, en el se registran algunas de las acciones establecidas en relación a su Prevención y Control en los últimos setenta años.

PACD-MEXICO

En 1994, México presentó, a través de la Secretaría de Desarrollo Social, a las Naciones Unidas, el Plan de Acción Contra la Desertificación (PACD-MEXICO), cuya elaboración fue coordinada por la Comisión Nacional de las Zonas Áridas y el Colegio de Postgraduados, contándose con la participación de cerca de 40 instituciones. El PACD-México presenta como Objetivo General, el siguiente:

CUADRO I. CRONOLOGIA DE LA LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN

- 1926 Los estudios de suelos se iniciaron en 1962 al formarse la Comisión Nacional de Irrigación; en 1927 se llevó a cabo la capacitación de los primeros agrónomos en estudios agrológicos en Meoqui, Chihuahua.
- 1946 La Dirección de Conservación de Suelos de la SARH, se estableció en 1946, durante 34 años realizó obras relacionadas con prácticas mecánicas dando escasa atención a las prácticas vegetativas, lo cual produjo el gasto de grandes cantidades de dinero, resultando en una baja eficiencia en el objetivo establecido.
- 1962 Se fundó la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, la cual ha celebrado reuniones a nivel nacional y con una periodicidad anual en los últimos años. En Julio de 1994, se celebró el XV Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo en Acapulco, Guerrero con una participación de más de 2,000 representantes de aproximadamente 100 países; la directiva de la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo estuvo en México por un período de cuatro años. Es importante señalar que dicha Sociedad ha producido Memorias y Publicaciones especiales relacionadas con el Manejo del Suelo, lo cual da un aporte muy significativo.
- 1973 A causa de la sequía y el hambre, en la región del Sahel en África Occidental, la ONU establece una Oficina para la Región Sudán Saheliana. Este es el primer esfuerzo internacional dirigido hacia la Lucha contra la Desertificación.
- 1977 La Asamblea General de la ONU, convoca a una conferencia Internacional sobre la Desertificación para promover una acción internacional concertada, elaborando un programa amplio y coordinado para enfrentar este problema adoptándose un Plan de Acción para el Combate a la Desertificación (PACD).
- 1977 1ª Reunión Nacional sobre Prevención y Control de la Desertificación (México, D.F.)
- 1977 El Colegio de Postgraduados (CP) de la SARH publica el manual de Conservación de Suelo y Agua (a la fecha se han impreso 11,000 ejemplares). Al Colegio de Postgraduados, se le encomienda la elaboración de uno de los 4 documentos básicos de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desertificación.
- 1989 Nuevamente la Asamblea General de la ONU, llama la atención sobre este punto y decide que la Lucha contra la Desertificación, fuera incluido como uno de los temas a discutir en la Conferencia sobre el Medio Ambiente y Desertificación (1992) en Río de Janeiro, Brasil.
- 1992 En Río de Janeiro, se celebra en Junio de 1992, la Conferencia de la ONU para el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), o Cumbre de la Tierra, la cual recomendó a la ONU el establecimiento de un Comité Intergubernamental de Negociación (CIN-D), encargado de elaborar una Convención de Lucha contra la Desertificación.
- 1993 Se crea el CIN-D y se celebran cinco reuniones preparatorias en las que México participa activamente.
- 1994 Es aprobada la Convención el 17 de Junio en París, Francia; el 14 y 15 de Octubre se abre a firma y se convierte en el primer acuerdo ambiental de carácter internacional negociado después de la Cumbre de Río, sumándose de esa manera a las Convenciones sobre Diversidad Biológica y sobre los Cambios Climáticos. El 15 de octubre, México firma la Convención y es aprobada por el H. Senado de la República el 22 de Diciembre.
- 1995 México, fué el primer país de ratificar la Convención en el mes de Abril y asume sus compromisos, participando desde sus inicios en la diez reuniones internacionales hasta hoy celebradas, por el Comité Intergubernamental de Negociación.
- 1996 Primera Conferencia Regional Latinoamericana y del Caribe de la Convención Internacional de Lucha contra la Desertificación, celebrada en Buenos Aires, Argentina. Tuvo por objeto la definición de los mecanismos regionales para la instrumentación de la convención.
- 1996 Del 17 al 19 de Junio se lleva a cabo en la ciudad de México la Segunda Conferencia Regional Latinoamericana y del Caribe sobre la Convención Internacional de Lucha contra la Desertificación, en Septiembre de este año 50 países ratificaron la convención, el 26 de Diciembre la Convención entró en vigor

Prevenir y detener el avance de la desertificación y en lo posible, recuperar las superficies desertificadas para usos productivos. El objetivo final es mantener y promover, dentro de los límites ecológicos, la productividad de las regiones áridas, semiáridas, subhúmedas y otras vulnerables a la desertificación, con el propósito de mejorar la calidad de vida de los pobladores. Una campaña contra la desertificación deberá ocupar un lugar prioritario entre las actividades encaminadas a alcanzar una productividad óptima y sostenida. En el caso de las áreas afectadas, la aplicación de este plan de acción rebasará los límites de una campaña contra la desertificación. Constituirá parte esencial del proceso más general del desarrollo y de la satisfacción de las necesidades humanas básicas.

Los objetivos específicos del PACD-MEXICO son:

1) Incorporar los programas de lucha contra la desertificación a los programas estatales de desarrollo y en la planificación ecológica nacional con las disposiciones financieras e institucionales pertinentes, 2) Fortalecer la base de conocimientos y elaborar sistemas informativos y de observación permanente en las regiones propensas a la desertificación y a la sequía, incluyendo aspectos económicos y sociales, 3) Combatir la degradación de las tierras mediante la intensificación de las actividades de conservación de suelo y agua, forestación y reforestación entre otras, 4) Elaborar y reforzar programas integrales para la erradicación de la pobreza, así como para la promoción de sistemas de subsistencia alternativos en las zonas propensas y afectadas por la desertificación, 5) Formular programas para mitigar los efectos de la sequía, en los que se incluyan esquemas de auto-ayuda para las zonas propensas y 6) Promover la participación popular y la educación sobre el medio ambiente, con especial atención en la prevención y control de la desertificación y las actividades para hacer frente a los efectos de la sequía.

Los elementos de la Estrategia General del PACD son los siguientes:

1) Integración del PACD al Plan Nacional de Desarrollo, 2) Fortalecimiento Institucional, 3) Participación Social, 4) Ordenamiento Ecológico, 5) Educación, Capacitación y Comunicación, 6) Ciencia y Tecnología, 7) Marco Legal, 8) Descentralización en Regiones, Estados y Municipios, 9) Regulación del Crecimiento Poblacional, 10) Cooperación Internacional y 11) Financiamiento.

Instrumentación del PACD-MEXICO

Los Mecanismos de Instrumentación del PACD se refieren a disminuir la duplicidad de los esfuerzos y lograr en el desarrollo urbano y rural del país, una mejor coordinación en la Lucha Contra la Desertificación.

Recomendaciones

- 1.- Reforzar los programas de acción a nivel bilateral en relación al uso y aprovechamiento integral del recurso suelo, considerando que (México-E.U.A.) ambos países comparten los Desiertos Sonorense y Chihuahuense, los que representan una de las mayores regiones áridas del mundo.
- 2.- Reforzar y actualizar la legislación y la normatividad vigentes en relación al uso y aprovechamiento integral de los recursos suelo y agua.
- 3.- Mejorar los sistemas de mercado interno y externo de los productos agrícolas, pecuarios y forestales.
- 4.- Reforzar los sistemas de educación y capacitación a todos los niveles con el objeto de lograr una mayor sensibilización con respecto al uso y aprovechamiento racional los recursos suelo y agua.
- 5.- Inducir la descentralización del Sistema Federal con el objeto de reforzar las actividades a nivel estatal y municipal, en relación al manejo y aprovechamiento los recursos suelo y agua.
- 6.- Fomentar la participación coordinada y organizada de los usuarios de la tierra y de las comunidades en relación a los diversos sistemas de uso de la tierra.
- 7.- Reforzar los programas de transferencia de tecnología tradicional y autóctona, combinándola con la tecnología moderna
- 8.- Reforzar los planes rectores a nivel nacional y estatal, considerando los criterios ecológicos adecuados en las actividades siguientes:
 - a) Revegetación y restauración de los agostaderos, los cuales cubren la mayor superficie en el territorio nacional.
 - b) Restauración de la cubierta vegetal en los bosques.
 - c) Reforzar los programas de conservación de suelos y captación de agua de lluvia en las zonas agrícolas, pecuarias y forestales de temporal.

- d) Reforzar los programas para prevenir y controlar el ensalitramiento en las zonas agrícolas de riego.
- e) Regular la ubicación y crecimiento de los asentamientos humanos.
- f) Prevenir y controlar la erosión en caminos.
- g) Prevenir y controlar la degradación de la tierra en los parques nacionales, reservas ecológicas explotaciones mineras y explotaciones petroleras.

CONCLUSIONES

México cuenta con tecnología autóctona, tradicional y moderna, suficiente para hacer reversibles los procesos de desertificación/degradación de la tierra; sin embargo, se requiere de cuando menos cuatro décadas para que la velocidad de degradación sea igual a la de recuperación y rehabilitación de ecosistemas degradados. Lo anterior indica que el problema no es de tipo tecnológico, sino de carácter social y económico, por lo que es indispensable la participación de la comunidad.

Será posible prevenir y controlar la degradación de la tierra en México siempre y cuando se sigan los lineamientos establecidos por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ecología y Desarrollo, aplicar lo establecido en la Agenda XXI y en los lineamientos de la Convención sobre Control de la Desertificación y Mitigación de los Efectos de la Sequía; así como el seguimiento de los lineamientos establecidos en el PACD-MEXICO

Para lograr la prevención y el control de la desertificación el PACD-México, los programas y los proyectos deberán contar con los componentes siguientes:

- a) Voluntad y decisión política
- b) Legislación
- c) Normatividad
- d) Regulación del mercado interno y externo
- e) Educación y sensibilización a todos los niveles
- f) Descentralización del sistema federal
- g) Participación de los usuarios de la tierra y de las comunidades
- h) Utilización de la tecnología tradicional y autóctona
- i) Planes rectores a nivel estatal y nacional
- j) Financiamiento

México, tiene la capacidad de alimentar a 200 millones de habitantes siempre y cuando se logre un uso más racional de los recursos naturales (suelo, agua, flora y fauna) que conlleve a un desarrollo económico sustentable, lo cual repercutirá en la soberanía alimentaria y por lo tanto en la seguridad nacional.

BIBLIOGRAFIA

- Anaya, G.M. 1977 Technology and desertification. *Economic Geography*. Vol. 55 pp 407-412.
- Anaya, G.M. 1977 Technology and Desertification. In: *Desertification: its causes and consequences* programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Nairobi, Kenya. Pergamon Press Pag. 319-448.
- Anaya, G.M. 1981 Technology can help the desert bloom but "Quick Fixes" offer no real solution, ASEA INTERNATIONAL. pp 22-26.
- Anaya, G.M. 1981 Climatic data needs for efficient management of arid lands. *Provisional Methodology for Assessment and Mapping of Desertification*. FAO Roma, Italia.
- Anaya, G.M. 1983 Methodology test in México. *Provisional methodology for assessment and mapping of desertification*. FAO. Roma, Italia.
- Anaya, G.M. 1983 Strategies for the prevention of and fight against desertification. *Natural Resources and Development in Arid Regions*. pp 131-142.
- M. Anaya G. 1988 Global Assessment of Soil Degradation in Mexico ISRIC. The Netherlands.
- M. Anaya G. 1990 Desertification in Humid Tropical Areas: Prevention and Corrective Measures. Tuxtla Gutiérrez. Chiapas. Mexico.
- Anaya, G.M. (1993). Aspectos Técnicos Relevantes para las Negociaciones de la Convención Internacional para Combatir la Desertificación en América Latina y el Caribe. Public. PNUMA Primera Edición. Págs. 1-54.
- Anaya, G.M. (1994). La Relación Desertificación-Migración en México: Problemática y Soluciones. Simposio Internacional Sobre Desertificación y Migraciones. Almería, España.
- Anaya, G.M. (1994). Principles and Strategies to Prevent, Combat and Control Desertification. XV Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo. Vol. 9 Págs. 361-366. Acapulco, Guerrero. México.
- Anaya, G.M. (1994). La desertificación en México-Estudio de Caso. Primer Taller del Estudio de País Sobre Cambio Climático en México. Hacienda Cocoyoc, Morelos
- Ortiz, S.M. de la L.M., Anaya, G.M. (1994). Evaluación, Cartografía y Políticas Preventivas de la Degradación de la Tierra. Primera Edición. ISBN-968-839-1867.
- Anaya, G.M. (1994). Coordinador Plan de Acción para Combatir la Desertificación en México (PACD-MEXICO). FAO-PNUMA-CONAZA SEDESOL ISBN 968-838-243-4. Págs. 1-160.

Anaya, G.M.; Pascual M.M.; Zárate Z.R. 1994. Proceedings of the IV International Conference on Desert Development "Sustainable Development for our Common Future". C.P. CONAZA. Pág. 1-659.

Anaya, G.M. y Díaz Casf. (Editores) (1995). Memorias del "TV Curso Sobre Desertificación y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe". Unidad de Congresos, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 432 Páginas

Anaya, G.M. (1996). Creeping Desert Casts Shadow over Mexico, For Applied Research and Public Policy, Revista FORUM, Otoño, 1996

Anaya, G.M. (1996) Memoria de "Tercera Reunión Nacional sobre Sistemas de Captación de Lluvia" San Luis Potosí, S.L.P. CONAGUA, CONAZA, SEMARNAP, SMCS,CP, Gobierno del Estado de San Luis Potosí, S.L.P., Secretariado de la Convención de Lucha contra la Desertificación, Asociación Internacional de Sistemas de Captación de Lluvia. ISBN 968-6201-13-0 Págs. 348.

COLLECTION OF RUNOFF IN URBANIZED CATCHMENTS FOR AUGMENTING STORAGE IN CONVENTIONAL WATER IMPOUNDMENT SCHEMES

Dr. Adhityan Appan ¹

ABSTRACT

Limited land and competing demands for its use from an ever-increasing industrial sector has led to the maximization of land utilization in Singapore. Currently almost half the land area of 631 square kilometers is being used as water catchment. This includes some urbanized areas where there is intense high-rise buildings, light industries and paved areas. The main objectives of this paper are to highlight the water abstraction systems existing in one of the projects where urban storm runoffs are diverted to storage ponds after which the water is pumped/gravitated to the impounding reservoir which receives surface runoff from less urbanized areas. The waters entering these ponds are closely monitored and sensors ensure that only quality levels that are acceptable are directed to the storage ponds followed by selective onward transmission. These collection systems, which have been in existence from 1985, are operating quite successfully. Special systems were designed to prevent the ingress of rubbish and to accentuate sedimentation. The quality of the raw water obtained is comparable to that from a conventional protected catchment. It can be concluded that, with proper management including improved water quality monitoring systems, urban storm runoff can be successfully collected and stored as a raw water that can be transferred to an impounding reservoir to augment the storage volume.

INTRODUCTION

Water usage in Singapore has been increasing primarily due to domestic consumption and industrial demands. With a land area of only 631 km², not only is the water catchment area limited but using of land for only abstracting water was not economically viable. Consequently, catchment utilisation in terms of total land area increased from about 3% in before 1969 to about 44% in 1986. During this period, the characteristics of catchment areas has varied from being fully protected to partly-protected, unprotected and more recently to the utilisation of urban catchments (APPAN, 1996). The main objectives of this paper are:

¹

School of Civil & Structural Engineering, Nanyang Technological University, Nanyang Avenue, Singapore 639798

- to briefly trace the development of water catchment areas in Singapore,
- to define the important planning factors to be considered in the development of urban catchments
- to describe the Sungei Seletar - Bedok Water Scheme and to highlight the important features and
- to discuss the overall performance and draw conclusions on the use of urban catchments

THE PROGRESSIVE USE AND CHANGE IN ACTIVITIES WITHIN WATER CATCHMENTS

Before 1969, hardly 3% of the land area was being used as water catchment. Legislation ensured that this "protected" catchment area was demarcated only for the development of water resources (NATURE RESERVES ACT, 1951). Immediately after this, the remaining 2% of the protected area was used along with an additional 4% of unprotected area in the Seletar Scheme (ARAH, 1971). This unprotected area was strife with pollution from the farming sector and hence the combined area was considered to be partly-protected.

By 1981, a large tract of almost 26% of the total land was used to establish two major schemes (The Kranji-Pandan and Western Catchment Schemes) in 26% of totally unprotected. These areas were totally unprotected and led to the establishment of a number of legislations to ensure an overall improvement in water pollution control activities. By 1986, the need for water led to the establishment of the sixth major scheme (Lower Seletar-Bedok Water Scheme) where almost 9% of the total land area was used. The most important feature of this scheme is that almost one quarter of this catchment was in an urban area having high-rise buildings and industries whereas the rest of it was in semi-urban and largely unprotected areas.

SCHEME INVOLVING THE UTILISATION OF URBAN CATCHMENTS

The Lower Seletar - Bedok Water Scheme was (see Figure 1 for schematic diagram) involved the damming of the Sungei Seletar estuary which has a catchment area of 3200 ha and forming of the Lower Seletar Reservoir. The rest of the catchment of 2625 ha was primarily urban areas and both the runoffs are directed to the Bedok Reservoir which was previously a hole dug in the ground for collecting sand. The reservoirs are also interconnected and raw water from Bedok Reservoir is treated to potable levels before distribution. The reliable yield of this scheme is $14 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{d}$.

Runoff in the urban catchments is mainly stored in collection ponds. These collection ponds selectively collect the urban stormwater runoff which is pumped or gravitated to the respective reservoirs.

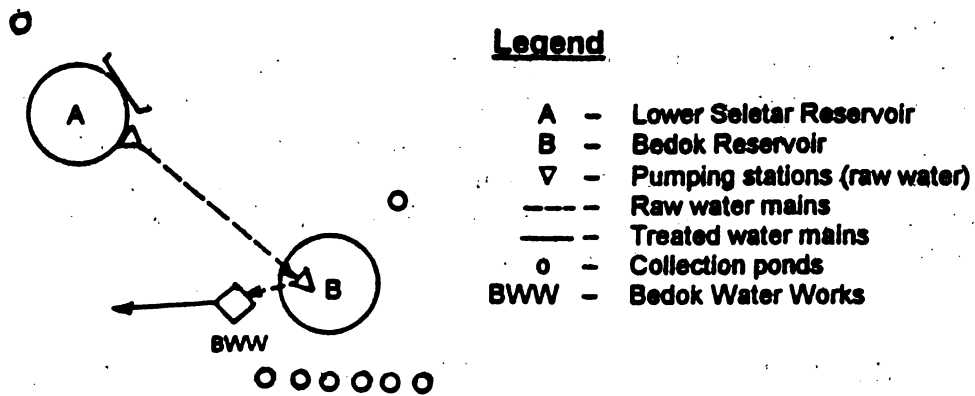


Figure 1: Schematic diagram of the Lower Seletar-Bedok Water Scheme

IMPORTANT FACTORS CONSIDERED IN THE DEVELOPMENT OF URBAN CATCHMENTS

The main concern in the multiple-use of land in water catchments, and particularly urban areas, is that of the degree of water pollution. If activity is allowed within the catchment, it has to be controlled and it should also be preferably biodegradable so as not to indiscriminately pollute the runoff. Some of the important factors to be considered in the overall planning of such systems are as follows:

Inter-Departmental Planning

Development on a national scale involves a number of associated departments associated with the infra-structure. Consequently it is essential that the terms of reference be set up for the catchment in terms of allowable pollution. The appropriate design of suitable storm diversion and collection methods. Where pollution is inevitable it has to be curbed and where there is potential to avoid it, the necessary action has to be taken. In the case of the Lower Seletar - Bedok Water Scheme, a co-ordinated and integrated approach to urban planning was necessary (FIELD et al, 1993). Various departments involved in overall development planning, public housing, sewerage and drainage systems, pollution control etc., liaised and made sure that sufficient restrictions were set to exclude some industries and also that the drainage system was designed to channel water to suitable collection points.

Hydrological Simulation

The appropriate designs of suitable storm diversions and collection methods were determined using two specific computer models. It was found that about 60% of the rainfall ended as surface runoff (LEE & NAZARUDEEN, 1996) and relevant pumping schemes were designed from the collection ponds to the Bedok reservoir.

Water Quality

Since the quality of water is of prime importance in such systems, due care had to be placed on the systems designed to ensure that only acceptable quality water was pumped to the reservoir. Right from the commencement of this scheme, it was evident that to ensure that only good quality water was to be collected and pumped and hence appropriate systems were designed to ensure that better quality water was trapped and, at the same time, monitoring of quality was being carried out on a regular basis.

SOME OF THE IMPORTANT FEATURES INCORPORATED IN TRAPPING URBAN RUNOFF

In urban areas, it has been established that the dry water flows are generally of a poor order and hence such flows are not collected. They are allowed to flow directly to waste. These dry water flows are normally flowing through rectangular channels. When storms are encountered, the flows will exceed the capacity of the channels. Hence there is the need to primarily remove any debris before diverting the stormwater to detention ponds where there will be some settlement. These functions are carried out as follows:

Removal of Debris

During a downpour, storm runoff collected in the drain will increase the normal water level and overflow into the gratings which serve as a debris preventer (See Figure 2). The stormwater is then collected in a pond and then pumped or gravitated into the Bedok Reservoir.

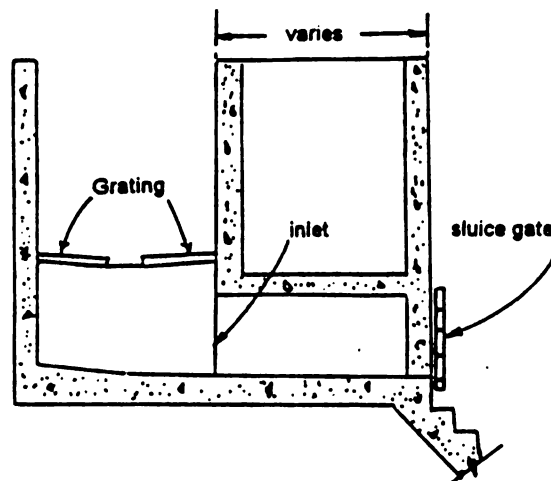


Fig 2: Removal of debris

Diversion of Stormwaters

Tropical storms tend to attain peak values very early and first flushes tend to carry a lot of debris, particularly when the antecedent period has been quite dry. But when storms follow one after another during the wet season, the debris levels are very considerably reduced.

During the event of a storm, the system adopted to collect the stormwater is as shown in Figure 3. A level sensor in the monsoon drain at the diversion point will sense the rise in stormwater level and thereby initiate the full closure of the barrage gate. A second sensor in the diversion channel downstream of the sluice gate indicates whether there is any raw water in the channel. A level differential computer will then compare the two level signals and if it finds that the water level is more than 50 mm above the diversion channel water level, the sluice gate will open to divert all the flow into the diversion channel which leads to the reservoir. This system prevents the reservoir water from flowing out into the monsoon drain when the reservoir water levels are high. When the stormwater in the monsoon drain finally recedes, the level differential computer will cause the sluice gate to close to close the moment the levels in the monsoon drain and the diversion channel are the same. In the event of a power failure, the barrage gate will automatically remain opened and the sluice gate closed.

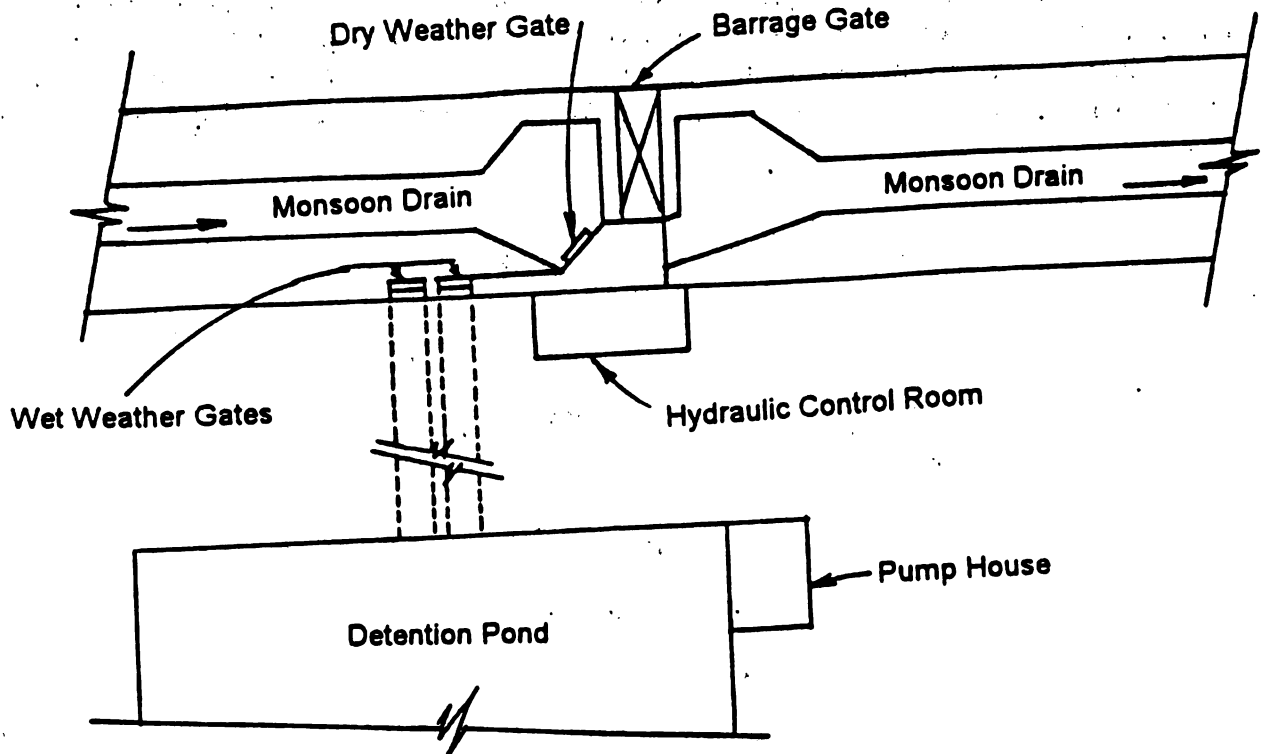


Fig. 3: Stormwater diversion system

Sediment Removal

In spite of the precautions taken, the wet weather flows can be strife with sediments and they are largely trapped in the detention ponds. Another precaution taken is that the first one metre of water which accumulates in ponds during small rainfall events is also pumped out. As suspended solids contents as high as 110 mg/L were encountered, detailed settling column analyses were carried out and a nomogram prepared as shown in Figure 4 (PANG & YING, 1991). Using these values and adjusting the rate of pumping, it will be possible to achieve higher rates of suspended solids removals.

QUALITY OF WATER IN STORMWATER PONDS

The average raw water quality in the all the stormwater detention ponds is as shown in Table 1. The conductivity is on the high side primarily, in some cases, due to the chloride content due to the proximity of the sea. The other values are comparable to the other sources in Singapore. The water quality in the Bedok reservoir will actually be a mix of that of urban runoff and some of the semi urban areas. The average raw water quality in the Bedok Reservoir has been compared in Table 2 with that of a "protected" catchment. Most of the parameters are comparable except for the tendency of the Bedok waters to be more alkaline and have a higher total solid content due to the higher chloride content that is prevalent. Metallic contents of the urbanrunoff are also we very similar to that of the upland sources and, most important of all, the bacteriological contamination levels are also identical.

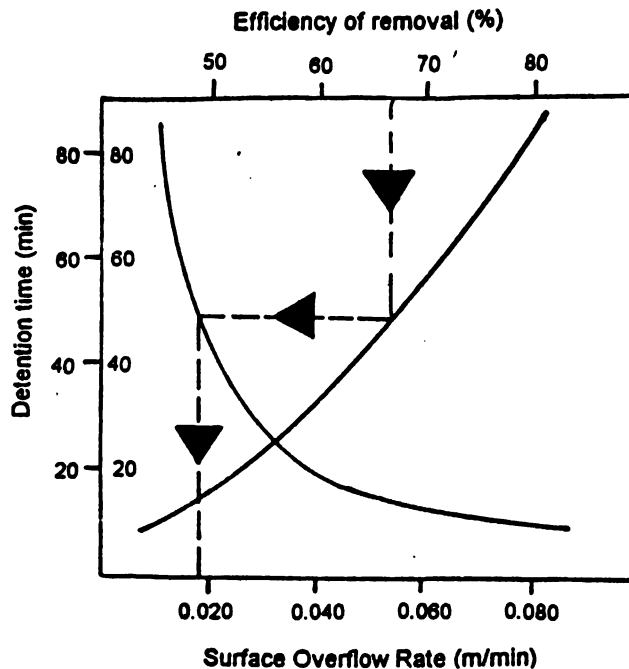


Fig. 4: Nomogram for design of detention ponds

Parameter	Average value
Conductivity	275 micromhos/cm
TOC	7.8 mg/L
NH ₃ N	0.33 mg/L
NO ₃ N	0.37 mg/L

Table 1. Quality of water in stormwater ponds

CONCLUSIONS

- (a) One of the most important aspects of the utilization of urban catchments is the need to take an integrated approach towards planning. This will involve a number of government, quasi-government and even private organizations and they should bear in mind the need to get together and ensure that water pollution should be avoided or controlled and minimized. All such activity should preferably be spearheaded by the water authority of the region (APPAN, 1996).

Parameter*	Bedok	Protected catchment
Colour (Hazens)	12	26
Turbidity (NTU)	2.4	2.9
pH	7.4	6.3
Total Alk (CaCO ₃)	43	7
TOC	2.9	3.1
Total solids	205	25
Chlorides	56	4
NH ₃ -N	< 0.02	0.02
Phosphates (P)	< 0.03	< 0.03
Iron (Fe)	0.04	0.52
Cadmium	< 0.0005	< 0.0005
Chromium	< 0.005	< 0.005
Lead	< 0.001	< 0.001
Coliform/100mL	18	14

Note: * All parameters except pH in mg/L unless stated otherwise

Table 2. Average Raw Water Quality Bedok Reservoir Vs Protected catchment)

- (b) Dry weather flows are generally of poor quality and they should be allowed to flow to waste. However, as catchment areas are better looked after, such flow quality could improve and hence they could also be utilised. Hence it is suggested that the flow qualities should be monitored over a period of time.
- (c) When there are tropical storms which tend to peak early, there is the need to have some form of treatment to ensure that the debris in such flows is removed. This can be done by having the type of drop inlets that have are being currently used. However, the stormwater flows are progressively diverted. In effect they are diverted based primarily on water levels or, when close to the sea, chloride sensors. Perhaps, diversions could be arranged to occur based on other sensors and the diversions should not be gradual.
- (d) Ultimately it is both the quantity and quality of water that is diverted that is of prime importance. Hence waters that are diverted to the detention ponds should attain a quality that is acceptable or at least comparable with other raw water sources. If the existing quality of raw waters being diverted are defined, appropriate tests can be carried out and suitable nomograms prepared to attain the most effective detention times and surface overflow rates.
- (e) On the whole, it has been established in Singapore that the utilization of urban catchments is a reality that can be highly efficient if the system is well planned, maintained and monitored. Additional research and development will help to optimize the reliable yield from such catchments and thus make the multiple use of such catchments a truly working proposition.

REFERENCES

- APPAN, A. (1996).** "Successful water harvesting programs in partly-protected, unprotected and urban catchments: The Singapore experience". Tercera Reunion Nacional Sobre Sistemas de Captacion de Lluvia, 23 to 26 September 1996 at San Luis Potosi, Mexico.
- ARAH, R. M. (1971).** "High speed construction at Seletar". Civil Engineering & Public Works Review, Vol 66, pp 33-39.
- FIELD, R., O'SHEA, M.L. and CHIN, K.K.** "Management of urban stormwater collection system - An overview", in Integrated Stormwater Management, Lewis Publishers, London, pp 289-296.
- LEE, M.F. and NAZARUDEEN, H. (1966).** "Collection of urban stormwater for potable water supply in Singapore". Water Quality International, IAWQ, Duchess House, Duke St, London SWIY 6BU, May/June 1996, pp 36-40.

NATURE RESERVES ACT, 1951. Chapter 295, Republic of Singapore.

PANG, W. and YING, S.M. (1991). "Urban stormwater collection ponds - Qualitative and quantitative characteristics of raw water and associated storage requirements". School of Civil & Structural Engineering, Nanyang Technological University, Nanyang Avenue, Singapore 639798.

ALTERNATIVAS PARA LA CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO

Julián Rubén Ríos Angeles ¹

INTRODUCCION

Ante el problema del deterioro de los recursos naturales, en especial el agua, el suelo y la vegetación, que se presenta en el Estado de Oaxaca, la Gerencia Estatal de la Comisión Nacional del Agua en coordinación con dependencias del gobierno estatal e instituciones federales a partir de 1996 iniciaron un proyecto de manejo integral de microcuencas en donde se han considerado como componentes estratégicos la construcción de diversas obras de captación de agua de lluvia para resolver el problema de abastecimiento para riego agrícola y consumo humano, el proyecto dió inicio en la comunidad de San Bartolomé Quialana del Distrito de Tlacolula ubicada en la subcuenca del Río Atoyac. En 1997 se adicionaron bajo este esquema dos comunidades más (San Bernardo Mixtepec y Santo Tomás Mazaltepec) aprovechando el financiamiento que proporcionó el CONACYT al INIFAP en el Proyecto denominado Participación comunitaria en el manejo y conservación de los recursos naturales en la cuenca del Río Atoyac, Oaxaca. Colaboran también en este proyecto: el Centro Interdisciplinario de investigación para el Desarrollo Integral Regional del IPN, el Instituto Estatal de Ecología, la Unidad de Capacitación para el Desarrollo Rural de la DGETA-SEP y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

En 1997 en coordinación con el DIF se puso en marcha el Programa Piloto de abastecimiento de agua potable a comunidades rurales, por medio de la captación de agua en los techos de las viviendas y almacenamientos en sistemas. Como alternativa de abastecimiento de agua a comunidades con la siguiente problemática: Están dispersas, carecen de fuentes de abastecimiento cercanas, es demasiado costoso los sistemas de abastecimiento o bien presentan problemas sociales para aprovechar en forma comunal una fuente de abastecimiento.

Los proyectos mencionados promueven el que los habitantes de las comunidades participen activamente en la identificación y evaluación en campo de alternativas técnicas para el manejo integral de los recursos naturales con que cuentan aportando su mano de obra y materiales de la región. y adaptándolas a las condiciones locales con el apoyo técnico de

¹

Gerente Regional Pacifico Sur de la Comisión Nacional del Agua, Reforma 905 Colonia Centro, C.P. 68000 Oaxaca, Oax. Tel. 901 (951) 3-31-80, 5-41-29

dependencias estatales e instituciones federales y centros de educación superior e investigación. teniendo como eje de las decisiones el consenso comunitario a través de sus presidencias municipales. Para lo anterior se ha utilizado una estrategia participativa en las comunidades elegidas, se identifican además las características sociales de los usuarios del agua, mediante técnicas de investigación social que

posibilitan evaluar la factibilidad de los proyectos de captación de agua de lluvia y garantizar su plena utilización, asegurar una mejor participación y evitar conflictos por el uso del agua en algunas otras fuentes de abastecimiento.

Dentro de la cuenca del Río Atoyac se ha avanzado en trabajos como construcción de bordos de almacenamiento de agua a partir de los cuales se establecen proyectos productivos para diversificar el tipo de cultivos tradicionales y mejorar el ingreso de los productores, muros de contención, represas de gaviones, reforestación y ensayos sobre aumento de la densidad de plantas en maíz para incrementar la disponibilidad de forraje y disminuir la presión sobre la masa forestal y en consecuencia el proceso erosivo, esto en San Bartolomé Quialana. En tanto que en las otras dos comunidades a la fecha se realizan los diagnósticos participativos y se han establecidos ensayos sobre abonos verdes y terrazas de muro vivo para disminuir erosión en suelos agrícolas y al mismo tiempo incrementar su fertilidad.

Se describen además las características generales de 4 prototipos para captación de agua de lluvia en techumbres para consumo humano en 9 localidades en el municipio de Coatecas altas y los Municipios de Santa Inés del Monte, Santiago Tilantongo, Santa María Peñoles. Santa María Apazco y San Juan Nuxaa en donde se tiene programado construir 197 sistemas, mediante la dotación de lámina galvanizada, canaletas y tubos recolectores de lluvia y el apoyo para la construcción de cisternas almacenadoras, el proyecto pretende beneficiar a 1182 habitantes con un costo total de \$1,400,000.00.

PROBLEMATICA

En el Estado de Oaxaca, con una superficie total cercana a 9.3 millones de hectáreas, se estima que el 11.4% se destina a la agricultura, el 38.9% es de uso forestal y el 49.7% a las actividades pecuarias a través de las áreas de pastizales y agostaderos. Respecto a la cubierta vegetal, el 40.3% cuenta con bosques u otro tipo de vegetación, el 31% tiene otros usos del suelo y el 28.6% se trata de zonas forestales perturbadas. La erosión del suelo está presente en el 57.2% de la superficie estatal, es decir, en más de 5.3 millones de hectáreas. De la tierra erosionada, el 26.5% se considera leve, el 35.4% es severa y el 38.1% muestra niveles de erosión muy severa. De hecho, Oaxaca es uno de los Estados con mayores niveles de deterioro ya que a nivel nacional el 63.5% de la tierra muestra erosión leve y únicamente el 7.9% se ubica como muy severa (INEGI, 1995).

La dispersión poblacional de cerca de 9681 localidades rurales y lo abrupto de su territorio dificulta el abastecimiento de agua por medios convencionales, por carecer en muchos de los casos de fuentes de abastecimiento cercanas a los núcleos de población, situación que hace necesaria la búsqueda de alternativas de captación de agua de lluvia que garanticen al menos el volumen de agua para satisfacer las necesidades básicas para consumo humano.

Con base en lo anterior se decidió iniciar un programa de rescate de microcuencas dentro de la cuenca del Río Atoyac-Verde, la cual abarca una superficie total de 20,097 kilómetros cuadrados, representando el 30.3% de la superficie estatal.

El aumento en la densidad demográfica en la región agudizó el uso intensivo del suelo y de los mantos freáticos, aunado al efecto de la presión sobre los recursos naturales que empieza desde deforestación de las laderas de las zonas montañosas para obtener madera para construcciones rurales y leña de uso doméstico, hasta los aprovechamientos forestales contemporáneos, lo cual roturación y el cultivo de los terrenos de ladera propició una escasez de residuos orgánicos que pudieran incorporarse al suelo y una evaporación acelerada de la humedad proveniente de las lluvias, con lo cual se propicia la erosión hídrica que disminuye la capa fértil del suelo y la capacidad para la regeneración natural de la vegetación.

El pastoreo de hatos mixtos en los agostaderos desmontados con un manejo comunal del recurso, también contribuye en la reducción de la vegetación ya perturbada. Esta problemática incide directamente en una disminución creciente de la productividad agrícola tanto en la planicie como en las partes altas de las cuencas y en el Valle, cabe destacar la Ciudad de Oaxaca que se ha convertido en un polo de atracción para la migración regional.

OBJETIVOS

1. Conocer las limitantes y potencialidades para recuperar y conservar en el corto, mediano y largo plazo, los recursos naturales entre los que destaca el agua a nivel de microcuencas, como unidad de atención interinstitucional, teniendo como eje de las decisiones al municipio.
2. Generar un proceso de participación comunitaria y de autogestión para buscar alternativas viables que permitan conservar sus recursos naturales y mejorar su medio ambiente en las zonas urbanas.
3. Evaluar en condiciones de campo y capacitar a los pobladores, acerca de las alternativas técnicas de solución más apropiadas para hacer un uso racional de los recursos naturales.

METAS DEL PROYECTO

- Concluir en el primer semestre de 1997 el diagnóstico rural participativo y la identificación y priorización de las alternativas en cada comunidad elegida en la propuesta de manejo integral.
- Al finalizar el segundo semestre de 1998, contar con tecnologías adaptadas a las condiciones locales y manejadas por los propios campesinos y que impacten en al menos el 50% de las 1,160 unidades de producción localizadas en las microcuencas, con actividades agropecuarias y forestales en 927 ha.

- Durante la ejecución de los trabajos de campo, capacitar por lo menos a 120 productores por comunidad en distintos aspectos relacionados con el manejo y conservación de los recursos naturales que fomenten una cultura ecológica.
- Consolidar un modelo de manejo integral de los recursos naturales a nivel de microcuencas que sirva como área demostrativa para orientar a nivel regional la conservación y uso racional de los recursos naturales disponibles.
- Proveer de sistemas de abastecimiento de agua potable a 1182 habitantes, mediante el apoyo para captación de agua de lluvia en techumbres.

METODOLOGIA

Area de estudio

Programa de manejo integral de microcuencas:

Las comunidades piloto elegidas son San Pablo Huitzo (Etlá), San Bartolomé Quialana (Tlacolula) y Magdalena Mixtepec (Zimatlán). Estas tres comunidades cuentan en total con una población de 7,907 habitantes que ocupan una superficie de 12,500 ha, de las cuales solamente el 15% son tierras de labor. Sin embargo, de la PEA ocupada (1,612 personas) el 68% trabajan en el sector primario, por lo que será prioritario el tratamiento de los problemas productivos en el manejo de los recursos. Se consideran representativas de la región por presentar problemas notables de deterioro de sus recursos, predominancia de tierras de lomerío y de montaña, y una presencia fuerte de las actividades agropecuarias y forestales como sustento económico de sus familias.

PROGRAMA PILOTO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE A COMUNIDADES RURALES POR MEDIO DE LA CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA EN LOS TECHOS DE LAS VIVIENDAS Y ALMACENAMIENTOS EN CISTERNAS.

Se desarrollará en los Municipios de Santa María Apazco, Santiago Tilantongo, Santo Domingo Nuxaa localizados en la Región Mixteca, Distrito de Nochixtlán; En la Región de los Valles Centrales: Santa María Peñoles Distrito de Etlá; Santa Inés del Monte Distrito de Zaachila y el Municipio de Coatecas Altas, Distrito de Ejutla. Para alcanzar los objetivos y metas planteados se consideran cuatro etapas principales de trabajo en el manejo integral de microcuencas: I) Diagnóstico rural participativo; II) Ejecución en campo; III) Capacitación y divulgación, y; IV) Evaluación de resultados.

MANEJO INTEGRAL DE MICROCUENCAS

I. Diagnóstico rural participativo.

- a) Se iniciará con un reconocimiento regional del problema del deterioro a partir de recorridos y consulta de material cartográfico. Se han seleccionado San Bartolomé Quialana para el área del Río Salado, San Pablo Hitzo para la porción norte del Río Atoyac, y Magdalena Mixtepec para la zona de Zaachila-Zimatlán. En éstas comunidades ya se tienen contactos previos de trabajo por parte de los investigadores participantes.
- b) Diseño del diagnóstico rural participativo por comunidad. Con la autorización y apoyo de las autoridades locales, se formarán grupos de trabajo comunitario que incluya toda la diversidad de actores posibles: por sexo (hombres y mujeres), por la distribución de sus parcelas (zonas agroecológicas), o por sus actividades económicas, etc. Se les instruirá acerca de la metodología del diagnóstico rural participativo y su importancia para la planeación.
- c) Sondeo de los sistemas de producción. Mediante transectos, entrevistas individuales y grupales, consulta de la cartografía, entre otras técnicas, se obtendrán datos espaciales, temporales, sociales y técnicos relacionados con el manejo de los recursos naturales a nivel comunidad. Se hace énfasis en los ecosistemas naturales presentes, los sistemas de producción, las relaciones sociales internas, y el contexto institucional con el que se relacionan. Se identifican problemas relacionados con el saneamiento ambiental en la zona urbana y las posibles soluciones en el corto y mediano plazo.
- d) Identificación de problemas y oportunidades. A través de técnicas grupales e individuales, cuya eficacia ha sido probada, se identifican y jerarquizan las aspiraciones y demandas de los productores, se hace la validación ante los grupos y la sistematizan las demandas finales.
- e) Finalmente se define un plan rector comunitario para el manejo y conservación de los recursos naturales el cual incluye la formación de grupos de trabajo y comisiones, formación de una base de datos, un inventario estratégico de los recursos, y mediante el uso de un sistema de información geográfica se determina el mejor uso de los recursos naturales con que cuenta la comunidad para definir políticas comunitarias de manejo y proyectos específicos a desarrollar en el corto plazo, procurando que sean de carácter productivo y que contribuyan a generar excedentes económicos.

II. Ejecución en campo.

- a) Preparación del equipo técnico comunitario. Se efectúa mediante talleres en donde se definieron las acciones, los calendarios de trabajo, los requerimientos de mano de obra y materiales, para apoyar los trabajos de campo.

- b) **Selección de sitios de trabajo.** Los sitios o parcelas son elegidas con todo cuidado para cubrir las zonas ecológicas más importantes en el territorio de la comunidad y que garanticen la obtención de datos que sean pertinentes al problema que se trata de resolver a nivel de cuenca. Debemos estar claros que en estos sitios se harán seguimientos por lo menos durante un año y medio, por lo que se pondrá especial cuidado en el tipo de productor participante por el grado de compromiso que se requiere.
- c) **Establecimiento de los trabajos de campo.** Se evaluarán en campo tecnologías existentes de conservación, obras físicas de conservación, reforestación, almacenamiento de agua etc. según las demandas y prioridades detectadas.

Para el caso de la cuenca del área que nos ocupa los ensayos agrícolas se establecieron con apoyo del INIFAP a partir del ciclo Primavera-Verano de 1997 (tres por comunidad) según las fechas que manejan los agricultores, usando materiales y genotipos locales y únicamente se variarán los tratamientos que incluyan prácticas de conservación de suelos, tales como: leguminosas de cobertura (frijol terciopelo, canavalia, dolichus, chepil, etc.), cultivos en callejones en donde se podrían usar como fuente de mantillo a *Leucaena*, *Gliciridia*, *Erythrina*, etc.), y se evaluará el pasto Vetiver como alternativa para retener suelos de ladera asociados con cultivos anuales.

En los ensayos se cuenta con la aportación de la mano de obra de los agricultores cooperantes y medios disponibles como materiales de la región, yuntas, herramientas, entre otros. Para el establecimiento y conducción de los trabajos, por lo que el proyecto solamente aporta insumos como semillas, agroquímicos y materiales de medición, análisis de suelos, y asistencias de rendimientos y en la realización de los eventos demostrativos.

III. Capacitación y divulgación

- a) Con la formación de grupos de productores participantes en los trabajos descritos, se cuenta con un mecanismo apropiado para difundir los resultados que se obtengan en el proyecto hacia otros campesinos en la región.
- b) El intercambio de experiencias entre los grupos de productores de las comunidades participantes, o de proyectos similares en otras entidades del país, también es un medio que servirá para divulgar las experiencias y revalorar los errores y aciertos.
- c) Con los trabajos de campo establecidos, se harán recorridos y demostraciones con productores y técnicos de la región. Estos mismos sitios servirán para realizar cursos cortos de capacitación en distintos aspectos relacionados con la conservación de recursos naturales, los cuales serán la base de conocimientos y reflexiones, mismos que deben influir en un mayor arraigo del proyecto entre los campesinos. Se pretende organizar talleres de educación ambiental para promover una conciencia ecológica, que resulte en acciones específicas de saneamiento ambiental, adopción de tecnologías para la conservación del agua y mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad.

- d) Con los resultados y experiencias obtenidas, se espera producir información escrita y material audiovisual que podrá ser divulgado entre los productores y comunidades participantes.

IV. Evaluación.

La evaluación de los resultados servirá para determinar en qué medida se están consiguiendo los objetivos y metas planeadas, por lo tanto deberá cubrir el período en que se ejecute el proyecto. Para ello se harán evaluaciones de seguimiento durante los ciclos de cultivo y de las actividades colaterales, así como una evaluación final al término del proyecto, comprenderá los resultados técnicos, económicos, y sobre aspectos organizativos

y de coordinación en los grupos de participantes. Se tomará como base la información de los libros de campo, los recorridos técnicos, los eventos demostrativos y entrevistas específicas.

CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO.

El abastecimiento de agua de 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 sitios donde se ubican las comunidades seleccionadas, se diseñaron 3 prototipos para captación de lluvia en techumbres, sus componentes son: una área de captación (techumbre); una conducción vertical de tubo pvc; un almacenamiento que incluye su llave de salida, las características de los componentes antes descritos son las siguientes:

- a) **Area de captación (techumbre):** se identificaron como materiales idóneos para la techumbre los existentes en la región como teja o madera y la lámina galvanizada acanalada calibre 26 de 3.05 x .082 m se excluyeron las techumbres de paja y lámina de asbesto, la primera debido a que contamina el agua debido 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 considera 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 depende del área de captación, esta descarga a una pieza especial de campana, la cual se une a la conducción vertical de pvc.

- c) **Conducción vertical de pvc:** consiste en tubería hidráulica de pvc de 2 pulgadas de diámetro RD 41 que se une a una trampa de sedimentos, que consiste en una caja de muros de tabique de 1.20x1.0x60 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.
- d) **Almacenamiento:** se seleccionaron 3 tipos el primero consiste en la construcción con muros de tabique, de 2.50 x 2.50 x 2.50m con capacidad para almacenar 12 m³ y dimensiones de 2.20 de diámetro x 3.0m de altura.
- e) **Distribución:** consiste en tubería de FoGo de ½ pulgada de diámetro de 2.5m, llave de nariz.

PROPUESTAS DE ALTERNATIVAS TIPO

- OPCION 1 - SISTEMA DE AGUA POTABLE - CAPTACION AGUA DE LLUVIA CON LA UTILIZACION DE CISTERNAS CONSTRUIDAS A BASE DE FERROCEMENTO EN LA LOCALIDAD.
- OPCION 2 - CONSTRUCCION DE SISTEMA DE AGUA POTABLE CON LA UTILIZACION DE CISTERNAS CONSTRUIDAS CON LA FORMA TRADICIONAL.
- OPCION 3 - CONST. DE SISTEMA DE AGUA POTABLE CON LA UTILIZACION DE CISTERNAS PREFABRICADAS CON MATERIAL DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD.

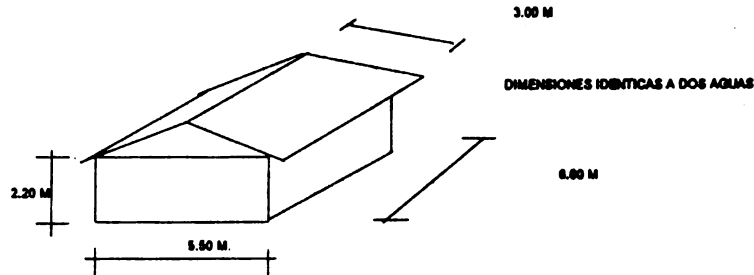


Fig. 1.- Dimensiones propuestas para captación de agua

PRESUPUESTO DE MATERIALES QUE INTERVIENEN PARA LA OPCION 1

No.	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO DE ADQUISICION	
				UNITARIO	TOTAL
TECHUMBRE					
1	LAMINA GALVANIZADA ACANALADA CALIBRE 26 3.05x0.82 m.	PZA.	16.48	121.74	2,008.28
2	CANALETA GALVANIZADA CAL. 26 ANCHO 0.10 m	ML.	18.03	18.00	360.30
3	ELEMENTOS DE SUEJECION - PUNAS PARA LAMINA GALVANIZADA 14x1"	PZA.	98.98	0.48	47.48
4	ELEMENTOS DE SUEJECION PARA CANALETA - SOPORTES I	PZA.	10.30	8.00	82.48
5	CUBIERTA DE PARTEAGUAS HECHO A BASE DE LAMINA GALV. ACANAL.	PZA.	2.06	121.74	250.78
CONDUCCION					
1	TUBERIA HIDRAULICA P.V.C. 2.0" DIAM. RD 41	ML.	6.98	10.06	98.25
2	PZAS. ESPECIALES P.V.C., CODOS, ADAPTADOR CAMPANA, TEE	PZA.	6.00	6.60	33.00
ALMACENAMIENTO					
1	MALLA ELECTROSOLDADA 6.0 x 6.0 cm	M2	28.84	7.58	218.03
2	CEMENTO	KG	412.00	1.06	432.80
3	ARENA	M3	0.80	45.00	36.00
4	CALHIDRA	KG	0.36	0.34	0.12
5	GRAVA GRADUADA DE 1/4 A 1/2" TIPO GRANZON	M3	0.42	48.00	18.96
6	IMPERMEABILIZANTE PROPIO PARA CISTERNAS INMERSO EN MEZCLA	KG	10.00	5.00	50.00
SISTEMA DE PROTECCION CONTRA SEDIMENTOS					
1	REJILLA DE 0.5x0.5 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	1.06	218.36
2.3	ARENA	M3	0.43	46.00	18.36
2.4	GRAVA	M3	0.80	45.00	40.00
3	VALVULA DE DESFOGUE VASTAGO FIJO DE 2.0" DE DIAM.	PZA.	1.00	104.34	104.34
EXTRACCION DE AGUA - HIDRANTE					
1	TUBERIA DE FO.GO. 1/2" DE DIAM.	ML.	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 S : 3,987.38
TOTAL CON PROPUESTA DE INSTALACION DE VALVULA DESFOGUE S : 3,983.44

CONCEPTOS DE OBRA QUE TENDRAN QUE SER INCLUIDOS EN LA OPCION 1:

- A) INCLUIR MANO DE OBRA EN CADA UNO DE LOS CONCEPTOS
- B) CIMBRA DE MADERA
- C) CIMBRA METALICA PARA FABRICACION DE DEPOSITO CILINDRICO.
- D) SUMINISTRO DE MATERIALES A LA LOCALIDAD.
- E) MANIOBRAS EN DESMANTELAMIENTO DE TECHUMBRE EXISTENTE.
- F) EXCAVACION NECESARIA PARA ALOJAR ESTRUCTURAS SEGUN EL CASO (RELIEVE TOPOGRAFICO)

VENTAJAS DEL SISTEMA

- DE EFECTUARSE CORRECTAMENTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO SE GARANTIZA UNA VIDA UTIL CONSIDERABLEMENTE MAYOR A LA PROPUESTA POR OTROS SISTEMAS.
- LA FORMA CILINDRICA DEL TANQUE LE PERMITE NO TENER PROBLEMAS CON FISURAS O AGRIETAMIENTOS, YA QUE ESTRUCTURALMENTE TRABAJA A COMPRESION.

DESVENTAJAS DEL SISTEMA

- ESTA PROPENSO A LA FACTIBILIDAD DE AGREGADOS DE CALIDAD EN LA LOCALIDAD.
- ES NECESARIO CONTAR CON MANO DE OBRA CALIFICADA PARA LA REALIZACION DE LOS TRABAJOS.
- EL TIEMPO DE EJECUCION QUEDA A EXPENSAS DE LA FACTIBILIDAD DE MATERIALES Y A EL TIPO DE MANO DE OBRA.

POSIBLE PROBLEMATICA DE NO INSTALACION DEL HIDRANTE.

EN EL CASO DE QUE NO SE PUEDA LLEVAR A CABO LA INSTALACION DEL HIDRANTE, SE OPTARA POR LA IMPLEMENTACION DE UN SIFON ECOLOGICO, HECHO A BASE DE PLASTICO RIGIDO (EL FUNCIONAMIENTO SERIA PARECIDO AL DE UN GARRAFON), LA PRINCIPAL DESVENTAJA DE ESTE MEDIO ES EL DE QUE PERIODICAMENTE SE TENDRIA QUE SUSTITUIR DEBIDO A QUE POR SU RUGOSIDAD ALMACENA IMPURESAS (SE ANEXA DETALLE, FIGURA 1), EL POSIBLE COSTO DE ESTE ARTEFACTO OSCILA ENTRE 20 Y 30 PESOS.

OPCION 2

CONSTRUCCION DE SISTEMA DE AGUA POTABLE CON LA UTILIZACION DE CISTERNAS CONSTRUIDAS CON LA FORMA TRADICIONAL.

PREBUDGETO DE MATERIALES QUE INTERVIENEN PARA LA OPCION 2

No.	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO DE ADQUISICION	
				UNITARI	TOTAL
TECHUMBRE					
1	LAMINA GALVANIZADA ACANALADA CALIBRE 28 3.05x0.82 m.	PZA.	16.48	121.74	2,006.28
2	CANALETA GALVANIZADA CAL. 28 ANCHO 8.18 m	ML.	18.83	16.00	300.30
3	ELEMENTOS DE SUJECION - PLAS PARA LAMINA GALVANIZADA 14x17"	PZA.	88.88	8.48	47.48
4	ELEMENTOS DE SUJECION PARA CANALETA - SOPORTES L	PZA.	18.38	8.88	82.48
5	CUBIERTA DE PARTEAGUAS HECHO A BASE DE LAMINA GALV. ACANAL.	PZA.	2.88	121.74	289.78
CONDUCCION					
1	TUBERIA HIDRAULICA P.V.C. 2.0" DIAM. RD 41	ML	8.88	18.88	88.28
2	PZAS. ESPECIALES P.V.C. CODOS, ADAPTADOR CAMPANA, TEE	PZA.	8.88	8.88	33.88
ALMACENAMIENTO					
1	TABIQUE ROJO RECOCIDO 14x17x25	PZA.	848.88	8.88	428.88
2	CEMENTO	KG	728.88	1.88	781.28
3	ARENA	M3	1.75	48.88	78.75
4	GRAVA	M3	2.12	48.88	88.48
5	IMPERMEABILIZANTE PROPIO PARA CISTERNAS INMERSO EN MEZCLA.	KG	17.88	8.88	88.88
SISTEMA DE PROTECCION CONTRA SEDIMENTOS					
1	REJILLA DE 0.8x0.3 cm CUADRO GALVANIZADO EN INICIO DE TUBERIA.	PZA.	1.88	3.23	3.23
2	TRAMPA DE SEDIMENTOS A LA LLEGADA DE CISTERNA				
2.1	TABIQUE ROJO RECOCIDO 14x17x25	PZA.	128.88	8.88	82.88
2.2	CEMENTO	KG	288.88	1.88	218.38
2.3	ARENA	M3	8.43	48.88	18.38
2.4	GRAVA	M3	8.88	48.88	48.88
3	VALVULA DE DESFOQUE VASTAGO FIJO DE 2.0" DE DIAM.	PZA.	1.88	184.24	184.24
EXTRACCION DE AGUA - HIDRANTE					
1	TUBERIA DE FO.GO. 1/2" DE DIAM.	ML	2.88	21.88	82.88
2	LLAVE DE MANIZ DE COBRE	PZA.	1.88	18.48	18.48

TOTAL CON PROPUESTA DE TRAMPA DE SEDIMENTOS \$: 4,688.38

TOTAL CON PROPUESTA DE INSTALACION DE VALVULA DESFOQUE \$: 4,374.84

**NOTAS : LOS PRECIOS SON L.A.S. EN LA CD. DE OAXACA, NO INCLUYEN I.V.A.
LAS CANTIDADES EXPUESTAS INCLUYEN FACTOR DE DESPERDICIO AL 3.8 %**

CONCEPTOS DE OBRA QUE TENDRAN QUE SER INCLUIDOS EN LA OPCION 2

- A) INCLUIR MANO DE OBRA EN CADA UNO DE LOS CONCEPTOS
- B) CHIMBRA DE MADERA
- C) SUMINISTRO DE MATERIALES A LA LOCALIDAD.
- D) MANOBRAS EN DESMANTELAMIENTO DE TECHUMBRE EXISTENTE.
- E) EXCAVACION NECESARIA PARA ALOJAR ESTRUCTURAS SEGUN EL CASO (RELIEVE TOPOGRAFICO)

VENTAJAS DEL SISTEMA

- ES EL TIPO DE OBRA QUE MAS CONOCE LA COMUNIDAD Y POR LO TANTO SE PUEDE ASSEGURAR SU PARTICIPACION.

DESVENTAJAS DEL SISTEMA

- ESTA PROPENSO A LA FACTIBILIDAD DE AGREGADOS DE CALIDAD EN LA LOCALIDAD.
- SI EL DEPOSITO SE ENCUENTRA VACIO, ES PROBABLE QUE SUFRA CUARTEADURAS Y FISSURAS LAS PAREDES, EN ESPECIAL AQUELLAS CISTERNAS QUE SE ENCUENTREN POR DEBAJO DEL TERRENO NATURAL.

POSSIBLE PROBLEMÁTICA DE NO INSTALACION DEL HIDRANTE.

EN EL CASO DE QUE NO SE PUEDA LLEVAR A CABO LA INSTALACION DEL HIDRANTE, SE OPTARA POR LA IMPLEMENTACION DE UN SIPON ECOLOGICO, HECHO A BASE DE PLASTICO RIGIDO (EL FUNCIONAMIENTO SERIA PARECIDO AL DE UN GARRAPON). LA PRINCIPAL DESVENTAJA DE ESTE MEDIO ES EL DE QUE PERIODICAMENTE SE TENDRIA QUE SUSTITUIR DEBIDO A QUE POR SU RUGOSIDAD ALMACENA IMPUREZAS (SE ANEXIA DETALLE, FIGURA 2), EL POSSIBLE COSTO DE ESTE ARTEFACTO OSCILA ENTRE 20 Y 30 PESOS.

OPCION 2

CONSTRUCCION DE SISTEMA DE AGUA POTABLE CON LA UTILIZACION DE CISTERNAS PREFABRICADAS CON MATERIAL DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD.

PRESUPUESTO DE MATERIALES QUE INTERVIENEN PARA LA OPCION 3

No.	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO DE ADQUISICION	
				UNITARIO	TOTAL
TECHUMBRE					
1	LAMINA GALVANIZADA ACANALADA CALIBRE 26 3.05x0.82 m.	PZA.	16.48	121.74	2,008.26
2	CANAleta GALVANIZADA CAL. 26 ANCHO 0.10 m	ML.	18.03	16.00	288.36
3	ELEMENTOS DE SUJECION - PLAS PARA LAMINA GALVANIZADA 14x1"	PZA.	88.08	0.46	47.46
4	ELEMENTOS DE SUJECION PARA CANALETA - SOPORTES L	PZA.	14.30	6.00	82.40
5	CUBIERTA DE PARTEAGUAS HECHO A BASE DE LAMINA GALV. ACANAL.	PZA.	2.08	121.74	250.78
CONDUCCION					
1	TUBERIA HIDRAULICA P.V.C. 2.0" DIAM. RD 41	ML.	8.98	10.00	89.26
2	PZAS. ESPECIALES P.V.C., COCOS, ADAPTADOR CAMPANA, TEE	PZA.	8.98	9.99	33.69
ALMACENAMIENTO					
1	TINACO CISTERNA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD CAP. 18,000 LTS	PZA.	1.00	7031.43	7031.43
SISTEMA DE PROTECCION CONTRA SEDIMENTOS					
1	REJILLA DE 0.5x0.5 cm CUADRO GALVANIZADO EN BICO DE TUBERIA.	PZA.	1.00	3.23	3.23
2	TRAMPA DE SEDIMENTOS A LA LLEGADA DE CISTERNA				
2.1	TABIQUE ROJO RECOCIDO 14x7x25	PZA.	128.00	0.50	62.50
2.2	CEMENTO	KG	206.05	1.05	210.30
2.3	ARENA	M3	0.43	45.00	19.35
2.4	GRAVA	M3	0.05	45.00	40.00
3	VALVULA DE DESFOQUE VASTAGO FUO DE 2.0" DE DIAM.	PZA.	1.00	104.34	104.34
EXTRACCION DE AGUA - HIDRANTE					
1	TUBERIA DE FO.GO. 1/2" DE DIAM.	ML.	2.90	21.00	62.50
2	LLAVE DE MARIZ DE COBRE	PZA.	1.00	18.45	18.45

TOTAL CON PROPUESTA DE TRAMPA DE SEDIMENTOS \$: 16,166.33
 TOTAL CON PROPUESTA DE INSTALACION DE VALVULA DESFOQUE \$: 6,966.57

NOTAS : LOS PRECIOS SON L.A.S. EN LA CD. DE OAXACA, NO INCLUYEN I.V.A.
 LAS CANTIDADES EXPUESTAS INCLUYEN FACTOR DE DESPERDICIO AL 3.0 %

CONCEPTOS DE OBRA QUE TENDRAN QUE SER INCLUIDOS EN LA OPCION 3

- INCLUIR MANO DE OBRA EN CADA UNO DE LOS CONCEPTOS
- SUMINISTRO DE MATERIALES A LA LOCALIDAD.
- MANOBRAS EN DESMANTELAMIENTO DE TECHUMBRE EXISTENTE.
- EXCAVACION NECESARIA PARA ALOJAR ESTRUCTURAS SEGUN EL CASO (RELIEVE TOPOGRAFICO)

VENTAJAS DEL SISTEMA

- EL QUE SEA UN MATERIAL PREFABRICADO, REDUCE CONSIDERABLEMENTE LOS TIEMPOS DE EJECUCION.
- ESTA FABRICADO EN UNA SOLA PIEZA, NO SUFRE AGRIETAMIENTOS.
- NO NECESITA IMPERMEABILIZANTE.
- PUEDE PERMANECER ENTERRADO O A LA INTemperIE.
- MANTIENE EL AGUA LIMPIA, NO GENERAN OLORES NI SABOR.

DESVENTAJAS DEL SISTEMA

- LA UNICA DESVENTAJA QUE OFRECE ESTE SISTEMA ES EL SUMINISTRO A LAS LOCALIDADES SERRANAS.

POSSIBLE PROBLEMATICA DE NO INSTALACION DEL HIDRANTE.

EN EL CASO DE QUE NO SE PUEDA LLEVAR A CABO LA INSTALACION DEL HIDRANTE, SE OPTARA POR LA IMPLEMENTACION DE UN SIFON ECOLOGICO, HECHO A BASE DE PLASTICO RIGIDO (EL FUNCIONAMIENTO SERIA PARECIDO AL DE UN GARRAFON), LA PRINCIPAL DESVENTAJA DE ESTE MEDIO ES EL DE QUE PERIODICAMENTE SE TENDRIA QUE SUSTITUIR DEBIDO A QUE POR SU RUGOSIDAD ALMACENA IMPUREZAS (SE ANEXA DETALLE, FIGURA 3), EL POSSIBLE COSTO DE ESTE ARTEFACTO OSCILA ENTRE 20 Y 30 PESOS.

CATALOGO DE CONCEPTOS PARA CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA

CISTERNA DE POLIETILENO (OPCION 1)

	CONCEPTO	UNIDA	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
1	EXCAVACION EXCAVACION DE 2.7 DE ANCHO PARA TANQUE DE POLIETILENO DE 15 M3 CON DIAM. DE 2.4 M. EN TERRENO TIPO A ;PARA SUELO PLASTICO, PROF.DE 3.0 M. , CONSIDERANDO UN TALUD DE 3° EN TERRENO TIPO B ;PARA SUELO ESTABLE, PROF. DE 1.5 M. EN TERRENO TIPO C ;EN ROCA, PROF. DE 0.5 M .	M3 M3 M3	14.84 7.25 2.4		
	EXCAVACION DE 2.5 DE ANCHO PARA TANQUE DE POLIETILENO DE 10 M3 CON DIAM. DE 2.2 M. EN TERRENO TIPO A ;PARA SUELO PLASTICO, PROF. DE 3.0 M., CONSIDERANDO UN TALUD DE 3° EN TERRENO TIPO B ;PARA SUELO ESTABLE, PROF. DE 1.5 M. EN TERRENO TIPO C ;EN ROCA, PROF. DE 0.5 M.	M3 M3 M3	11.32 5.05 1.83		
2	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TANQUE DE POLIETILENO PREFABRICADO	LOTE	1		
3	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBERIA Y ACCESORIOS DE P.V.C TRAMO DE TUBERIA DE 2" DE DIAM. RD 26 REDUCCION DE 4" A 2" DE DIAM. TEE DE 2" DE DIAM. X 90° CODO DE 2" DE DIAM X90° VALVULA PARA DESFOGUE DE 2" DE DIAM.	LOTE PZA PZA PZA PZA	1 2 1 8 1		
4	SUMINISTRO Y COLOCACION DE SOPORTE DE MADERA PARA TUBERIA	PZA	2		
5	SUMINISTRO Y COLOCACION DE DE REJILLA O MAMPARA DE ALAMBRE DE 15X15 CM.	PZA	2		
6	TECHUMBRE MANIOBRAS DE SUSTITUCION DE TECHUMBRE SUMINISTRO Y COLOCACION DE TECHUMBRE GALVANIZADA	LOTE LOTE	1 1		
7	CANALETAS SUMINISTRO Y COLOCACION DE DE CANALETA GALVANIZADA DE 10X10 CM INCLUYE MENSULAS Y REMACHES	LOTE	1		

NOTA - LA CISTERNA DE POLIETILENO TIENE LAS SIGUIENTES VENTAJAS:
SE PUEDE ENTERRAR O DEJAR EN LA SUPERFICIE , SON FABRICADAS DE UNA
SOLA PIEZA , SON IMPERMEABLES, RESISTENTES, MANTIENEN EL AGUA LIMPIA
Y NO GENERAN OLOR NI SABOR , SON FLEXIBLES, EN ASENTAMIENTOS
DIFERENCIALES NO SE PRODUCEN GRIETAS NI FISURAS.

CISTERNA DE POLIETILENO CON TRAMPA (OPCION 2)

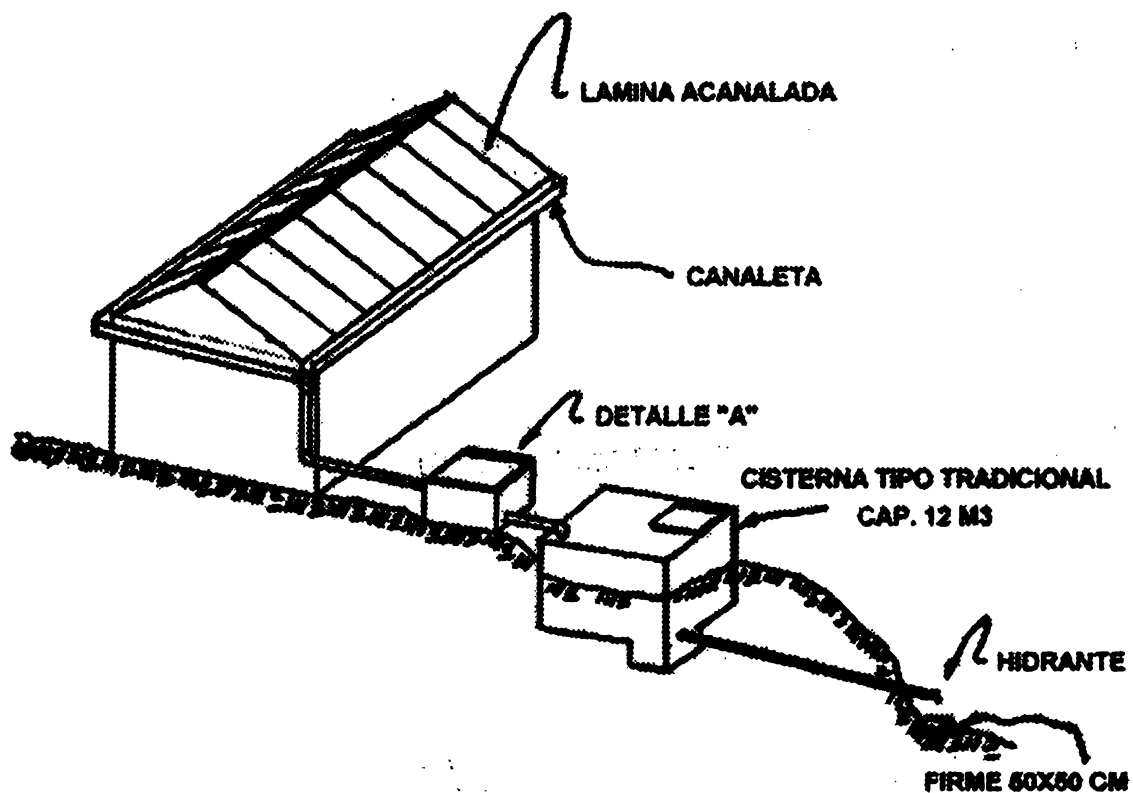
	CONCEPTO	UNIDA	CANTIDAD
3	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBERIA Y ACCESORIOS DE P.V.C TRAMO DE TUBERIA DE 2" DE DIAM. REDUCCION DE 4" A 2" DE DIAM. TEE DE 2" DE DIAM. X90° CODO DE 2" DE DIAM. X90° VALVULA PARA DESFOGUE DE 2" DE DIAM.	LOTE PZA PZA PZA PZA	1 2 1 2 1
8	TRAMPA DE CONCRETO ARMADO CON MAMPARA , Y VOLUMEN DE 0.43 M3.	LOTE	1

CISTERNA DE FERROCEMENTO (OPCION 3)

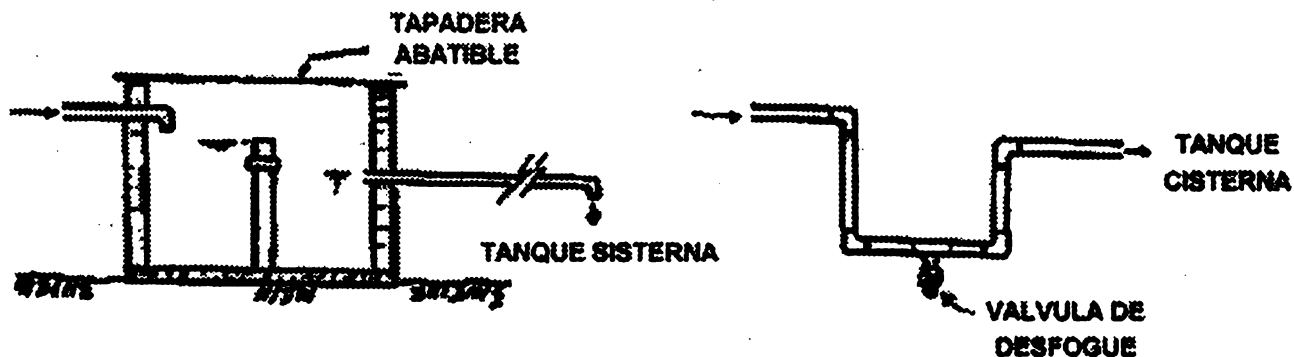
	CONCEPTO	UNIDA	CANTIDAD
A	EXCAVACION		
	EXCAVACION DE 2.30 DE ANCHO PARA CISTERNA DE FERROCEMENTO CILINDRICA DE 2M. DE DIAM. Y CAPACIDAD DE 10 M3.		
	EN TERRENO TIPO A ; PARA SUELO PLASTICO, PROF. DE 2.9 M.		
	CONSIDERANDO UN TALUD DE 3°	M3	10.46
	EN TERRENO TIPO B ; PARA SUELO ESTABLE, PROF. DE 1.7 M.	M3	5.96
	EN TERRENO TIPO C ; PARA SUELO ROCOSO, PROF. DE 0.7 M.	M3	2.46
B	FABRICACION DE MORTERO CEMENTO-CAL-HIDRA. e= 07 M.	M3	1.96
C	MALLA ELECTROSOLDADA	M2	26
D	IMPERMEABILIZANTE		
	EN INTERIOR DE EL TANQUE	M3	26
	EN EXTERIOR PARA TERRENO TIPO B	M3	16
	EN EXTERIOR PARA TERRENO TIPO C	M3	6
E	CIMBRA DE MADERA	M2	56

NOTA: PARA LA CONSTRUCCION DE UNA CISTERNA DE FERROCEMENTO CILINDRICA SE NECESITARIA MANO DE OBRA ESPECIALIZADA, ADEMAS LOS MATERIALES DEBERAN DE SER DE MUY BUENA CALIDAD, PARA QUE EL SISTEMA FUNCIONARA EN NORMALES CONDICIONES FISICAS Y LOGRAR UNA BUENA VIDA UTIL.

PROYECTO TIPO



DETALLE "A"

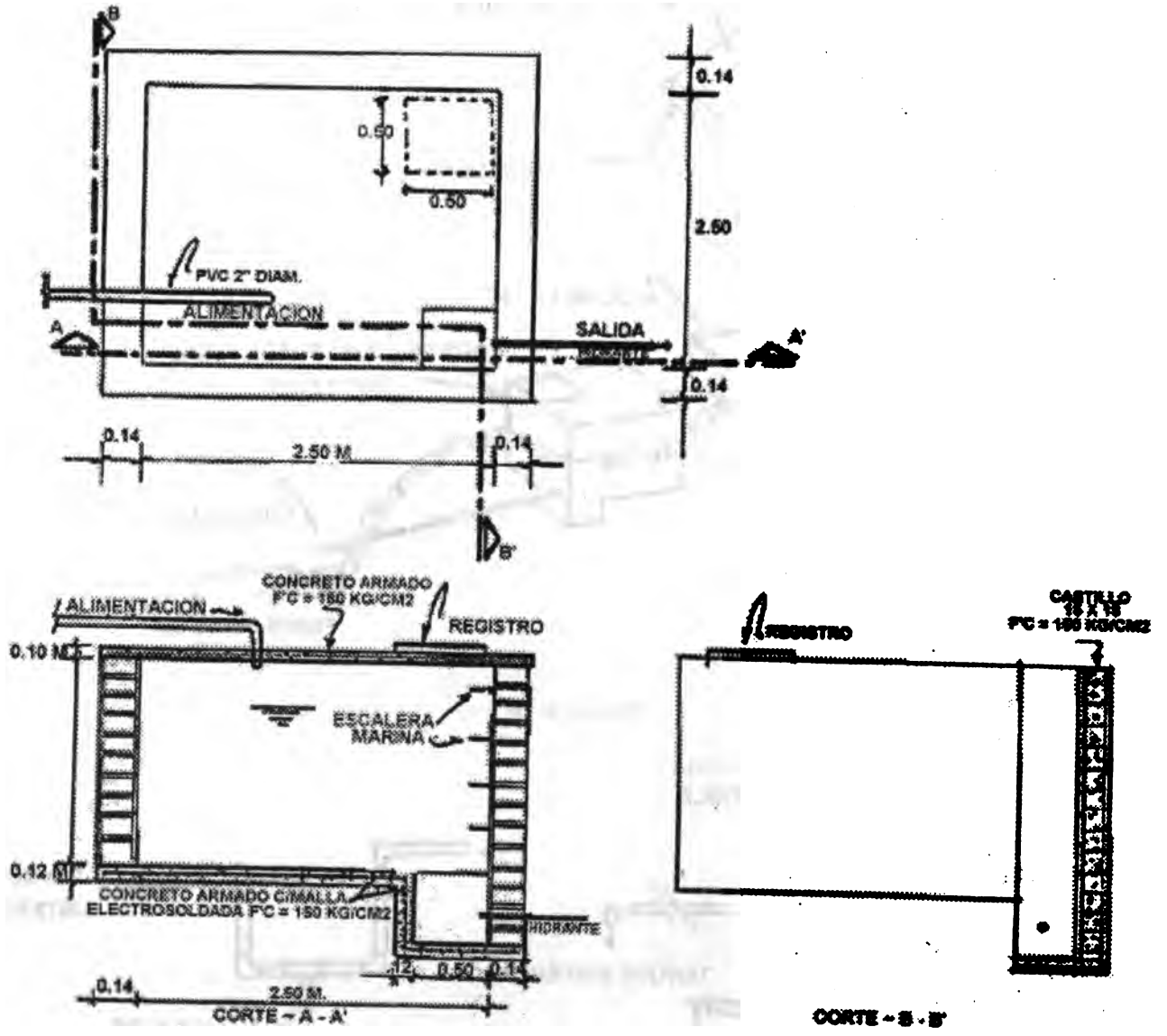


ALTERNATIVA No. 1 TRAMPA DE SEDIMENTOS.

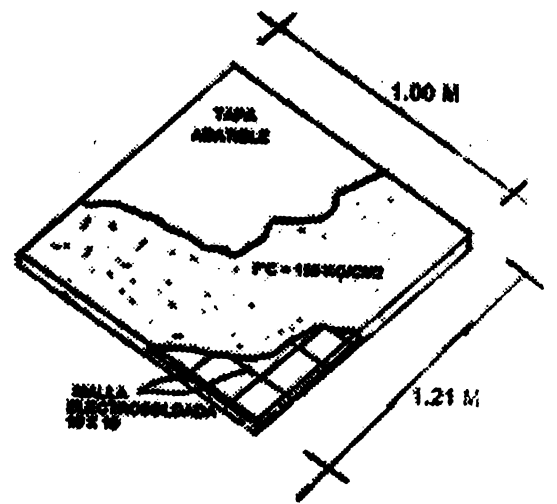
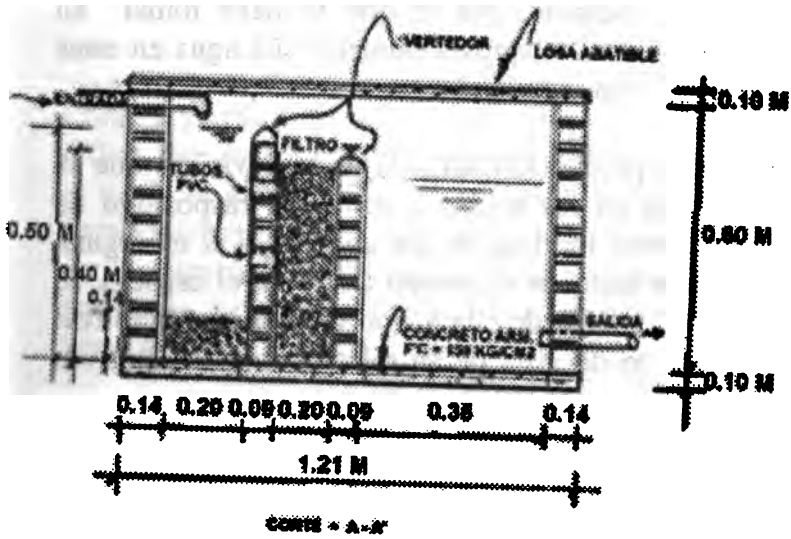
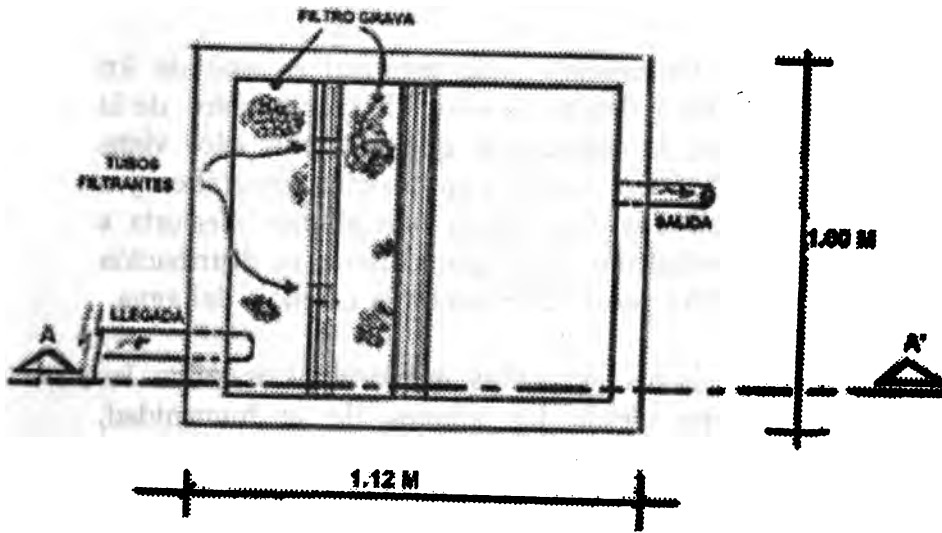
ALTERNATIVA No. 2 VALVULA DE DESFOGUE.

NOTA: EN EL CASO DE LAS ALTERNATIVAS 2 Y 3 SUS CARACTERISTICAS SON SIMILARES EXCEPTO POR EL DISEÑO Y TIPO DE MATERIALES DE LA CISTERNA.

DETALLE DE CIMENTACIÓN PARA CAS. DE TANG



DETALLE TRAMPA DE SEDIMENTOS



NOTAS: -BARRAS VERTICALES FILTRANTES -
 -CONSTRUIR SE TIPO CAJUCHINO.
 -DETALLAR CRISTO VERTEDORA

ANALISIS PROBABILISTICO DE LA LLUVIA CON FINES DE PLANEACION

Ramón Arteaga Ramírez ¹
Mario Alberto Vazquez ²

INTRODUCCION

La producción de alimentos tanto a nivel internacional como nacional es uno de los principales problemas en la actualidad, lo anterior debido al ritmo de crecimiento de la población en contraste con la disminución de la producción que año con año, viene dándose por diversas causas; aunado a esto, México debido a su posición geográfica y a una orografía sumamente abrupta, que originan una distribución pluvial muy aleatoria e irregular, tanto por lo que respecta en oportunidad (en el tiempo) como a su distribución espacial (geográfica), debe enfrentarse a una lucha permanente contra la carencia del agua.

Si se parte del hecho, de que la influencia de los elementos meteorológicos sobre las actividades primarias del hombre se concebía desde los albores de la humanidad, actualmente no debe sorprender que esta influencia es necesario atenderla y entenderla plenamente para poder mejorar la producción de los cultivos dado que la agricultura en México se desarrolla fundamentalmente de temporal. Se caracterizan dichas zonas porque se encuentran fuertemente limitadas, como ya se indico principalmente por la poca cantidad y mala distribución de la lluvia, lo cual trae como consecuencia que la agricultura de temporal resulte ser una actividad bastante riesgosa, por lo que se debe tomar en cuenta para realizar una planeación realmente eficaz del aprovechamiento del agua en estas regiones para la producción agrícola y cualquier otra actividad.

De los elementos meteorológicos que limitan la producción agrícola es la lluvia, ya que es la única fuente disponible de ingresos de agua en los suelos o en algún dispositivo de almacenamiento, para satisfacer los requerimientos hídricos de los cultivos y si en alguna región se llega a determinar su comportamiento tanto en el tiempo como en el espacio, se estará en posibilidades de conocer el potencial agrícola de ella y por ende el beneficio real que pueden obtener sus habitantes desde el punto de vista de su relación con los cultivos factibles de llevarse bajo esas condiciones.

¹ y ²

Profesores Investigadores de Tiempo Completo. Sección de Meteorología Agrícola Departamento de Irrigación Universidad Autónoma Chapingo. Carr. México-Texcoco Km. 38.5 Chapingo Edo. de México C.P. 56230

Es importante resaltar que si el propósito fundamental es el de definir el comportamiento de la lluvia para una región cualquiera, con el fin de planear su aprovechamiento racional, la predicción a largo plazo es la indicada. Este tipo de predicción es de gran utilidad, ya que al obtener las probabilidades de ocurrencias para un lapso dado, el cual es desfavorable para un cultivo, permite tomar decisiones para poder programar con anticipación las medidas que ayuden a librar o a disminuir su presencia negativa, por ejemplo cambio de fecha de siembra, de variedad, de cultivo técnicas de aprovechamiento de la lluvia en cualquiera de sus modalidades, por citar algunas. Las ventajas que proporciona el conocer las cantidades probables de lluvia para una región con agricultura de temporal es inmediata, aun en agricultura bajo riego. Es decir la agricultura de un lugar será tanto más racional cuando más se acomode a la marcha más probable de los elementos atmosféricos que caracterizan a la localidad. En el presente trabajo se realizó un análisis de la lluvia para el estado de Chihuahua, en el cual las actividades agrícolas se desarrollan fundamentalmente bajo agricultura de temporal, de ahí la necesidad de conocer la variabilidad y distribución tanto espacial como temporal de la lluvia para conocer el potencial hídrico de la región.

OBJETIVOS

1. Presentar de una manera más accesible la información generada por García et al (1977) para su uso con fines agrícolas.
2. Estimar la cantidad de lluvia que corresponde a los siguientes niveles de probabilidad de excedencia; 80,60,40 y 20 %, a partir de lluvia media.
3. Determinar la variabilidad espacial y temporal de la lluvia.

REVISION DE LITERATURA

Contreras (1942) en su mapa de las provincias climatológicas de la República Mexicana, indica que de los aproximadamente dos millones de kilómetros cuadrados que la integran el 63 % es arido, el 31 % semiarido, el 5 % semihumedo y solamente el 1 % es húmedo. Para Gutiérrez (1962), García (1951) y Blanco y Ramirez(1966) aproximadamente el 84 % de la superficie del país es arida y semiarida. Como se puede observar con los datos anteriores la mayor parte del territorio Nacional presenta problemas de disponibilidad de humedad.

Con respecto a la superficie que se siembra en México, Anaya (1995) reporta que anualmente se siembran 22 millones de ha, de las cuales cinco millones cuentan con agua de riego y los 17 restantes son agricultura de temporal, que en su mayoría se localizan en las regiones aridas y semiaridas del país, lo que representa que casi el 75 % de las tierras que se cultivan dependen del agua de lluvia.

La lluvia como principal elemento agroclimático en cultivo de secano (temporal), es necesario caracterizarla en alguna dimensión, más que en sus valores promedios. Un análisis agroclimático exhaustivo, para su aplicación en la planeación agrícola, debería contar con el conocimiento de la época, duración, frecuencia e intensidad de ocurrencia de la lluvia. El estudio de un análisis probabilístico al menos a nivel mensual durante los meses del ciclo del cultivo debería ser necesario para lograr una evaluación del potencial hídrico de un área y finalmente con el auxilio de otras variables, predecir el potencial productivo de la misma (García, 1979).

Según Azzi (1971), existen dos condiciones esenciales para que una especie vegetal pueda cultivarse en un lugar dado y éstas son: primero, la existencia de un intervalo suficientemente amplio para que la planta pueda complementar su desarrollo, desde la germinación-emergencia hasta la plena madurez. Segundo, que durante dicho intervalo las condiciones atmosféricas no lleguen alcanzar una intensidad tal, que pueda disminuir el rendimiento más allá de los límites convenientes. Si lo anterior se considera para la lluvia para el primer punto, es necesario definir el inicio y establecimiento, así como la duración de la temporada de lluvia, para conocer la época de establecimiento (siembra) y el tiempo disponible con lluvia. Para el segundo, es importante determinar la variabilidad de la precipitación durante la temporada de lluvias, que al compararla con los requerimientos hídricos de un cultivo por etapa fenológica, se puede definir en cuáles se tienen excesos o deficiencias, con lo cual se pueden tomar las decisiones adecuadas para mejorar la producción.

Como se ha indicado la lluvia es uno de los elementos agroclimáticos con una gran injerencia en la producción agrícola, sobre todo cuando ésta es de temporal deficiente, donde la lluvia es determinante y además es la única fuente disponible de ingresos de agua en los suelos para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos. Por esto, el análisis probabilístico y la evaluación de este recurso son fundamentales para la planeación agrícola, así como en la toma de decisiones que ayuden a aprovechar, conservar y eficientizar este recurso.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizó parte de la información que presenta García et al (1977) en su publicación de climas para el estado de Chihuahua. En el cuadro 1 se presentan los nombres de las estaciones seleccionadas (de un total de 55), su lluvia media y un número para su identificación, en la figura 1 se presenta la distribución de las estaciones en el estado indicado. Las primeras 14 se utilizaron para generar los modelos de predicción de lluvia probabilística y las tres últimas para la validación de éstos.

La información generada de los datos presentados por García et al (1977) se procesó por medio de paquetes de cómputo disponibles en la sección de meteorología agrícola del departamento de Irrigación y con el auxilio de una computadora personal.

La determinación de la lluvia probabilística se hizo con el auxilio de las gráficas publicadas por García et al (1977), para el estado de Chihuahua, el procedimiento seguido se bosqueja a continuación:

1. De las gráficas mencionadas se obtiene la cantidad de lluvia esperada para cada nivel de probabilidad de excedencia seleccionado de antemano, en este caso 20,40,60 y 80 % , estos valores se obtienen gráficamente por medio de una razón proporcional de acuerdo a la escala utilizada en cada figura. Esto se hace para todos los meses del año y en cada una de las estaciones seleccionadas para el estudio. En la figura 2 se presentan las gráficas de enero a agosto para la estación Guadalupe y Calvo (028).

CUADRO 1. ESTACIONES METEOROLOGICAS CONSIDERADAS EN EL ESTUDIO.>>

NOMBRE	MEDIA	NUMERO
Ascensión	217.53	001
Bachiniva	435.28	005
Batopilas	619.87	006
Chinipas	790.29	020
Guadalupe y Calvo	1086.83	028
Hidalgo del Parral	465.81	032
Jiménez	313.95	034
Juan Mata Ortiz	319.15	035
Ciudad Juárez	413.08	036
Los Lamentos	249.97	038
Madera	553.55	041
Maijoma	345.80	043
Meoqui	258.99	044
El Sueco	329.24	066
Casas Grandes	397.85	012
Creel	707.80	014
Maclovio Herrera	197.44	040

2. Con los datos obtenidos en el paso anterior se realizan cuatro diagramas de dispersión (uno para cada nivel de probabilidad), donde la variable independiente es la lluvia media mensual y la dependiente la cantidad de lluvia mensual aun nivel de probabilidad.
3. A partir de las tendencias que presentan los diagramas de dispersión, se procede a ajustar el modelo correspondiente, en este caso como, lo indica Hargreaves (1975 y 1977) puede ser estimado por análisis de regresión lineal simple y que la relación es normalmente lineal, a partir de esto, el modelo a utilizar es el siguiente:

$$y = a + bx + E$$

Donde :

y = cantidad de lluvia mensual a un nivel de probabilidad (mm).

x = cantidad de lluvia mensual (mm)

a y b = constantes de regresión

E = error

Los valores de "a y b" se obtienen con las siguientes relaciones:

$$a = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum x \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Para determinar si el modelo obtenido por el método de mínimos cuadrados se ajusta a los datos se obtiene el coeficiente de determinación (r^2) con la siguiente relación:

$$r^2 = \frac{SC' \text{ REGRESION}'}{SC' \text{ TOTALES}'}$$

4. Por último se hace la validación de los modelos obtenidos con los datos de las tres estaciones que no se utilizaron en la generación de los modelos, al comparar los datos medidos con los estimados, por medio de regresión lineal simple. Además se usó a la diferencia relativa (D), para conocer en que porcentaje sobre estiman o subestiman los modelos obtenidos, con la siguiente relación:

$$D = \frac{ME}{M} 100$$

Donde:

M = Total de los datos de lluvia medidos a un nivel de probabilidad (mm).

E = Total de los datos de lluvia estimados a un nivel de probabilidad (mm).

RESULTADOS Y DISCUSION

Como se puede observar en las figuras de la 3 a la 6, se presentan los diagramas de dispersión para cada uno de los niveles de probabilidad de lluvia que se consideraron en este estudio, en todos la tendencia es lineal, por lo que los coeficientes y los estadísticos de cada uno de los modelos lineales que se calcularon se dan en el cuadro 2, en éste se observa la variación de la ordenada como de la pendiente para cada uno de los modelos obtenidos. Con respecto a los estadísticos , el modelo para el nivel de probabilidad de excedencia al 40 % es el que presenta mayor coeficiente de determinación (r^2) y menor error estándar de las "y" estimadas, en cambio para el 80 % se tiene el menor r^2 y el más alto error estándar de las "y" estimadas.

CUADRO 2. COEFICIENTES Y ESTADISTICOS DE LOS MODELOS OBTENIDOS

NIVEL(%)	a	b	r^2	Error
20	5.14	1.34	0.970	10.78
40	-6.52	1.06	0.984	6.19
60	-9.62	0.83	0.938	9.77
80	-9.99	0.64	0.861	11.56

Los datos de las tres últimas estaciones del cuadro 1 no se consideraron para el cálculo de los coeficientes de los modelos obtenidos para cada nivel de probabilidad, para qué con éstos se pudieran validar dichos modelos. la validación consiste en estimar con los modelos obtenidos los datos de lluvia mensual para cada nivel y estación estos datos estimados se comparan con los datos obtenidos por García et al (1977), que se consideran como valores observados o medidos.

Se realizaron dos comparaciones, la primera por medio de la técnica de regresión lineal simple, con los datos a nivel mensual y para cada estación, si lo datos medidos (M) son semejantes que los estimados (E) el modelo lineal será:

$$M = E$$

Por lo que el valor de la ordenada al origen, $a = 0$ y el de la pendiente, $b = 1$, que son los criterios para evaluar que tan buenos estimadores son los modelos, si el valor de "a" es cercano a 0 y el de "b" a 1 los datos medidos y estimados son muy aproximados. En los cuadros 3, 4 y 5 se presentan los coeficientes de regresión a comparar los datos estimados con los medidos, para cada estación y r^2 . Para la estación 040, en los niveles del 20 y 40 % se tiene que los modelos son muy buenos estimadores, no así para los niveles del 60 y 80 % , ya que los valores del coeficiente "b" son muy inferiores a la unidad, por lo que son malos estimadores. Para la estación 014 únicamente el modelo al 80 % de probabilidad es el que presenta una estimación buena y los otros tres niveles muy buena. Con lo que respecta a la estación 012 todos los modelos presentan una muy buena estimación o poder predictivo.

CUADRO 3. COEFICIENTES PARA LA ESTACION 040

NIVEL	a	b	r ²
20	-8.12	1.23	0.960
40	0.84	0.93	0.958
60	0.67	0.62	0.905
80	0.26	0.46	0.920

CUADRO 4. COEFICIENTES PARA LA ESTACION 014

NIVEL	a	b	r ²
20	5.11	0.97	0.991
40	-0.56	1.02	0.993
60	-4.01	1.10	0.974
80	-7.15	1.14	0.934

CUADRO 5. COEFICIENTES PARA LA ESTACION 012

NIVEL	a	b	r ²
20	-3.52	1.07	0.999
40	0.40	1.01	0.993
60	-0.16	1.08	0.982
80	-0.74	1.04	0.967

La segunda comparación se realizó con la diferencia relativa, D, en este caso se uso los totales anuales para cada nivel y estación, en el cuadro 6 se tienen estos valores, el signo negativo indica que el modelo sobreestimo y el positivo subestimo.

CUADRO 6. DIFERENCIA RELATIVA POR ESTACION Y NIVEL

ESTACION N	NIVEL DE PROBABILIDAD			
	20	40	60	80.
040	-7.13	0.39	-39.30	-91.13
014	2.66	0.91	-0.54	-13.06
012	0.19	2.03	6.25	-1.5

Con este cuadro se confirma lo que se indico con los cuadros 3,4 y 5. Si se analiza la estación 040 se tiene que al nivel del 20 % el modelo sobreestimo al total de lluvia medido a ese nivel en un 7.13 % por lo que el total de lluvia estimada es mayor en ese porcentaje. Se tiene que al 40 % los totales son casi idénticos (140.3 y 139.75 mm) y para los otros dos niveles la predicción es muy pobre, ya que los porcentajes son muy altos, para las otras dos estaciones las estimaciones son muy buenas para todos los niveles. En la figura 7, se presenta un plano para el estado de Chihuahua de isoyetas medias del mes de julio, en éste se tienen las isoyetas de 32, 64, 125, 150 y 200 mm, con los modelos generados se pueden transformar éstas, a isoyetas probabilísticas, en el cuadro 7 se observan los valores de cada isoyeta probabilística para cada nivel con que se trabajo.

CUADRO 7. VALORES PROBABILISTICOS DE LAS ISOYETAS MEDIAS DEL MES DE JULIO

ISOYETA	20	40	60	80
32	48.00	27.40	16.94	10.49
64	90.90	60.68	43.50	30.97
125	172.60	125.98	94.13	70.01
150	206.14	152.48	114.88	86.01
200	273.14	205.48	156.38	118.01

Además con los valores de cuadro 7, se pueden generar cuatro planos uno para cada nivel de probabilidad, con los cuales se tendrían la variabilidad espacial de la lluvia para el estado. Lo anterior se puede realizar para cada plano de isoyetas medias mensuales con lo que se tendrían la variabilidad temporal de la precipitación. Lo anterior auxilia para determinar en que áreas, ésta es adecuada y en cuales no, en términos globales.

A nivel puntual de una estación, en la figura 8 se tiene la variabilidad temporal de la lluvia para la estación 012, con la cual se puede definir en que meses se tiene la mayor cantidad de lluvia, para su aprovechamiento desde el punto de vista agrícola.

La planeación agrícola que se puede realizar con esta información es: primero, a nivel puntual se conoce la variación temporal de la lluvia y con esto se tiene el potencial hídrico, con que se cuenta y en que meses, para ejemplificar se presenta los datos anuales para cada nivel estudiado (de mayor al menor), para la estación 040 y que son respectivamente; 51, 82, 140 y 330 mm, con estas cantidades de lluvia solamente en uno de cada 5 años y con sistemas de captación in situ de lluvia se podría producir algún cultivo en el área de influencia de ésta, lo cual no es muy halagador para un agricultor debido a que el riesgo de fracaso es muy alto. En el área de influencia de esta estación la actividad que se recomendaría sería la ganadería extensiva, ya que esta depende de recurso forraje proveniente de pasto nativos temporales de menores requerimientos hídricos, aunque el agua sigue siendo un factor limitativo de esta producción.

A nivel de área, en este caso el estado de Chihuahua se definen en que regiones la lluvia no es un factor limitativo para la producción de cultivos, en cuales serían necesario la cosecha de lluvia in situ para mejorar la producción de cultivos, en éstas lo importante es definir con que cantidad de lluvia y nivel de probabilidad se hará el diseño del área de captación o el tamaño de las microcuencas, ya que la precipitación en esta región presenta gran variabilidad en cantidad total año con año y dentro de un año, por lo que el tamaño de microcuenca que fue adecuado para un año para el siguiente no lo será. Además es determina las áreas donde la actividad principal es la ganadería extensiva, y la cual también presenta sus problemas. Por lo tanto el análisis probabilístico de ocurrencia de cantidades de lluvia es esencial para evaluar la disponibilidad de agua, para determinar y optimizar varias actividades para el desarrollo agrícola de la región.

CONCLUSIONES

1. Los modelos generados son más fáciles de manejar y se pueden utilizar en cualquier actividad, ya sea agrícola o no.
2. Los modelos no presentaron buena estimación en la estación más seca y únicamente para los niveles del 60 y 80 %, por lo tanto éstos son buenos estimadores.
3. Los modelos permiten conocer la variabilidad temporal y espacial de la lluvia.

BIBLIOGRAFIA

- Anaya, G.M.1995. Investigación sobre aprovechamiento de la lluvia en zonas agrícolas de temporal deficiente. Terra 13(4): 389-399.**
- Azzi,G.1971. Ecología agraria. Instituto Cubano del libro. La Habana Cuba.**
- Blanco, M.G. y Ramírez, C.G. 1966. La conservación del suelo y el agua en México Instituto Mexicano de recursos naturales renovables. México.**
- Contreras, A.A. 1942. Mapa de las provincias climatológicas de la República Mexicana. Instituto de geografía agrícola y fomento. pp:15-27. México.**
- García, et al. 1977. Precipitación y probabilidad de la lluvia en la República Mexicana y su evaluación. Climas. Chihuahua. Instituto de geografía de la UNAM. Comisión de estudios de territorio nacional.México.**
- García, B.J. 1979. Estructura metodológica para la caracterización agroecológica de áreas por procedimientos cuantitativos de análisis y posterior zonificación. Tesis doctoral. Centro de edafología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.**
- García, Q.A. 1955. Hidrología de las zonas aridas de México. Instituto Mexicano de recursos naturales renovables. México.**
- Guitierrez, O.T.1962. Los recursos naturales renovables en el desarrollo económico de México. N° 86. México.**
- Hargreaves, G.H.1975. Water requeriments manual for irrigate crops and rainfed agriculture. Utah state University. USA.**

agriculture. Utah state University. USA.

. 1977. World water for agriculture. Utah state University. USA.

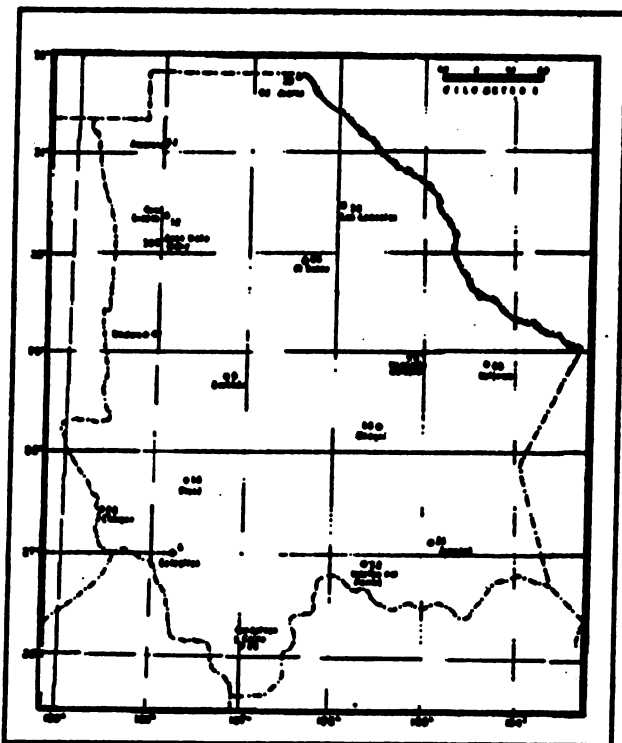


FIGURA 1. ESTACIONES METEOROLOGICAS CONSIDERADAS EN EL ESTUDIO.

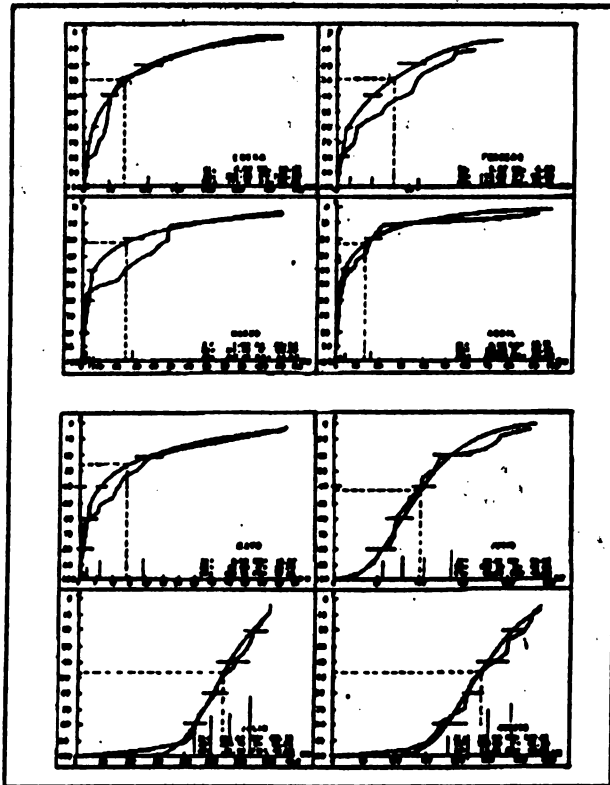


FIGURA 2. GRAFICAS PRESENTADAS POR GARCIA ET AL (1977).

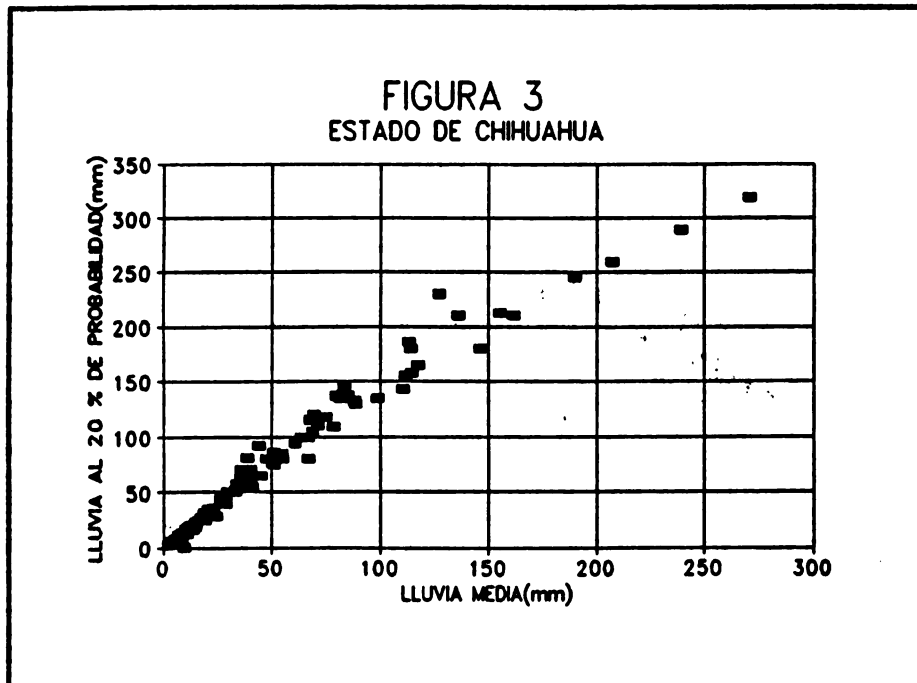


FIGURA 3. DIAGRAMA DE DISPERSION AL 20 %.

FIGURA 4
ESTADO DE CHIHUAHUA

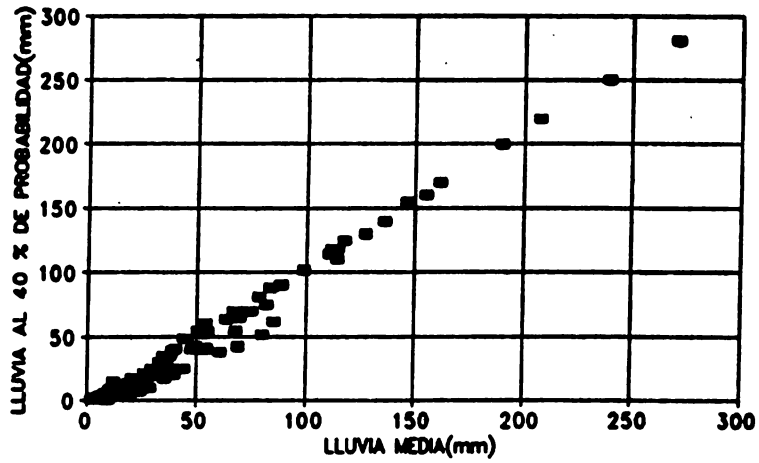


FIGURA 4. DIAGRAMA DE DISPERSION AL 40 %.

FIGURA 5
ESTADO DE CHIHUAHUA

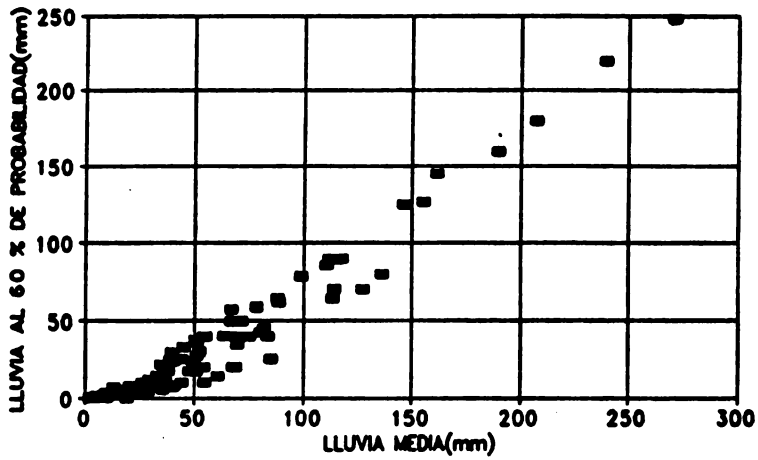


FIGURA 5. DIAGRAMA DE DISPERSION AL 60 %.

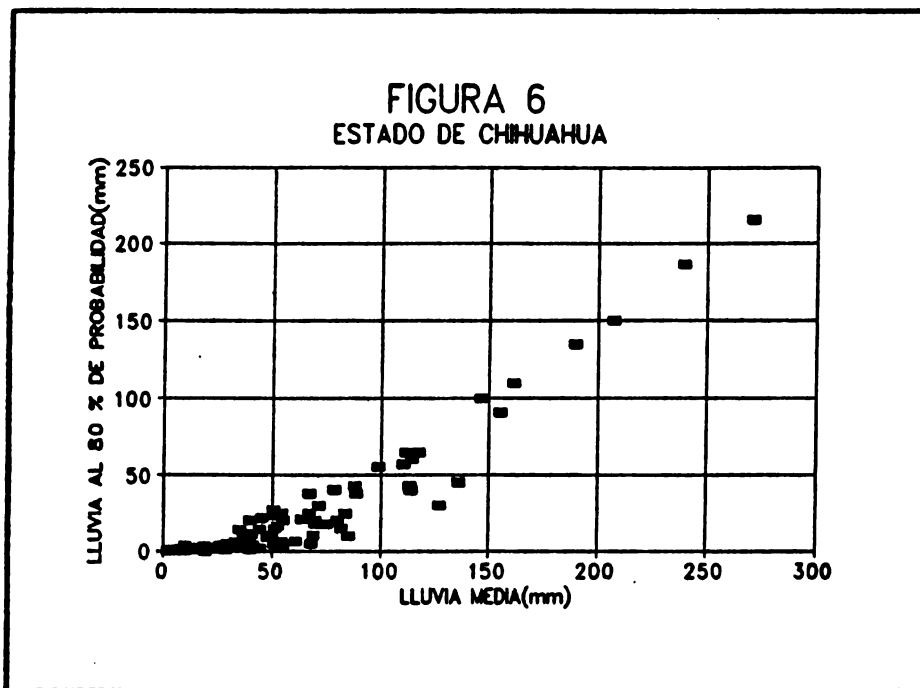


FIGURA 6. DIAGRAMA DE DISPERSION AL 60 %.

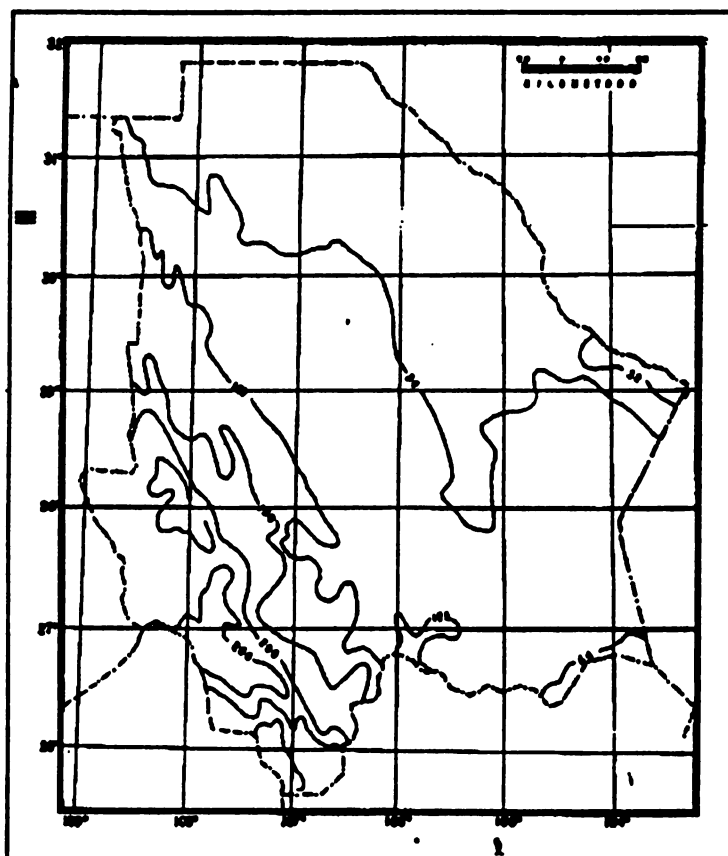


FIGURA 7. PRECIPITACION MEDIA EN mm DEL MES DE JULIO

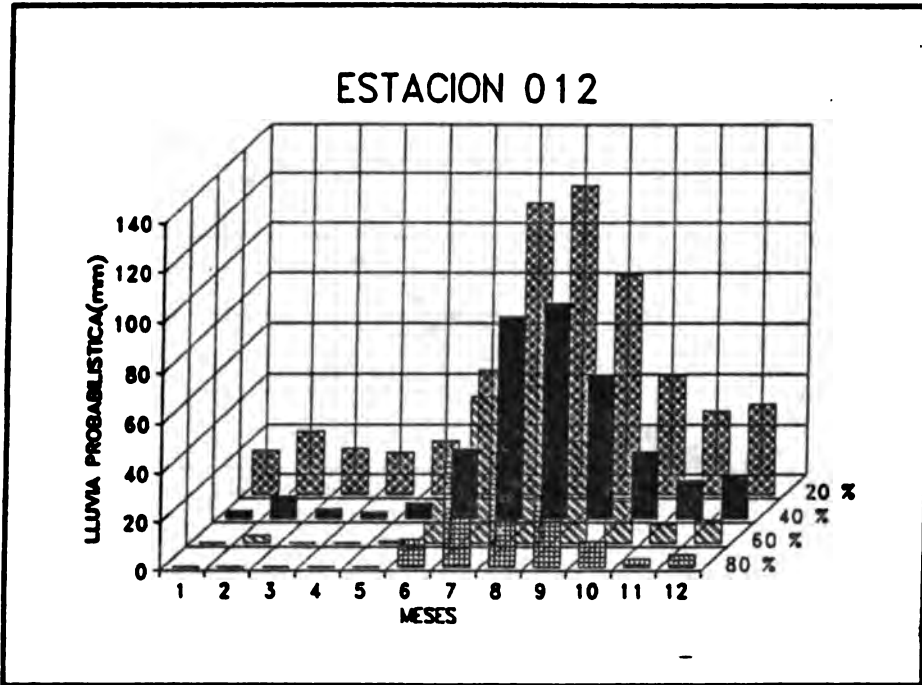


FIGURA 8. VARIABILIDAD TEMPORAL DE LA LLUVIA.

EVALUACION ESPACIAL Y TEMPORAL DEL PERIODO DE LLUVIAS EN LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA

Valentín Vásquez ¹
Francisco Marini Zuñiga ²

INTRODUCCION

Las principales sierras que limitan la región de los Valles Centrales, son la Sierra Madre de Oaxaca localizada al norte del estado y la Sierra Madre del Sur. Ambas sierras determinan la orografía de la región y es el factor climatológico más importante que condiciona el tipo de clima semiárido que se presenta en el área, ya que se ubica en la zona de barlovento donde los vientos húmedos tanto del Golfo de México como del Océano Pacífico son descendentes y con bajos contenidos de humedad; por consiguiente no favorecen la formación de sistemas nubosos y con ello de precipitaciones. Las escasas e irregulares lluvias que ocurren en la zona son de carácter ciclónico y convectivo, descartándose las de tipo orográfico; no obstante, en promedio en la región se presenta una precipitación anual de 600 mm, los cuales podrían cubrir satisfactoriamente los requerimientos hídricos del maíz que es el principal cultivo que se establece bajo condiciones de temporal en la región. Sin embargo, la distribución de las lluvias es muy irregular, siendo relativamente baja a fines de julio y en agosto, período que comúnmente se conoce como "canícula". Esta, conocida también como sequía intraestival es el principal factor que limita el desarrollo de la agricultura de temporal, ya que su presencia coincide con las etapas de floración y llenado de grano del maíz, fases fenológicas en las que dicho cultivo requiere mayores exigencias de humedad. Por lo anterior en el presente artículo se realizó un balance hídrico del período de lluvias para conocer su comportamiento temporal y a partir del mismo se generó un índice de humedad mediante el cual se evaluó espacialmente el comportamiento del temporal en los Valles Centrales de Oaxaca.

REVISION DE LITERATURA

Una metodología ampliamente utilizada para evaluar las condiciones térmicas e hídricas durante el año es la propuesta por la FAO (1981), conocida como estación de crecimiento o período de crecimiento, el cual se define como el lapso de tiempo durante el cual existen condiciones óptimas de humedad y temperatura para el desarrollo de los cultivos (Ortiz y Pájaro, 1989).

¹ y ² Profesor-Investigador. Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca No. 23 Apdo. Postal # 273 Oaxaca, Oax. tel 91 (951) 7-07-88

Un trabajo representativo del uso de índices como criterios de evaluación del temporal es el efectuado por Nuño (1988), en el que generó un Índice de Eficiencia Agroclimática, derivado por medio de un modelo estadístico simple que involucró a la temperatura media, índice de humedad y duración del período de crecimiento, con el que realizó la regionalización del estado de Jalisco en cuatro zonas de eficiencia agroclimática para la producción de maíz.

Por lo que corresponde a los Valles Centrales de Oaxaca uno de los trabajos más importantes de zonificación es el realizado por Ruiz (1987), en el que asocia las características del suelo y déficit evapotranspirativo del maíz para la estimación de rendimientos.

Los resultados arrojaron lo siguiente:

Las zonas con rendimientos entre 1300 y 1500 Kg/Ha correspondieron a porciones de alta siniestralidad localizadas en Tlacolula y Ayoquesco. En el caso de Tlacolula es la escasez de lluvia la que reduce el rendimiento, pero en Ayoquesco es la dominancia de suelos de lomerío los que propician los bajos rendimientos.

En el distrito de ETLA, desde Santo Domingo Barrio Bajo hasta Huitzo los rendimientos fluctuaron entre 1500 y 1700 Kg/Ha en los suelos de planicie. De igual forma se comportaron los rendimientos en el distrito de Miahuatlán.

Excluyendo las áreas descritas anteriormente, la mayoría de suelos ubicados en las planicies de los Valles Centrales tuvieron un rendimiento potencial de 2000-2500 Kg/Ha de maíz. Estas se localizaron en las poblaciones de Ejutla, San Pedro Apóstol, Ocotlán, Zimatlán, Zaachila, Santa María del Tule y Guadalupe ETLA.

Pérez y Mejía (1988) citados por Castillo (1990) llevaron a cabo un estudio con el fin de evaluar el potencial agrícola de los Valles Centrales de Oaxaca. El criterio de evaluación consistió en el uso de probabilidades de lluvia con datos semanales de ocho estaciones climatológicas. Los resultados mostraron que los cultivos de ciclo largo (130 días o más), tienen elevadas posibilidades de padecer deficiencias de humedad durante su ciclo de desarrollo.

Green et al (1992) aplicaron el Análisis Cluster para analizar el comportamiento temporal de la temperatura y la lluvia en el sur de California. Se trata de una técnica estadística que puede ser utilizada para trabajos de evaluación espacial y temporal de las condiciones hídricas de una región; no obstante, en México ha sido poco utilizada debido al complicado tratamiento matemático que requiere. Sin embargo, en los últimos años y particularmente después de mediados de la década de los 80's el uso generalizado de las microcomputadoras ha hecho accesible dicha técnica de uso común desde hace muchos años en los países desarrollados. En el presente trabajo se optó por el uso del balance hídrico del período junio-septiembre para conocer el comportamiento de las disponibilidades de humedad para el maíz, por ser el principal cultivo que se establece en la región; además, a partir del balance hídrico se generó un índice de humedad con el cual se realizó el análisis espacial de las condiciones hídricas de la zona.

MATERIALES Y METODOS

Materiales.

Para el trabajo esencialmente se utilizaron datos diarios del período del temporal de ocho estaciones climatológicas y al combinarse con las exigencias hídricas del maíz se redujo a los meses de junio-septiembre, período que corresponde al ciclo de desarrollo de dicho cultivo. Las estaciones usadas y sus características se resumen en el cuadro 1.

Estación	localización	altura snm (m)	años obs.
Jalapa	16°17'LN 97°47'	1650	71-88
Zimatlán	16°52'LN 96°47'	1496	72-91
Tlapacoyan	16°45'LN 96°49'	1450	72-91
Etla	17°43'LN 96°45'	1450	72-88
Miahuatlán	16°30'LN 96°35'	1505	71-88
Ejutla	16°30'LN 96°30'	1360	71-91
Ocotlán	16°47'LN 96°40'	1460	72-88
Coyotepec	16°57'LN 96°42'	1460	72-91

Método.

Para el balance hídrico se calcularon las variables siguientes: precipitación al 70% de probabilidad (p70) con la Distribución Gama, evapotranspiración potencial (etp) estimada considerandola como el 80% de la evaporación, evapotranspiración del maíz (etc) el cual se obtuvo afectando a la etp por el coeficiente de desarrollo del cultivo (kc), evapotranspiración real (etr) que corresponde a las pérdidas de humedad de acuerdo a las condiciones hídricas existentes determinadas por los ambientes climático y edáfico, reservas de humedad del suelo (rs) influenciadas por la capacidad de almacenamiento del suelo y que están determinadas principalmente por la textura de los suelos, déficits (def) cuantificados por las diferencias de la etc y la etr, excesos (exc) que se producen cuando las disponibilidades de humedad rebasan la capacidad de almacenamiento del suelo. Como el balance hídrico se realizó bajo condiciones de temporal, la principal fuente de aportación de humedad fue la precipitación y las pérdidas de humedad estuvieron representadas por la evapotranspiración real

condicionada por las reservas de humedad del suelo, los déficits y excesos fueron estimados por el balance de las entradas y salidas de humedad del sistema: suelo-planta-atmósfera. Finalmente del balance hídrico se derivó un índice de humedad (ih) que expresa el % de los requerimientos de humedad que son satisfechos en cada una de las semanas del período analizado.

El índice de humedad se obtuvo mediante la fórmula siguiente:

$$Ih = 100 - [(Def/Suma\ Etc) * 100]:$$

Ih = Índice de humedad (%).

Def = Déficit de humedad (mm).

Etc = Evapotranspiración del cultivo de maíz (mm).

Una vez obtenido el índice de humedad se le aplicó el Análisis Cluster con el propósito de agrupar las ocho estaciones climatológicas analizadas, con lo que se obtuvo la distribución espacial de las condiciones de humedad en los los Valles Centrales de Oaxaca.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los balances hídricos de la estación más representativa que permiten conocer el comportamiento temporal de los requerimientos de humedad del maíz, se presentan junto con el análisis de cada una de las cuatro zonas detectadas con el Análisis Cluster aplicado al índice de humedad.

Las cuatro microrregiones que el Análisis Cluster permitió detectar están definidas por las áreas de influencia de las estaciones climatológicas agrupadas en cada una de las zonas. Los resultados del Análisis Cluster aplicado al índice de humedad se muestran el cuadro 2.

Cuadro 2.- Agrupación de las estaciones climatológicas de acuerdo a sus condiciones de humedad.

Zona	Estación
I	Coyotepec Ocotlán
II	Ejutla Miahuatlán
III	Etla Tlapocoyan
IV	Jalapa Zimatlán

Zona I

La zona I quedó definida por las áreas de influencia de las estaciones Coyotepec y Ocotlán (cuadro 2).

Las áreas de influencia de ambas estaciones se caracterizan por la existencia de suelos de texturas francas y franco arcillosas, las cuales desempeñan un papel muy importante en la retención de humedad del suelo, sobre todo en regiones donde la precipitación es escasa y errática como es el caso de los Valles Centrales de Oaxaca, donde contribuyen considerablemente al incremento de las reservas de humedad y con ello reducen los déficits hídricos al disminuir la evapotranspiración real. Por lo tanto las estaciones descritas son similares en las primeras cinco decenas del temporal en las que las necesidades del cultivo de maíz se satisfacen en general en forma satisfactoria, no así en las posteriores decenas del ciclo en las que se reducen los valores del índice de humedad en las dos estaciones, más rápidamente en la estación Coyotepec que en la estación Ocotlán.

El balance hídrico de la estación más representativa de esta porción de la región presenta en el cuadro 3.

Cuadro 3. Balance de humedad del suelo para maíz criollo en los Valles Centrales de Oaxaca.

Estación climatológica: Ocotlán

Ciclo del cultivo: 120 días
(junio-septiembre)

Textura del suelo: Franco arcillosa

Capacidad de almacenamiento: 51.3 mm

Dec	Jn1	Jn2	Jn3	J11	J12	J13	Ag1	Ag2	Ag3	Sp1	Sp2	Sp3
P70	14.1	45.0	13.5	7.7	14.0	12.2	12.8	12.8	13.6	25.3	12.6	19.6
Etp	47.5	43.2	41.6	46.3	43.5	40.1	41.5	39.5	35.1	36.2	34.5	33.2
Kc	0.32	0.32	0.40	0.58	0.91	1.10	1.18	1.18	1.10	1.06	0.89	0.60
Etc	15.2	13.8	16.6	26.8	39.6	44.1	48.9	46.6	38.6	38.4	30.7	19.9
Etr	14.1	13.8	16.6	26.8	22.6	12.2	12.8	12.8	13.6	15.3	12.6	19.6
Rs	0.0	31.0	27.8	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Def	1.1	0.0	0.0	0.0	17.0	31.9	36.1	33.8	25.0	13.1	18.1	0.3
Exc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ih	0.93	0.93	0.93	0.93	0.89	0.80	0.71	0.62	0.55	0.52	0.47	0.47

Es pertinente aclarar que el índice de humedad es acumulativo, por consiguiente si desde el inicio del temporal no se satisfacen los requerimientos del cultivo de maíz en 100%, los rendimientos disminuyen sucesivamente a pesar de que posteriormente se presenten precipitaciones suficientes para cubrir las necesidades evapotranspirativas del cultivo considerado. Este es el caso de la estación Ocotlán en la que en la primera decena de junio

la lluvia al 70% de probabilidad es escasa de tal manera que no alcanza a cubrir las necesidades del maíz. En la siguiente decena la precipitación es muy significativa, a tal grado que no sólo se satisfacen las exigencias del cultivo, sino que también se acumulan reservas de humedad en el suelo, y , a pesar de ello el índice de humedad no alcanza el 100%. Lo mismo puede decirse del período seco del temporal ("canícula"), cuyo inicio se pone de manifiesto por la disminución brusca del índice de humedad en la tercera decena de julio, pero no es evidente su conclusión ya que el citado índice agroclimático se comporta relativamente constante durante el resto del ciclo del cultivo.

En general se puede decir que se trata de una porción semihúmeda en la que puede prosperar el cultivo de maíz sin graves restricciones de humedad.

Zona II

La zona II está integrada por las estaciones climatológicas de las localidades de San Miguel Ejutla y Miahuatlán. Los resultados del balance hídrico de la estación Miahuatlán se muestran en el cuadro 4.

Cuadro 4. Balance de humedad del suelo para maíz criollo en los Valles Centrales de Oaxaca.

Estación climatológica: Miahuatlán
Textura del suelo: Franco arenosa

Ciclo del cultivo: 120 días (junio-septiembre)
Capacidad de almacenamiento: 38.7 mm

Dec	Jn1	Jn2	Jn3	J11	J12	J13	Ag1	Ag2	Ag3	Sp1	Sp2	Sp3
P70	13.2	14.8	15.8	9.4	14.4	9.5	7.8	11.5	10.5	13.7	8.6	11.1
Etp	42.8	37.7	38.8	42.8	39.7	36.1	36.4	35.5	37.0	35.5	34.6	32.2
Kc	0.32	0.32	0.40	0.58	0.91	1.10	1.18	1.18	1.10	1.06	0.89	0.60
Etc	13.7	12.1	15.5	24.8	36.1	39.7	43.0	41.9	40.7	37.6	30.8	19.3
Etr	13.2	12.1	15.5	12.3	14.4	9.5	7.8	11.5	10.5	13.7	8.6	11.1
Rs	0.0	2.7	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Def	0.5	0.0	0.0	12.5	21.7	30.2	35.2	30.4	30.2	23.9	22.2	8.2
Exc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ih	0.96	0.96	0.96	0.93	0.87	0.78	0.68	0.59	0.51	0.44	0.38	0.36

En las zonas de influencia de ambas estaciones se presentan suelos de texturas franco arcillosas y franco arenosas respectivamente, que se distinguen por presentar una capacidad de almacenamiento opuesta; ya que los suelos franco arcillosos tienen mayor fuerza de retención de la humedad en comparación con los suelos franco arenosos, por tal razón son

menores las reservas de humedad en los alrededores de la estación Miahuatlán. En la estación Ejutla durante el mes de junio se satisfacen totalmente las necesidades del maíz y en las posteriores decenas se reducen las disponibilidades de humedad de tal forma que al final del ciclo sólo se satisface la mitad de los requerimientos hídricos. En la estación Miahuatlán las restricciones de humedad son más severas, pues ni siquiera en el inicio del temporal logran cubrirse los requerimientos del maíz, luego las disponibilidades de humedad se reducen para situarse al final del ciclo por abajo de la mitad de las exigencias totales del cultivo.

Las disponibilidades de humedad sólo pueden considerarse satisfactorias hasta la segunda decena de julio, para posteriormente disminuir por los efectos de la "canícula".

El análisis de esta zona nos induce a pensar que se trata de una zona seca, en la que el maíz se desarrolla con serias limitaciones de humedad. Esto no significa que el cultivo no pueda prosperar, simplemente indica que se desarrollará con grandes deficiencias; por consiguiente las sequías son frecuentes y los rendimientos muy bajos.

Las características de la zona descrita se extienden a la porción oriente de la región en las áreas adyacentes a Tlacolula según lo reporta Ruiz (1987).

Zona III.

Esta parte de la región está constituida por las estaciones climatológicas correspondientes a las poblaciones de Etna y Tlapacoyan. Los suelos ubicados en los alrededores de las estaciones de éste grupo se distinguen por presentar texturas franco arenosas, las cuales son las más desfavorables para la retención de humedad dada la enorme capacidad de infiltración que les es inherente, lo cual reduce las ya de por sí raquíscas disponibilidades de humedad en la zona.

El balance hídrico de la estación Tlapacoyan se presenta en el cuadro 5.

Cuadro 5. Balance de humedad del suelo para maíz criollo en los Valles Centrales de Oaxaca.

Estación climatológica: Tlapacoyan
Ciclo del cultivo: 120 días (junio-septiembre)
Textura del suelo: Franco arenosa
Capacidad de almacenamiento: 38.7 mm

Dec	Jn1	Jn2	Jn3	J11	J12	J13	Ag1	Ag2	Ag3	Sp1	Sp2	Sp3
P70	19.2	19.5	17.8	17.1	12.9	16.7	12.2	9.0	14.8	20.0	14.3	11.9
Etp	47.4	44.5	44.9	41.4	41.4	40.2	39.3	40.4	37.2	33.8	32.9	37.1
Kc	0.32	0.32	0.40	0.58	0.91	1.10	1.18	1.18	1.10	1.06	0.89	0.60
Etc	15.2	14.2	17.9	23.9	37.6	44.2	46.3	47.6	40.9	35.8	29.2	22.2
Etr	15.2	14.2	17.9	23.9	15.2	16.7	12.2	9.0	14.8	20.0	14.3	11.9
Rs	4.02	9.29	9.14	2.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Def	0.0	0.0	0.0	0.0	22.4	27.5	34.1	38.6	26.1	15.8	14.9	10.3
Exc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ih	1.00	1.00	1.00	1.00	0.94	0.87	0.78	0.67	0.60	0.56	0.52	0.49

En el cuadro se observa que desde la tercera decena de julio ya no se satisfacen las exigencias hídricas del maíz, etapa que coincide con el período seco del temporal. La reducción de las disponibilidades es muy marcado en la estación Etlá en la tercera decena de julio por la influencia de la "canícula". En la estación Tlapacoyan la disminución es menor. De lo antes expuesto se desprende que la "canícula" es ligeramente más severa en el área de influencia de la estación Etlá en relación a la de Tlapacoyan.

De la breve discusión se deriva que en las dos zonas de influencia el clima que se presenta es de tipo semiseco, por lo que el maíz se desarrolla con deficiencias considerables de agua, por consiguiente los rendimientos son bajos y no son raros los casos que se presentan pérdidas parciales y/o totales por la ocurrencia de sequías.

Zona IV.

El área que corresponde a esta zona está definida por las estaciones climatológicas ubicadas en las localidades de Jalapa del Valle y Zimatlán. Las áreas dominadas por las estaciones de éste grupo se caracterizan por la existencia de suelos, cuyas texturas varían de francas a franco arenosas. Las primeras son las que almacenan la mayor cantidad de agua disponible, por eso desde el punto de vista edafológico los suelos de Zimatlán son mejores que los de Jalapa del

Valle. Además en la última población la mayoría de los suelos son de lomerío, lo cual facilita el escurrimiento superficial que aunado a las pérdidas por infiltración agravan aún más las deficiencias de humedad.

El balance hídrico de la estación climatológica ubicada en Jalapa del Valle se presenta en el cuadro 6.

Cuadro 6. Balance de humedad del suelo para maíz criollo en los Valles Centrales de Oaxaca.

Estación climatológica: Jalapa
 Textura del suelo: Franco arenosa

Ciclo del cultivo: 120 días (junio-septiembre)

Dec	Jn1	Jn2	Jn3	J11	J12	J13	Ag1	Ag2	Ag3	Sp1	Sp2	Sp3
P70	14.6	27.3	21.8	17.6	19.4	14.3	14.9	12.2	19.2	26.5	15.4	18.6
Etp	37.0	35.8	37.7	35.8	37.5	36.0	35.4	34.7	35.2	32.9	33.2	34.0
Kc	0.32	0.32	0.40	0.58	0.91	1.10	1.18	1.18	1.10	1.06	0.89	0.60
Etc	11.9	11.4	15.1	20.7	34.1	39.6	41.8	40.9	38.7	34.9	29.6	20.4
Etr	11.9	11.4	15.1	20.7	34.1	21.8	14.9	12.2	19.2	26.5	15.4	18.6
Rs	2.8	18.6	25.4	22.2	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Def	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.8	26.9	28.7	19.5	8.4	14.2	-1.8
Exc	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ih	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.87	0.78	0.73	0.70	0.66	0.65

Capacidad de almacenamiento: 38.7 mm En las dos estaciones el cultivo de maíz se desarrolla satisfactoriamente hasta la segunda decena de julio, posteriormente las disponibilidades de humedad se reducen hasta ubicarse por arriba del 50%.

En ésta parte de la región la "canícula" no es tan severa como en los otros grupos, principalmente en el dos y tres, por lo tanto en la zona que se discute el maíz puede desenvolverse sin graves limitaciones de humedad.

Resumiendo la discusión de las cuatro zonas, en general se presentó un rango de variación que va desde una relativamente húmeda, hasta otra considerablemente seco. La primera está representada por las estaciones Jalapa del Valle y Zimatlán, y la segunda por las estaciones de San Miguel Ejutla y Miahuatlán. Los otros dos zonas resultaron intermedias en sus condiciones de humedad y estuvieron representadas por las estaciones de San Bartolo Coyotepec-Ocotlán, Etlá-Tlapacoyan.

CONCLUSIONES

El principal problema limitante para la agricultura de temporal en la región de Valles Centrales de Oaxaca son las deficiencias hídricas, las cuales son más severas durante la sequía intraestival.

La "canícula" ocurre normalmente de la tercera decena de julio y se prolonga a las dos primeras decenas de agosto, período que normalmente coincide con la floración y llenado de grano del maíz, fases fenológicas en que dicho cultivo exige los mayores requerimientos de agua.

El Análisis Cluster aplicado al índice de humedad permitió agrupar la región en cuatro zonas:

- La I formada por las áreas de influencia de las estaciones climatológicas de Coyotepec y Ocotlán, en la que el maíz puede desarrollarse sin graves limitaciones de humedad, dado el clima semihúmedo que la caracteriza.
- La II representada por las estaciones climatológicas de San Miguel Ejutla y Miahuatlán, en la que se presentan las mayores deficiencias de humedad, por ende el maíz frecuentemente es afectado por sequías y los rendimientos son muy bajos.
- La III estuvo agrupada por las estaciones climatológicas Etna y Tlapacoyan. En esta las deficiencias de agua son moderadas; por consiguiente el maíz se desenvuelve con déficits, por lo tanto es afectado por la ocurrencia de sequías esporádicas.
- La IV estuvo integrada por las estaciones climatológicas de Jalapa del Valle y Zimatlán. Se caracteriza por ser la más húmeda en la región, en consecuencia el maíz se desarrolla con las menores deficiencias de humedad.
- Dadas las restricciones de humedad en diverso grado, sólo pueden establecerse maíces criollos de ciclo corto (menos de 120 días) adaptados a la región o variedades resistentes a la sequía.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Castillo, P.T. 1990. Los sistemas agrícolas de los Valles Centrales de Oaxaca. C.P. Montecillos, Edo. de México. pp. 175.
- FAO. 1981. Informe del proyecto de Zonas Agroecológicas. Vol. 3. Metodología y resultados para América del Sur Y Central. Roma, Italia. pp. 252.
- Green, M.C., *et al.* 1992. Use of Temporal Principal Components Analysis to determine seasonal periods. *Journal of Applied Meteorology*. Vol. 32. Davis, California. USA. pp. 985-995.
- Nuño, R.R. 1988. Determinación de zonas de eficiencia agroclimática para el maíz. Tesis de Maestría. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal. pp. 57.
- Pájaro, H.D.; Ortiz S.C. 1989. Estimación del período de crecimiento por disponibilidad de agua y libre de heladas para la República Mexicana. *Memorias de La II Reunión Nacional de Agroclimatología*. Chapingo, edo. México. pp: 145-163.
- Pérez, Z.O.; Mejía, A.C. 1988. Potencial agrícola de los Valles Centrales de Oaxaca con base en la probabilidad de lluvia. SARH-INIFAP. Folleto No. 71. México, D.F.
- Ruíz, V.J. 1987. Zonificación agroecológica del cultivo de maíz en los Valles Centrales de Oaxaca. Mimeografiado. INIFAP. Oaxaca. pp.14.

PROGRAMA PARA EL CALCULO DEL INDICE DE ARIDEZ DE PALMER Y SU APLICACION A LOS DATOS DE LA ESTACION CHAPINGO EDO. DE MEXICO.

Mario Alberto Vazquez Peña ¹
Ramón Arteaga Ramirez ²

INTRODUCCION

La producción agrícola requiere del manejo de un conjunto de sistemas físicos, biológicos y económicos. La incertidumbre asociada a estos sistemas contribuye a la complejidad en el proceso de toma de decisiones y reduce la eficiencia del manejo agrícola. Las fluctuaciones en el clima representan una porción importante de la incertidumbre de un ecosistema agrícola. Dentro de las variables climáticas es importante caracterizar y describir el patrón de precipitaciones y más aun la cantidad de humedad que queda disponible para los cultivos en función de un balance de humedad, considerando para ello las lluvias como la principal fuente de humedad y la evapotranspiración como la salida, todo lo anterior sujeto a la capacidad de almacenamiento máxima del suelo.

El conocimiento del comportamiento del régimen de humedad del suelo de un determinado lugar permite planear las posibles fechas de siembra de tal manera que:

- a) se exponga al cultivo al menor riesgo posible de deficiencias de humedad tomando en consideración las etapas fenológicas y sabiendo que la etapa de reproducción es una de las más susceptibles.
- b) Calendarizar las posibles fechas de riego para evitar la disminución en rendimiento.
- c) Determinar la disponibilidad del recurso hídrico de un determinado lugar.
- d) Estimar en forma aproximada los rendimientos en función de la presencia de las principales variables climáticas (temperaturas, humedad atmosférica, radiación solar, humedad del suelo, etc.).

Lo anterior tiene efecto para fines de evaluar el recurso clima y suelo con fines de caracterizar el medio físico en términos de valores promedio, pero sin considerar las condiciones que se presentan en tiempo real. El cálculo del índice de palmer permite como forma alternativa obtener el comportamiento del contenido de humedad del suelo y comparar su comportamiento con respecto a los valores medios que se han presentado durante una serie

1 y 2

Profesores Investigadores de Tiempo Completo. Sección de Meteorología Agrícola. Depto. de Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km. 38.5 Chapingo Edo. de México. C.P. 56230

de 30 años de registro y en consecuencia se determina el grado de desviación que actualmente se esta presentando con respecto al los valores promedios hacia valores húmedos o secos permitiendo caracterizar un determinado régimen de humedad en función de las precipitaciones que se están dando.

Con lo anterior se puede determinar que tan agresivo es el avance de una deficiencia o un exceso de humedad en un determinado período de tiempo y cual pudiera ser el impacto en el rendimiento de los cultivos. Por lo que los objetivos del presente trabajo son los siguientes:

- 1.- Presentar un programa de cómputo basado en la metodología de cálculo del índice de Palmer para caracterizar la intensidad de una sequía o un exceso de humedad.
- 2.- Determinar las características del índice de Palmer en la estación meteorológica de la Universidad Autónoma Chapingo en el Estado de México.

REVISION DE LITERATURA

Existen una gran cantidad de formas de definir y caracterizar el comportamiento de las precipitaciones en un sitio, unos lo llevan a cabo usando las frecuencias relativas del fenómeno a lo largo de la serie de años de registro, otros a través de clasificaciones climáticas en función de categorías determinadas por algunos investigadores que obedece a vegetación u grandes zonas climáticas del mundo, pero las más importantes desde el punto de vista de la producción agrícola son aquellos que evalúan los daños provocados por la sequía y para tal fin muchos investigadores han propuesto "índices" los cuales se obtienen de estudios en los que las principales variables que intervienen son la precipitación y la temperatura media, tales índices sirven para comparar sus valores con los daños producidos por las sequía para con esto clasificarlas de acuerdo al rango de severidad de las mismas (Castillo, 1988).

Dentro de la gran cantidad de índices que existen actualmente toman mayor importancia para la producción agrícola aquellos que consideran un mayor número de elementos para su cálculo, tal es el caso de los que usan un balance de humedad del suelo, dentro de ellos se tienen el de Thornthwaite cuyos resultado después de efectuar un balance climático a nivel mensual es un índice que se usa para la definición de la época de la sequía ya que ésta se manifiesta a través de los déficit mensuales de agua en el suelo, también los resultados sirven para ver la cantidad de agua que es necesaria aplicar al suelo para que el cultivo no carezca de agua.

Existe también el método de balance hídrico agrícola, el cual considera datos de evaporación y precipitación agrupadas a nivel decenal y la presencia de sequía se define a través de los déficit decenales de agua en el suelo y sólo se aplica durante el período del cultivo y al igual que el método de Thornthwaite sirve para determinar las cantidades de agua que son necesarias para evitar la carencia de agua en el suelo.

Adicionalmente se tienen los métodos del balance de humedad del sistema suelo-clima-planta propuestos por Laird y Rodríguez (1965), el método de la FAO (1974) y el índice de Palmer (1965) Castillo (1988).

El primer factor que controla el balance de agua en el ambiente suelo - planta, es el abastecimiento de agua aprovechable para las plantas. Cualquier incremento de agua que cae sobre la superficie, se reparte de acuerdo a la ecuación de balance hídrico siguiente:

$$P = Q + U + E + \Delta W$$

Donde: P = Precipitación o riego en mm.

Q = Escurrimiento superficial en mm.

U = Percolación profunda en mm.

E = Evapotranspiración en mm.

ΔW = Cambio en el almacenamiento de agua del suelo en mm.

La sequía desde el punto de vista agrícola, no inicia cuando se suspenden las lluvias, sino cuando el agua disponible almacenada en el suelo abastece la demanda de evapotranspiración sólo en una pequeña fracción con lo cual inician por mostrarse los daños por deficiencias de humedad (marchitez temporal, quemadura de partes vegetativas jóvenes y suculentas, deshidratación de partes florales, etc.).

De los índices que existen actualmente en la literatura se procedió a desarrollar un programa de cómputo basado en la metodología de Palmer y descrita por Vázquez y Arteaga (1996), ya que considera un balance de humedad y permite caracterizar el desarrollo de una sequía mismo que a continuación se describe de manera breve.

En el procedimiento para la determinación de la sequía Palmer citado por Hounam (1974), señala que para llevar a cabo el método es necesario analizar información climatológica de un período grande (30 años o más), con el fin de obtener las 5 constantes que definen características de humedad del clima en la zona de estudio, para los 12 meses del año. En este método lo que se hace como primera parte es un balance hidrológico mensual para el período considerado de análisis, en el cual Palmer usa dos capas de suelo en cuanto a su capacidad de almacenamiento y para el cálculo de la evapotranspiración potencial hace uso del método propuesto por Thornthwaite aclarando que ésta se puede calcular por cualquier otro método.

En referencia a las dos capas Palmer las considera no definidas en profundidad, pero sí en su comportamiento hídrico. A la primera la llama CAPA SUPERFICIAL, la cual equivale en forma aproximada a la capa arable a la que se le considera una humedad aprovechable fija de 25 mm, para cualquier tipo de suelo. Es en esta capa donde el agua se deposita al ocurrir precipitaciones; además para que la evapotranspiración real llegue a su valor potencial, es necesario que la humedad disponible de esta capa sea removida por completo. Cuando se

presenta un déficit de humedad para satisfacer las necesidades de evaporación o transpiración del sistema suelo-plantas-clima, es necesario hacer uso de la humedad de la otra capa considerado como subsuelo en términos agrícolas, sin embargo; si la humedad de la capa arable es suficientemente amplia como para cubrir la demanda que se presenta para llegar al valor potencial de la evaporación, la humedad de la segunda capa no se usa, por lo que permanece constante en el período analizado.

En este balance se considera también que no habrá aportaciones de agua por parte del subsuelo a la zona radicular de las plantas y cuando la capacidad de almacenamiento de las dos capas de suelo consideradas han llegado a capacidad de campo y todavía se tiene agua de lluvia, esta cantidad de agua tendrá que abandonar la superficie del suelo ya sea a través de la infiltración o por el escurrimiento superficial o subsuperficial en cuyo caso se les denomina escurrimiento.

El procedimiento de remoción de humedad del suelo presenta la siguiente consideración: Tomando en cuenta que no es lo mismo que el suelo pierda agua por evaporación o evapotranspiración cuando se encuentra a su máxima capacidad de almacenamiento que cuando éste se encuentre cerca del punto de marchitez permanente, para tal fin Palmer considera una relación lineal en la extracción de humedad del suelo.

METODOLOGIA DEL BALANCE DE HUMEDAD.

Por lo general el cálculo del balance se inicia después de un período lluvioso, ya que se espera que el suelo en todo su perfil está a su capacidad de campo, o bien, se puede iniciar también después de un período seco; donde la humedad del suelo se lleva hasta el punto de marchitez permanente, es decir, se lleva a una humedad disponible cero. La humedad aprovechable del suelo (AWC) se obtiene en base a su textura usando tablas de capacidad de campo y el punto de marchitez permanente y a través de obtener la diferencia entre estos dos niveles de humedad se estima la humedad aprovechable del suelo.

Posteriormente se asignan 25 mm de humedad aprovechable a la capa superficial del suelo denominada AWCS correspondiente a la capa arable considerándose constante para todo tipo de suelo. Se calcula la humedad aprovechable del subsuelo (AWCU) sabiendo que $AWCU = AWC - AWCS$.

Partiendo de la evapotranspiración potencial ETP y la precipitación P mensual ambas expresadas en milímetros se procede a la comparación en magnitud de ambos valores pudiéndose tener las siguientes condiciones:

- a) $(P - ETP) < 0$ no se recarga la primera capa ($RS = 0$), por el contrario se da una pérdida de humedad ($LS \neq 0$) que depende de la magnitud de la diferencia $(P - ETP)$ y se calcula de la siguiente forma:

Pérdida de la primera capa.

Si la diferencia $(P - ETP)$ es mayor que la humedad de la primera capa (SSANT); es decir $SSANT > (ETP - P)$, entonces la pérdida de la capa es la máxima $LS = SSANT$; si ocurre lo contrario entonces $LS = (ETP - P)$ y la humedad de la primera capa al final del mes se calcula usando lo siguiente: $LS = (SSANT - LS)$ y el cambio de humedad (DSS) que se presenta se calcula al considerar la humedad al final del mes menos la humedad correspondiente al inicio del mes, es decir: $DSS = (SS - SSANT)$.

Pérdida de la segunda capa.

Pueden darse dos condiciones:

- (i) Si la diferencia $(P - ETP)$ resultó negativa entonces no existe recarga de la segunda capa por lo que $RU = 0$, si además tal diferencia no provoca que se agote la humedad de la primera capa entonces las pérdidas de la segunda capa son cero ($LU = 0$), de tal forma que la humedad en esta capa SU es la misma que se tenía al principio del mes $SUANT$ y al final del mes se tiene que $SU = (SUANT - LU)$.
- (ii) Si se agotan las reservas de humedad de la primera capa del suelo ($SS = 0$) provocado por una gran diferencia entre $(P - ETP)$, es necesario calcular la magnitud de la demanda considerando la cantidad de agua de la primera capa para el cálculo de lo que resta por evaporar $(ETP - (P + LS))$ y el porcentaje de humedad residual referido al nivel de saturación de la capa $(SUANT/AWC)$, esto es:

$$(ETP - (P + LS)) * (SUANT/AWC)$$

Si esta cantidad es superior o igual a la humedad disponible de la capa al principio del mes ($SUANT$), la pérdida de humedad (LU) se calcula usando la siguiente expresión: $LU = SUANT$.

Si por el contrario es menor que $SUANT$; entonces la pérdida de humedad LU se calcula usando la siguiente expresión:

$$LU = (ETP - (P + LS)) * (SUANT/AWC)$$

Al final del mes se tendrá el contenido de humedad de la segunda capa y el cambio de humedad sufrido usando las siguientes dos expresiones: $SU = (SUANT - LU)$ y $DSU = (SU - SUANT)$.

- b) Si ocurre que $(P - ETP) > 0$, la precipitación del mes en cuestión es mayor a la evapotranspiración potencial entonces se darán condiciones de recarga y se calculan usando el siguiente procedimiento.

Recarga de la primer capa.

Dado lo anterior $LS=0$ y para el cálculo de la recarga es necesario calcular la cantidad de agua disponible para la recarga $(P - ETP)$ y la cantidad de agua admisible por la capa superficial en el mes, esto es: $AWCS - SSANT$ (cantidad de agua susceptible de recargar).

Si ocurre que $(P - ETP) \geq (AWCS - SSANT)$ entonces $RS = (AWCS - SSANT)$ si ocurre lo contrario entonces $RS = (P - ETP)$, para que al final del mes se tenga la humedad de la capa superficial mediante la siguiente expresión: $SS = (SSANT + RS)$ y el cambio de humedad $DSS = (SS - SSANT)$.

Recarga de la segunda capa.

Cuando se pasa a la segunda capa llamada subsuelo se debe ver la diferencia $(P - ETP)$, Si tal diferencia no alcanza elevar el contenido de humedad de la primer capa del suelo hasta su máxima capacidad, entonces no se presenta recarga en la segunda capa, con lo cual $RU = 0$.

Si ocurre que la capa superior alcanza su máxima capacidad de almacenamiento por efecto de las lluvias entonces la diferencia $(P - ETP - RS)$ proporciona la cantidad de humedad disponible para que se de la recarga, la cual si no excede a la máxima capacidad de agua que puede almacenar la segunda capa entonces se calcula por: $RU = (P - ETP - RS)$. Si ocurre lo contrario entonces $RU = (AWCU - SUANT)$ y en esta condición puede existir escurrimiento si se presenta un gran aporte de agua por parte de la precipitación.

Al final del mes se tendrá la humedad de la segunda capa $SU = (SUANT + RU)$ así como el cambio de humedad $DSU = (SU - SUANT)$. Dado lo anterior, se procede a calcular las pérdidas, recargas y contenido total de humedad en el suelo al final del mes:

$L = LS + LU$ (perdida de agua en el suelo al final del mes).

$R = RS + RU$ (Recarga total del suelo al final del mes).

$S = SS + SU$ (Contenido total de humedad en el mes).

Si $S < AWC$ entonces no existe humedad disponible para producir escurrimiento y entonces $RO=0$.

Si el suelo se lleva a la capacidad de campo o es mantenido en este nivel, se debe ver si esto fue causado por una recarga o una pérdida de agua. Si lo que se presentó fue una pérdida entonces el escurrimiento es también cero ($RO=0$).

Si lo que se presentó para llevar el contenido de humedad del suelo a capacidad de campo o mantenerlo en este nivel fue una recarga, el escurrimiento es: $RO = (P - ETP - R)$ ó bien $RO = (P - ETP - RS - RU)$.

Cualquiera que haya sido la causa de llevar o mantener el suelo a capacidad de campo, la evapotranspiración efectiva del mes que cumple con el balance hidrológico es: $ETP = (P - R - RO - RO + L)$.

Después de efectuar el balance para cada año en estudio es posible obtener los siguientes coeficientes:

Coefficiente de evapotranspiración.

$$\alpha = ET / ETP$$

donde:

ET = Evapotranspiración media mensual actual en mm.

ETP = Evapotranspiración media mensual potencial en mm.

Coefficiente de

recarga.

$$\beta = R / PR$$

donde:

R = Promedio mensual de la recarga en mm.

PR = Promedio mensual de recarga potencial en mm.

Este último término se define como la cantidad de humedad requerida para llevar el suelo a capacidad de campo.

Coefficiente de escurrimiento.

$$\gamma = RO / PRO$$

donde:

RO = Escurrimiento actual en mm.

PRO = Escurrimiento potencial en mm.

En este caso Palmer define a $PRO = 3P - PR$, donde P denota la precipitación media mensual en mm.

Coefficiente de pérdidas.

$$\delta = L / PL$$

donde:

L = Pérdida de humedad mensual en mm.

PL = Pérdida potencial de humedad media mensual en mm.

PL se define como la cantidad de evapotranspiración que puede ocurrir si la precipitación no escasea durante el mes y que para fines operativos es igual a la evapotranspiración potencial calculada .

Finalmente para el cálculo actual del PDSI (Palmer Drought Severity Index) mensual es necesario efectuar el siguiente cálculo:

$$dj = Pj - Pj' = Pj - (PE' + R' + RO' - L')j$$

Donde las cantidades se expresan a nivel mensual y el subíndice lo indica, P es la precipitación y la cantidad P' es lo que define las condiciones climáticas de existencia (CAFEC), con lo cual se calculan las desviaciones de humedad que se está dando en un mes determinado de las condiciones normales o promedio de todos los años.

Debido a que el PDSI sirve para ser un índice estandarizado, comparable con una variedad de localidades para cualquier mes dado, las d's son ponderadas por otro parámetro K tal que:

$$Z = K_j * d_j$$

El valor de Z se considera como un "índice de anormalidad de humedad", donde cada Z expresa sobre una base mensual y desde un punto de vista de humedad, la desviación del clima para un mes particular del promedio de humedad climático del mes y se obtienen mediante la siguiente expresión:

$$K_j = [448.8 / (\sum D_i * K_i')] * K_j'$$

donde el cálculo de K_j', se efectúa mediante la siguiente expresión:

$$K_j' = 1.5 * \log \{[(PE+R+RO)/(P+L)+2.8] * 25.4/D\} + 0.5$$

Donde D es el promedio absolutos de d obtenidos en todos los años de registro, el subíndice denota el mes específico en consideración, es decir:

$$D = \sum D_i / 12 \quad y \quad D_j = |P_j - P_j'|$$

Se considera que para un período de meses consecutivos sin precipitaciones, el grado de severidad de la sequía va aumentando en forma gradual y el índice final de sequía (PDSI) está en función de los valores de Z; los cuales se combinan con la siguiente expresión empírica:

$$PDSI_i = PDSI_{i-1} - Z_i / 3 - 0.0103 PDSI_{(i-1)}$$

Donde el mes inicial en un período de sequía o húmedo es simplemente:

$$PDSI_i = 0.33 * Z_i$$

Con lo anterior se da seguimiento al cálculo del índice de severidad de sequía de Palmer para un determinado año y la magnitud de dicho índice indica la severidad de la presencia de una sequía o una inundación según sea el caso conforme avanzan las condiciones atmosféricas del sitio en análisis.

El índice de Palmer es universal en el que persistentemente la precipitación normal produce un índice cero en todas las estaciones de todos los climas. El período extenso de las mayores sequías anómalas de registros largos produce un índice de -6 a pesar del grado de aridez o de

humedad de los promedios climáticos de la región bajo estudio. Los resultados de los análisis de un registro largo proveen de una serie de valores de índices de sequía mensuales en general van de -6 a +6. El análisis completo separa los registros meteorológicos en períodos ya sean de sequía o humedad anormal o cerca de lo normal según se indica en la siguiente tabla:

INDICE	CLASIFICACION DEL INDICE
4 O Mas	Extremadamente húmedo
3.00 a 3.99	Muy húmedo
2.00 a 2.99	Moderadamente húmedo
1.00 a 1.99	Ligeramente húmedo
0.50 a 0.99	Humedad insistente
0.49 a -0.49	Cerca de lo normal
-0.5 a -0.99	Sequía incipiente
-1.0 a -1.99	Sequía leve
-2.0 a -2.99	Sequía moderada
-3.0 a -3.99	Sequía severa
-4.0 o menor	Sequía extrema

MATERIALES Y METODOS

Para elaborar el programa de cómputo se uso el compilador Borland C++ ver. 3.1, partiendo de un diagrama de flujo el cual toma en consideración los pasos descritos anteriormente y presentado por Vázquez y Arteaga (1996) y después implementando las instrucciones que permiten la manipulación de la información para finalmente calcular los valores totales de cada mes que son usados para obtener las características de cada año.

La información meteorológica usada fue la correspondiente a 36 años de precipitación y evapotranspiración a nivel mensual de la estación Chapingo procurando que en esos años se presentasen registros completos en ambas variables. Se crearon los archivos correspondientes uno por cada año conteniendo la información meteorológica y posteriormente el programa elaborado sirvió para obtener los datos usados en el cálculo del balance de humedad propuesto por Palmer, una vez hecho este se procedió a la grabación de la información obtenida en cada balance para que al final de obtener los 36 balances de humedad se efectuará la estimación de los valores promedios de cada mes, mismos que se presentan en los resultados.

RESULTADOS

Como resultados de la aplicación de la metodología de cálculo del índice de Palmer a la información meteorológica de Chapingo se presenta el siguiente cuadro donde se muestran los valores de α, β, γ y δ obtenidos para cada mes.

Cuadro No. 1. Valores para calcular las condiciones existentes climáticas ó CAFEC de la estación Chapingo Edo. de México. Según el método de Palmer.

MESES	α	β	γ	δ
ENERO	0.126406	1.469814	-2.255893	0.003527
FEBRERO	0.064314	1.738139	-1.483924	0.001774
MARZO	0.199561	1.777953	-2.104630	0.000000
ABRIL	0.196273	2.448417	2.481781	0.012217
MAYO	0.257347	3.012758	0.754165	0.000000
JUNIO	0.779957	2.568565	0.153359	0.000000
JULIO	0.988966	6.384413	0.042377	0.013331
AGOSTO	0.945658	32.24078	0.008473	0.064502
SEPTIEMBRE	0.927300	55.62349	0.005782	0.107056
OCTUBRE	0.645476	89.64833	0.000000	0.234261
NOVIEMBRE	0.265931	84.53724	0.000000	0.160104
DICIEMBRE	0.119511	80.95500	0.000000	0.025494

Con los coeficientes obtenidos es posible iniciar el cálculo del índice de Palmer, sabiendo que:
 $d_j = P_j - P_j' = (\alpha * PE + \beta * PR + \gamma * PRO - \delta * PL)_j$

El subíndice indica el mes de que se trate y los valores que intervienen en la anterior ecuación ya fueron explicados que son obtenidos del balance de humedad bajo las condiciones que indica Palmer.

CONCLUSION

El programa que se desarrolló presenta una interfase entre el usuario y la computadora bastante amigable y parte de valores mensuales de precipitación y evapotranspiración, datos que son registrados para una gran cantidad de estaciones meteorológicas condición que posibilita su aplicación a toda la República Mexicana, permitiendo de esta manera dar seguimiento a las sequías sobre una extensión de área considerable y en consecuencia tener una medida cuantitativa del grado de severidad de una determinada sequía.

BIBLIOGRAFIA

- Castillo R. D. 1988. Definición, Clasificación y análisis de las sequías. Tesis Profesional Irrigación. Chapingo México.**
- Palmer, W.C. 1965. Meteorological Drought RES. pap No. 45. U.S. Weather Bureau, 58 pp [NOAA Library and Information Services Division, Washington ,DC 20852].**
- Romo G., J.R. , Arteaga R.R. 1982. Meteorología Agrícola. Departamento de Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Edo. de México.**
- Vázquez P., M.A. y Arteaga R, R., 1996. Metodología para el cálculo del índice de aridez de Palmer. Tercer Reunión Nacional sobre sistemas de captación de lluvia. Del 23 al 26 de Septiembre. San Luis Potosí, S.L.P., México.**

CONSTRUCCION DE PEQUEÑOS ALMACENAMIENTOS BAJO ESQUEMAS DE PARTICIPACION TRIPARTITA

José Elias Chedid Abraham ¹

A.- DIAGNOSTICO.

Panorama General y situación de los Recursos Acuíferos.

El 84% del territorio del Estado se dedica a la agricultura; ésta, sin embargo, esta caracterizada por el mínifundio y el mono cultivo; la sobreexplotación de agua subterránea, la acidez de los suelos; los bajos rendimientos; y la presencia de sistemas de comercialización en manos de intermediarios, hay que rehabilitar el campo. Fomentar nuevas formas de organización de los productores, impulsar la agroindustria, intensificar la asistencia técnica, crear bancos de información para uso de los agricultores, estimular los programas de construcción de bordos y revestimiento de canales, y los de asesoría para disminuir el desperdicio de agua por falta de infraestructura hidráulica o de mantenimiento de la misma.

En el Estado de México los recursos acuíferos están comprendidos en tres regiones hidrológicas que son: la " Lerma-Chapala-Santiago ", la del río Balsas y la del río Pánico regiones que en su conjunto general un total de 5, 779 millones de M³ en promedio anual de escurrimientos, de los cuales sólo se aprovecha el 19%.

A continuación se presentan las condiciones de cada una de las regiones hidrológicas.

La región "Lerma - Chapala - Santiago", constituida en la entidad por la subcuenca alto Lerma, con una superficie de 5, 354 km² presenta una precipitación pluvial media anual de 858 millones de m³. Los excedentes de escurrimiento se dirigen a los estados de Guanajuato y Michoacán.

La región del "Río Balsas" que se integra por las subcuencas: Amacuzac, Cutzamala y Sultepec, cuenta con una superficie de 9,067 km² y una precipitación pluvial media anual de 1,270, 1,100 y 1,450 mm, para cada una de ellas, generando un escurrimiento medio anual de 3,296 millones de m³; El volumen de agua no aprovechado desemboca a los estados de Michoacán, Guerrero y Morelos.

¹

Director General de Infraestructura Rural. Gobierno del Estado de México. Conjunto SEDAGRO, Metepec, México, Rancho San Lorenzo s/n. C.P. 52140. Tel: (72) 32-26-39 Ext. 481. Fax: (72) 32-26-38

La región de "Alto Pánuco" se compone de las subcuencas del Valle de México y río Tula, con una superficie de 8,250 km², precipitación media anual de 1,550 mm y un escurrimiento de 1,625 millones de m³. En estas subcuencas, por su trascendencia es importante señalar que existe un alto grado de contaminación de los sistemas de agua superficiales, así como una transferencia importante de los recursos hidrológicos explotados en la entidad hacia la zona metropolitana del Distrito Federal; los excedentes del escurrimiento van hacia el territorio del estado de Hidalgo.

De acuerdo a lo expresado, el Estado de México cuenta con considerables volúmenes de agua superficiales disponibles en la región Balsas y escasos en las otras cuencas además, los recursos acuíferos subterráneos se encuentran sobreexplotados.

CARACTERISTICAS DE LOS ACUIFEROS EN LA ENTIDAD

CUENCA	RECARGA Mm ³	EXTRACCION Mm ³	CONDICIONES	TIPO DE VEDA
BALSAS	146.7	146.7		FLEXIBLE
LERMA	524.0	607.0	SOBREEXLOTADO	RIGIDA
ALTO PANUCO DEL VALLE DE MEXICO	404.0	1007.0	SOBREEXLOTADO	RIGIDA

Infraestructura Hidráulica existente.

El inventario de obras de infraestructura hidráulica en la entidad, destinada al aprovechamiento de los escurrimientos y de acuíferos subterráneos, esta constituida por 4,234 obras, entre ellas, presas de almacenamiento, bordos, presas derivadoras o tomas directas y por plantas de bombeo para aprovechamientos superficiales, además de 3,728 pozos profundos para uso doméstico e industrial, principalmente.

De las 886,000 hectáreas que constituyen la superficie agrícola del estado, aproximadamente el 20% (182,300 hectáreas) son de riego y utilizan en promedio un volumen de agua de 1,286 millones de m³ por año, de los cuales el 84% lo absorben las unidades de riego para el desarrollo rural y el por ciento restante los distritos de riego.

SUPERFICIE Y USUARIOS DE LAS ZONAS DE RIEGO.

CONCEPTO	CAN.	Ha	%	PROD.	%
DISTRITOS DE RIEGO:	7	63,163	31.56	29,607	22.68
UNIDADES DE RIEGO:	1,015	136,947	68.44	100,929	77.32
TOTAL		200,110	100.00	130,536	100.00

Nota: Considera los distritos de riego: Chiconautla, Atlacomulco, Jilotepec, La Concepción, Arroyo Zarco, Los Insurgentes y Vicente Guerrero, (la parte en el Estado de México).

USOS DEL AGUA POR CUENCA HIDROLOGICA EN EL SECTOR AGROPECUARIO.

CUENCA	SUPERFICIE DE RIEGO	EXTRACCION	CABEZAS DE GANADO	EXTRACCION
BALSAS	34,124	206.10	615.156	7.40
LERMA	62,612	418.80	572.058	7.90
PANUCO Y VALLE DE MEXICO	85,564	661.10	510.785	5.10
TOTAL	182,300	1,286.00	1,698.000	20.40

Análisis de la problemática.

Debido a las restricciones físicas, hidrológicas, topográficas, orohidrográficas y de administración del agua, los problemas que presentan cada una de las cuencas de la entidad son diferentes, por lo que es más conveniente analizar cada una de ellas.

La Cuenca del Balsas tiene un gran potencial para los aprovechamientos hidráulicos, actualmente se almacena o deriva un volumen de agua mínimo con respecto al que escurre al interior de esta cuenca, paradójicamente existen 24 almacenamientos prácticamente sin uso con una capacidad conjunta de más de 8 millones de metros cúbicos, ello contrasta con las necesidades apremiantes de agua en ésta región.

Por subcuenca, la del Cutzamala tiene prácticamente todos sus escurrimientos vírgenes reservados para abastecimiento de agua potable mediante el sistema Cutzamala. Este sistema significa la mayor transferencia fuera de la cuenca ya que la tercera etapa reporta 19 millones de m³/seg. con la cuarta etapa.

La subcuenca del Alto Amacuzac tiene una gran cantidad de manantiales a consecuencia de los deshielos y recargas subterráneas del nevado de Toluca, por lo que su potencial apunta hacia las estructuras de derivación.

Por la gran disponibilidad de agua y las características orohidrográficas de la subcuenca del medio Balsas, la entidad tiene mayor posibilidad que construir medianos almacenamientos y aprovechar los volúmenes de escurrimiento que de ésta subcuenca desembocan en su mayoría al océano Pacífico.

En lo referente a las aguas subterráneas, toda la cuenca de Balsas tiene el mismo problema; los acuíferos detectados están a profundidades mayores a 300 metros, con posibilidades de que estén contaminados con minerales, aquí es necesario llevar a cabo estudios que permitan determinar el potencial de éste acuífero y las posibilidades de su explotación.

En la Cuenca del Río Lerma, en lo que se refiere a las aguas superficiales, existe un acuerdo firmado en seno del consejo de la cuenca Lerma - Chapala, en el que las 5 entidades de esta cuenca y la Comisión Nacional del Agua, se comprometieron impedir la construcción de nuevos aprovechamientos, caso de excepción es la presa "El Jabalí", en el municipio de Jiquipilco, ya que contaba con concesión de agua antes de la firma del acuerdo, en ésta región, los usuarios de la entidad tienen derecho al uso de 300 millones de metros cúbicos de agua, de los cuales desgraciadamente sólo se aprovecha el 50%.

En contraste con la falta de agua (por motivos de concesión) se tienen grandes áreas improductivas debido a la inundación principalmente en la zona lacustre del Lerma en la rivera del río Sila y en el valle de los Espejos. Estas zonas en el pasado eran lagos con una gran variedad de especies de flora y fauna acuática, al grado de reconocerse hace cuatro siglos como una de las regiones más bellas del país. En la actualidad, de las lagunas solo quedan pequeños pero numerosos charcos en el estiaje y grandes zonas de inundación en las épocas de lluvia. Por lo anterior no es posible el aprovechamiento acuícola o el agropecuario. En cuanto a las aguas subterráneas, debido a la sobreexplotación, la cuenca es una zona de veda rígida y la tendencia es que el uso de los acuíferos sea sólo para usos domésticos.

Otro problema en esta cuenca es el relativo al recurso suelo, éste se encuentra degradado en grandes superficies, 22,000 hectáreas las más críticas, debido al cambio en el uso y por ende a la erosión hídrica, de no detenerse este proceso las consecuencias serán graves al grado de volver improductivos a los suelos de esta región, por cierto los más productivos de la entidad en lo que al maíz de temporal se refiere.

En la Cuenca del Valle de México y Pánuco las aguas superficiales excedentes a las actualmente concesionadas en la entidad están comprometidas con usuarios de estados vecinos, principalmente en el de Hidalgo.

Las condiciones orohidrográficas de ésta cuenca impiden la construcción de grandes almacenamientos, difícilmente se podrán encontrar en el futuro lugares para almacenar más de un millón de metros cúbicos.

En ésta cuenca también existen antiguas zonas lacustres, una la de Texcoco en proceso de Recuperación y la otra la de Chalco que resulta difícil de recuperar por el acelerado proceso de urbanización. En la parte norte el suelo es duro, delgado e infertil y en esas condiciones la producción agrícola y pecuaria es mínima.

Aunado a lo anterior los acuíferos se encuentran prácticamente en veda rígida y su explotación es a profundidades cada vez más grandes, lo cual hace incosteable el aprovechamiento para usos agrícolas, al grado de que casi todas las unidades de riego tienen grandes deudas por consumo de energía eléctrica.

Un problema común de las tres Cuencas, es el gran desperdicio de agua en el proceso de riego debido a la conducción y aplicación del agua mediante canales excavados en tierra, lo cual origina infiltraciones que en promedio llegan hasta un 60% del agua que se conduce.

En resumen los problemas mas comunes son:

Infraestructura hidráulica desaprovechada.

Grandes pérdidas de agua en el proceso de Conducción.

Acuíferos con veda rígida y explotación a profundidades muy grandes.

Zonas lacustres degradadas.

Pérdida de suelo con vocación agropecuaria y forestal.

Tendencia a perder el derecho sobre el uso del agua.

B) ALTERNATIVAS.

El plan de desarrollo del Estado de México establece cuatro prioridades básicas:

1.- Combatir la pobreza extrema.

2.- Preservar y modernizar la vida del campo.

3.- Dignificar la vida urbana, y

4.- Seguir activando la economía como palanca de un desarrollo más justo.

"En base a la problemática Las necesidades del campo son claras: capitalización y programas dirigidos a unir la vocación productiva de amplias zonas rurales..."

Para cumplir con la propuesta plasmada en el Plan Estatal de Desarrollo, se elaboró un programa con las siguientes condiciones:

Que las obras sirvan para disminuir el desperdicio de agua, utilizar plenamente la infraestructura, mejorar la operación de sistemas y técnicas de riego y establecer un control progresivo de los recursos de cada cuenca.

Que se logre la plena participación de los usuarios.

Que se proyecte la programación de obras pequeñas pero con atención múltiple para que los beneficios lleguen a todos.

En el marco de estas premisas se establecieron las siguientes prioridades.

Atender los compromisos de los gobiernos Federal y Estatal en el distrito de riego "Los Insurgentes" y del plan hidráulico de la cuenca de Lerma.

Incidir en el uso eficiente del agua dentro del proceso de riego con la plena participación de los usuarios. Desarrollar los sistemas hidráulicos para el uso pleno de la infraestructura hidráulica existente, incluyendo el aprovechamiento de los manantiales sin uso actual.

Construir piezas pequeñas y estructuras de derivación en donde se tenga disponibilidad de volúmenes de agua, no comprometidos.

Continuar con la construcción de infraestructura agropecuaria de apoyo como caminos de saca - cosecha, bodegas y desazolves de drenes y cauces.

Impulsar las obras que disminuyan las pérdidas por infiltración, ya que se pierde hasta un 60% del volumen de agua en potencial de aprovechamiento para riego.

C) EL PROGRAMA DE APOYO A LA PEQUEÑA IRRIGACION, LA EXPERIENCIA DEL ESTADO DE MEXICO.

Basándonos en el análisis de la problemática antes presentada hay varias opciones de solución entre otras la construcción masiva de pequeños almacenamientos en las zonas con disponibilidad de agua, la construcción selecta de medianos almacenamientos en donde las condiciones topográficas, hidráulicas y económicas así lo permitan; el aprovechamiento de manantiales y la incidencia en la reducción de las pérdidas de agua en el proceso de conducción y riego.

Almacenar volúmenes de agua que contribuyan al desarrollo agropecuario de la entidad es el objetivo de este programa, mediante la construcción de pequeños y medianos almacenamientos. La construcción de represas y los tanques de almacenamiento han resultado una solución práctica y al alcance de los productores rurales.

Las represas son obras que consisten en la construcción de cortinas de mampostería sobre arroyos, pequeños cauces o depresiones que permiten el almacenamiento del agua para posterior uso agrícola o pecuario, de esta manera, cuando llega al estiaje se puede contar con el recurso para continuar con las actividades de la producción, y cuando nuevamente en época de lluvias crezcan los arroyos se podrá abrir la compuerta, que es generalmente una escotadura al centro de la cortina con agujas de madera, para que permita la libre circulación del agua y así se reduce el riesgo de que la represa se azolve.

Detenerse en el análisis o la disertación de estos métodos de construcción no tiene sentido práctico, ya que la experiencia es bastante y en realidad el proceso constructivo es fácil y accesible.

Lo que si resulta valioso es analizar la forma en que se llevan a cabo las obras, el contratar desde el estudio y proyectos hasta la construcción de estas obras es lo tradicional pero no siempre lo que espera el campesino.

Una respuesta tradicional por parte de las instancias gubernamentales ante las solicitudes de los productores para lograr la construcción de almacenamientos es, que se requiere la formulación de proyectos ejecutivos respectivos. Sin embargo por la experiencia adquirida en el Estado de México sabemos que solo es necesario un mínimo de estudios y desarrollarlos por administración resulta un mecanismo fácil y económico.

El Plan de Desarrollo del Estado de México 1993 - 1999 señala que las obras de infraestructura rural se deben llevar a cabo con la plena participación de los beneficiarios, para esto la presente administración ha involucrado la participación tripartita en el programa de apoyo a la pequeña irrigación.

La mecánica para concretar la plena participación de los beneficiarios en este programa es mediante la concertación y coordinación entre los Gobiernos Estatal, Municipal y los beneficiarios de la entidad. Con ese fin se firma un convenio a través del cual el gobierno estatal se compromete y aporta la elaboración del proyecto, la asesoría técnica y el suministro de cemento, acero y madera, el Ayuntamiento los agregados y el apoyo para el traslado de los materiales y los productores beneficiarios la pepeña de la piedra y la mano de obra necesaria.

Al inicio del programa, en 1994, se avanzaba con excelentes resultados y grandes expectativas, originalmente inició solo con obras pequeñas; de manera un tanto inesperada se tuvo una rápida aceptación de los productores y muy pronto las obras ampliaron su rango de dimensiones en longitud y altura de la cortina, por lo que se lograron almacenamientos que van de 100 hasta 100,000 m³ o más , siendo su promedio 2,500 m³ de almacenamiento.

Cada vez mas autores e investigadores en el tema de escasez de agua coinciden en que los grandes proyectos de irrigación no pueden resolver los problemas de agua, señalan que hay cada vez menos sitios para hacer buenas presas y los costos de los grandes proyectos de irrigación difícilmente pueden justificarse, de ahí que la atención se está moviendo hacia el potencial de los proyectos en pequeña escala, como generadores de grandes beneficios en función a su costo además de ser menos deteriorantes del ambiente.

El Gobierno del Estado inició este programa para apoyar la producción agropecuaria con captación de agua de lluvia para el auxilio de riego o abrevaderos de sistemas de producción familiar, posteriormente de manera experimental se invito a los productores beneficiarios del proyecto de la presa de almacenamiento "El Jabalí" a realizar la construcción de la cortina mediante este esquema de participación con su propia mano de obra, encontrándose con resultados sorprendentes del entusiasmo y respuesta de los mismos, es necesario considerar que esta obra consta de una cortina de mampostería con una longitud de 86.0 metros y altura de 35.0 su capacidad total de almacenamiento es de 280 mil m³.

El gran entusiasmo mostrado por los productores en este programa ha permitido la construcción tanto de pequeñas y medianas obras en sitios de producción tradicionales y en lugares en donde el acceso sólo es posible con animales de carga, donde el agua alcanza su máxima expresión en el proceso de producción de sistemas agropecuarios. Por sus características, la zona semi-desertica y en la depresión del balsas dentro del estado que tienen limitaciones por el recurso agua en el estiaje, fueron las primeras y en donde los productores han construido un mayor número de obras.

Adicionalmente se pueden realizar obras como presas derivadoras, tanques reguladores, protección de manantiales, tanques de almacenamiento y rehabilitación o sobre-elevación de cortinas en función a las necesidades del sistema de producción y del sitio. Antes solo era posible realizar estas obras con la intervención de empresas constructoras basadas en sofisticados proyectos ejecutivos.

Bajo este esquema de participación por cada peso invertido por el gobierno estatal se construyen obras por poco mas de 3, además de que la obra por administración resulta entre un 30% y 50% menor en costo que por contrato, ya que no inciden ni el factor salarial, los indirectos y las utilidades de las empresas. Estas obras resultaron una alternativa al programa de bordería que contaba con una baja relación beneficio - costo y poca capacidad de respuesta a los interesados.

Los resultados alcanzados hasta la fecha son dignos de mencionarse.

En el período 1994-1996 se construyeron 790 represas en apoyo a 13,000 productores y a casi 10,000 hectáreas; para el presente año se tienen programadas 415 obras y el volumen acumulado de captación logrado con el programa supera ya los 2 millones de m³.

El productor comprende las bondades del programa y sintetiza de propia voz los resultados observados, en el presente año que tiende a ser un año seco a excepción de superficies en distritos o unidades de riego, los productores ya han observado que los que cuentan con represas o tanques de almacenamiento garantizaron la producción de sus cultivos de temporal con el auxilio del agua captada con estas obras, en la cuenca del balsas los ganaderos resolvieron de una forma barata y accesible el problema del traslado de los animales a los abrevaderos con la construcción de represas garantizando también la permanencia de su producción y reduciendo las mermas por traslados y estacionalidad en la alimentación de los animales, ha permitido también un mejor manejo y control de riego en cultivos de exportación como flores de ornato.

El programa tiene la oportunidad de ir en forma complementaria con otros programas de apoyo al campo que permiten al productor la instalación de líneas de conducción con tubería o hasta la instalación de sistemas de riego semitecnificado.

Este es un programa que dentro de la connotación presentada puede desarrollar el gobierno federal en toda la República, y el Gobierno del Estado de México tiene la disposición de transmitir sus experiencias.

ABATIMIENTO DEL PROCESO DE INFILTRACION EN ESTANQUES PERMEABLES AUMENTANDO EL CONTENIDO DE ARCILLA Y SODIO ABSORBIDO

Dr. Hugo A. Velasco Molina ¹

INTRODUCCION

Uno de los tantos problemas existentes en la zona árida-semiárida del medio rural mexicano, es precisamente el corto lapso de que se puede disponer de las aguas de escurrimiento concentradas en esas modestas estructuras conocidas por los habitantes de estas regiones como presas de tierra o estanques.

Una presa de tierra o estanque es básicamente un bordo generalmente semicircular, construido en sentido perpendicular a la dirección de a pendiente del terreno, cuyo talud interno debe ser 3:1 y su talud externo 2:1. Para la construcción de uno de estos recipientes se requiere conocer las características topográficas y edáficas del terreno, con lo cual será posible ubicar el mejor sitio para lograr un mayor volumen de almacenamiento y tener menores pérdidas por infiltración del agua que logre almacenarse. Cabe mencionar que la construcción del bordo de una presa de tierra o estanque, debe hacerse por capas y después de la colocación de cada una de estas, deberá humedecerse y luego compactarse hasta lograr la consistencia adecuada.

En nuestro medio ejidal, estos recipientes generalmente son construidos por dependencias oficiales y lamentablemente nunca se hace un estudio previo que permita conocer las características topográficas y edáficas del sitio seleccionado para lograr los propósitos arriba indicados, ni tampoco se hace una compactación en húmedo del bordo, que es el único componente estructural de estos dispositivos recolectores de agua de lluvia.

Aún y cuando las normas anteriores hubieran sido aceptablemente satisfechas, los estanques tienen tres problemas inherentes: (1) La calidad del agua, puesto que en la mayoría de los poblados, esta es la única fuente de agua de consumo, de donde se sirven tanto los ganados como sus dueños; (2) Las pérdidas de agua por evaporación que en recipientes de este tipo son prácticamente ineludibles y las pérdidas de agua por infiltración que en la

¹

Profesor Titular e Investigador en Ciencias del Suelo. Depto. de Ingeniería Agrícola. División de Agricultura y Tecnología de Alimentos. ITESM Campus Monterrey. Ave. Eugenio Garza Saga 2501 Sur Co. Tecnológico Monterrey, N.L. C.P. 54849 Tel (8) 358-18-73

mayoría de los casos, representa la causa principal del abatimiento del agua que logra almacenarse en los referidos estanques, pero a la vez la de mayores posibilidades de corregir bajo condiciones de campo.

METODOS USADOS PARA INHIBIR PERDIDAS POR INFILTRACION EN PISOS DE ESTANQUES PERMEABLES

Una de las tareas de campo de más difícil solución es precisamente eliminar las pérdidas de agua por infiltración en los pisos de estanques permeables. Cualquier hombre de campo sabe que en un gran número de casos un estanque recién construido, pierde mucha agua por infiltración y que al pasar del tiempo, estas pérdidas van disminuyendo debido a la acumulación de sedimentos finos y al pisoteo que ocasionan los ganados que entran a beber agua. Pero debido a la continua deposición de sedimentos, la capacidad de almacenamiento del estanque disminuye paulatinamente.

Dentro de las zonas áridas-semiáridas del mundo se han desarrollado tecnologías basadas en métodos físicos y en métodos químicos que se utilizan para reducir las pérdidas de agua por infiltración en pequeñas presas de tierra o estanques.

Las Tecnologías que utilizan métodos físicos: Básicamente consisten en la aplicación de membranas continuas, fabricadas con materiales plásticos y hule sintético. Las membranas de plástico usualmente se colocan en superficies totalmente libres de asperezas físicas y luego son cubiertas con una capa de tierra, mientras que las membranas de hule sintético que también se colocan sobre superficies sin asperezas físicas, no requieren de cubrimiento con tierra; esto se debe a que las primeras son más vulnerables a daños mecánicos y a la radiación solar directa que las segundas. Lo anterior ha dado lugar a clasificar las membranas en dos tipos: (1) Sepultadas y (2) Expuestas. Dentro del primer tipo se incluyen las membranas de cloruro de polivinilo (PVC) y las de polietileno (PE) en espesores que fluctúan entre 12 y 20 milésima de pulgada. Mientras que en el segundo están las de hule sintético (butilo), el cual químicamente es un monómero diénico de dietil-propileno, teniéndose la opción de poderlo producir reforzado con nylon y en espesores que van desde 20 hasta 45 milésima de pulgada. Tanto las membranas sepultadas como las expuestas deberán colocarse en el estanque o cisterna de almacenamiento con un mínimo de 10% de holgura (ASAE, 1980).

Las tecnologías que utilizan métodos químicos: Se basan fundamentalmente en el fenómeno de la defloculación que sufren las arcillas minerales en presencia del Sodio (Na^+) nativo del suelo o del agregado en forma de sales inorgánicas.

Como es bien conocido la familia de los metales alcalinos está constituida por el Litio (Li^+), el Sodio (Na^+) y el Potasio (K^+), que son elementos químicos altamente hidratables. El radio iónico deshidratado del Li^+ es de 0.78 Å, mientras que hidratado asciende a 10.03 Å

con lo cual la película de agua de hidratación alcanza un espesor de 9.25 Å. El radio iónico deshidratado del Na⁺ es de 0.98 Å, mientras que hidratado asciende a 7.90 Å con lo cual la película de agua de hidratación alcanza un espesor de 6.92 Å. Finalmente el radio iónico deshidratado del K⁺ que es de 1.33 Å, al hidratarse plenamente alcanza 5.32 Å, con lo cual la película de agua de hidratación de este último elemento solo es de 3.99 Å (Baver, 1965).

De los tres elementos químicos arriba mencionados el Li⁺ está prácticamente ausente de la lista de elementos que constituyen la parte exterior de la corteza terrestre (Longwell y Flint, 1965), mientras que el K⁺, es el ión menos hidratable de los tres metales alcalinos y por estas razones, es el Na⁺ el elemento más significativo por lo que toca a dispersión o defloculación de los suelos.

El alto grado de hidratación del sodio, lo ubica a una distancia tal que impide que este elemento satisfaga el equivalente a una carga negativa de la fracción arcilla o del coloide orgánico donde se encuentra adsorbido y recordando que cargas de igual signo se repelen, se origina el fenómeno de la repulsión o defloculación entre partículas de arcilla y/o entre coloides orgánicos (Velasco, 1991). Una vez que las arcillas se encuentran en estado de repulsión, adquieren movilidad al igual que el coloide orgánico, excepto que las arcillas descienden alojándose en los intersticios del suelo, con lo cual la porosidad se abate totalmente y consecuentemente el proceso de infiltración del agua en el perfil del suelo llega a inhibirse completamente, mientras que el coloide orgánico sube por capilaridad a la superficie del suelo formando las manchas oscuras de aspecto aceitoso características de los suelos No-Salino Sódicos (Richards, 1954).

En nuestro medio rural del semidesierto mexicano, realmente nunca han aplicado formalmente ninguna técnica para abatir las pérdidas de agua por infiltración en estanques permeables. Sin embargo, a nivel experimental, si se han usado algunas tecnologías para reducir pérdidas de agua por infiltración y evaporación en sistemas recolectores de agua de lluvia, en el Sur del Estado de Nuevo León (Velasco y Carmona, 1984).

TECNOLOGIA SUGERIDA EN BASE A DEFLOCULACION DE LA ARCILLA

La tecnología que a continuación se describe, se basa en el fenómeno de la dispersión o defloculación de la arcilla nativa del suelo del piso de un estanque o de la agregada a este cuando no la contiene en cantidad suficiente.

Interpretación de la naturaleza de un Suelo Salino-Alcali: Los problemas de un Suelo Salino-Alcali (pH Å 8.5; CE Å 4.0 dSm⁻¹ y PSI Å 15.0), son precisamente su alto contenido de sales solubles, así como su elevado contenido de sodio adsorbido y de acuerdo a las tecnologías establecidas para su recuperación (Richards, 1954), primeramente habrá que lixiviar el suelo para desalojar el exceso de sales solubles, para luego continuar con la adición de mejoradores químicos que permitan reducir el contenido de sodio

adsorbido. Pero durante el proceso de lixiviación, es decir, al estar desalojando las sales solubles, la velocidad de infiltración del agua se abate notablemente. De lo anterior podemos deducir que mientras existan sales solubles en un suelo el máximo nivel de dispersión o defloculación no se alcanza y consecuentemente no se reduce la velocidad de infiltración del agua. Sin embargo, al lograr la remoción completa de las sales solubles de un suelo Salino-Alcali, se alcanzara el máximo nivel de defloculación, se reducirá notablemente su velocidad de infiltración, su pH será mayor de 8.5, convirtiéndose de esta manera en un suelo clasicamente No-SalinoAlcali de muy lenta infiltración.

Creación de un piso de estanque impermeable: Para este propósito primeramente tendrá que hacerse un reconocimiento del piso del estanque que se va a tratar, así como del suelo por agregar en caso de que el suelo del piso del estanque no reúna los siguientes requisitos: Que no tenga un mínimo de 20 cm. de profundidad, que no contenga un mínimo de 20% de arcilla y que su contenido de sodio adsorbido no sea $\geq 15\%$. El reconocimiento del suelo del piso del estanque y del suelo por agregar, consistirá en los siguientes aspectos.

- **Condiciones Actuales del Piso del Estanque:**

Profundidad Actual:	PrA.
Capacidad Total de Intercambio Actual:	CTIA.
Porcentaje de Arcilla Actual:	PArA.
Porcentaje de Sodio Intercambiable Actual:	PSIA
Peso Actual del Suelo:	PeA.
Volúmen Actual del Suelo:	VoA.
Area del Estanque:	AE*
* En el presente caso = 10 000 m ²	

- **Condiciones del Suelo por Agregar:**

Profundidad de la Capa de Suelo por Agregar:	PrAg.
Capacidad Total de Intercambio de Suelo por Agregar:	CTIAg.
Porcentaje de Arcilla del Suelo por Agregar:	PArAg.
Porcentaje de Sodio Intercambiable del Suelo por Agregar:	PSIAg.
Peso del Suelo por Agregar:	PeAg.
Volúmen del Suelo por Agregar:	VoAg.

Una vez verificado el reconocimiento arriba señalado, se procederá a establecer las tres primeras condiciones que aparecen en la siguiente lista y que el suelo del piso del estanque debe tener para poder lograr un máximo de dispersión o defloculación y consecuentemente un máximo abatimiento en la velocidad de infiltración del agua. La segundas tres propiedades de la lista resultan como consecuencia del cambio que sufren las primeras tres.

- Condiciones Deseadas en el Piso del Estanque:

Profundidad Deseada:	PrD.
Porcentaje de Arcilla Deseado:	PArD.
Porcentaje de Sodio Intercambiable Deseado:	PSID.
Capacidad Total de Intercambio Resultante:	CTIR.
Peso Total del Suelo:	PeT.
Volúmen Total del Suelo:	VoT.

Desarrollo de un ejemplo para la creación de un piso de estanque impermeable: En el ejemplo que a continuación se desarrolla, el suelo del piso del estanque solo tiene una profundidad promedio de 8 cm.; el contenido de arcilla del suelo es de 5%; su porcentaje de sodio intercambiable es de 3 y se desea incrementar la profundidad del suelo a 20 cm.; el contenido de arcilla a 20% y que el porcentaje de sodio intercambiable sea de 15. Además en el presente caso se localiza en las cercanías, un suelo de textura pesada con un contenido de 28% de arcilla y un porcentaje de sodio intercambiable de 6.

Condiciones Actuales del Piso Estanque	Condiciones Deseadas del Piso Estanque	Condiciones del Suelo por Agregar
PrA=8 cm PArA=5 PSIA=3 CTIA= 12 ME/100 G. PeA= VoA=	PrD ≥ 20 cm. PArD = 20 PSID =15 CTIR= PeT= VoT=	PrAg= PSIAg=28 PSIAg=6 CTIAg= 18 me/100 g. PeAg= VoAg=2

Cálculos

Ecuación en Base a Peso de Suelo y Porcentaje de Arcilla:

$$PeA (PArA) + PeAg (PArAg) = PeT (PArD)$$

$$PeA (0.05) + PeAg (0.28) = PeT (0.20)$$

$$PeA + PeAg = PeT$$

Volúmen y Peso del Suelo Actual:

$$VoA = (AE) (PrA)$$

$$VoA = (10,000 m^2) (0.08 m.)$$

$$VoA = 800 m^3$$

$$PeA = (800 m^3) (1,300kg/m^3)$$

$$PeA = 1,040,000 kg. = 1,040 tm.$$

Cuantificación del Peso, Volúmen y Espesor del Suelo por Agregar:

$$\begin{aligned} 1,040 (0.05) &+ PeAg (0.28) = PeT (0.20) \\ 1,040 (0.05) &+ PeAg (0.28) = (1,040 + PeAg) (0.20) \\ PeAg &= 1,950 \text{ tm.} \\ VoAg &= 1,950,000 \text{ kg}/1,300\text{kg /m}^3 \\ VoAg &= 1,500\text{m}^3 \\ PrAg &= 1,500 \text{ m}^3/10,000\text{m}^2 \\ PrAg &= 0.15 \text{ m} \end{aligned}$$

Cuantificación de la Profundidad Resultante del Suelo (PrR):

$$\begin{aligned} PrA &+ PrAg = PrR \\ 0.08 \text{ m} &+ 0.15 \text{ m} = 0.23 \text{ m} = 23 \text{ cm.} \\ PrR &= 23\text{cm} \quad PrD = 20 \text{ cm} \end{aligned}$$

Cuantificación del Peso Total del Suelo:

$$\begin{aligned} PeA &+ PeAg = PeT \\ 1,040 \text{ tm} &+ 1,950 \text{ tm} = 2,990 \text{ tm.} \\ PeT &= 2,990 \text{ tm.} \end{aligned}$$

Capacidad Total de Intercambio Resultante (CTIR) :

$$\begin{aligned} CTIR (PeT) &= CTIA (PeA) + CTIAg (PeAg) \\ CTIR &= \frac{CTIA (PeA) + CTIAg (PeAg)}{PeT} \\ CTIR &= \frac{12 \text{ me}/100\text{g} (1,040 \text{ tm}) + 18 \text{ me}/100\text{g} (1,950 \text{ tm})}{2,990 \text{ tm}} \\ CTIR &= 15.91 \text{ me}/100\text{g.} \end{aligned}$$

Porcentaje de Sodio Intercambiable Resultante (PSIR):

$$\begin{aligned} PSIR (PeT) &= PSIA (PeA) + (PSIAg) (PeAg) \\ PSIR &= \frac{PSIA (PeA) + PSIAg (PeAg)}{PeT} \\ PSIR &= \frac{3\text{me}/100\text{g} (1,040 \text{ tm}) + 6 \text{ me}/100\text{g} (1,950 \text{ tm})}{2,990 \text{ tm}} \\ PSIR &= 4.96 \end{aligned}$$

Como podrá observarse el PSI del suelo por agregar solo tiene un valor de 6, por lo tanto tendrá calcularse la cantidad de una sal química que permita incrementar el PSIR o sea el porcentaje de sodio resultante (4.96) a 15. Cabe mencionar que es muy importante llevar a cabo una determinación química que permita cuantificar el contenido de Calcio (Ca^{++}) y Magnesio (Mg^{++}) adsorbidos, contenidos en el suelo y si la arcilla que se está manejando es predominante del tipo expandible (montmorillonita) ya que estos dos factores son decisivos para determinar el tipo de dispersante químico por utilizar.

Lo anterior es importante puesto que el carbonato de sodio (Na_2CO_3) y el Hexametáfosfato del sodio [$(\text{NaPO}_3)_6$], que son dos de los dispersantes químicos más enérgicos operan con diferente eficiencia (Velasco, 1988). Todo parece indicar que el Na_2CO_3 al existir metales alcalinoterreos adsorbidos y predominar en el suelo la fracción arcilla tipo montmorillonita, es un defloculante más enérgico que el $(\text{NaPO}_3)_6$, porque en la reacción de intercambio se substituye el Ca^{++} por Na^+ y se forma como subproducto el carbonato de calcio (CaCO_3), que es una sal muy insoluble y por lo tanto no interferiría con la hidratación del sodio recién instalado en la arcilla como ión adsorbido. Por otra parte el $(\text{NaPO}_3)_6$ al aplicarse al suelo como dispersante químico produce complejos aniones fosforados capaces de retener iones de Ca^{++} con lo cual estos cationes pierden su capacidad de floculación (Velasco, 1991); además los complejos aniones divalentes pueden ser adsorbidos por arcillas caoliniticas cuya capacidad de adsorción anionica es mayor que su capacidad catiónica (Brady y Weil, 1996) y de esta manera se incrementa la carga eléctrica negativa originándose una mayor repulsión entre partículas de arcilla y por lo tanto un nivel más alto de defloculación que ocasiona una mayor disminución en las pérdidas de agua por infiltración.

Considerando lo anteriormente expuesto y contando en este caso con un suelo rico en calcio (Ca^{++}), se procedio a seleccionar el Na_2CO_3 como fuente de Na^+ para elevar el PSIR o sea el porcentaje de sodio intercambiable resultante de 6 a un PSID o sea el porcentaje de sodio intercambiable deseado a 15.

Cuantificación de la Cantidad de Dispersante Químico para Lograr el Porcentaje de Sodio Intercambiable Deseado (PSID)

$$\begin{aligned} \text{Me de Na}^+ / 100\text{g de Suelo} &= \text{CTIR} && (\text{PSID} - \text{PSIR}). \\ &= 15.91 && (0.15 - 0.0496) \\ \text{Me de Na}^+ / 100\text{g de Suelo} &= 1.597 \\ \text{Gramos Na}_2\text{CO}_3 / 100\text{g de Suelo} &= 1.597 \text{ me. de Na } (0.053\text{g de Na}_2\text{CO}_3 / \text{me. Na}_2\text{CO}_3) \\ \text{Gramos Na}_2\text{CO}_3 / 100\text{g de Suelo} &= 8.46 (10)^2 \end{aligned}$$

Considerando la Profundidad Resultante (PrR) de 23 cm.; la superficie del estanque por tratar ($10,000 \text{ m}^2$) y una densidad aparente de 1.3 g/cm^3 , tenemos:
Kg. por agregar de Na_2CO_3 = 2,533

REFERENCIAS

- American Society of Agricultural Engineers. 1980. Installation of Flexible Membrane Linings. American Society of Agricultural Engineers, Engineering Practice: ASAE EP340.1 Agricultural Engineers YearBook, pp 476-481.
- Baver, L.D. 1961. Soil Physics. 3ª Edición. John Wiley e Sons, Inc. New York, New York.
- Brady, Nyle C. Y Weil, Ray R. 1996. The Nature and Properites of Solis. 11ª Edition. Prentice Hall. New Jersey.
- Longwell, Chester R. y Flint, Richard F. 1965. Geología Física 1ª Edición. Limusa-Wiley, S. A. México.
- Richards, L. A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U.S.D.A. Handbook No. 60.
- Velasco Molina, H. A. y Carmona Ruiz G. 1984. Cosecha de Agua de Lluvia en el Altiplano Semidesértico de México. CONAZA, ITESM, UANL y PEMEX. México.
- Velasco Molina, H. A. 1988. El Empleo de Sales de Sodio en la Rehabilitación de Estanques Permeables. Memorias del XXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Juárez, Chih. p-59.
- Velasco Molina, H. A. 1991. Las Zonas Aridas y Semiáridas sus Características y Manejo 1ª Edición México.

TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA EL SUMINISTRO DE AGUA Y SANEAMIENTO EN PEQUEÑAS COMUNIDADES RURALES

Martín Mundo Molina *
Poliopetro Martínez Austria *
Leonardo Hernández Barrios *
Antonio Delgado Bocanegra *
Nahun H. García V. *

RESUMEN

Conforme a las estadísticas del Consejo Nacional de Población (CONAPO), se estima que en nuestro país, según cifras de 1995, existen aproximadamente 154,000 comunidades rurales habitadas por el 29% de la población de la República, de las cuales 108,000 tienen menos de 100 habitantes. Debido a la falta de medios de comunicación, la dispersión de la población dentro de las mismas comunidades, la falta de servicios e infraestructura apropiada, la baja capacidad económica de los pobladores, las malas condiciones climáticas y topográficas, y en muchas ocasiones la escasez del recurso agua complican y dificultan las acciones que se requieren para proporcionar los servicios de suministro de agua y saneamiento en el medio rural. Del total de la población "rural" el 47.5% no cuenta con servicio de agua potable y el 79.1% no dispone de alcantarillado.

En cuanto a las comunidades rurales con menos de 2,500 habitantes, el 44% de ellas se encuentran en condiciones de pobreza, que en muchos casos llega a ser extrema (estudio de "Magnitud y Pobreza en México", (INEGI-CEPAL, 1984-1995); por consiguiente, estas comunidades no cuentan con recursos suficientes para tener acceso a los servicios de agua potable y saneamiento. Si bien, por un lado, el gobierno federal ha canalizado una gran cantidad de recursos para beneficiar a las comunidades rurales, (a través de la puesta en marcha de una serie de programas de desarrollo social y de combate a la pobreza) por otro lado, debe prevalecer la conciencia social de que en realidad ningún recurso será suficiente, en tanto no se invierta en infraestructura apropiada y acorde a las necesidades prioritarias de cada lugar.

Con base en lo anterior, desde 1996, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) ha venido realizando una serie de acciones para identificar y seleccionar diversas *tecnologías alternativas* para captar, extraer, almacenar y suministrar agua a pequeñas comunidades rurales; de la misma manera ha seleccionado algunas tecnologías para elaborar una guía para la selección de tecnologías alternativas para el medio rural.

¹ Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Paseo Cuahndhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos, México, C.P. 62550, Tel. (73) 19-40-12

Los costos mantenimiento de las tecnologías seleccionadas, en comparación con los sistemas tradicionales, son relativamente bajos. Por otro lado, el nivel de captación y de estudios requeridos, para conservar y operar adecuadamente estas obras, es acorde al nivel cultural que predomina en el medio rural.

En este documento se hace referencia a esta guía, que contiene doce *tecnologías alternativas*, que se conocen desde hace varias décadas y son del dominio público, que al ser aplicadas correctamente resultan ser una opción técnica, social y económica viable para solucionar, en parte, el problema del abastecimiento de agua y del saneamiento en el medio rural.

INTRODUCCION

Se estima que en México, más del 20% de la población carece de acceso al agua potable y en 59% de la misma no cuenta con servicio de alcantarillado. En el medio rural esta situación se agudiza al grado que más del 50% de la población rural carece del servicio de suministro de agua para consumo humano y cerca del 85% no cuenta con sistemas de eliminación de excretas. Estas carencias se amplifican aun más en pequeñas comunidades rurales con menos de 500 habitantes, donde su dispersión, dificultades de acceso y las malas condiciones topográficas, entre otros factores, encarecen substancialmente las obras convencionales para proporcionar dichos servicios. Esta problemática se aprecia claramente en los Altos de Chiapas en las poblaciones indígenas de Oaxaca, en las comunidades marginadas de la sierra de Guerrero, en la mayor parte de las rancherías del estado de Michoacán, en el semi-desierto de Zacatecas, en la zona Tarahumara de Chihuahua, y una gran cantidad de las pequeñas poblaciones de pescadores de Baja California, por mencionar algunos sitios.

Ambos servicios, el suministro de agua y el saneamiento, son esenciales para asegurar la salud de la población para aminorar los padecimientos que impone la pobreza. Gran cantidad de enfermedades intestinales e infecciosas, que son causantes de un porcentaje elevado de mortalidad infantil en el medio rural, se deben a la falta de estos servicios o la deficiencia en su prestación. Adicionalmente a este problema de salud, la falta de dichos servicios trae consigo también problemas sociales y económicos, tales como la pérdida de horas de trabajo y de capacitación, principalmente de mujeres y niños, que se invierten en el acarreo de agua para el consumo familiar; o el pago de precios elevados por unos cuantos litros de agua, situación que en el medio rural puede afectar substancialmente la ya de por sí deteriorada economía familiar.

Para contribuir en la solución de este tipo de problemas, se puede recurrir a las *tecnologías alternativas* que son del dominio público y que están a disposición de la sociedad. Uno de los requisitos básicos para usar estas tecnologías es su adecuada selección. El proceso de selección no es una actividad simplemente de carácter técnico, este proceso incluye una serie de acciones tendientes a garantizar la aceptación, el buen uso y el aprovechamiento eficiente de la tecnología en función del problema que se pretende solucionar: en general se puede indicar que incluye las siguientes etapas:

identificación y caracterización del problema, selección de alternativas técnicas y económicamente viables, planificación para la transferencia de la tecnología, participación de la comunidad en la selección y definición de acciones para la apropiación de la opción tecnológica que los satisfaga social y culturalmente.

Con el fin de apoyar técnicamente a las diversas instituciones relacionadas con la selección de alternativas tecnológicas para zonas rurales, el IMTA ha venido participando en la elaboración de una serie de publicaciones de entre las que destaca por su sencillez el documento denominado "*Guía Técnica Para la Selección de Tecnologías Alternativas en Hidráulica*", no menos importantes e interesantes, por su contenido y profundidad, resultan los documentos denominados "*Sistemas Rurales*" y "*Saneamiento rural*" editados por la CNA como parte del "*Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*" que se publicó en 1994.

Con este trabajo se pretende hacer una breve descripción sobre algunas de las *tecnologías alternativas*, y que están relacionadas con el abastecimiento de agua y saneamiento rural. Para dar una mayor claridad se ha dividido el documento en cuatro rubros: captación, bombeo, saneamiento y potabilización.

Captación

Cisternas superficiales

Los techos de las casas se utilizan para la captación de la precipitación, o sea, del agua de lluvia. Mediante esta técnica el agua de lluvia que cae al techo es captada y conducida mediante tuberías o canales recolectores a un sistema de almacenamiento (ilustración 1) El más común de estos almacenamientos es un tanque metálico con capacidad superior a los 200 litros o un tanque superficial diseñado en función de la demanda familiar o del grupo de familias o personas que habitan o usan la edificación (se ha construido tanques superficiales de hasta de 35 m³). Los tanques de almacenamiento, que se fabrican en el sitio, están revestidos en su interior por una cubierta de cemento, con el fin de evitar su deterioro y conservar la calidad de agua; en el comercio existen tanques prefabricados que se pueden usar sin mayor problema (por ejemplo, la marca ROTOPLAS, al igual que otras, comercializa tanques de diferentes capacidades que van desde los 400 hasta los 5,000 litros).



Ilustración 1

Básicamente, el sistema se compone de tres partes: área de captación, conducción y almacenamiento. La primera de ellas la constituye el techo de las viviendas que puede ser de asbesto-cemento, lámina o concreto. Algunos tipos de techo desprenden sedimento (palma, paja), al presentarse la lluvia, por lo que éstos deberán evitarse. La conducción se refiere al sistema de tuberías que transporta el agua captada hacia el tanque de almacenamiento.

La conducción y suministro a la cisterna, comúnmente se construye de tubería de PVC de seis pulgadas cortada por la mitad en forma de canaleta. La canaleta se coloca en el borde del techo de la vivienda (ilustración 2) Puede usarse también lámina galvanizada lisa, para construir una canaleta de 20 cm de ancho por 15 cm de altura.

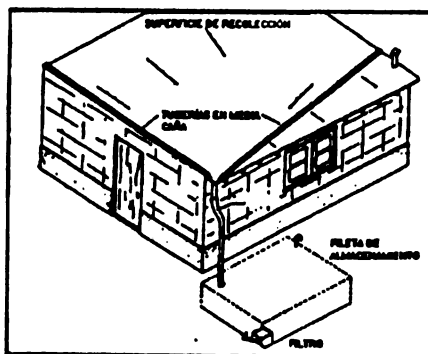


Ilustración 2

En zonas rurales el agua de lluvia captada generalmente se utiliza para consumo humano. Existe la creencia generalizada de que esta agua es potable, sin embargo esto no siempre es cierto, ya que el agua de lluvia lleva consigo impurezas que se encuentran en el techo, en la conducción, e incluso en el medio ambiente, por lo tanto, el agua almacenada deberá pasar por un filtro de arena, y posteriormente clorarla o hervirla para consumo humano. Para la cloración se recomiendan tres gotas de cloro casero por cada litro de agua.

Aplicabilidad

Esta tecnología es recomendable en poblaciones rurales donde no exista una red de agua potable convencional. Aún en aquellos lugares donde exista, se recomienda si el agua es escasa, ya que de esta manera se recibe agua a un bajo costo. También toma importancia en lugares donde los sistemas ofrecen un servicio intermitente y existen con la calidad del agua.

Ventajas

El agua es de buena calidad para beber, siempre y cuando se filtre y clore.

Limitaciones

Depende de la magnitud de la precipitación promedio anual de la zona

Bibliografía recomendada

1. E. Schiller. Perú (1995). Sistemas de captación de aguas pluviales. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencia del Ambiente (CEPIS).
2. Manual de saneamiento: vivienda, agua y desechos. México, D.F., (1991). Dirección de Ingeniería Sanitaria. Secretaría de Salubridad y Asistencia.

Cisternas subterráneas

La captación de agua de lluvia se hace en el propio techo de la cisterna, que puede ser de lámina, plástico o teja; también puede utilizarse techos de casas vecinas, unidas a través de canaletas, con la finalidad de acelerar el llenado de la cisterna.

La cisterna se excava en el suelo, tiene forma de tronco piramidal invertido, con la base menor en el piso o fondo, que es de concreto; las paredes son repelladas con mezcla y reforzadas internamente con malla para gallinero. El suministro de agua es por medio de una canaleta conectada a una tubería de PVC que conduce el agua a la cisterna (Ilustración 3). La cisterna tiene un filtro interno compuesto de capas de arena (50 cm. de espesor), carbón (30 cm. de espesor) y grava (20 cm. de espesor).

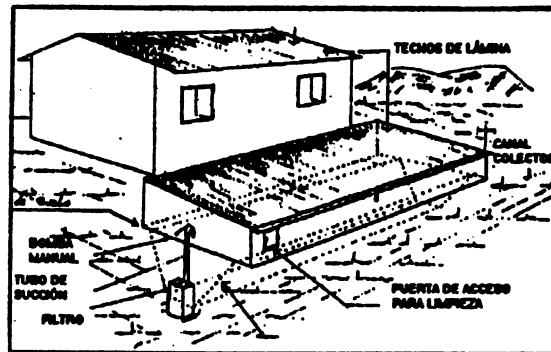


Ilustración 3

La extracción de agua de la cisterna se hace normalmente por medio de una bomba manual, utilizando tubería de PVC de 1/2", la cual va conectada en un tubo de 6" de diámetro, perforado en la parte inferior, y este último enterrado en un filtro de ladrillo que se construye en un extremo de la cisterna.

El agua almacenada debe quedar en la más absoluta oscuridad para evitar la proliferación de algas.

Deben construirse aireadores para la oxigenación del agua con tubos horizontales del lado del viento dominante. Debe instalarse un eliminador de Excedentes (vertedor).

Las paredes, a partir del nivel del suelo pueden construirse con ladrillo, adobe o piedra, según la disponibilidad en la región (ilustración 4) es necesario dejar una puerta para efectuar la limpieza de la cisterna. la misma debe llevar un candado para evitar el acceso de personal no autorizado.

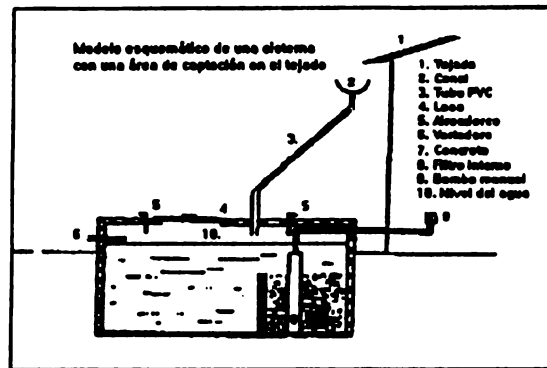


Ilustración 4

Adaptabilidad

La cisterna subterránea es una alternativa para contar con agua potable en sitios en que las casas están dispersas.

Bibliografía recomendada

1. A. Silva, Brasil, (1989). Consultoría técnica sobre cisternas rurales en la región centro occidental de Venezuela.
2. L. Nieves, Venezuela, (1987). Captación y conservación de agua de precipitación para consumo humano y cisternas rurales; dimesionamiento, construcción y manejo.
3. Cisternas rurales II, San Salvador (1995). Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Recursos Naturales Renovables, Proyecto de Rehabilitación e Infraestructura de Producción de Agricultura: Fortalecimiento de la capacidad nacional de gestión de agua.

Captación a nivel de piso

Para recolectar agua a nivel de piso (evitando las pérdidas por infiltración a través del suelo y de evaporación del agua almacenada en las depresiones del terreno natural), se recomienda

nivelar y recubrir el piso con losetas, concreto, asfalto y hojas de plástico para formar una superficie lisa e impermeable sobre el suelo (ilustración 5). Otro método consiste en compactar y mejorar el suelo con aportaciones de arcilla para disminuir su capacidad de infiltración y hacerlo más estable y resistente a la erosión.

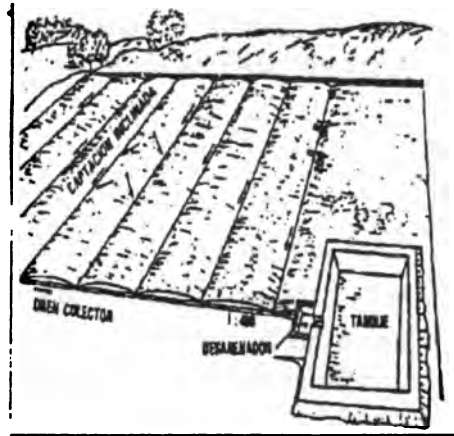


Ilustración 5

La cantidad de agua que se puede captar, por unidad de superficie, depende de la intensidad y magnitud de la precipitación, de la impermeabilización del terreno y de la pendiente del mismo entre otros factores de mayor importancia. La proporción del agua que se capta, respecto a la que llueve, varía del 90% en terrenos con franjas de piso inclinadas y cubiertas con material impermeable.

El agua captada es conducida por medio de un canal colector hasta un tanque de almacenamiento tal y como se puede apreciar en la ilustración 5.

Existen algunos métodos de recubrimiento superficial que han resultado satisfactorios y son de bajo costo, ejemplo de ellos son:

- a). Asfalto en dos capas, sellador y protección con plástico o fibra de vidrio y cubierto de grava.
- b). Membrana plástica cubierta de grava de diámetro entre 1 y 2 centímetros, adherida al suelo con alquitrán bituminoso. En contraste con su atractivo y bajo costo, este recubrimiento tiene la desventaja de ser muy frágil y de difícil reparación.
- c). Una adecuada impermeabilización se puede obtener con tratamientos químicos aplicados a la capa superficial. así, por ejemplo, las sales de sodio se pueden mezclar con suelos arcillosos para formar una capa impermeable.

Ventajas y desventajas

Los suelos tratados para captación de agua en gran escala pueden ser una fuente de agua para uso doméstico, de un número considerable de familias, o aún para toda una comunidad.

Este sistema presenta un inconveniente, es necesario contar con una muy buena protección contra la contaminación superficial, lo que puede lograrse construyendo una cerca alrededor de la zona de captación y un sistema de drenaje perimetral para evitar la entrada de posibles escurrimientos contaminados. Por otra parte también es necesario disponer de una gran superficie de terreno.

Bibliografía recomendada

1. Tzatchkow, V. G.; Zapata, S.E. y Hidalgo, M.A. (1994); "Sistemas Rurales ", Libro II, Primera Sección, Tema 6 del Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Editor: Comisión Nacional del Agua, México.
2. Oofkes, E. H. (Editor); "Small community water supplies. Technology of Small water supply systems in developing countries" (1993). John Wiley & Sons.

Presa subterránea.

Una presa subterránea almacena el agua obstruyendo el flujo bajo la superficie de la tierra mediante una barrera transversal que puede ser de arcilla, concreto o mampostería, esta presa aumenta el nivel freático al poner un límite al flujo de agua, que posteriormente se puede bombear para ser utilizada (ilustración 6).

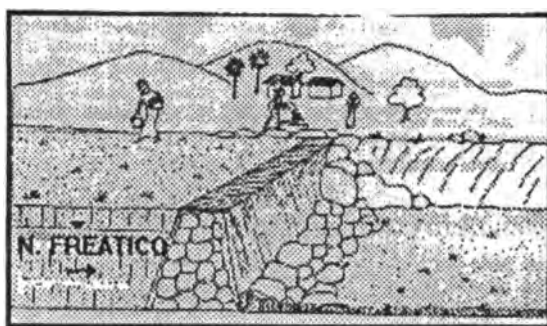


Ilustración 6

Este tipo de presas se construye durante la época de estiaje, una vez que se construye y llega el período de lluvias se recargan los acuíferos y se almacena el agua para utilizarla posteriormente.

El diseño de una presa subterránea está en función de las condiciones hidrogeológicas del sitio. Las condiciones físicas que se deben de tomar en cuenta para construir una presa subterránea son: clima, hidrogeología y topografía. Los sitios más favorables para la construcción de una presa subterránea son las llamadas camas de arena y grava que se forman en los hechos de ríos y arroyos.

Las presas subterráneas generalmente se construyen durante la época de sequía, cuando hay poca agua en el acuífero y puede ser bombeada son mayor problema. Para construir una presa se debe tener en cuenta la excavación y los materiales más recomendable para la construcción de la barrera transversal o dique.

Excavación

Para la construcción de una presa subterránea es necesario excavar una zanja transversal al flujo del agua. El material excavado es generalmente arena, por lo que existen problemas en la estabilidad de los taludes, la pendiente máxima para un suelo arenoso es de 30 c, por cada metro. Así, por ejemplo, para un río que tenga un ancho de 15 metros, la excavación de la zanja será de 4 metros. La excavación puede realizarse de manera manual, aunque está puede tornarse muy difícil por la estabilidad en los taludes; cuando la excavación se realiza manualmente es necesario hacerla en etapas horizontales cada 2 o 3 metros, en forma de escalera, lo que incrementa el ancho de la excavación.

Una vez terminada la zanja, es muy importante que está se compacte desde su base ya que sobre ella se colocará el dique. Un factor de fracaso en la construcción de las presas subterráneas ha sido una inadecuada compactación.

Dique

Para construir el dique se pueden utilizar diferentes materiales, como arcilla compactada, concreto y mampostería.

- * Dique de arcilla. Es una alternativa conveniente en suelos permeables y para niveles freáticos de poca profundidad, por ejemplo, en un río o arroyo seco. durante la construcción de un dique de arcilla se debe cuidar que cada una de las capas de suelo sea compactada de manera correcta, para garantizar una adecuada estabilidad e impermeabilización de la pantalla.
- * Dique de concreto. Se requiere la supervisión de un especialista para determinar las cantidades correctas de cemento, grava y arena.
- * Dique de mampostería. Es necesario tener mano de obra especializada, así como grandes cantidades de piedra y cemento.

Extracción.

La extracción de agua de la presa se puede realizar utilizando una bomba manual. Es esquema para la extracción de agua en una presa subterránea se muestra en la ilustración 7

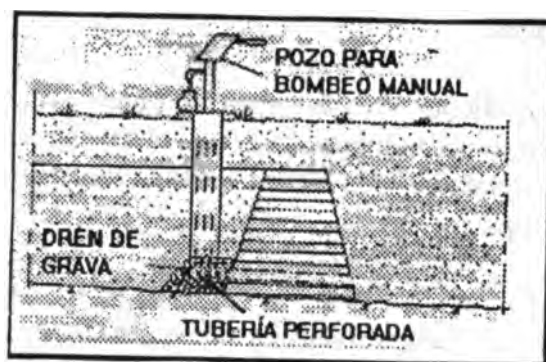


Ilustración 7

Mantenimiento

El conservación de una presa subterránea es mínimo y consiste en dar un adecuado mantenimiento a la bomba y a la tubería de extracción. Se recomienda limpiar el área arriba de la superficie de la tierra (donde se encuentra la presa), y vigilar que no se construya ningún tipo de edificación sobre la misma.

Ventajas

Al encontrarse el agua almacenada abajo de la superficie de la tierra disminuye la evaporación.. es una alternativa que aprovecha los acuíferos naturales y las aportaciones de agua (lluvia), se pueden almacenar por el efecto de infiltración de manera natural, para utilizarse en época de sequía.

Limitaciones

De realizarse una inadecuada compactación pueden presentarse infiltraciones en el dique, produciéndose la falla del mismo.

Bibliografía recomendada

Nilsson A. (1965). Groundwater Samas For Small-Scale Water Supply. Intermediate Technology Development Group.

Bombeo

Galerías

El método más antiguo de extracción de agua subterránea consiste en hacer una pequeña cavidad en el suelo (de uno a dos metros de diámetro) hasta una profundidad por debajo del nivel freático, de tal manera que el agua fluya a través de filtración, quedando libre y a disposición del usuario dentro de la cavidad. Usualmente la cantidad de agua que se puede obtener con este método es limitada comparativamente con la demanda de una comunidad rural.

Para obtener una mayor cantidad de agua, es necesario drenar un área mayor del acuífero. Esto se puede lograr de tres maneras: ensanchando la cavidad, excavando más profundo o una combinación de ambas opciones.

A los sistemas de extracción que se extienden horizontalmente se les denomina galerías y se subdividen en zanjas filtrantes, drenes de infiltración (ilustración 8) y túneles (ilustración 9).

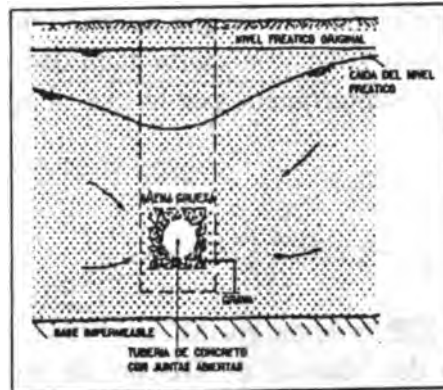


Ilustración 8

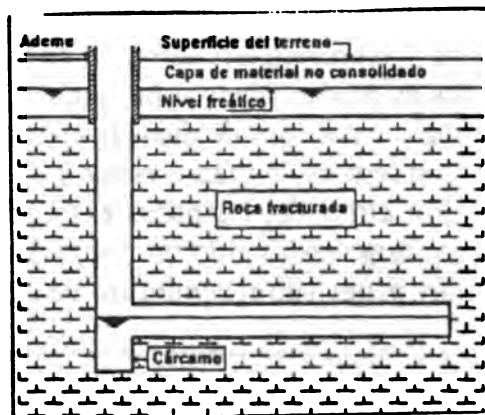


Ilustración 9

Por los altos costos y dificultades técnicas de la excavación, las galerías deben ser usadas sólo cuando el nivel freático está muy superficial. La experiencia práctica indica que no es recomendable profundizar más de 8 metros con respecto a la superficie del terreno.

Las galerías son una muy buena opción en los casos en que es necesario extraer el agua de acuíferos de pequeño espesor, pues este tipo de acuíferos deben ser drenados a través de una gran superficie de contacto. También recomiendan en zonas costeras donde comúnmente un pequeño estrato de agua dulce flota sobre agua salada.

Ventajas y desventajas

Para su construcción, las zanjas no presentan mayor complejidad y pueden tener bastante capacidad y una larga vida útil (decenas de años). Sin embargo, las zanjas al estar abiertas, permiten que el agua se contamine fácilmente, lo cual dificulta y limita su aprovechamiento para agua potable.

La construcción de drenes de infiltración y túneles requiere una mayor inversión que las zanjas y su diseño es más complicado por lo que se requiere contar con personal técnico capacitado. Los drenes se pueden tapar con cierta facilidad. La ventaja de los drenes y túneles, es que los colectores son subterráneos por lo que el agua está mejor protegida de la contaminación superficial.

Bibliografía recomendada

1. Tzatchkov, V. G.; Zaptada, S.E. y Hidalgo, M.A. (1994). "Sistemas Rurales", Libro II, Primera Sección, Tema 6 del Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Editor: Comisión Nacional del Agua, México.
2. Okun, D.A. y Ernst, W.R. (1987); "Community piped water supply systems in developing countries", A planning manual, World Bank, Washington D.C.

Pozos excavados

Los métodos de extracción de agua subterránea que se basan en incrementar la superficie de filtración por medio de incrementos en profundidad, se pueden dividir en pozos excavados de gran diámetro (ilustración 10) y pozos entubados de diámetro pequeño (ilustración 11). Estos últimos son aplicables cuando el acuífero es de gran espesor y el nivel freático se encuentra a una profundidad considerable. Por otro lado, los pozos excavados, tienen una producción limitada y normalmente su uso está restringido a usos domésticos individuales, al abastecimiento de comunidades muy pequeñas, al suministro de agua en escuelas rurales, por ejemplo.

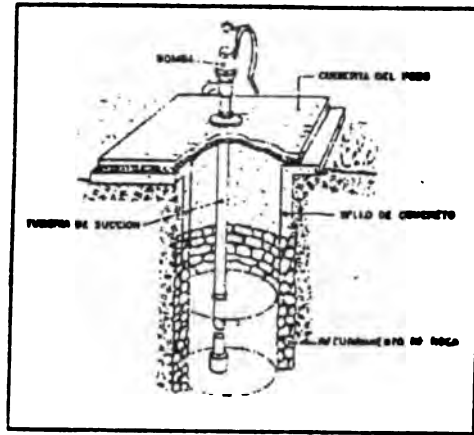


Ilustración 10

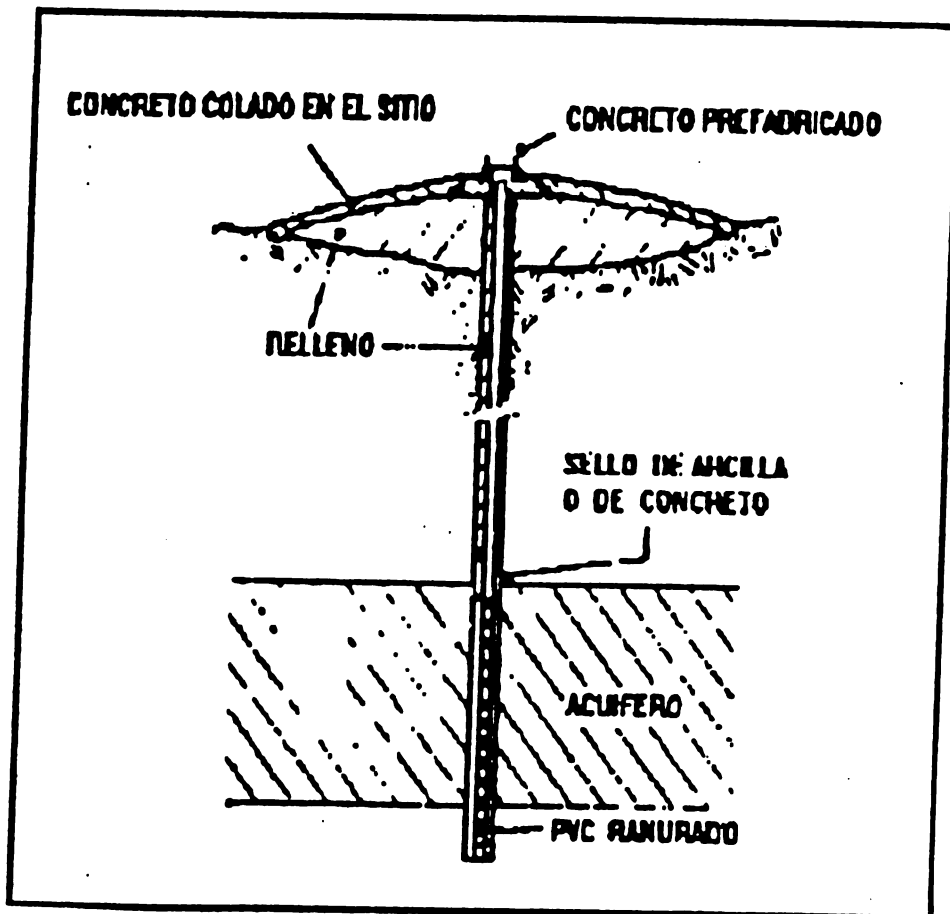


Ilustración 11

La producción de los pozos fluctúa típicamente entre 1/2 l/s, en pozos poco profundos y de diámetro pequeño ubicados en arenas finas, y 100 l/s en pozos profundos de gran diámetro (alrededor de 10 pulgadas) ubicadas en arenas gruesas o acuíferos de rocas fracturadas.

Ventajas y desventajas.

Los pozos entubados son apropiados para suministro de agua potable, ya que se pueden tomar precauciones para evitar la contaminación de los acuíferos y por consecuencia del agua extraída de un acuífero de poco espesor y situado a gran profundidad. Debido a que se tiene un área pequeña saturada, en este tipo de acuífero los pozos entubados en la medida de lo posible, no deben ser usados.

Bibliografía recomendada

1. Tzatchkov, V.G.; Zapata, S.E. y Hidalgo, M.A.; (1994) "Sistemas Rurales", Libro II, Primera Sección, Tema 6 del Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Editor, Comisión Nacional del Agua, México.
2. Oku, D.A. y Ernst, W.R.; (1987) "Community piped water supply systems in developing countries", A planning manual, World Bank, Washington D.C.

La Bomba de Ariete Hidráulico (BAH), es un dispositivo mecánico que sirve para elevar agua utilizando la energía potencial de una caída, para bombear una porción del gasto que la alimenta. Una bomba de Ariete se compone de: tubería de alimentación, muelle, tensor, válvula de escape, tope, cámara de aire, válvula de retén y tubería de descarga (ilustración 12)

La bomba de Ariete hidráulico

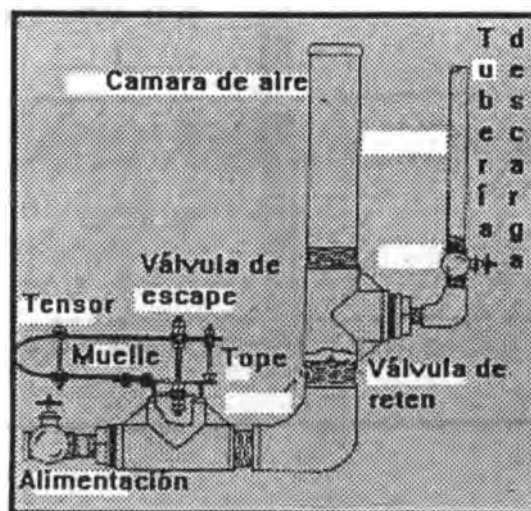


Ilustración 12

La BAH se construye en forma industrial, pero su diseño, relativamente sencillo, permite que se pueda construir, en un taller de herrería. Ya aún mejor, hacerlo con material de plomería, lo que la hace más económica.

Existen muchas comunidades que cuentan con las condiciones para instalar una BAH, es decir, una caída de agua de por lo menos 1 metro de altura, la cual debe medirse entre el depósito de alimentación la Bomba de Ariete. Es deseable tener un gasto constante de la fuente de alimentación para garantizar un adecuado funcionamiento de la BAH. La instalación de la BAH debe realizarse según el esquema como el que se muestra en la ilustración 13.

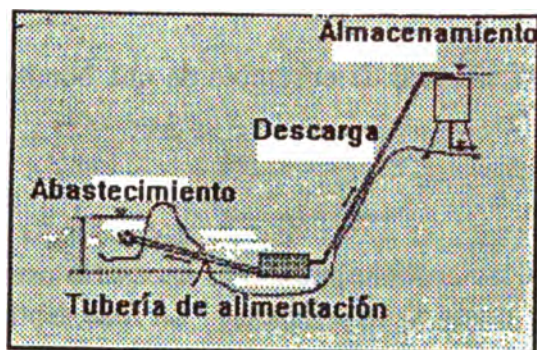


Ilustración 13

Ventajas

- No requiere energía externa ya que con una caída de agua, que produce el golpe de Ariete que es la base de su funcionamiento.
- Es capaz de funcionar con una caída mínima de 1 metro de altura.
- Logra bombear el agua con una relación de 1 a 10 con respecto a la altura de la alimentación.
- Requiere de un mantenimiento mínimo
- Su funcionamiento es continuo
- Implica un importante ahorro de energía, mismo que repercute directamente en la economía.
- Presenta la facilidad de construirla manualmente con material de plomería.

Desventajas

Su eficiencia de bombeo es muy baja

Mantenimiento

El mantenimiento es mínimo, sólo se necesita ajustar y calibrar repitiódicamente (cada tres meses) la bomba.

Bibliografía recomendada

1. Quintero D. México, (1994). Diseño, construcción y caracterización de una bomba de Ariete. Tesis para obtener el título de Ingeniero Mecánico. Instituto Tecnológico de Zacatepec.
2. Como Hacer Mejor (1984). Manual de ensamble de una bomba de Ariete. Secretaría de Educación Pública (SEP)

Saneamiento

En lugares donde no existe alcantarillado público es necesario usas sistemas individuales de disposición de agua negras, como la fosa séptica. La fosa séptica es una instalación que resuelve en forma satisfactoria el problema de eliminación de pequeñas cantidades de agua residuales, proveniente de casas aisladas o de pequeños grupos, escuelas, campos deportivos. Un requisito indispensable es que se disponga de terreno suficiente y adecuado para ejecutar las obras.

La fosa séptica consta de dos partes fundamentales (ilustración 14):

Fosa séptica

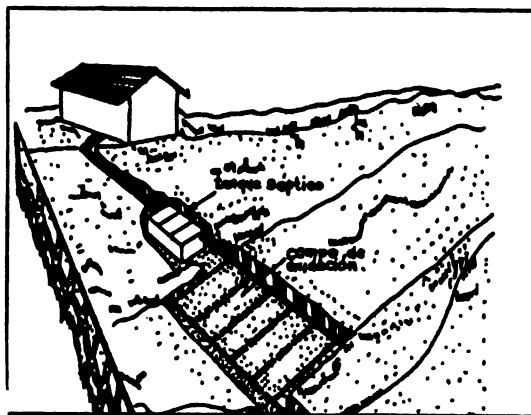


Ilustración 14

- 1) Un depósito impermeable, que se designa con el nombre de tanque séptico, generalmente subterráneo, donde se efectúa la sedimentación de la materia en suspensión, la formación de notas en la superficie del agua (debido a los sólidos flotantes y a la descomposición de materia orgánica por la acción de microorganismos conocidos como bacterias anaerobias, mismas que proliferan en ausencia de oxígeno libre), lo que constituye un proceso séptico.
- 2) Una instalación para oxidar el afluyente del tanque séptico, ya que dichas aguas no contienen oxígeno disuelto, pero si se ponen en contacto con este elemento, rápidamente lo difunden en su seno, oxidando la materia orgánica y mineralizándola, con lo que las aguas residuales se vuelven inofensivas.

Los elementos que integran una fosa séptica se muestran en la ilustración 15.

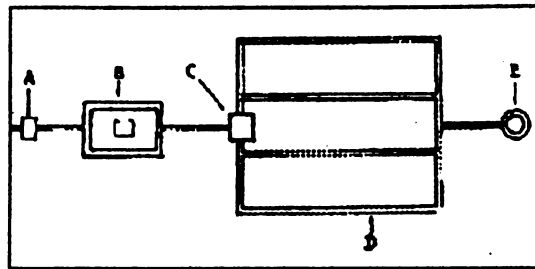


Ilustración 15

1. Trampa para grasas (A). Se coloca cuando se reciben desechos de cocina, garajes y locales donde se elaboran alimentos.
- 2.. Tanque séptico (B). Elemento en donde se desarrolla el proceso de sedimentación y séptico.
3. Caja distribuidora (C). se utiliza para mejorar el funcionamiento del campo de oxidación.
4. Campo de oxidación (D). Tiene como función oxidar el afluyente del tanque séptico.
5. Pozo de absorción (E). Se construye cuando hay que sustituirse el campo de oxidación.

Ventajas

- La fosa séptica es adecuada para viviendas que carezcan de una red de alcantarillado.
- La fosa séptica es una alternativa tecnológica de bajo costo.
- Una vez construida la fosa séptica, su mantenimiento es casi nulo.

Limitaciones

- Puede contaminar mantos freáticos.
- Si no recibe un adecuado mantenimiento (limpieza), puede causar malos olores.

Bibliografía recomendada

1. López Alegría; (1985). México, Abastecimiento de agua potable y disposición y eliminación de excretas. Instituto Politécnico Nacional.

Letrina seca ventilada

Se recomienda para lugares que tienen problemas con la cantidad y disponibilidad de agua y con la estructura del suelo. Hay dos subtipos: la letrina seca ventilada de dos cámaras y la letrina seca ventilada de foso profundo.

Letrina seca ventilada de foso profunda

Se construye en terrenos que no son de tepetate, pedregoso o arenoso y cuando el agua subterránea se localiza por lo menos a 1.5 metros de profundidad.

El foso se recomienda que sea cuadrado de 1 metro por cada lado, y excavación mínima de dos metros. Cuando sea necesario se deberán ademar las paredes. Cuando el excremento ocupa el 75 % del foso, se sella con tierra y se excava otro foso.

En la ilustración 16 se muestra esquemáticamente las partes que constituyen una letrina seca ventilada de foso profundo.

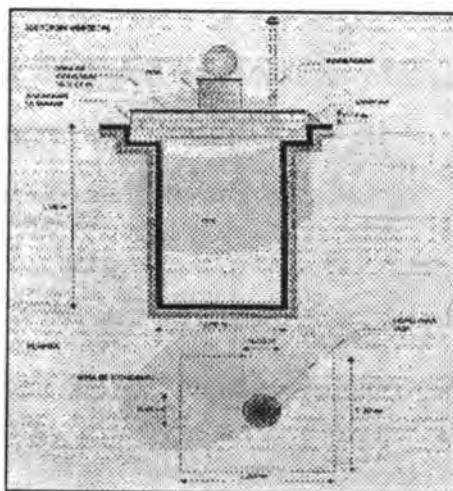


Ilustración 16

Letrina seca ventilada de dos cámaras.

Esta letrina es de construcción permanente. El foso tiene dos cámaras de un metro cúbico de capacidad cada una, lo que permite un uso alternativo y elimina el problema de construir otras letrinas.

Se puede construir superficialmente, semienterrada y enterrada, dependiendo de las características físicas del suelo y de la profundidad del manto freático. En la ilustración 17 se presenta un esquema de la letrina de dos cámaras.



Ilustración 17

Bibliografía recomendada

Tavira, M. I. y Hansen, H. A.; (1994) "Saneamiento Rural", Libro II, Tercera sección, Tema 3 del Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Comisión Nacional del Agua, México.

Potabilización

Filtros caseros

El filtro casero es un dispositivo avanzado para mejorar la calidad del agua de lluvia, de corrientes superficiales, o de lagos y pozos.

Un filtro típico (ilustración 18) consiste en una tubería de concreto de 18" de diámetro (46 cm) y de 1 m. de longitud. En la parte superior lleva una tapadera de concreto sellada, internamente tiene una tubería de 1" que va unida a una tubería perforada de mayor diámetro (1.5") en el fondo del depósito, que sirve para extraer el agua filtrada. El filtro lleva una capa de 60 cm. de arena colocada (colador de albañil). La arena (antes de utilizarla) debe ser lavada con agua limpia y secada al sol para esterilizarla.

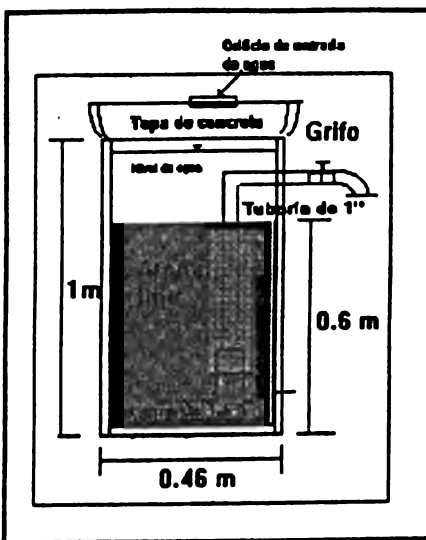


Figura 18

Enseguida, durante dos meses, se le echa agua constantemente al filtro para estabilizarlo, formándose en su interior una capa bacteriológica que no permite el paso de los sedimentos y que asegura la calidad del agua. El agua producida se hierve y se clora.

Diseño

Esta tecnología no tiene especificaciones de diseño. Se recomiendan las dimensiones dadas arriba. La tubería de concreto de 18" de diámetro se puede sustituir por un cajón construido de tabique. Las dimensiones del cajón de tabique son de 60 cm de ancho, 60 cm de largo y 1 m de altura.

La arena se puede cambiar cada seis meses o cada año, dependiendo de su uso. cada vez que se cambia la arena debe de dársele el mismo tratamiento de lavado y secado al sol.

Ventajas

- Para su construcción e instalación no se necesita de personal especializado.
- Es de bajo costo, accesible para personas de escasos recursos económicos, útil en saneamiento rural.
- Mejora la calidad del agua y reduce la turbiedad.

Limitaciones

- Se recomienda hervir y clorar el agua filtrada para asegurar su calidad para consumo humano.

Bibliografía recomendada

1. López Y., San Salvador, (1993). Aplicación en campo de filtros caseros. Centro Sanitario de Tecnologías Ambientales (CESTA).
2. Tzachkov, V., Enriquez, Z., Hidalgo López., México, (1994). Manual de diseño de agua potable, alcantarillado y saneamiento. sistemas rurales

Filtros de cantera

Los filtros de cantera de piedra volcánica (tradicionalmente se encuentran en Michoacán, Jalisco y Zacatecas), se colocan sobre un mueble de madera en donde el agua gotea a un recipiente colector, como se observa en la ilustración 19. El objetivo es proporcionar agua de mejor calidad para consumo humano. El recipiente colector es una olla de barro.

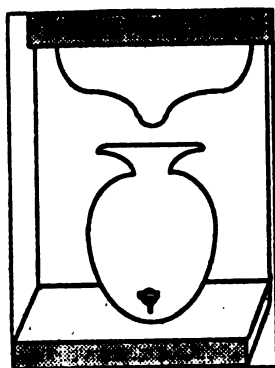


Ilustración 19

El mueble sobre el cual se coloca el filtro se protege con una malla, dentro de este mueble se encuentra una olla de barro a la cual se le ha instalado una llave para disponer del líquido y lograr un mayor control en la calidad del agua filtrada, al evitar el contacto directo.

Diseño

La fabricación de los filtros de cantera es de carácter artesanal y hasta ahora su diseño no tiene especificaciones especiales.

Rendimiento

En cuanto a los volúmenes filtrados por día, en la tabla 1 se presentan algunos valores obtenidos en mediciones de campo.

Tabla 1 Volumen de filtrado por día

Capacidad del filtro (l)	Tiempo de vaciado (hrs)	Volumen producido al día (lts)
8	3	64
15	4,5	80
25	6	100

Construcción

Los filtros se construyen de materiales extraídos de banco o minas de cantera blanda, que permite la filtración y están compuestos de las siguientes partes:

- * Filtro de cantera.
- * Mueble con una malla de protección.
- * Olla de barro con una llave.

La madera que se requiere para la construcción del mueble, se puede escoger entre las que sean más resistentes y se encuentren cerca de la comunidad. Es recomendable que el mueble tenga un metro de altura y 45 cm por lado.

Mantenimiento

Para garantizar la eficiencia del filtro de cantera, en términos de calidad del agua, se requiere de un buen mantenimiento del mismo. Es importante que se encuentre tapado, colocado en el mueble de madera y protegido con una malla de mosquitero, para protegerlo de insectos y otro tipo de bichos. Para asegurar la calidad del agua filtrada, es importante que el recipiente u olla de barro cuente con su llave. La limpieza del filtro deberá realizarse cada 3 meses, dependiendo de la calidad de agua que se disponga. Por ejemplo, si es turbia, se recomienda que el mantenimiento sea cada dos meses.

Ventajas

El filtro de cantera es de bajo costo y es una propuesta adecuada para regiones y zona en donde la población es de escasos recursos y existen problemas de saneamiento básico rural-

Limitaciones

- La más importante es la que se refiere a la disposición del material (cantera), ya que sólo se encuentra en determinadas regiones del país como en Zacatecas, Jalisco y Michoacán.
- No potabiliza el agua.
- Se requiere una cloración posterior.

Bibliografía recomendada

1. Fonseca Moreno O., México, (1994). Filtros de cantera. Unidad educativa audiovisual, Coordinación de Comunicación y Participación, IMTA. México.
2. Tzatchkov, V., Enriquez, Z., Hidalgo López, México, (1994). Manual de diseño del agua potable alcantarillado y saneamiento., Sistemas rurales CNA-IMTA.
3. Producción audiovisual: Filtro de cantera, Manejo y uso del filtro de cantera, Construcción del mueble para el filtro de cantera. Coordinación de Comunicación, Participación e Información. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Desinfección

Existen una gran diversidad de métodos de desinfección que pueden ser usados en el medio rural a nivel familiar, de entre estos destacan los siguientes:

Por calor

Se calienta el agua hasta alcanzar su punto de ebullición y se deja hervir durante 10 min; posteriormente se deja enfriar y se pasa de un recipiente a otro cuatro a cinco veces para aerarla. Una vez hecho se almacena en un recipiente limpio, bien tapado y en lugar fresco de donde se tomará para su consumo. Con esta sisterna se logra eliminar a los organismos patógenos.

Por filtración

Se recomienda usar los filtros de cantera

Con plata coloidal (MICRODYN)

Es una suspensión con acción bacteriana que presenta las siguientes ventajas: no es volátil, no es tóxico no es degradable, y no es corrosivo. Se aplica una gota por cada litro de agua y se deja reposar de 30 a 60 min. antes de ingerirla. La desinfección con este método no debe hacerse en recipientes de aluminio, ya que se pierde la efectividad de potabilización.

Con cloro

Mediante sencillos procedimientos es factible desinfectar el agua de norias y tanques públicos y privador por medio de cloración. Para esto se recomienda usar una garrafa de plástico de aproximadamente 18 litros que contenga hipoclorito de sodio; un equipo de venoclisis (tubo de plástico con dosificador de gotas, de uso común en hospitales) y lazo para sujetar y en su caso soportar la garrafa.

Se coloca la garrafa cerca de una noria o la tapa de entrada al almacenamiento, como se puede apreciar en la ilustración 20. Con el equipo de venoclisis se aplica la cantidad necesaria de cloro (ver cuadro anexo), regulando el gotero de acuerdo a la capacidad de la noria o del almacenamiento.

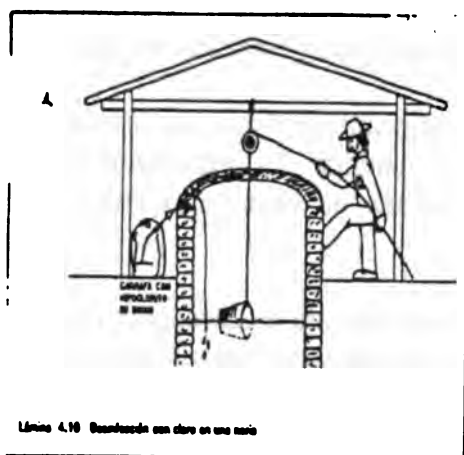


Ilustración 20

Desinfectante	Concentrado en %	Cantidad por cada mil litros de agua
Hipoclorito de sodio "Cloralex"	6	15 mm (2 cucharadas)
Hipoclorito de sodio	13	7.5 mm (1 cucharada)
Hipoclorito de calcio. Pastillas de 7.5 gramos	65	1/2 pastilla

Bibliografía recomendada

1. Comisión Nacional del Agua: "Desinfección de agua para consumo humano en el medio rural", Programa agua limpia

Conclusiones

Se presentó un breve panorama sobre una serie de tecnologías alternativas que pueden ser aprovechadas adecuadamente dentro del proceso de solución de los problemas relacionados con el suministro de agua potable y saneamiento en el medio rural. Es importante hacer notar que no por el hecho de ser tecnologías relativamente sencillas, esto implica que deben ser subestimadas desde el punto de vista técnico y del servicio que proporcionan; por esta razón, el personal técnico y las autoridades relacionadas con el desarrollo del medio rural tienen el compromiso de hacer su mejor esfuerzo para que la selección y aprovechamiento de este tipo de alternativas sea dentro de un marco profesional y acorde a las necesidades y condiciones socioeconómicas y culturales de cada región.

Referencias

Comisión Nacional del Agua, "Manual de diseño de agua potable, alcantillado y saneamiento". 1994

Mundo, M. M.; Martínez, A.P.; Hernández, B.L. y Delgado, B. A. (1997). "Guía técnica para la selección de tecnologías alternativas en hidráulica (versión 2)", Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Mundo, M. M.; Rivera, M.O.; Hernández, B.L. y Delgado, B.A. (1997). "HIDROTEC", Manual de tecnologías alternativas en hidráulica (versión 1)", Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

PRODUCCION AGRARIA SOSTENIBLE BAJO DE LA CONDICION DE PROTECCION DEL AGUA A CIELO ABIERTO

Dietmar Rössel ¹
Hipólito Ortiz Laurel ²

RESUMEN

Hoy en día se realizan y aplican varios métodos, tecnologías y técnicas en la agricultura para cumplir las nuevas condiciones de una producción agraria sostenible. Principalmente se usan dos tipos de modelos; los abiertos y los cerrados, para la reducción de las pérdidas de infiltración del nitrógeno, de los remedios de protección de las plantas, en el consumo del agua, la reducción del agua de otras fuentes, además de la evaporación. En cuando a la efectividad del uso del agua de lluvia, es más eficiente utilizar sistemas cerrados en donde es captación de lluvia es una fuente importante de suministro del agua. Estos tienen las ventajas de reducir las pérdidas por infiltración en el suelo y evaporación en el aire y además reducen la contaminación del subsuelo y en el caso de la evaporación en aire. Un reciclaje del agua es posible, útil y económico sobre todo en las regiones áridas y semiáridas.

PALABRAS CLAVE: RECICLAJE, AGUA

INTRODUCCION

Como resultado del cambio de conciencia del hombre en cuanto al medio ambiente se refiere, es necesario en el caso de la captación de lluvia contar con nuevas leyes del uso del agua de lluvia. Las leyes acerca de la protección del medio ambiente, la protección de la naturaleza, el entrenamiento del paisaje, la protección de las plantas, las leyes que rigen el manejo de la basura, etc. exigen nuevas tecnologías del uso del agua en la agricultura. Sobre todo en la producción de verduras, flores y en viveros se requiere un cambio hacia un uso racional del agua y sin contaminaciones (sin infiltración de agroquímicos).

Con este objetivo se realizan y aplican varios métodos, tecnologías y técnicas en la agricultura para cumplir las nuevas condiciones de una producción agraria sostenible. La tabla 1 presenta unos objetivos especiales y medidas para mejorar la situación.

¹ *Profesor-Investigador, Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, Iturbide No. 73, Salinas de Hgo.; S.L.P.; México, C.P. 78600.*

² *Profesor-Investigador, Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, Iturbide No 73, Salinas de Hgo. S.L.P., México, C.P. 78600.*

Tabla 1: NUEVOS OBJETIVOS DE LA AGRICULTURA Y SUS MEDIDAS DE SOLUCION

Objetivos	Medidas
Reducir y evitar la infiltración de los fertilizantes en el suelo	- Cambio de los métodos de fertilización Fertilizantes especiales Nueva técnica de la dosificación (mangueras Para goteo) Remedios alternativos Reciclaje del agua de drenaje (sistemas cerrados) Cambio del uso y cambio de cultivos
Reducir o evitar La Infiltración de los agroquímicos reducción del suministro y uso del agua	- Remedios alternativos - Impermeabilización - Mejor técnica de dosificación - Suministro del agua A las necesidades - Reutilización del agua de riego (sistemas cerrados)
Reducción del agua de otras fuentes	- Reutilización del agua de riego (sistemas cerrados) - Recolección del agua de lluvia en las areas de producción
Reducción de la evaporación	- Fondos cerrados de los estanques - Tapas para los estanques

MATERIALES Y METODOS

En los últimos años ha habido muchos esfuerzos en la investigación con el objetivo de cumplir las medidas mencionadas en la tabla 1 y su aplicación en la agricultura. Principalmente se usan dos tipos de modelos; los abiertos y los cerrados, para la reducción de las perdidas de infiltración del nitrógeno, de los remedios de protección de las plantas, en el consumo del agua, la reducción del agua de otras fuentes, además de la evaporación. Los sistemas abiertos se caracterizan por una reducción de la infiltración de los elementos agroquímicos en el suelo, pero no se evitan totalmente. Los sistemas cerrados que permiten evitar estas perdidas. Los sistemas abiertos tienen los siguientes objetivos: a) reducción del suministro de agua mediante el cambio de las instalaciones del riego o el control del proceso (p riego por goteo; proceso del impulso, etc., ver tabla 3/1/), b) cambio de nutrición mediante fertilizantes de lenta solubilidad, dosificación y control a las necesidades de acuerdo a la presentación del fertilizante (ver tabla 2) y c) reducción del agua de infiltración mediante áreas de drenaje.

TABLA 2: METODOS DE LA PRODUCCION JUSTA AL MEDIO AMBIENTE

OBJETIVOS Y SISTEMAS	MEDIDAS
Reducción de la infiltración de agroquímicos	Reducción del suministro de agua - Riego por goteo - Presentación del agua por impulso Cambio del método de presentación de la nutrición - Fertilizante del tipo de lenta solubilidad - Control de la fertilización
Evitar la infiltración de Los nutrientes y reducción De infiltración de los agroquímicos (Sistemas cerrados)	Reducción de la infiltración del agua - Drenaje - Drenaje de la presión en vacío Alternativas para los agroquímicos evitar la infiltración de los nutrientes y reducción de la infiltración de los remedios de la protección de las plantas cerrar la fugas de las áreas Por la producción encima de las mesas y en canalones

En la producción agrícola se usan los medios presentados en la Tabla 2 en combinación correspondiente a las posibilidades de la empresa.

TABLA 3: USO DEL AGUA EN LA PRODUCCION A CIELO ABIERTO (12 PLANTAS/M²)

SUMINISTRO DEL AGUA		CANTIDAD DEL AGUA	
		l/m²	%
Método del impulso	En las macetas	100	30
	Entre las macetas	240	70
	Suma	340	100
Lluvia	En las macetas	150	30
	Entre las macetas	390	70
	Suma	540	100
Suministro total del agua		880	100
pérdidas de agua		630	72

Los sistemas cerrados en comparación a los abiertos son capaces de garantizar, en el caso de un uso correcto, las condiciones para evitar la contaminación por no infiltración de las pérdidas de la producción. La reintegración y limpieza de todas las aguas de drenaje, de la lluvia y aquellas que sobran, garantizan o evitan una contaminación del suelo (ver Tabla 4).

1. Sistema de reciclaje del agua de drenaje
2. Reciclaje del agua de salida
3. Sistemas con areas de recolección
4. Sistemas de retención
5. Sistemas de canalones
 - Canalones encima del piso
 - Canalones encima de la mesa

Reciclaje del agua de riego
 Más
 Agua de lluvia

Reciclaje del agua de riego
 y poca agua de lluvia

Los sistemas cerrados contienen principalmente fondos cerrados, un almacén para el agua y un sistema de bombeo. Además es posible usar filtros, estanques de recolección, estanques de sedimentación, instalaciones de control y estanques de limpieza (La figura 1/1), muestra un principio del modelo cerrado).

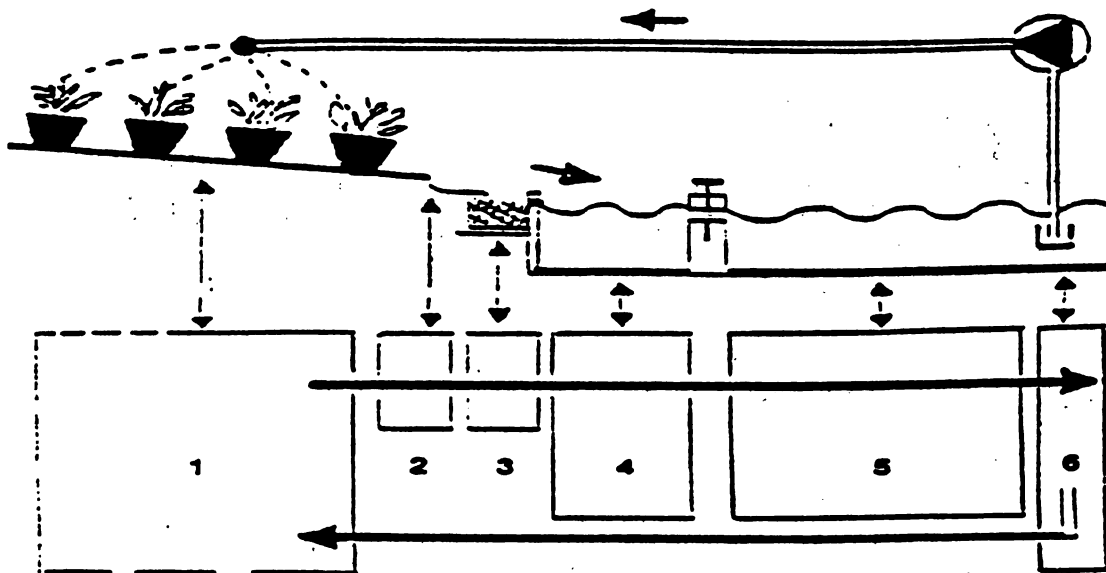


FIGURA 1: PRINCIPIO DEL SISTEMA DE PRODUCCION A CIELO ABIERTO

- 1 Area de producción, de recolección
- 2 Canalon
- 3 Filtro
- 4 Estanque de retorno, de sedimentación y de control
- 5 Almacen
- 6 Sistema de bombeo y dosificación de los fertilizantes

En la bibliografía se encuentran frecuentemente las siguientes posibilidades de recolección del agua: a) recolección del agua del drenaje (figura 2), b) reciclaje del agua de la superficie de la producción (figura 3), c) sistemas de almacenamiento (figura 4), d) sistemas del agua remansada (figura 5) y e) sistemas de canalones.

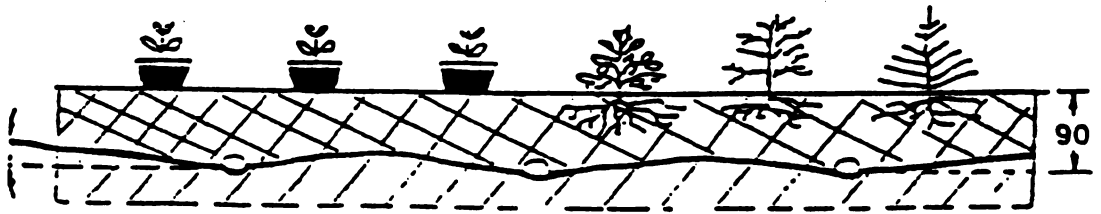


FIGURA 2: RECICLAJE DEL AGUA DEL DRENAJE 1/1



FIGURA 3: RECICLAJE DEL AGUA DE LA SUPERFICIE DE LA PRODUCCION 1/1

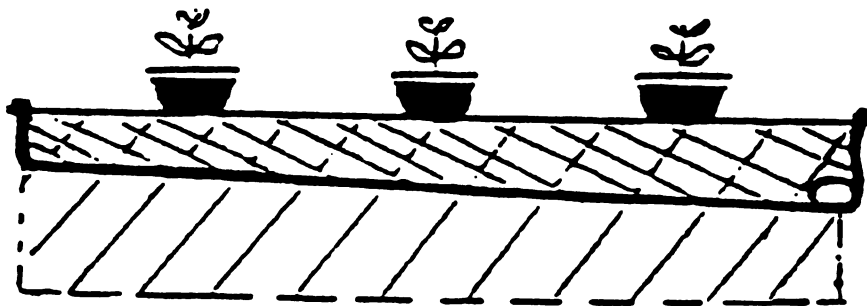


FIGURA 4: SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO 1/1

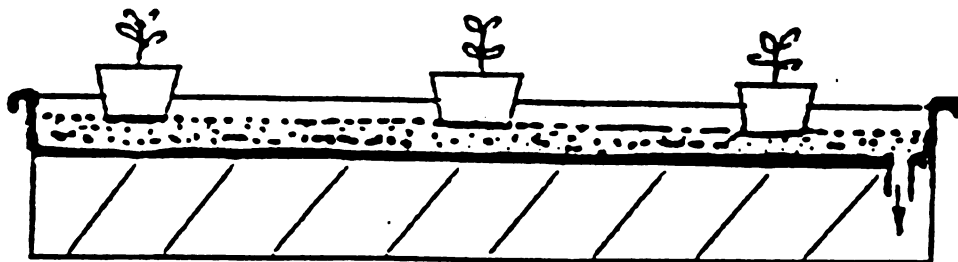


FIGURA 5: SISTEMAS DE RETENCION 1/1

Estas posibilidades se caracterizan de la siguiente forma: La instalación se realiza en áreas planas con una cubierta de película plástica (PE) y con pendiente de 3% desde el fondo. De esta forma se evita la infiltración de los elementos agroquímicos y el lavado del nitrógeno. Los problemas se encuentran en forma de; altas inversiones, mucha agua en el caso de lluvia, evitar la recuperación del agua de la profundidad, elementos agroquímicos en el agua para el reciclaje, transmisión de las enfermedades de las plantas, necesidad de fijar las plantas y la necesidad de un sistema adicional para el riego.

En el caso del sistema de los colectores(c) se tapa el piso y el borde del área de la producción con una película plástica, se rellenan con arena o grava reciclada y se cubren con una alfombra de "vellón". El área de producción actúa además, como recipiente para almacenar el agua. La producción se caracteriza por evitar la infiltración de cualquier elemento agroquímico, ningún proceso de lavado de nitrógeno y además, buenas condiciones para el transporte.

Las sistemas de retención se utilizan en áreas planas con módulos de arena, con sistemas de riego, con sistemas avanzados del control y para varias especies de plantas. Según estas condiciones hay varios problemas de la siguiente manera: altas inversiones, alta potencia necesaria para la bomba, excelentes condiciones necesarias del relleno, problemas con la humedad, mucha agua después de la lluvia, elementos agroquímicos en el agua para reciclaje, transmisión de las enfermedades a las plantas, ninguna recuperación del agua de la profundidad y es necesario fijar las plantas.

En las sistemas de canalones la solución de nutrientes se circula en un sistema de canalones. Los canalones se instalan encima de pisos inclinados de material plástico o laminas de fierro. Según el principio se realiza una distribución homogénea del agua y de los elementos agroquímicos. Por eso se usa poca agua. Un almacenamiento del agua tampoco es necesario y una recuperación del agua de la profundidad funciona sin restricciones. Es posible evitar la infiltración de los elementos agroquímicos en un 100%. Pero esta instalación tiene unos inconvenientes como: alta inversión, pérdidas de nutrientes por la mineralización, es probable la infiltración de agroquímicos, transmisión de las enfermedades es posible y las condiciones del transporte y transborde son limitadas. La reducción de la disponibilidad del agua y su calidad exigen un mayor uso del agua de lluvia. La Tabla 5 presenta los rendimientos de la recolección del agua de lluvia en varias áreas.

TABLA 5: AREAS DE RECOLECCION DE AGUA DE LLUVIA PARA LA REDUCCION DE AGUA DE OTRAS FUENTES /1/

TIPO DEL USO DE LA AREA	RENDIMIENTO %
Invernaderos	Hasta 90
Casas y edificios	Hasta 90
Áreas para contenedores	Hasta 80
Áreas con drenaje	Hasta 40
Drenaje de caminos..	Hasta 90

Para una solución más simple de la recolección del agua de lluvia p. e. en áreas con drenaje se cuenta por la información de la tabla 6 con 60% de pérdidas por infiltración en los niveles profundos del terreno. Además, se tiene que calcular la evaporación en las áreas de estanques, lagunas y tanques con superficie abierta. Según la ecuación /3/ (1) de Meyer y de las condiciones climáticas del sitio Salinas de Hgo., S.L.P. se cuenta con una evaporación de 1809 mm por año.

$$E=C (e_s - e_a) \tag{1}$$

donde:

e_s = presión de vapor saturado de la superficie del agua, en mm de Hg.

e_a = presión real de vapor del aire (e_s veces la humedad relativa) en mmde Hg.

E = razón de evaporación.

C = constante.

W = promedio de la velocidades del viento en km/h a una altura de 7.6 m.

h_x = humedad relativa.

$$\text{coeficiente } C = 11 + 068 \times W \text{ (para pequeños lagos y depósitos)} \tag{1a}$$

Las mediciones en los años 1991-93 presentadas en la figura 6 muestran que el cálculo es la misma cantidad como la medición. Por otro lado se cuenta sólo con una precipitación promedi de 442 mm/año en esos años.

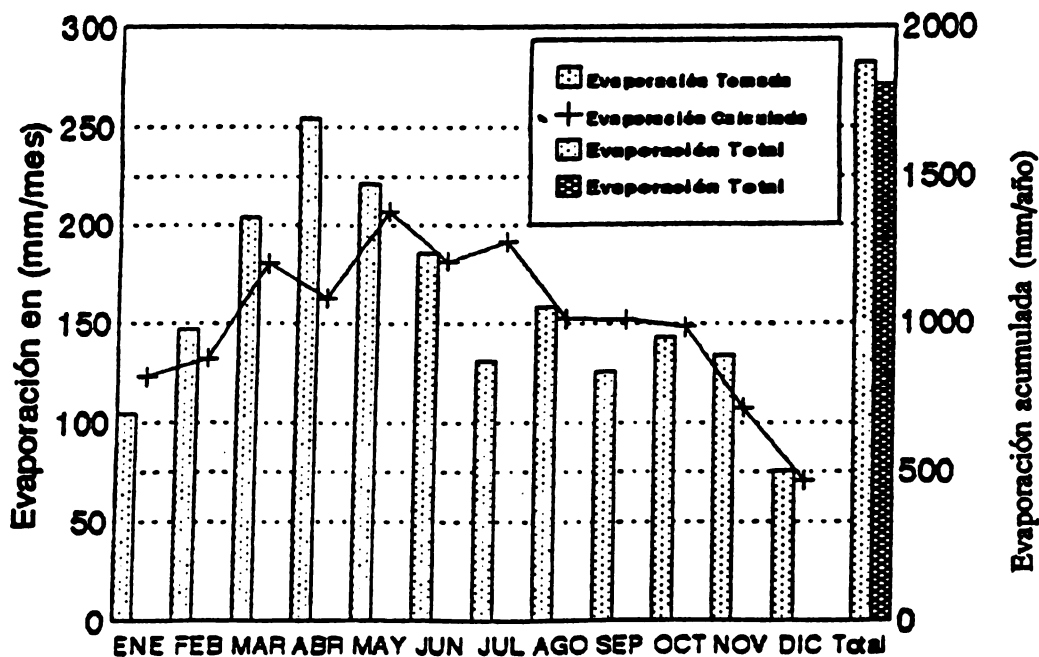


FIGURA 6: COMPARACION DE LA EVAPORACION/4/

Como resultado de esto es necesario evitar la infiltración de un 60% y de evaporación más alto que la precipitación por impermeabilización de los fondos(ver figura 7) de estanques y cerrar por tapaderas para (ver figura 8) evitar la evaporación.



FIGURA 7: ESTANQUE CON FONDO DE PELICULA PLASTICA/2/



FIGURA 8: ESTANQUE CON CUBIERTA FLOTANTE DE MATERIAL PLASTICO/2/

RESULTADOS Y DISCUSION

La eficiencia de las áreas de la recolección del agua de lluvia en la producción agrícola es relativamente alta. La tabla 6 presenta los excelentes resultados en un vivero.

En los sistemas abiertos se realizan los siguientes procesos para mejorar la situación: a) reducción del uso del agua por riego de goteo y riego por impulso, b) nueva nutrición con fertilizantes de lenta solubilidad y control del proceso, c) reducción de la infiltración del agua en el subsuelo por drenaje, drenaje con baja presión y impermeabilización de los fondos de áreas de la producción y de almacenaje d) reducción de la contaminación por fertilizantes y remedios de protección de plantas con métodos de áreas sin fugas y uso de instalaciones especiales con mesas, además de canales y e) reducción de la evaporación en el tiempo de almacenaje por el uso de estanques cerrados con tapaderas flotantes. En los sistemas cerrados hay cinco posibilidades principales que incluyen el reciclaje del agua del proceso, del agua de lluvia y de las aguas negras domésticas: a) reciclaje del agua en sistemas de drenaje, b) reciclaje del agua de los áreas de recolección, c) reciclaje del agua con colectores, d) reciclaje de aguas de áreas de retención y e) sistemas de canalones. Para evitar la evaporación y la infiltración en el subsuelo existen varios tipos de estanques. Aquellos de folio plástico son más eficientes para evitar las pérdidas por infiltración y con tapaderas del mismo material con posibilidades de la entrada del agua de lluvia por ventanas o puertas. Las aguas negras domésticas semi-tratadas representan una fuente extensa para aumentar los recursos del agua usable en la agricultura.

CONCLUSIONES

En cuando a la efectividad del uso del agua de lluvia, es más eficiente usar sistemas cerrados en donde la captación de lluvia es una fuente importante de suministro del agua. Estos tienen las ventajas de reducir las pérdidas por infiltración en el suelo y evaporación en el aire y además, reducen la contaminación del subsuelo y en el caso de la evaporación en aire. El reciclaje del agua es posible, útil y económico sobre todo en las regiones áridas y semiáridas. En el caso de reciclaje de aguas domésticas se reducen las posibilidades de la contaminación por aguas negras crudas.

BIBLIOGRAFIA

- D. LUDOLPH, Umweltgerechte Produktion auf Freilandflächen im Spannungsfeld zwischen Gewässer- und Naturschutz, KTBL-Arbeitsblätter 186, Stoff- und Energiebilanzen landwirtschaftlicher Betriebsmittel- von der Produktion bis zur Entsorgung**
- W. Fricke, Emissionsminderung durch schwimmende Abdeckung auf einem Gülle-Erdbecken- Beobachtungen nach zweijährigem Einsatz, KTBL-Arbeitspapier 186, Stoff- und Energiebilanzen landwirtschaftlicher Betriebsmittel- von der Produktion bis zur Entsorgung. KTBL-Schriftenvertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH, Hülsenbrockstr, 2, D-4400 Münster- Hiltrup**
- Glenn O. Schwab et al; Ingeniería de Conservación de Suelos y Aguas , Limusa 1990, Balderas 95, México, D.F. pp.74**
- Información de la estación meteorológica de San Luis Potosí y del Campus San Luis Potosí**

OBTENCION DE LA LAMINA DE AGUA PARA TOMAR LA DECISION DE SEMBRAR EN AGRICULTURA DE SECANO.

José Dimas López Martínez ¹

INTRODUCCION

La producción de cultivos en las zonas de secano a nivel mundial es función de la expresión de los factores que se presentan en forma natural en el ambiente, y de la distribución del clima en tiempo y espacio. Para lograr un aprovechamiento integral de los recursos y disminuir riesgos en la producción es necesario desarrollar metodologías que integren los factores suelo, clima, planta y sus interacciones que ayuden a la toma de decisiones en este tipo de agricultura (Hernández *et al.*, 1993).

La tendencia en la reducción de la superficie irrigada en la Laguna, es palpable ya que de 162,000 hectáreas dedicadas a la agricultura de riego por gravedad y 30,000 por bombeo hasta 1986, en los últimos años se ha reducido la superficie sembrada, debido a que las fuentes de abastecimiento de agua (presa Fco. Zarco y Lázaro Cárdenas) no alcanzan a cubrir las necesidades de la región, ya que el manto frático se ha ido abatiendo a razón de 1.5 m/año.

Lo anterior hace necesario aprovechar eficientemente las 56,478 hectáreas dedicadas al cultivo de secano, y tratar de incorporar a ésta agricultura, una parte de las 4;311,734 dedicadas al uso pecuario y forestal (Ortega, 1990). Sin embargo, ello implica desarrollar una tecnología que garantice la obtención de cosechas.

La agricultura que se práctica en secano, tiene como limitante la lluvia, tanto en cantidad como en distribución. Sin embargo, la lluvia no siempre es el mejor parámetro para utilizarse en la caracterización de una región en cuanto a la disponibilidad de agua para las plantas. Nix y Fitzpatrick (1969); Ephrat (1972); Goos *et al.* (1984); y Villalpando (1985), consideran que el agua almacenada en el suelo a disposición de las plantas, es un mejor parámetro que la lluvia, para usarse como indicador del éxito o fracaso del cultivo. Por lo tanto se emplea como una herramienta en la toma de decisiones.

OBJETIVO

Desarrollar un modelo basado en la lámina de agua almacenada en el suelo que permita tomar la decisión de sembrar.

¹

*Facultad de Agricultura y Zootecnia-Universidad Juárez del Edo. de Durango. Apartado Postal 1-142
C.P. 35000 Gómez Palacio, Dgo. Tel (17) 25-16-06*

MATERIALES Y METODOS

Localización geográfica

El experimento se estableció en el Ejido Fco. Villa, Mpio. de Cd. Lerdo Dgo., en el Km 10 de la carretera Torreón-Nazareno. Geográficamente se encuentra en los $20^{\circ}40'40''$ N y $103^{\circ}21'00''$ W, y a una altitud de 1 110 msnm (Figura 1). Se localiza dentro de la Región hidrológica No. 36 en la Cuenca del Aguanaval (D), en la subcuenca del Aguanaval-Nazareno (a), donde los cultivos predominantes son Maíz (47.7%) y Frijol (35%) ocupando en conjunto el 82.7% de la superficie cultivada dentro del área de temporal en la región durante los meses de Junio a Septiembre (Voisin y Orona, 1993).

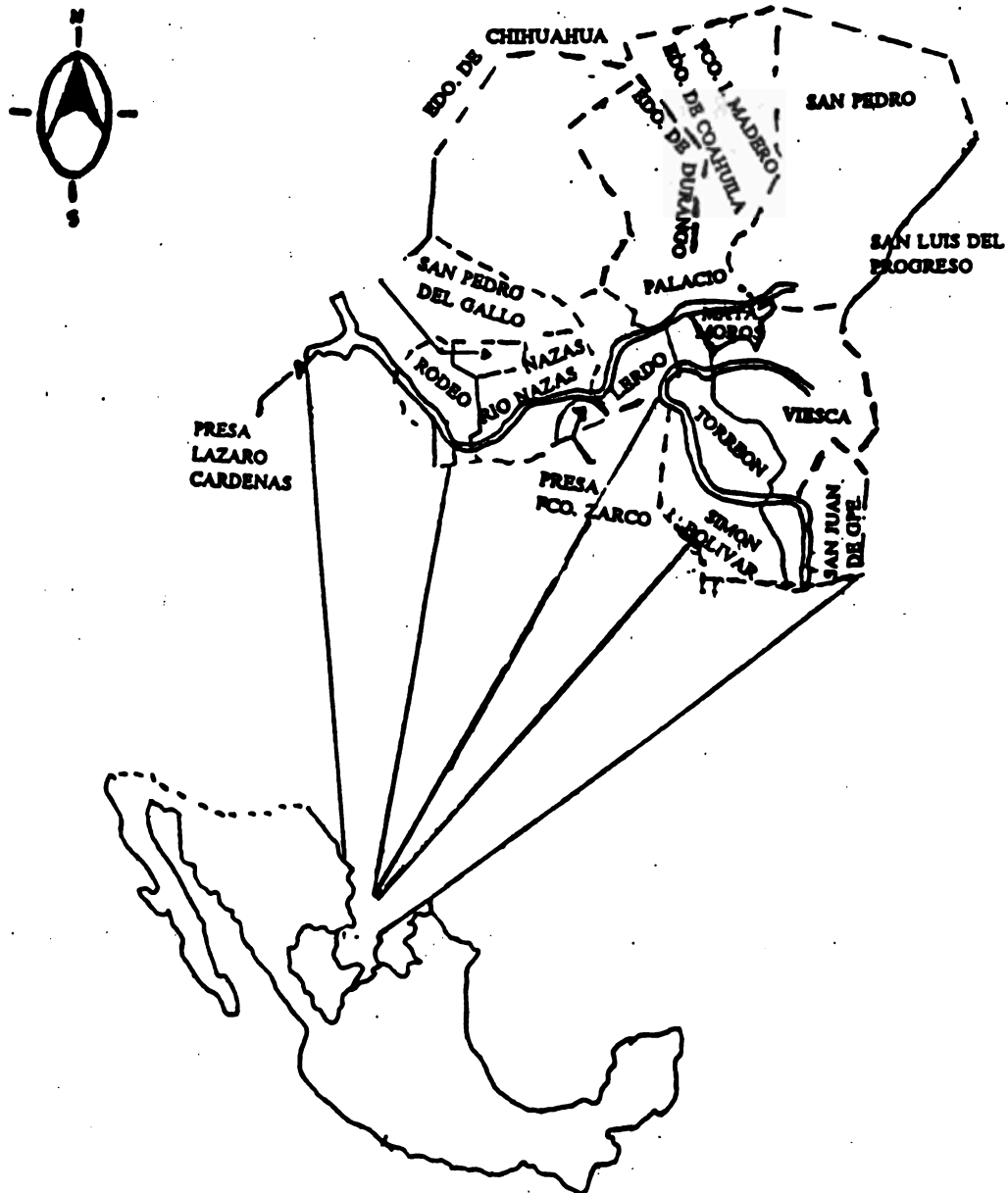


Figura 1. Localización geográfica de la Comarca Lagunera. Predicción de rendimiento y riesgo en agricultura de secano.

Características climáticas

Según la clasificación de Köppen modificada por García (1973), el clima es árido con precipitaciones escasas todo el año y media anual de 240 mm. El período de lluvias comprende los meses de Mayo a Septiembre, lapso durante el cual se presenta el 70 % de la precipitación. La temperatura media anual es de 20.7° C.

La información climática utilizada en el análisis del ciclo 1995, fue de la estación meteorológica del centro nacional de investigación disciplinaria en relación agua-suelo-planta-atmósfera (CENID-RASPA), enclavada en Gómez, Palacio, Dgo.

Trabajo de campo

El trabajo se desarrolló durante el verano de 1995. Se estableció un experimento con dos genotipos de maíz (Blanco Hualahuises y H-412), bajo las siguientes consideraciones: las fechas de siembra fue 18 de Septiembre, La densidad de siembra usada fue de 12 kg/ha.

Variables de campo:

- a) Contenido de humedad en el suelo al inicio de la siembra(H1), a diferenciación floral H2(28 días), antesis H3(55 días) y llenado de grano H4(70 días).
- b) Densidad de población por parcela (DP). Se contó el número de plantas por parcela y se expresó en miles de plantas (10 días antes de la cosecha).
- c) Rendimiento de forraje y grano por parcela. Se evaluó a la cosecha, utilizando los cinco surcos centrales de cada parcela, y se expresó en ton/ha.

Estimación de la humedad en el suelo.

La medición de la humedad en el suelo se realizó por medio de un reflectómetro de dominio de tiempo (TDR) (Modelo SENTRY 200 AP) que facilitó la toma de datos y ahorro de tiempo.

Diseño experimental.

La distribución de las 48 parcelas se efectuó aleatoriamente en el campo en una superficie de 3 ha. La mitad(1.5 ha) fue sembrada con el genotipo Blanco Hualahuises(24 parcelas) y la superficie restante con H-412 (24 parcelas). Cada parcela tuvo 5.6 m de ancho por 10 m de largo, sembrándose el maíz a 0.80 m entre surcos y a 0.20 m entre plantas, estableciéndose 7 surcos por parcela, y evaluando cinco plantas en cada una para obtener rendimiento de grano por planta, ocupando cada parcela una superficie de 56 m².

El contenido de agua en el suelo por parcela fue estimado semanalmente, y en las fechas asociadas a la siembra, diferenciación floral, antesis (floración) y llenado de grano (0, 28, 55 y 70 días) respectivamente, que se consideran las etapas críticas que inciden sobre el rendimiento de grano y biomasa.

Metodología

Se procedió a utilizar la metodología de interacción de X^2 (ecuación 1) (Keisling y Mullinex, 1979; y Goos et al., 1984). Se usaron los valores asociados de contenido de humedad a la siembra y rendimiento de grano para los dos genotipos durante 1995.

$$X^2 = \frac{(N_{11} N_{22} - N_{12} N_{21}) X^2 N_{..}}{N_{1.} N_{2.} N_{.1} N_{.2}} \quad (1)$$

Donde: N_{11} es el número de parcelas con rendimiento de grano menores al promedio regional para láminas de agua deficientes. N_{21} son la parcelas con rendimiento de grano mayores al promedio regional para láminas de agua deficientes. N_{12} es el número de parcelas con rendimiento de grano menores al promedio regional para láminas de agua suficientes. N_{22} son las parcelas con rendimiento de grano mayores al promedio regional para láminas de agua suficientes. $N_{1.}$ y $N_{2.}$ son el total de parcelas de la hilera correspondiente. $N_{.1}$ y $N_{.2}$ son el total de parcelas de la columna correspondiente y $N_{..}$ es el total de parcelas evaluadas.

Este procedimiento es realizado para cada valor crítico empleado, de manera que una vez que se tiene se grafican con lámina de agua en el eje de las (X) y valores de X^2 en el eje de las (Y), usando el valor de 1000 kg como rendimiento regional promedio para definir un valor de X^2 en tablas al nivel de significancia (α) del 0.05 y para un grado de libertad ($c-1$), ($h-1$), columnas(c) e hileras(h) respectivamente (Stell y Torrie, 1988).

RESULTADOS Y DISCUSION

Condiciones Climáticas

Para 1995 las condiciones climáticas fueron muy limitadas, lo cual incrementó las condiciones de sequía que se tenían desde 1993. La precipitación durante este año fue de 182.6 mm, mayor que 1994 con 37 mm; la cantidad de agua precipitada durante el ciclo de cultivo fue de 118.5 mm (Figura 2) los cuales estuvieron distribuidos los primeros 60 días del cultivo. Los días lluviosos fueron 2,12,13 y 22 de agosto, (día juliano 214, 224, 225 y 234), 4, 6, 12, y 25 de septiembre (247, 249, 255 y 268), precipitándose 5.2 mm en Mayo, 6.7 mm en Junio, 5.3 mm en Julio, 44.2 mm en Agosto, y 118.5 en Septiembre.

Durante 60 días, el cultivo se mantuvo con la humedad almacenada en el suelo proveniente de dichas lluvias durante este lapso de tiempo, lo cual originó problemas posteriores en el desarrollo del cultivo, principalmente en la etapa de llenado de grano(H_4), debido a que las altas temperaturas que se tuvieron en los meses de Septiembre a Octubre, originaron que la humedad se perdiera por evaporación, ocasionando limitantes en la etapa de llenado de grano y redundando lo anterior en baja producción. Coincidiendo con Jordan (1983); Qui y Redman (1993) quienes mencionan el efecto negativo de estas variables sobre el desarrollo del cultivo.

En lo referente a evaporación, las pérdidas de humedad presentadas fueron de 2431 mm anuales. Durante el ciclo de cultivo (105 días) la humedad perdida por evaporación fue de 724 mm, menor en 125 mm que el año de 1994.

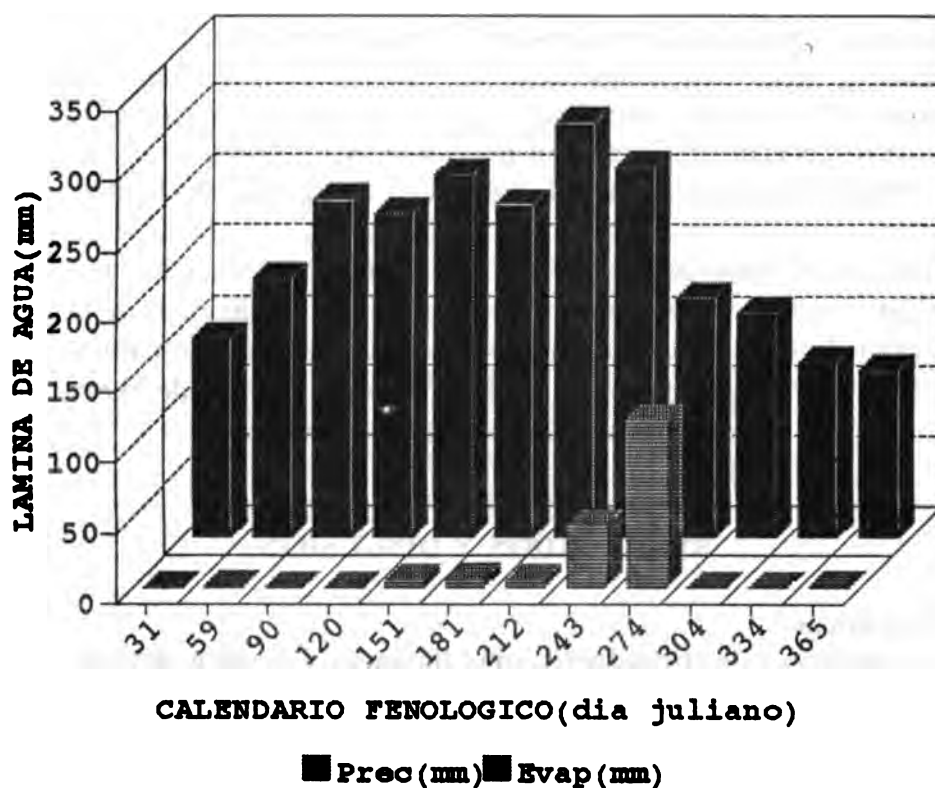


Figura 2. Comportamiento del clima (evaporación y precipitación) en Fco. Villa, Dgo. 1995. Predicción de rendimiento y riesgo en agricultura de secano.

Para cumplir con el objetivo que se señala, se procedió a utilizar la metodología de interacción de X^2 para seleccionar la lámina de agua, que definió el rango de rendimientos observados y que ayuda a tomar la decisión de siembra o no siembra.

En el Cuadro 1, se reporta la información de lámina de agua a la siembra y rendimiento de grano para los dos genotipos en las 24 parcelas a partir de los cuales se estimó la interacción de X^2 que permitió calcular los rangos de lámina de agua a la siembra.

Para lo anterior se considero el rendimiento promedio regional de 1000 kg ha^{-1} para grano considerado como aceptable en la zona. Peña y Zapata, (1990) reportaron para maíz en la zona centro de México, rendimientos de 645 a 835 kg ha^{-1} en genotipos precoces, bajo condiciones críticas de humedad y con siembras tardías como sucedió en 1995 para Blanco Hualahuises y H-412.

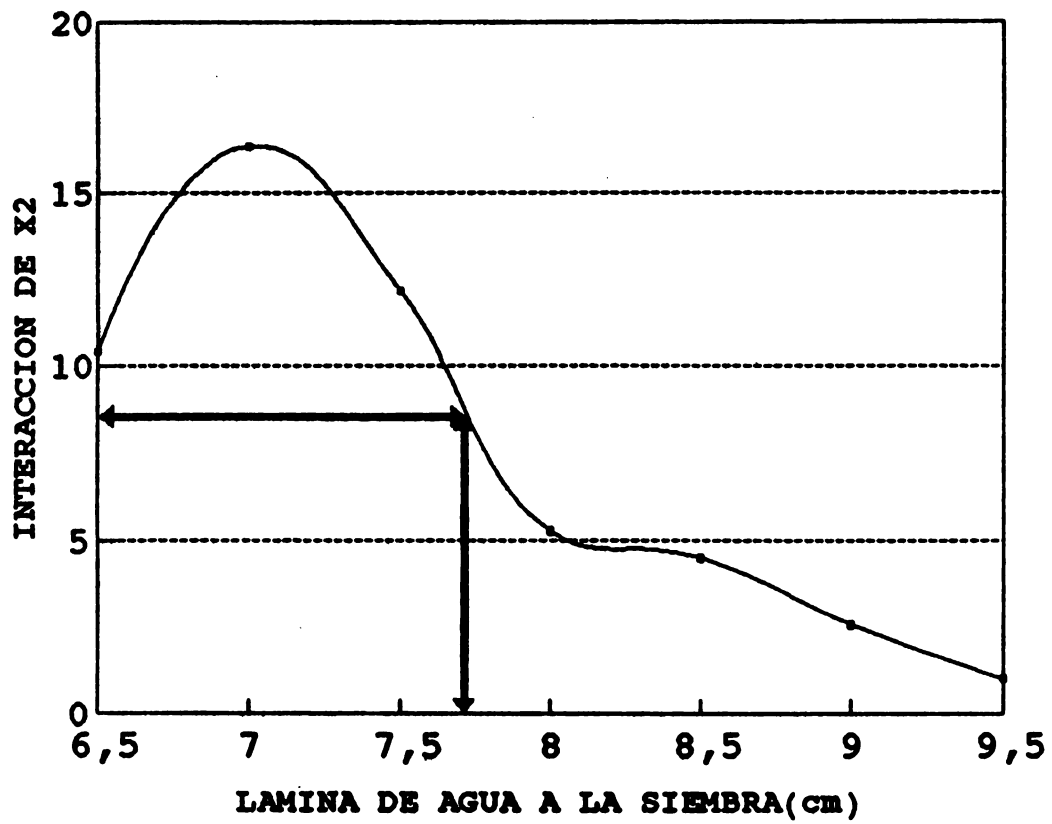
Una vez ordenados los valores del Cuadro 1, en forma ascendente de acuerdo a la lámina de agua; el calculo de la interacción de X^2 se realizó mediante el uso de tablas de contingencia de 2^* (ecuación 1). Por un lado se contemplo los valores críticos para lámina de agua, asignándose los valores (6.5, 7.0, 7.5, 8.0, 8.5, 9.0, 9.5, 10.0 10.5 cm). Por el otro, el rendimiento promedio regional de 1000 kg ha^{-1} . Los valores arriba y abajo de dicho rendimiento definieron la transición entre éxitos y fracasos. Este procedimiento se efectuó para cada uno de los valores críticos empleados para los dos genotipos en 1995. Los valores resultantes se graficaron contra la lámina de agua en el eje de las X y valores de X^2 en el eje de las Y, usando el valor de 1000 kg ha^{-1} para definir la zona de entrecruce (zona que divide la población en rendimientos arriba del promedio y abajo del mismo).

Cuadro 1. Rendimiento de grano y lámina de agua a la siembra en maíz Blanco Hualahuisés y H-412 por parcela. Fco. Villa, Dgo. 1995.

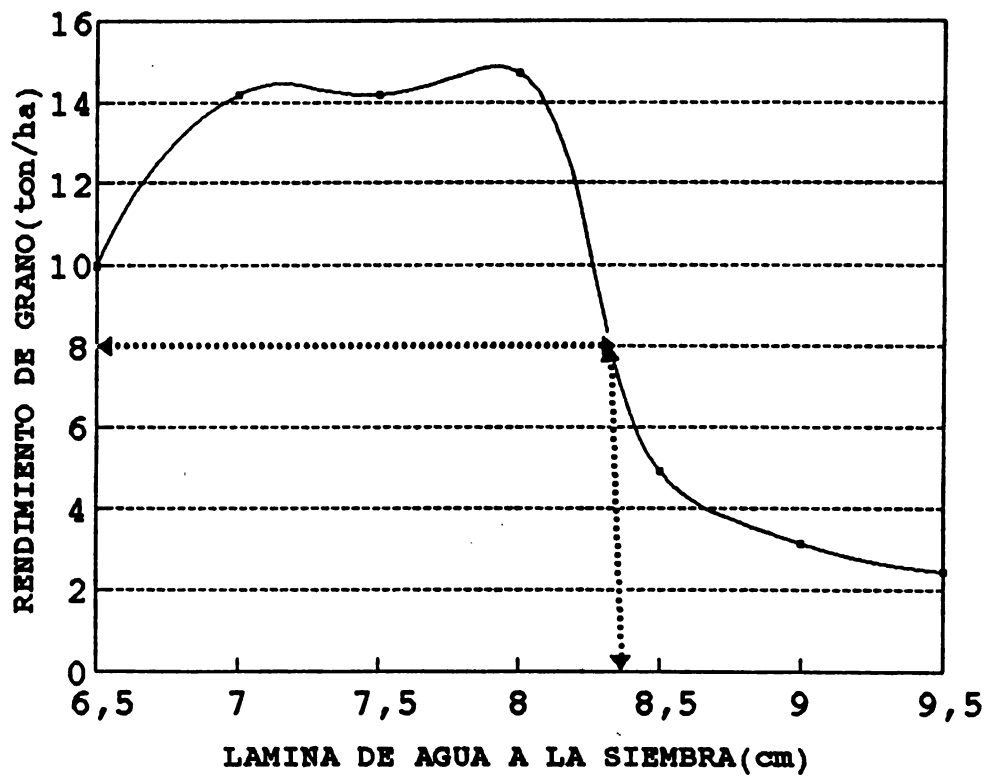
1995			
Blanco Hualahuisés		H-412	
Rend grano	Lámina siembra	Rend. grano	Lámina siembra
976	6.05	1200.1	5.0
928	6.22	1482.2	7.0
1236.1	6.28	1282.1	7.5
1064.1	6.51	1141	7.5
1464.1	7.84	1229.6	9.7
988	7.93	1364.1	9.8
1156.1	8.01	1291.9	9.8
935	8.25	1265.7	9.8
1454.1	8.25	1439.5	10.0
962	8.38	1459.2	10.6
1304.1	8.48	1232.9	10.8
1500.1	8.5	1190.2	10.8
1600.1	8.95	1095.1	10.8
1450.1	9.29	1248.4	11.0
1112.1	9.53	1124.6	11.2
1120.1	10.08	1098.4	11.4
1468.1	10.08	995	11.4
1204.1	10.12	1042.6	11.4
1456.1	10.53	916.3	11.5
1039.5	11.6		

Cuadro 2. Resultados de la interacción de X^2 para rendimiento de grano en maíz Blanco Hualahuisés 1994 y Blanco Hualahuisés y H-412 en 1995. Fco. Villa Dgo.

valor crítico lámina de agua	1995	
	Blanco Hualahuisés	H-412
	valor X^2	valor X^2
6.5	9.97	9.4
7	14.18	9.42
7.5	14.18	20.0
8	14.70	8.88
8.5	4.93	8.88
9	3.13	8.88
9.5	2.42	2.71
10	1.019	2.71
10.5		0.95
11.0		0.24



(a)



(b)

Figura 3. Interacción de X² para maíz (a) Blanco Hualahuises y (b) H-412. Fco. Villa, Dgo. 1995.

Los resultados del Cuadro 2 y Figura 3 son confiables, siempre y cuando se tengan láminas de agua a la siembra, que presenten un rango de 6.5 cm - 7.8 cm para Blanco Hualahuises en 1995, respectivamente y para el híbrido H-412, de 6.5 cm - 8.3 cm. Garantizándose al menos un rendimiento igual o mayor al promedio regional de 1000 kg ha⁻¹. y arriba de esos rangos se tendrán producciones mayores a 1000 kg ha⁻¹.

Esto coincide con Goos *et al.* (1984) quienes mencionaron que la lámina de agua a la siembra es un factor crítico en el éxito de la producción agrícola en zonas de temporal. Los anteriores resultados variaron debido a la diferencia que se presentó en láminas de agua entre parcelas. Sin embargo, se considera que los resultados son confiables al nivel de significancia obtenido y para cada genotipo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La metodología de interacción de X² es una buena herramienta para identificar rangos de humedad inicial en el suelo, que definan las posibilidades de siembra o no siembra, y para este caso los rangos para Blanco Hualahuises son de (6.5-7.8 cm) y (6.5-8.3 cm) para H-412 en 1995, permitiendo estos valores tomar la decisión de sembrar o no..

La metodología que se desarrolló, funcionó adecuadamente en el área de Fco. Villa, Dgo. para realizar predicciones de rendimiento en años futuros. Esta metodología podría ser valiosa para decidir el establecimiento del cultivo.

Se sugiere validar esta metodología en otras áreas de la Comarca lagunera para ampliar sus Perspectivas de aplicación e investigación bajo condiciones de riesgo climático.

LITERATURA CITADA

Dirección de Estudios del Territorio Nacional. 1979. Descripción de la leyenda de la carta edafológica. DETENAL. México, D.F. pp. 91-94.

García E., 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Publicaciones UNAM. México, D.F.

Goos, R. J., B.E.Jhonson., F. J. Sobolik and R. P. Schnaider. 1984. Stored available soil water and the fallow/recrop decision critical level approach. Soil Sci. Soc. Am. J. 48:1134-1137.

Hernández Y., C., Villa, C. M. y Jiménez, L. T. 1993. Crop production regional risk analysis. Conferencia Internacional para el desarrollo de zonas áridas. México, D.F. pp. 54

Jordan, W. 1983. Whole plant responses to water deficits: An overview. In: Taylor, H. A., W.

- Jordan, W. 1983. Whole plant responses to water deficits: An overview. In: Taylor, H. A., W. R. Jordan and T. R. Sinclair(Eds.). ASA-SSSA. Madison, Wi. USA. pp. 289-317.
- Keisling, T. C. and B. Mullinex. 1979. Statistical consideration for evaluating micronutrient tests. *Soil Science Soc. Am.* 43:1181-1184.
- Nix, H. A. and E. A. Fitzpatrick 1969. An index of crop stress related to wheat and grain sorghum yields. *Agr. Meteorology* J.6:321-337.
- Ortega., R. S. A. 1990. Captación in-situ del agua de lluvia para el establecimiento de especies forestales no maderables. Memorias del simposium sobre uso y manejo del agua de lluvia en zonas de temporal y uso eficiente de los fertilizantes. 20° Congreso nacional de la ciencia del suelo. Coamarca Lagunera. pp. 121-135.
- Qui, M. Q. and R. E. Redman. 1993. Seed germination and seedling survival of C4 and C3 grasses under water stress. *J. Arid Environments.* 24:277-285.
- Steel, D. R. G. and Torrie, J. H. 1988. Bioestadística: Principios y procedimientos. segunda edición. Mc Graw-Hill. México, D. F. p. 567.
- Velasco M., Hugo, A. 1983. Uso y manejo del suelo. Editorial LIMUSA, México, D.F. pp. 123-132.
- Villalpando I., J. F. 1985. Metodología de investigación en agroclimatología. Secretaria de agricultura y recursos hidráulicos. Consejo directivo de investigación agrícola, pecuaria y forestal. México, D.F. pp 67-79.
- Voisin, O. y C. I. Orona. 1993. Agricultura de temporal. Estudio de los factores que influyen los escurrimientos y el uso del agua en la Región hidrológica No. 36. SARH-INIFAP-CENID-RASPA. Gómez, Palacio, Dgo. pp.273-285.

USO DE ANILLOS DE ARBOLES PARA RECONSTRUCCION CLIMATICA Y SU RELACION CON PRODUCTIVIDAD DEL BOSQUE.

José Villanueva Díaz ¹

Guy R. McPherson ²

RESUMEN

El uso de anillos de crecimiento de ciertas especies arbóreas son una fuente de información para reconstrucciones climáticas. El crecimiento en grosor de estos anillos adecuadamente fechados con técnicas dendrocronológicas, están influenciados en cierto grado por las condiciones climáticas predominantes durante la formación de los mismos. Por lo tanto, se puede establecer una función de transferencia entre el crecimiento de anillos y precipitación, Índice de Severidad de Sequía de Palmer (PDSI), u otra variable atmosférica y aplicarla a períodos en que no se tiene información climática para su reconstrucción. Con base en crecimientos anuales de árboles de pinabete (*Pseudotsuga menziesii*) y una combinación de varias especies se reconstruyó precipitación y PDSI para dos montañas. Sierra los Ajos (SLA) ubicada en el noreste de Sonora y Animas Mountains (AM) localizada en el suroeste de Nuevo Mexico. La precipitación reconstruida en AM (1762-1992) y SLA (1838-1972) fue para el periodo octubre-enero y julio-julio respectivamente. PDSI se reconstruyó para el actual mes de julio en ambas montañas. Un análisis estructural de las comunidades forestales mas importantes en estas montañas, es decir pinabete-encino Gambel, pinar mixto y piñonero-encinar, indicó que el establecimiento de las especies dominantes en cada comunidad se vió favorecido por períodos de precipitación superior a la normal. El crecimiento de los anillos de árboles e incremento en área basal fueron significativamente menores ($p < 0.05$) cuando se tuvieron condiciones de precipitación inferior a la normal o valores de PDSI inferiores o cercanos a cero. La presencia de incendios forestales fue significativa ($p < 0.05$) especialmente para AM, cuando se presentaron condiciones húmedas dos años previos al evento y condiciones secas durante el incendio. Reconstrucciones climáticas a nivel regional indudablemente contribuirán a mejorar el entendimiento del efecto de la sequía en la productividad del bosque.

¹ Ph.D. Investigador del Campo Experimental San Luis Potosí. CIR-Noreste. INIFAP, SAGAR. Santos Degollado 1015 Altos Col. Cuauhtémoc C.P. 78270, San Luis Potosí, S.L.P. Tel/Fax: (496) 13-91-51

² Ph.D. Profesor Asociado, School of Renewable Natural Resources, University of Arizona, Tucson, Az

ANTECEDENTES

El conocimiento de las condiciones climáticas que existieron en el pasado, así como de frecuencia de incendios y de otras actividades de uso del suelo son cada vez mas relevantes para entender e interpretar la composición, estructura y productividad del bosque. El registro de observaciones meteorológicas es limitado en tiempo o no existente en muchas áreas del suroeste de los Estados Unidos y del norte de México. La inferencia y extensión de registros climáticos a través de técnicas dendrocronológicas facilita la interpretación de la influencia que tienen los períodos o años de sequía extrema en el desarrollo y productividad de comunidades forestales.

Los árboles registran condiciones climáticas que limitan sus procesos fisiológicos y almacenan esa información en la estructura de sus anillos anuales de crecimiento (Fritts, 1976; Schweingruber, 1988). Aunque el crecimiento en grosor de los anillos está condicionado por factores genéticos y fisiológicos, también reflejan las condiciones climáticas durante y anterior a la estación de crecimiento. Por lo tanto, los anillos de árboles han sido usados entre otras aplicaciones como fuente de información para determinar historiales hidrológicos y climatológicos, cambios ecológicos en comunidades forestales, reconstrucción de crecimiento de comunidades arbóreas y modelaje de eventos relacionados a la declinación y mortalidad de árboles.

La habilidad de fechar exactamente el año de formación de cada anillo de crecimiento de ciertas especies arbóreas, es lo que permite generar estudios para inferir las condiciones climáticas que influyeron positiva o negativamente en su desarrollo. Al comparar patrones de crecimiento de árboles climáticamente sensitivos con patrones de información climatológica para un período similar de años, se puede generar una relación estadística y aplicarse a períodos pasados para los que no existen registros meteorológicos (Fritts, 1976 *op. cit.*; Conkey, 1979).

Dada la importancia en determinar la influencia de ciertos factores climáticos como precipitación y sequía en la dinámica y productividad del bosque. Los objetivos de este estudio fueron: (1) usar series de crecimientos anuales (anillos) de árboles como fuente de información climática para su reconstrucción, (2) cuantificar la relación entre clima y ocurrencia de incendios y (3) analizar el establecimiento de árboles, crecimiento radial (promedio en grosor de los anillos) como función de precipitación, presencia de incendios y otros usos del suelo.

AREAS DE ESTUDIO

Animas Mountains y Sierra Los Ajos

Localización Geográfica

Animas Mountains es la montaña mas alta en el suroeste de Nuevo Mexico. Se localiza al este del Rio Grande y al sur de la Planicie Mogollon a una latitud de 31° 35' N y a una longitud de 108° 47' W. El pico mas alto en esta montaña es de 2,600 m. Animas Mountains abarca una superficie de 100 km² en el Gray Ranch, Hidalgo County, Nuevo Mexico.

Sierra los Ajos se localiza en Sonora, México a una latitud de 30° 35' N y a una longitud de 109° 55' W, aproximadamente 100 km al suroeste de AM. Su pico principal alcanza una elevación de 2,600 m. Esta montaña tiene una superficie aproximada de 171 km² (figura 1)

Tanto AM como SLA tienen un patrón de precipitación bimodal con aproximadamente 60% de la precipitación total anual (450 -750 mm, dependiendo de la elevación) en el período julio-septiembre y 40% en el período invernal. Temperaturas superiores a 32°C son comunes en el verano y fluctuan entre 12 a -5°C en el invierno.

La proximidad geográfica de estas montañas a la Sierra Madre Occidental y a las Montañas Rocallosas ha favorecido una alta diversidad florística en estas montañas que está integrada por elementos de ambas regiones (Wagner, 1977; Brown, 1982; Fishbein *et al.* 1995).

La vegetación en AM se puede categorizar en tres tipos principales: encinal bajo, encinal alto y bosque de coníferas. Las coníferas cubren aproximadamente 450 ha a una elevación entre 1,980 y 2,600 m (Wagner 1977 *op cit.*; Hubbard, 1977). Los principales elementos de esta comunidad son Douglas-fir o pinabete (*Pseudotsuga menziesii*), pino fronterizo (*Pinus strobiformis*), pino ponderosa (*Pinus ponderosa var. Arizonica*) y pino real (*Pinus leiophyla var. Chihuahuana*). El bosque de pino mixto se encuentra entre 2,300 y 2,450 m y se compone de pino ponderosa, pino fronterizo, pino real y pino Apache (*Pinus engelmannii*). La comunidad de pino piñonero-encinar se localiza entre 2,300 y 2,450 m y se integra de pino piñonero (*Pinus discolor*), cedro chino (*Juniperus deppeana*) y diversas especies de encino.

En la SLA se encuentran comunidades bióticas clasificadas como bosques de coníferas, chaparral, encinar y vegetación riparia. El bosque de coníferas se encuentra restringido a exposiciones norte entre 1,900 a 2,600 m (Garza-Salazar, 1993; Fishbein *et al. op. cit.*). Los aspectos norte están dominados por pinabete, asociados con encino Gambel (*Quercus gambellii*) y madroño (*Arbutus arizonica*). La asociación pino-encino se localiza entre 1,500 a 2,000 m formado por pino ponderosa, pino real, pino piñonero, encino Emory (*Quercus emoryi*), encino blanco (*Quercus hypoleucoides*) y encino roble (*Quercus arizonica*).

METODOLOGIA

Parcelas permanentes de 20 x 50 m (0.1 ha) fueron establecidas en cuatro parajes representativos en cada una de tres comunidades forestales tanto de AM como de SLA (figuras 2 y 3). Las comunidades estudiadas fueron: (1) Douglas-fir o pinabete/encino Gambel localizada a elevaciones mayores a 2,200 m; bosque de pinos mixtos encontrada a elevaciones inferiores a 2,200 m y (3) pino piñonero/cedro/encinal localizada a bajas elevaciones bordeando los pastizales. Cada parcela se dividió en 10 subparcelas en las cuales se colectaron dos incrementos maderables (muestras colectadas con barrena Presley) en cada uno de dos árboles seleccionados aleatoriamente. El número de árboles muestreados por parcela fue de 25 individuos y adicionalmente se obtuvo el diámetro a la altura del pecho en cada árbol presente dentro del sitio de muestreo. Todas las parcelas se analizaron con relación a composición de especies arboreas y se construyeron tablas de frecuencia de distribución de edades (clases de edad de 5 años), con el fin de inferir los factores que influenciaron la sobrevivencia de las especies presentes.

Las muestras maderables se procesaron y fecharon en el laboratorio acorde a técnicas dendrocronológicas bien establecidas (Stokes and Smiley, 1968; Swetnam *et al.* 1985). Con el uso de diversos programas del Laboratorio de Dendrocronología de la Universidad de Arizona como COFECHA y ARSTAN se generaron cronologías para las especies arboreas mas representativas de cada comunidad estudiada. Para minimizar la remoción de varianza en las series cronológicas, estas se ajustaron con una curva exponencial negativa. La cronología estandarizada (relación entre el ancho de anillos y el valor obtenido de la curva) se usó para relacionar las variaciones en el crecimiento anual de los árboles tanto con precipitación como con el Índice de Severidad de Sequía de Palmer (PDSI). Este índice se fundamenta en un balance mensual estimado de humedad disponible y demanda (Palmer, 1965). El índice generalmente fluctua entre -6 y +6; los valores negativos generalmente denotan periodos secos, valores de cero condiciones promedio y valores positivos períodos húmedos (Karl, 1986).

Las relaciones entre las cronologías y clima se investigaron utilizando funciones de respuesta y análisis de correlación. El análisis de función de respuesta es un análisis modificado de regresión múltiple para estimar los efectos del clima en el crecimiento del árbol (Fritts, 1976 *op. cit.*). En el cálculo de la función de respuesta, los datos se transforman inicialmente en vectores ortogonales para remover la intercorrelación y proporcionar un medio para identificar los factores climáticos mas correlacionados con el crecimiento del árbol.

La selección de los meses en los cuales la precipitación y el PDSI estuvieron mas correlacionados con el crecimiento del árbol, se realizó utilizando datos meteorológicos de la División Climática Regional 09 (período 1896-1993) y División Climática 07 (período 1896-1993) para AM y SLA respectivamente. Para propósitos de reconstrucción climática se requirió una previa calibración y verificación entre los datos climáticos y la cronología

estandarizada. La calibración involucró el desarrollo de una función de transferencia estadística o matemática, que fue usada para extraer la señal climática de los anillos de árboles. El parámetro climático a reconstruirse (variable dependiente) se expresó algebraicamente como función del ancho de anillos (variable independiente). Con el uso de un análisis de mínimos cuadrados, se generaron ecuaciones de calibración para predecir precipitación y PDSI de la cronología para los subperíodos 1896-1930 y 1931-1993. Los datos generados con las ecuaciones de calibración se verificaron con el período de datos meteorológicos no utilizados en el período de calibración. El papel de los dos subperíodos se revirtió y el modelo se calibró en el segundo subperíodo y se verificó en el primero. Los valores climáticos predecidos se compararon con los valores actuales usando análisis de correlación, la prueba no-paramétrica de signos, la prueba de "t" y la prueba de reducción de error (Fritts, 1976 *op. cit.*). Debido a que el procedimiento calibración-verificación demostró ser estadísticamente significativo para ambos subperíodos, entonces el período total (1896-1993) se utilizó para generar una nueva ecuación de regresión lineal para reconstruir precipitación y PDSI en la longitud total de la cronología.

Una vez realizada la reconstrucción de precipitación y PDSI en cada montaña, esta se representó esquemáticamente mediante curvas flexibles de 10 años, consideradas como procesos de baja frecuencia que pueden producir información relacionada a períodos húmedos o secos y así entonces relacionarse a dinámica y productividad del bosque (Fritts and Swetnam, 1989).

Para analizar la influencia de las condiciones de precipitación media y de sequía antes y después de un incendio, se utilizó un análisis superpuesto estacional (SEA). Esta técnica se ha utilizado para describir las relaciones existentes entre las condiciones climáticas pasadas y la presencia de incendios en comunidades forestales del suroeste de los Estados Unidos y California (Swetnam, 1993; Grissino-Mayer, 1995). En SEA, las condiciones climáticas antes, durante y después de un incendio se promedian y se obtienen intervalos de confianza (Money and Duval, 1993). En este estudio SEA se utilizó para analizar la influencia de la precipitación y PDSI reconstruidos en la incidencia de incendios y como fue el crecimiento de pinabete en AM y pino ponderosa en SLA antes, durante y posterior al incendio.

La influencia de incendios y periodos con precipitación superior o inferior a la normal en el establecimiento de árboles, se determinó sobreponiendo dichos eventos en la distribución estructural de edades de pinabete y pino fronterizo en AM y de pino ponderosa en SLA.

En árboles establecidos en fechas similares se crearon series de crecimiento anual promediados (promedio de ancho de anillos) para pinabete, pino ponderosa, pino fronterizo y pino piñonero en cada una de las montañas. Una prueba de "t" se uso para comparar entre montañas los valores anuales promedio del ancho de anillos para especies similares. Diferencias significativas ($p < 0.05$) en promedios de ancho de anillos para un año o para un período de años en particular, se obtuvo al considerar intervalos de confianza. Dichas diferencias se discuten en términos de precipitación, sequía, incendios y otros usos del suelo.

RESULTADOS

Cronologías de pinabete, pino fronterizo, pino ponderosa, pino piñonero y una combinación de estas especies se generaron en ambas montañas. La versión estandar de la cronología de pinabete en AM y una cronología combinada en SLA se muestran en el Cuadro 1 y 2.

Los períodos climáticos deducidos de las funciones de respuesta y de análisis de correlación, estuvieron altamente correlacionados con el ancho de anillos. El período de precipitación octubre-enero y julio-julio fueron significativos ($p < 0.05$) para el crecimiento de árboles en AM y SLA respectivamente. El PDSI para el actual mes de julio fue significativo para el crecimiento de árboles en ambas montañas (cuadro 3).

Las pruebas de calibración y verificación indicaron que la precipitación y PDSI fueron significativas para predecir el crecimiento de árboles tanto en AM como en SLA. La habilidad de estas variables para simular el crecimiento de árboles, indicado por las pruebas de calibración y verificación sugirió que un nuevo modelo podría ser desarrollado para el período total conteniendo información climática (1896-1993). Comparaciones entre los datos actuales y reconstruidos indicaron que el modelo de calibración adecuadamente simuló la variabilidad de precipitación y PDSI en ambas montañas. En consecuencia estos modelos de calibración se usaron para estimar precipitación y PDSI para el período 1762-1992 y 1838-1992 en AM y SLA respectivamente.

Acorde a la reconstrucción, en AM se han experimentado fluctuaciones substanciales en precipitación en los últimos 250 años. Períodos de precipitación por encima o por abajo de la normal en SLA generalmente correspondieron con períodos analogos en AM (figura 4, cuadro 4). La reconstrucción de PDSI para para el mes de Julio en ambas montañas fue muy parecido a la precipitación reconstruida (figura 5).

En AM, el crecimiento de árboles, precipitación y PDSI fueron significativamente mayores ($p < 0.05$) dos años antes de un incendio y significativamente menores durante el año del incendio. Este patrón de comportamiento es típico de sitios con vegetación de pinos mixtos encontrados en el suroeste de los Estados Unidos (Swetnam and Baisan, 1996). La relación incendio-sequía para las comunidades forestales en SLA no fue significativa ($p > 0.05$) (figura 6).

La mayoría de los árboles de pinabete en AM se establecieron después del incendio ocurrido en 1879 en tres sitios y después del incendio de 1900 para un sitio. En promedio la regeneración de árboles de pinabete después de un período de 2 a 3 años fue de 20 árboles/ha para los incendios ocurridos en 1707, 1768, 1801, 1805, 1825, 1857, y 1900. En general, el establecimiento de árboles de pinabete y de pinos fronterizo en AM se incrementó después de 1900, aparentemente como consecuencia de supresión de incendios y períodos de precipitación superior a la normal (figura 7).

En contraste a los sitios dominados por pino fronterizo en AM, la comunidad de pinos mixtos en SLA estuvo dominada por unos cuantos individuos relativamente viejos de pino ponderosa y la mayoría del árbolado con menos de 90 años de edad. No se evidenció una relación estrecha entre el establecimiento de árboles, cronología de incendios y períodos de precipitación superior o inferior a la normal (figura 8).

La comparación en crecimiento radial (ancho de anillos promedio) de especies establecidas en fechas similares, indicó que el crecimiento de pinabete fue similar para ambas montañas antes de 1890. Entre 1890 y 1935 el crecimiento de esta especie fue mayor en AM y después de 1935 fue mayor en SLA.. Pino fronterizo y pino ponderosa exhibieron patrones similares de crecimiento radial antes de 1900. Diferencias anuales en crecimiento radial para especies similares entre montañas deducida de una prueba de "t" se ilustra en la figura 9.

DISCUSION

Las cronologías desarrolladas para AM y SLA indicaron respuestas similares al clima, evidenciado por patrones similares de pequeños y grandes anillos durante ciertos años. En general, la precipitación reconstruida fue muy similar entre montañas. Por ejemplo períodos húmedos en común para ambas montañas se registraron en los períodos 1847-1850, 1905-1922 y 1983-1988. Los períodos secos difirieron, aunque los años secos durante el presente siglo si se detectaron en ambas reconstrucciones (1904, 1936, 1955). Las diferencias detectadas entre reconstrucciones se pueden atribuir a los períodos reconstruidos. En AM, la precipitación se reconstruyó para el período octubre-enero, mientras que para SLA se hizo para el período anual julio-julio. Precipitación inferior a la normal para los períodos 1899-1904 y 1905-1960 son considerados entre los períodos cortos de sequía mas extremos durante los últimos 1000 años (D'Arrigo and Jacoby, 1992; Grissino-Mayer, 1995 *op. cit.*).

En resumen, los valores reconstruidos de precipitación en ambas montañas adecuadamente simularon fluctuaciones de alta frecuencia. De esta manera las diferencias observadas entre reconstrucciones climáticas puede atribuirse a distancias entre montañas, disimilaridad en características fisiográficas y diferencias en el uso del suelo.

La presencia de incendios en AM estuvo ligado a condiciones de precipitación arriba de lo normal dos años previo al incendio y condiciones secas durante el incendio. La producción de biomasa facilmente degradable es esencial para crear condiciones que faciliten la ignición y dispersión de incendios en esta región. Mayor probabilidad de incendios se ha ligado a un incremento en producción de herbaceas anuales invernales y a patrones de precipitación (McLaughlin and Bowers, 1982).

En SLA no se evidenció una relación clara clima-incendio, lo cual puede atribuirse a la carencia de una mayor información en la frecuencia de incendios para esta montaña y la presencia de otros disturbios como aprovechamientos forestales, sobrepastoreo, explotaciones mineras, las cuales quizás enmascararon esta relación tan común en otras montañas del suroeste Americano.

En general, el establecimiento y desarrollo de especies forestales en ambas montañas estuvo influenciado por la cantidad de precipitación recibida. Períodos de precipitación superior a la normal favorecieron el establecimiento de pinabete, pino ponderosa y pino piñonero en ambas montañas, aunque diversos usos del suelo y otros disturbios como los incendios influyeron en dicho establecimiento.

Los períodos de sequía, afectaron en mayor o menor grado el crecimiento radial de la especies consideradas. Mayores tasas de crecimiento se observaron para las especies en SLA en comparación con las de la AM. Estas tasas de crecimiento además de haber sido influenciadas por la precipitación recibida, también fueron afectadas por diferencias en el uso del suelo entre montañas, lo cual pudo haber favorecido mayores tasas de crecimiento en alguna especies durante cierto período.

La reconstrucción de precipitación y de otras variables climáticas indudablemente contribuirá cada vez a un mayor entendimiento de la dinámica de comunidades forestales y su productividad en el tiempo.

LITERATURA CONSULTADA

Brown, D.E. 1982. Madrean evergreen woodland. *Desert Plants* 4:59-65.

Conkey, L.E. 1979. Dendroclimatology in the northeastern United States. M.S. Thesis. University of Arizona, Tucson. 171 pp.

D'Arrigo, R.D. and G.C. Jacoby. 1992. A tree ring reconstruction of New Mexico winter precipitation and its relation to El Niño/Southern Oscillation events. Pp. 243-257. In Diaz, H.F. and V. Markgraf (editors). *El Niño: historical and paleoclimatic aspects of the Southern Oscillation*. Cambridge University Press, New York.

Fishbein, M., R. Felger, and F. Garza-Salazar. 1995. Another jewel in the crown: a report on the flora of the Sierra Los Ajos, Sonora, Mexico. Pp. 126-134. In DeBano, L.F., P.F. Ffolliott, A. Ortega-Rubio, G.J. Gottfried, H.R. Hamre, and C.B. Edminster (technical coordinators). *Proceedings on the symposium on biodiversity and management of the Madrean Archipelago: the sky islands of the southwestern United States and northern Mexico*. USDA Forest Service, General Technical Report RM-GTR-264, Fort Collins, Colorado.

- Fritts, H.C. 1976. *Tree rings and climate*. Academic Press, New York. 576 pp.
- Fritts, H.C. and T.W. Swetnam. 1989. Dendroecology: a tool for evaluating variations in past and present forest environments. *Advances in Ecological Research* 19:111-118.
- Garza-Salazar, F. 1993. Sistema de áreas naturales protegidas del estado de Sonora (SANPES). Gobierno del estado de Sonora, Secretaría de Infraestructura Urbana y Ecología, Centro Ecológico de Sonora. Sonora, México. 97 pp.
- Grissino-Mayer, H.D. 1995. Tree-ring reconstructions of climate and fire history at El Malpais National Monument, New Mexico. Ph.D. Dissertation. The University of Arizona, Tucson. 407 pp.
- Hubbard, J.P. 1977. A biological inventory of the animas Mountains, Hidalgo County, New Mexico. Department of Game and Fish endangered species Program. 56 pp.
- Karl, T.R. 1986. The sensitivity of the Palmer Drought Severity Index and Palmer's Z-Index to their calibration including potential evapotranspiration. *Journal of Climate and Applied Meteorology* 25:77-86.
- McLaughlin, S.P. and J.E. Bowers. 1982. Effects of wildfire on a Sonoran Desert plant community. *Ecology* 63:246-248.
- Mooney, C.Z. and R.D. Duval. 1993. Bootstrapping: a nonparametric approach to statistical inference. Sage University paper series on quantitative applications in the social sciences 95:72 pp.
- Palmer, W.C. 1965. Meteorological drought, research Paper No. 45. U.S. Department of Commerce, Weather Bureau. Washington, D.C. 58 pp.
- Schweingruber, F.H. 1988. *Tree rings: basics and applications of dendrochronology*. D. reidel Publishing Company, Washington, D.C. 90 pp.
- Stokes, M.A. and T.L. Smiley. 1968. *An introduction to tree-ring dating*. The University of Chicago Press, Chicago. 73 pp.
- Swetnam, T.W.; M.A. Thompson, and E.K. Sutherland. 1985. Using dendrochronology to measure radial growth of defoliated trees. USDA Forest Service, Agricultural Handbook 639. 39 pp.
- Swetnam, T.W. 1993. Fire history and climate change in giant sequoia groves. *Science* 262:885-889.

Swetnam, T.W. and C.H. Baisan. 1996. Fire histories of montane forests in the Madrean Borderlands. Pp. 15-36. In Ffolliott, P.F., L.F. DeBano, M.B. Baker, Jr., G.J. Gottfried, G. Solís-Garza, C.B. Edminster, D.G. Neary, L.S. Allen, and R.H. Hamre (technical coordinators). Proceedings of the effects of fire on Madrean Province ecosystems symposium, Tucson, Arizona. USDA Forest Service, General Technical Report RM-GTR-289. Fort Collins, Colorado.

Wagner, W.L. 1977. Floristic affinities of Animas Mountains, southwestern New Mexico. M.S. Thesis, University of New Mexico, Albuquerque. 180 pp.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1760			1.042	0.541	1.195	0.924	1.411	1.151	0.620	0.857
1770	1.148	1.397	0.599	0.890	1.228	0.799	0.877	0.722	1.098	1.163
1780	1.211	1.091	0.649	1.895	2.055	0.688	1.011	1.367	1.294	0.759
1790	1.098	1.270	1.439	1.502	0.875	1.217	1.224	1.150	1.002	1.750
1800	1.518	1.123	1.295	0.808	1.162	0.822	0.779	0.641	0.386	0.849
1810	1.084	0.545	0.703	0.566	0.820	1.315	1.464	0.721	0.325	0.530
1820	0.641	0.531	0.433	0.512	0.880	0.608	0.842	0.753	1.315	1.122
1830	0.974	0.863	0.897	1.161	0.833	1.022	0.601	1.119	1.195	1.469
1840	1.061	0.530	0.344	0.810	1.031	1.299	1.495	0.775	0.983	1.599
1850	1.365	0.847	1.244	0.888	0.356	1.078	1.150	0.556	0.990	0.901
1860	0.772	0.703	0.906	0.567	0.732	0.896	0.660	1.229	1.088	1.419
1870	1.536	0.310	0.528	1.050	1.019	1.174	1.678	1.478	1.375	1.251
1880	1.287	1.089	1.057	1.125	0.983	0.804	0.590	0.660	0.928	0.855
1890	0.789	0.973	0.633	0.934	0.798	0.641	1.004	1.096	1.170	0.995
1900	0.867	1.100	0.689	1.128	0.320	1.422	1.451	1.211	1.467	0.907
1910	0.680	0.918	0.977	0.955	1.083	1.148	1.111	0.949	0.920	1.259
1920	1.377	0.966	0.952	1.037	1.094	0.677	1.109	1.516	1.114	1.129
1930	1.370	1.168	1.065	1.096	0.455	1.071	0.481	0.840	0.776	0.451
1940	1.132	1.673	0.974	1.066	1.467	1.276	1.163	0.638	0.751	1.252
1950	0.830	0.574	1.464	0.677	0.337	0.770	0.291	0.837	1.145	1.009
1960	1.193	0.380	1.203	0.717	0.752	0.955	1.137	1.020	1.367	0.902
1970	1.043	0.407	1.055	1.424	0.183	1.514	0.807	1.042	1.087	1.555
1980	0.752	1.192	0.408	1.196	1.148	1.593	1.297	1.489	1.262	0.603
1990	0.687	1.269	1.256							

Cuadro N° 1. Cronología estandar de pinabete en Animas Mountains, Nuevo Mexico. Para un año en particular el valor expresado proviene de la relación entre ancho de anillos y el valor obtenido de la curva.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1830									1.263	0.815
1840	0.870	0.339	0.445	0.744	0.966	1.505	0.944	1.294	0.953	2.406
1850	0.971	0.898	1.448	0.959	0.712	0.846	1.298	1.219	1.647	1.359
1860	1.512	1.304	1.055	0.432	0.406	1.097	1.136	1.105	1.039	0.892
1870	0.993	0.717	0.706	0.527	1.056	0.938	1.233	1.009	0.959	1.038
1880	0.796	0.646	1.005	0.736	0.702	0.832	0.495	0.437	0.807	0.769
1890	0.662	0.973	0.779	0.677	0.670	0.513	0.786	0.953	1.150	0.778
1900	0.641	1.021	0.423	0.994	0.195	1.278	1.317	1.482	1.538	1.628
1910	0.656	1.348	1.389	1.651	1.549	1.647	1.528	1.731	1.217	1.855
1920	1.852	1.117	1.709	1.272	1.630	0.689	0.946	1.049	0.887	0.790
1930	0.818	0.877	0.884	0.953	0.613	0.909	0.674	0.706	0.945	0.676
1940	0.852	1.094	1.288	0.706	1.388	1.174	0.710	0.796	0.725	1.067
1950	0.884	0.517	0.974	0.755	0.251	0.687	0.297	0.527	0.934	0.862
1960	1.099	0.593	0.860	0.717	0.940	1.013	0.982	0.758	1.105	1.082
1970	1.128	0.320	1.110	1.152	0.794	1.418	1.237	1.166	1.151	0.926
1980	1.047	1.552	0.943	1.081	1.134	1.775	1.412	1.232	1.270	0.984
1990	0.679	1.224	0.713	1.662						

Cuadro N° 2. Cronología estandar combinada en Sierra los Ajos, Sonora. Para un año en particular el valor expresado proviene de la relación entre ancho de anillos y el valor obtenido de la curva.

Montaña ¹	Estación o Mes ²	r
AM	PPT de Octubre previo - Enero actual	0.62*
AM	PPT de Octubre previo - Febrero actual	0.60
AM	PPT de Noviembre previo - Marzo actual	0.57
AM	PPT de Noviembre previo - Febrero actual	0.54
AM	PPT de Diciembre previo - Abril actual	0.53
AM	PPT de Diciembre previo - Marzo actual	0.52
AM	PPT de Noviembre previo - Enero actual	0.50
AM	PDSI de Julio actual	0.64*
AM	PDSI de Junio actual	0.61
AM	PDSI de Abril actual	0.60
AM	PDSI de Mayo actual	0.59
SLA	PPT de Julio previo - Julio actual	0.60*
SLA	PPT de Mayo previo - Julio actual	0.59
SLA	PPT de Junio previo - Julio actual	0.59
SLA	PPT de Julio previo - Junio actual	0.51
SLA	PPT de Octubre previo - Julio actual	0.51
SLA	PPT de Mayo previo - Junio actual	0.51
SLA	PPT de Junio previo - Junio actual	0.51
SLA	PDSI de Julio actual	0.67*
SLA	PDSI de Abril actual	0.57
SLA	PDSI de Marzo actual	0.56
SLA	PDSI de Mayo actual	0.53

¹AM = Animas Mountains, Nuevo Mexico; SLA = Sierra los Ajos, Sonora.

²PPT = Precipitación; PDSI = Índice de Severidad de Sequía de Palmer.

*Correlaciones significativas mas altas para el período y montaña indicados.

Cuadro N° 3. Correlaciones entre valores anuales de la cronología y datos climáticos divisionales provenientes de Arizona y Nuevo Mexico. Todas las correlaciones son significativas (p <0.01).

Montaña ¹	Eventos Extremos ²	Período	PPT (mm)	Duración (Años)
AM	Superior a la Normal	1781 - 1802	82	22
		1847 - 1850	81	4
		1875 - 1881	86	7
		1905 - 1908	80	4
		1916 - 1922	81	7
		1927 - 1932	83	6
		1983 - 1988	88	6
AM	Inferior a la Normal	1806 - 1812	51	7
		1818 - 1825	45	8
		1860 - 1864	54	5
		1936 - 1939	53	4
		1953 - 1965	51	13
SLA	Superior a la Normal	1847 - 1850	496	4
		1857 - 1860	497	4
		1906 - 1924	489	19
		1984 - 1987	492	4
SLA	Inferior a la Normal	1840 - 1843	387	4
		1884 - 1889	384	6
		1893 - 1896	393	4
		1951 - 1958	383	8

¹AM = Animas Mountains, Nuevo Mexico; SLA = Sierra los Ajos, Sonora.

²Precipitación Media \pm 1.1 desviaciones estandar.

Cuadro N° 4. Periodos húmedos (superior a la normal) y secos (inferior a la normal) para las montañas Animas Mountains y Sierra los Ajos.

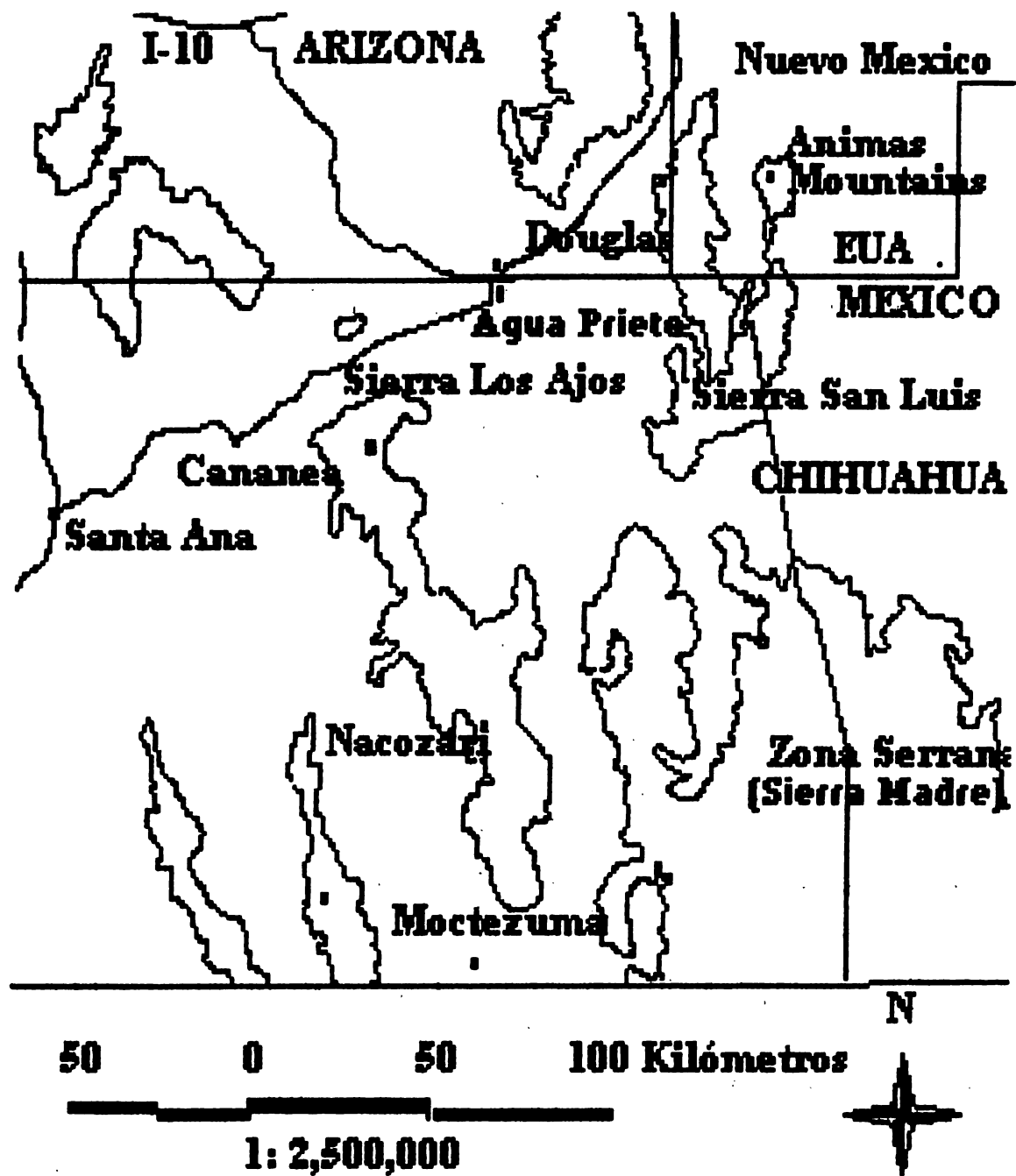


Figura 1. Localización geográfica de las montañas Animas Mountains, Nuevo Mexico y Sierra los Ajos, Sonora.

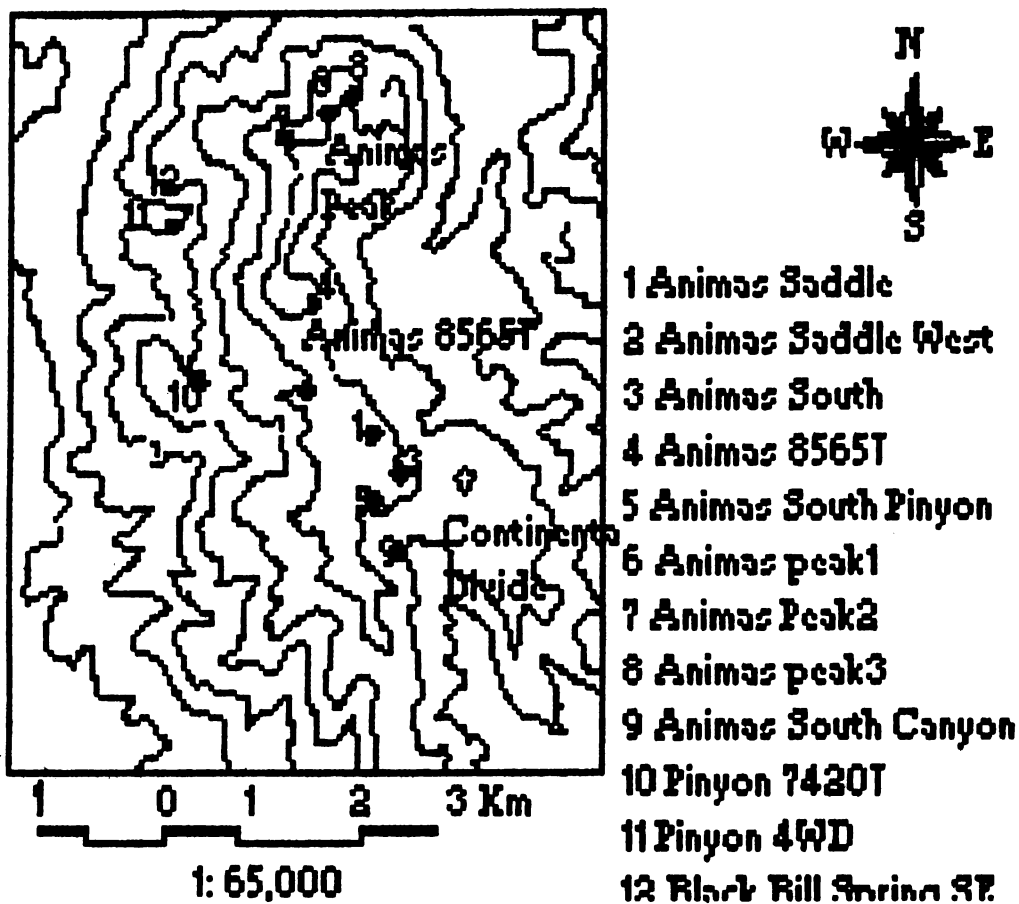


Figura 2. Distribución geográfica de los sitios de muestreo en Animas Mountains, Nuevo Mexico. Los sitios 1, 2, 3 y 4 se ubicaron en una comunidad de pinabete/encino Gambel (DF); los sitios 6, 7, 8 y 9 se ubicaron en una comunidad de pinos mixtos (PM) y los sitios 5, 10, 11 y 12 se ubicaron en una comunidad de pino piñonero/encinal (PE).

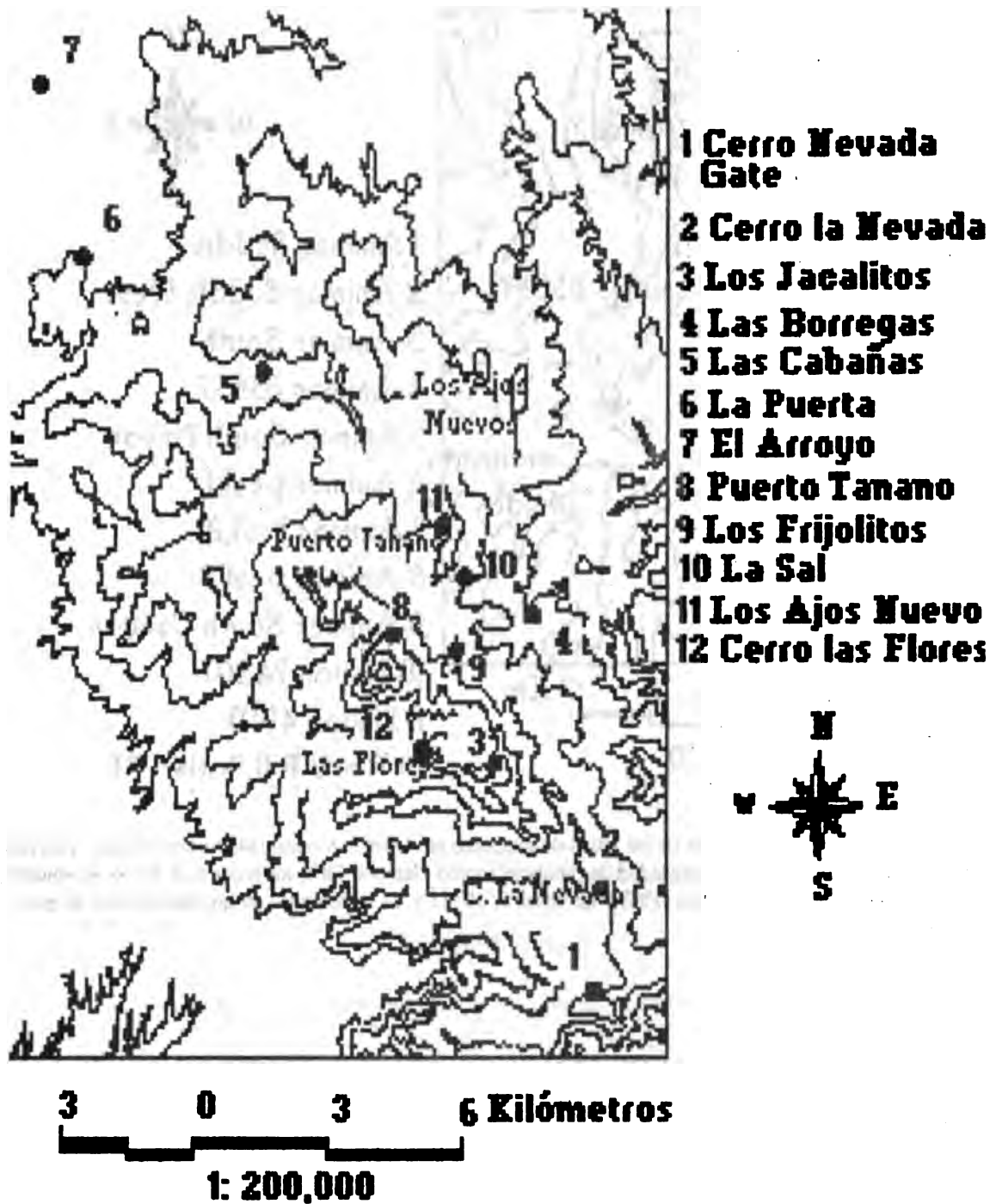


Figura 3. Localización geográfica de los sitios muestreados en la Sierra los Ajos, Sonora. Los sitios 8, 9, 11 y 12 se ubicaron en una comunidad de pinabete/encino Gambel (DF); los sitios 5, 6, 7 y 10 se ubicaron en una comunidad de pinos mixtos (PM) y los sitios 5, 6, 7 y 10 se ubicaron en una comunidad de pino piñonero/encinal (PE).

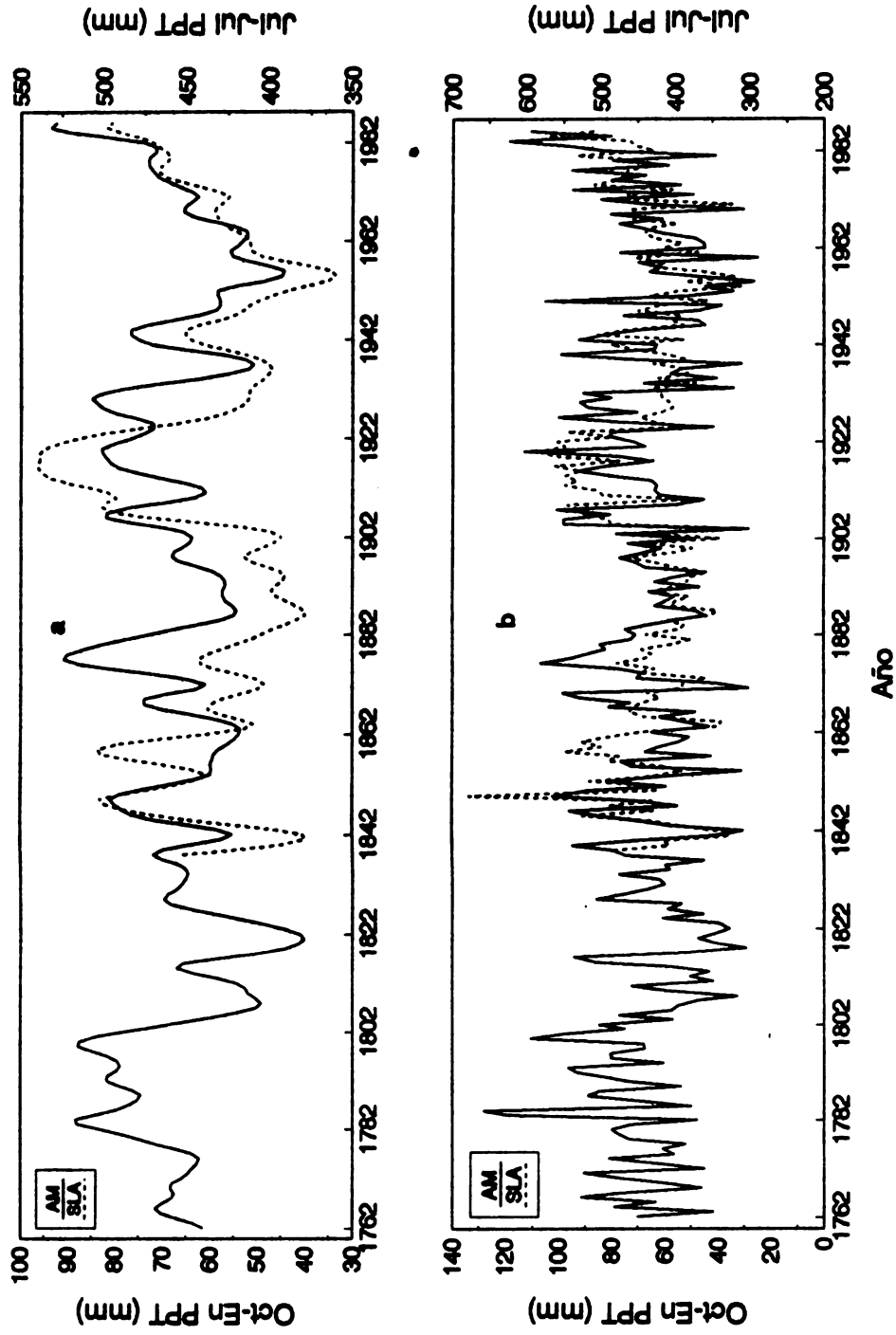


Figura 4. Precipitación reconstruida enfatizando diferencias en precipitación a nivel decenal (a) y fluctuaciones anuales de precipitación (b). Los valores de precipitación en el eje vertical izquierdo, corresponden a las Animas Mountains (AM) y los que se encuentran en el eje vertical de la derecha son para la Sierra los Ajos (SLA).

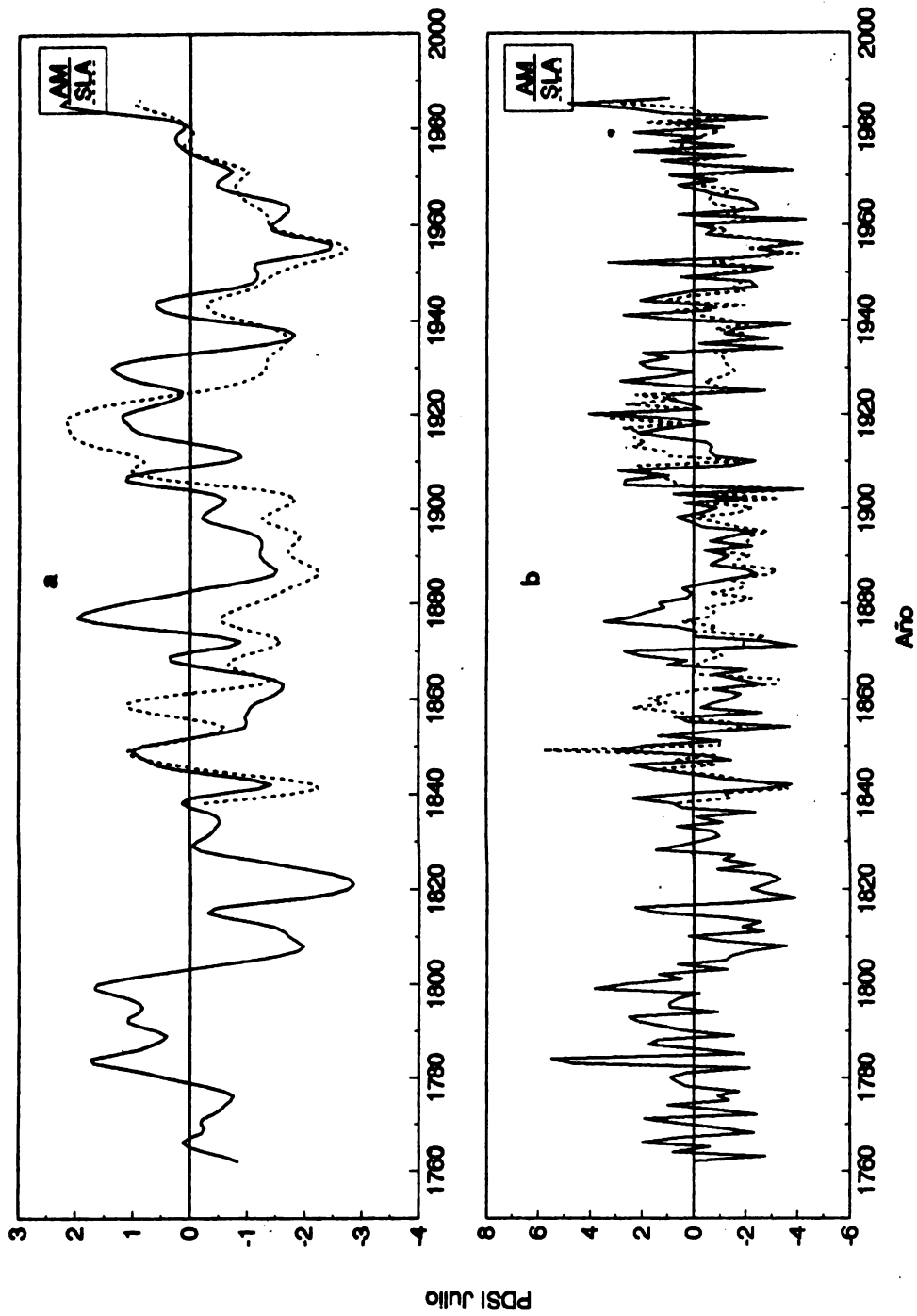


Figura 5. Índice de Sequía de Severidad de Palmer (PDSI) para Animas Mountains, Nuevo Mexico (AM) y Sierra los Ajos, Sonora (SLA), enfatizando diferencias de PDSI a escala decenal (a) y fluctuaciones anuales de PDSI (b).

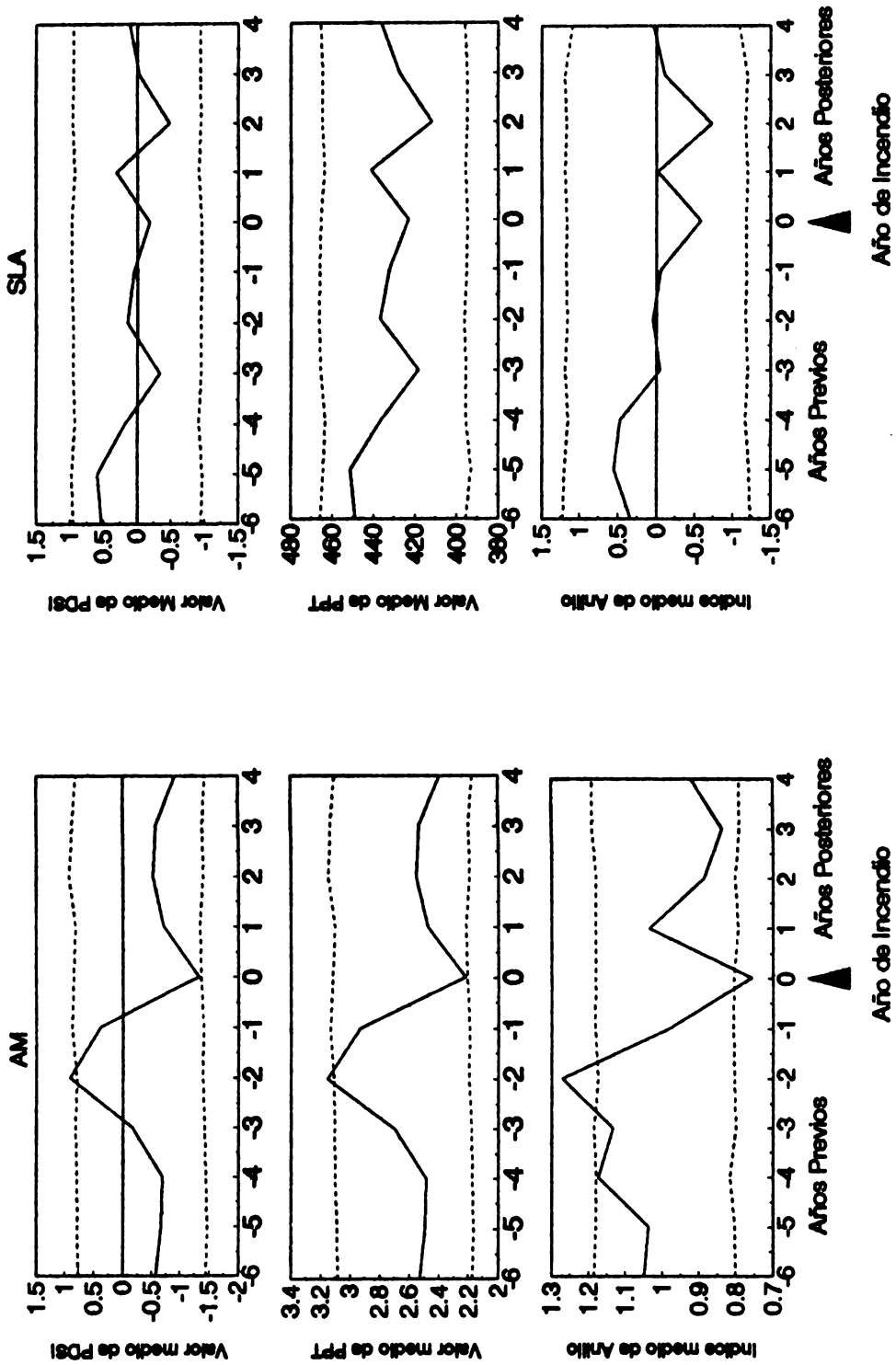


Figura 6 Análisis Superpuesto Estacional mostrando el Índice de Severidad de Palmer (PDSI), precipitación (PPT) e índice medio de ancho de anillos. Los promedios (líneas sólidas) se calcularon como la diferencia entre la media general para esas variables y sus respectivos valores medios observados antes, después y durante el incendio para Animas Mountains (AM) y Sierra los Ajos (SLA). Las líneas punteadas representan intervalos de confianza al 95%.

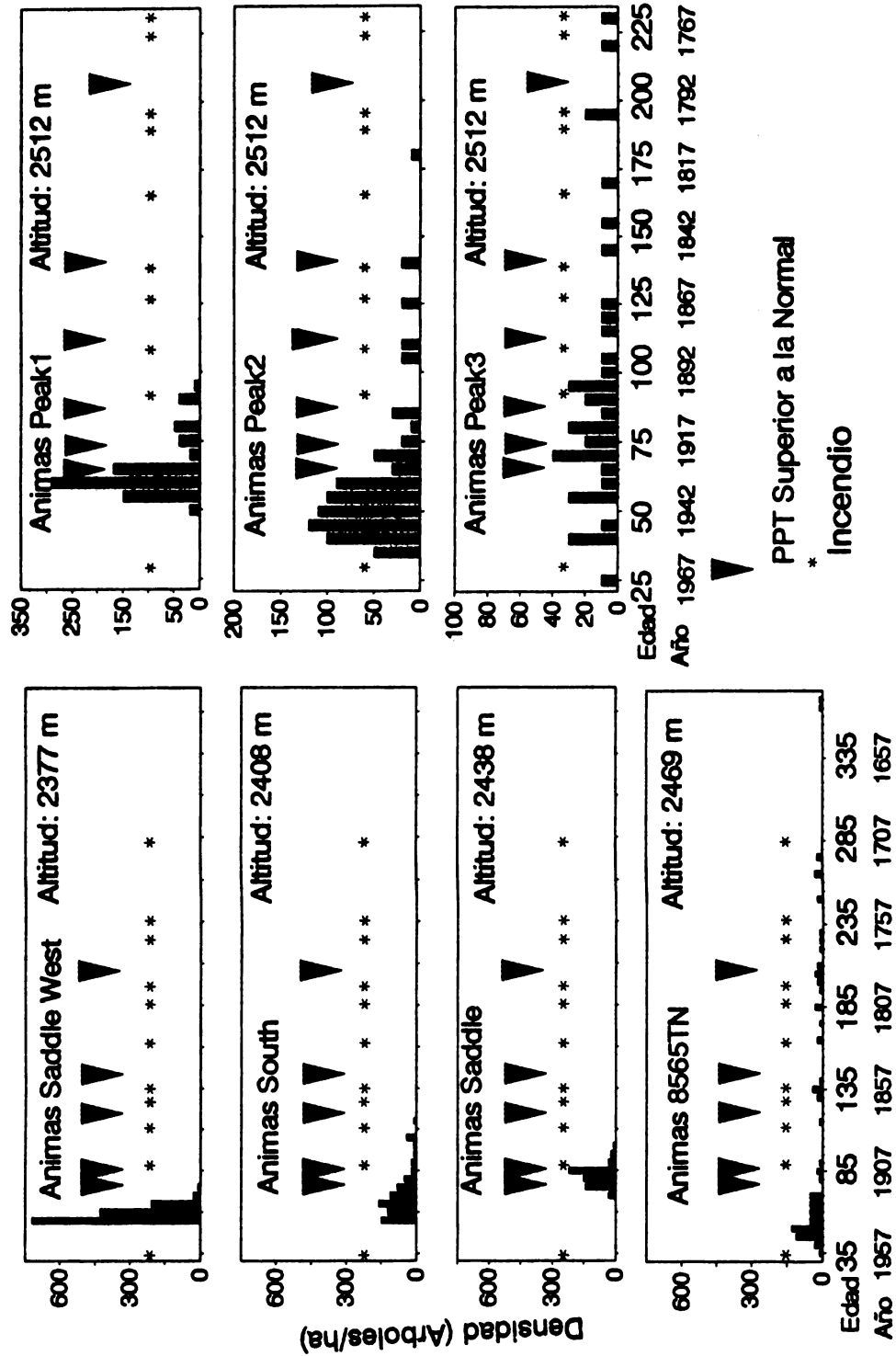
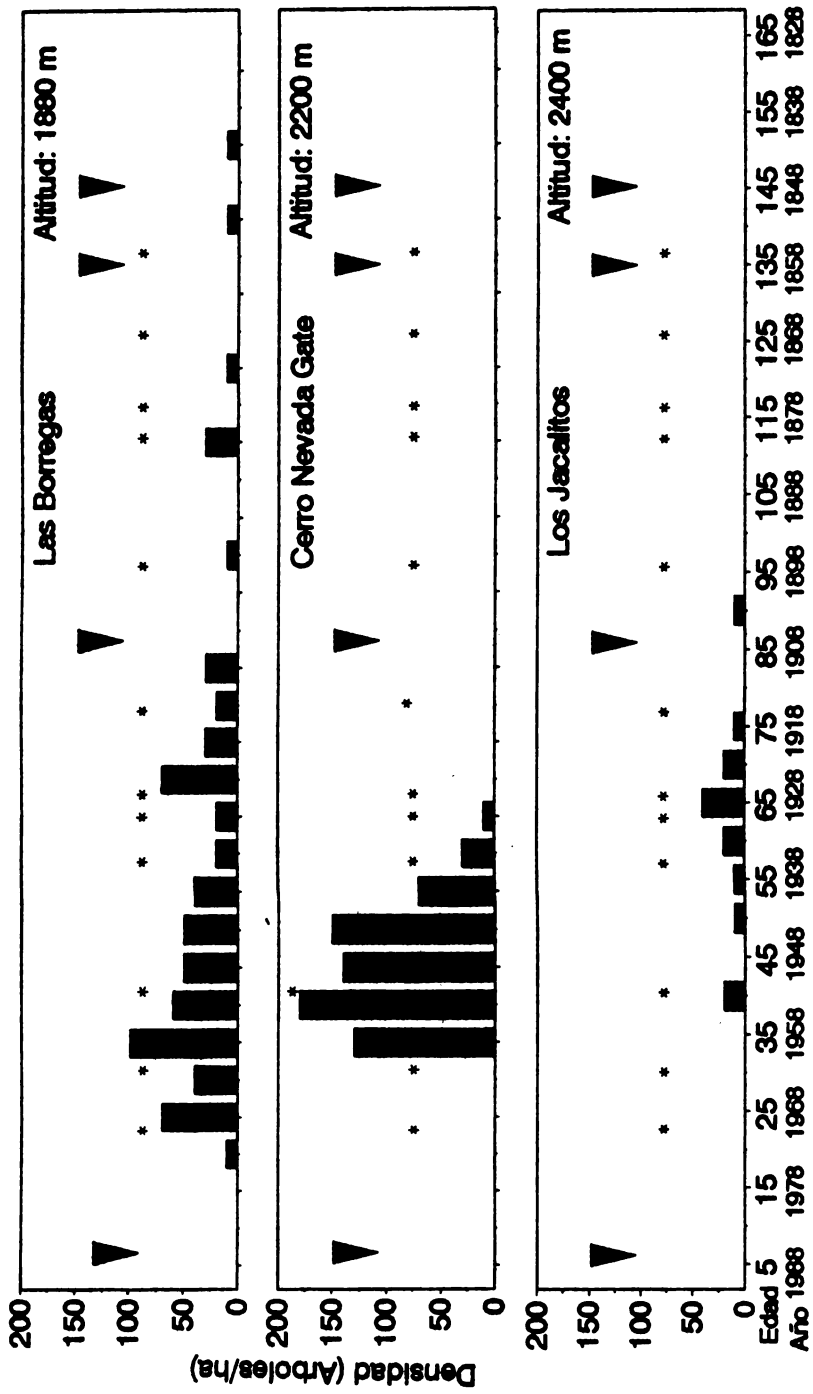


Figura 7. Relación entre fecha de incendios, inicio de periodos con precipitación superior a la normal y establecimiento de Douglas-fir y pino fronterizo en Animas Mountains, Nuevo Mexico.



▼ PPT Superior a la Normal
 * Incendio

Figura 8. Relación entre fecha de incendios, inicio de periodos con precipitación superior a la normal y establecimiento de pino ponderosa en Sierra los Ajos, Sonora.

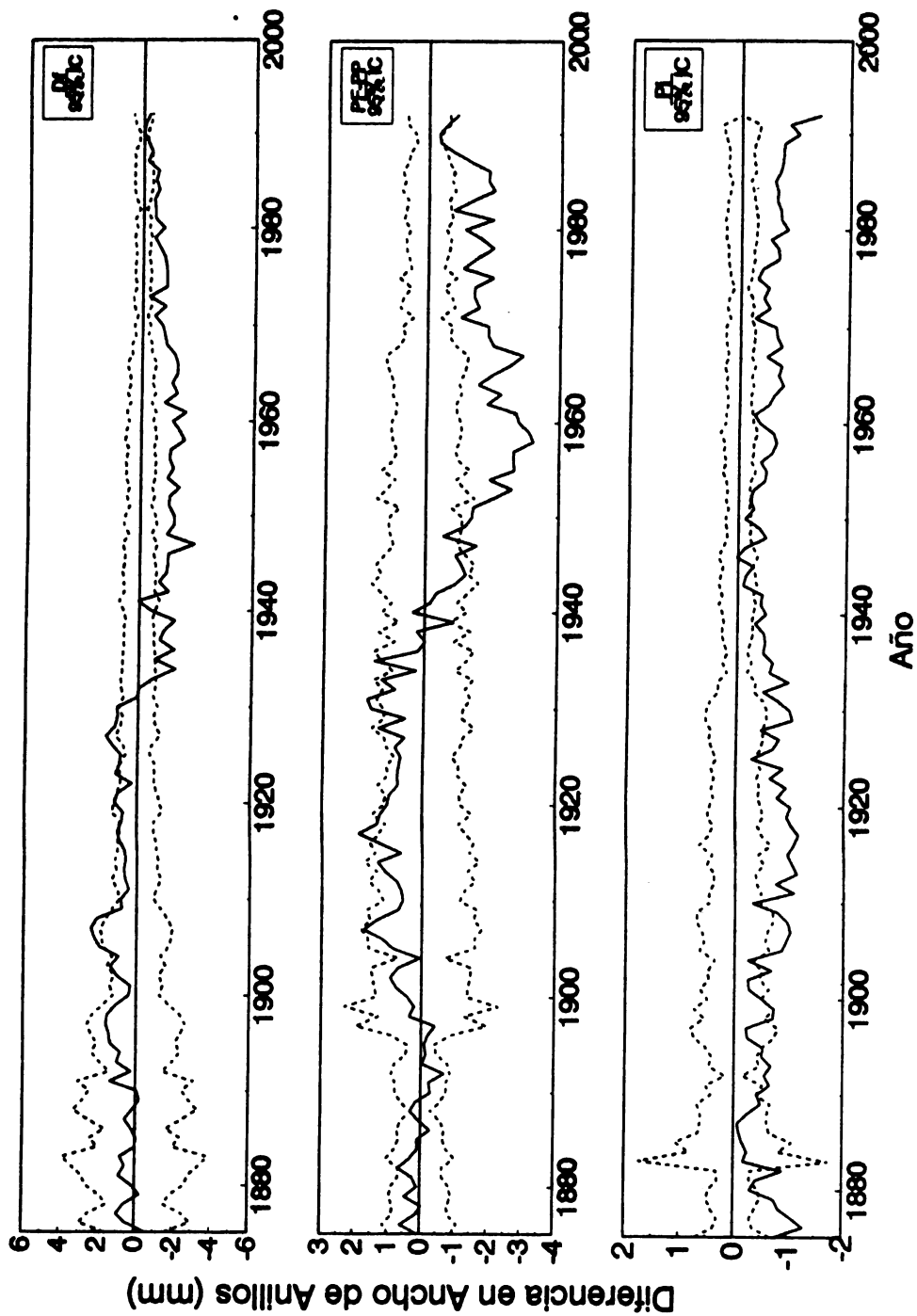


Figura 9. Prueba de t para comparar diferencias anuales en el ancho de anillos de especies similares (líneas sólidas) en Animas Mountains (AM) y Sierra los Ajos (SLA). Pino Piñonero (Pi); Pino Fronterizo (PF) y Pino Ponderosa (PP); Douglas-fir (Df) Las líneas discontinuas representan intervalos de confianza (IC) al 95%.

DISEÑO, CALCULO Y RECONSTRUCCION DE PRESAS DE TIERRA AVERIADAS

Felipe de Jesús Ortega Rivera ¹
Manuel E. Catellón Hernández ²

RESUMEN

En las zonas áridas se encuentran diversidad de obras y muchas de ellas requieren rehabilitación, por lo que se hace necesario hacer un estudio para diseñar, calcular y ver las posibilidades de reconstrucción. El objetivo general fue el de hacer un estudio de las condiciones en que se encuentran las pequeñas obras hidráulicas y presentar una alternativa de solución para la reconstrucción de las presas con el fin de contribuir en parte al desarrollo de las zonas áridas ya que los productores de estas áreas tienen una gran capacidad como para formar parte en el desarrollo agrícola y pecuario de las zonas.

Los parámetros que describen el funcionamiento del diseño del vertedor tipo Creager fue ajustado de acuerdo a la avenida máxima que se puede presentar cuando ocurre una precipitación y ésta se obtuvo a través del método genético del escurrimiento, el cual tiene la ventaja que se puede aplicar con lluvias que hayan ocurrido en otras zonas o regiones. El diseño del vertedor se desarrolló con las ecuaciones que presenta Kicilliev, 1974, y los coeficientes de estabilidad se determinaron con el método que presenta Trueba, 1971; también se tomaron en cuenta trabajos de otros autores que se mencionan en la literatura.

Para el cálculo de los volúmenes de escurrimiento se usaron las cartas de clima de la región (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1992) y que corresponde $239,827.5\text{m}^3$; la magnitud de la avenida obtenida con el método genético del escurrimiento es de $80.0\text{m}^3/\text{seg}$.

INTRODUCCION

Actualmente existe una gran cantidad de obras hidráulicas que están averiadas, por lo tanto se hace necesario hacer un estudio de factibilidad desde el punto de vista técnico y económico para rehabilitar las obras. La factibilidad para la reconstrucción de las obras hidráulicas es

¹ Dr. Profesor Investigador del Depto. de Riego y Drenaje. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315 Tel. (84) 17-30-22 exts. 240 y 390

² Ing. Estudiante de Maestría en Riego y Drenaje. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315. Tel. (84) 17-30-22 Exts. 240 y 390

aceptable, porque al construir una obra del tamaño de las que se encuentran averiadas, al País le resultaría muy costoso, y este trabajo es una reparación de bajo costo; sin embargo, lo antes mencionado será verificado por el estudio correspondiente, además es de relevancia que las diferentes dependencias institucionales se interesen en la reconstrucción de las obras para aprovechar la precipitación de la zona y volver mas eficiente el uso de las tierras aledañas, contribuyendo en gran parte en el desarrollo socioeconómico de todos los agricultores que serán beneficiados con la implementación de este proyecto.

Las presas de tierra son una de las estructuras mas antiguas construidas por el hombre, se sabe que los chinos, antes de la era cristiana ya tenían bordos de gran longitud; los hindúes desarrollaron este tipo de obra desde el año 500 AC, los aztecas, bajo la dirección de Netzahualcóyotl, 1,450 AC hicieron estas construcciones en el valle de México, en 1789 quedo terminada la presa Estrecho de Riente, España; a principios del siglo pasado, se empezaron a construir presas de tierra en los Estados Unidos de Norteamérica, principalmente en la región oeste, para abastecimiento de agua (San Francisco). En México a raíz de la creación de la Comisión Nacional de Irrigación en 1926 (posterior Secretaría de Recursos Hidráulicos), ésta dependencia gubernamental ha construido la mayoría de las presas de México. (Marsal y Resendiz 1983).

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se desarrolló durante los meses de enero de 1996 hasta junio de 1997, en el ejido de San Rafael de Los Milagros, Municipio de Parras, Saltillo, Coahuila, entre 102° 27' longitud oeste y 25° 38' latitud norte, con una altitud de 1,150m a una distancia de 167 km. de la ciudad de Saltillo, por la carretera 40 que conduce a la ciudad de Torreón.

El número de familias con que cuenta el ejido de San Rafael de Los Milagros de 60 y el número de ejidatarios es de 66; pequeños propietarios, comuneros y colonos no existen en esta zona. La superficie total con que cuenta este ejido es de 37,740 hectáreas (ha), la superficie agrícola es de 120 ha, la superficie de agostadero esta formada por 150,000 ha; y la superficie cerril es de 2,000 ha. Las actividades de tipo económico corresponden a un 45 por ciento para la agricultura, 45 por ciento para la ganadería y un 10 por ciento para la silvicultura.

Las temperaturas medias máximas de Junio y Julio son de 33 °C, la temperatura media anual es de 20 °C. La precipitación total de 250-325 milímetros (mm), una precipitación media de 200 mm; los números de días apreciables con lluvia se encuentran desde 0-29. (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1992).

Los suelos son aluviales y piamonte y están formados por rocas sedimentarias de conglomerados y lutita arenisca (Comisión de Estudios de Territorio Nacional, 1972); en la capacidad del uso del suelo tiene un 60 % de vida silvestre y forestal, el área de siembra es suelo arcilloso, predominando el cultivo de maíz y pastos.

La superficie de la cuenca fue determinada con las cartas topográficas de INEGI, obteniéndose un área de 10,659 km², la forma es irregular y la configuración general es accidentada; la pendiente máxima que se tiene es 15.0%; la pendiente media es de 7.7% y la pendiente mínima 0.47%.

Para el calculo del coeficiente de escurrimiento Cuadro 1 se tomaron en cuenta las cartas topográficas de la región (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1992)

Cuadro 1.- Coeficientes de escurrimiento de la cuenca en estudio

Descripción		Coefficiente de escurrimiento
Área de la cuenca	10,656 km ²	0.15
Precipitación	200 mm	0.05
Cubierta vegetal	Bosque matorral y	0.10
Permeabilidad del terreno	cultivos Moderada permeabilidad	0.15

$$Ce = (0.15 + 0.05 + 0.10 + 0.15) / 4 \quad Ce = 0.1125$$

Volumen total de escurrimiento

El volumen total de escurrimiento es de 239,827.5 m³

Estudios hidrológicos

Para el análisis del estudio hidrológico se tomo en cuenta los datos de precipitación de Saltillo, Coahuila, Cuadro 2. (Ortega, 1987).

Cuadro 2.- Precipitación de 16 años de Saltillo, Coahuila (Ortega, 1987)

Número	Años	Lluvia máxima mm	(K-1) ²	Probabilidad P, %
1	2	3	4	5
1	1978	56	0.294	5.88
2	1977	53	0.211	11.76
3	1976	48	0.104	17.64
4	1969	46	0.071	23.52
5	1981	44	0.045	29.4
6	1968	37	0.00003	35.3
7	1971	37	0.0003	41.2
8	1972	35	0.0013	47.0
9	1975	35	0.0013	52.9
10	1982	32	0.014	58.8
11	1983	32	0.014	64.7
12	1974	27	0.0657	70.6
13	1980	27	0.0657	76.5
14	1973	26	0.0806	82.3
15	1979	25	0.097	88.2
16	1970	21	0.1777	94.1

Media = 36.31 mm

S 1.2429

Cálculo del escurrimiento medio anual

El escurrimiento medio anual se encontró con un valor de 239,827.5 m³

Cálculo del volumen aprovechable medio anual

El volumen aprovechable medio anual es de 167,879.25 m³

Cálculo de la avenida

Los métodos para calcular avenidas en cuencas no aforadas se describen a continuación en el Cuadro 3.

Cuadro 3.- Cálculo de avenidas (S.A.R.H., 198)*, (S.C.T., 1984)**

Método	Avenida m³/seg.
Racional	105.12
Creager	50.94
Iowry	42.00
Puentes	52.00
Dickens	135.67
Morga	79.96
Ryves	49.33
Valentini	88.15
Kuichling	40.42
Genético del escurrimiento	79.517

*Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos

**Secretaría de Comunicaciones y Transporte

El vaso de la presa se obtuvo a través de un levantamiento topográfico, tiene un área de 10,462 ha y tiene la capacidad de almacenar 134,850 m³. La pendiente máxima es de 2.77%; la pendiente mínima 2.007% y la pendiente media es 1.88%.

Canal de conducción.

Debido a que la presa nunca trabajó y en la primera avenida se averió; el canal de conducción nunca fue construido, solamente se encuentra la obra de toma, de donde iniciaría el canal que conduciría el agua hasta el área de riego.

El área aproximado de siembra es de 5.0 ha aguas abajo de la presa en donde se recomienda sembrar el cultivo de melón. Según el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1992, la temperatura máxima es de 33 °C y la temperatura mínima es de 18 °C y conforme a estas temperaturas se determinaron los siguientes datos: Eto = Evapotranspiración potencial de la zona (5.63 mm/día), Etc = Evapotranspiración potencial del cultivo (6 mm/día) y Kc = Coeficiente del cultivo de melón (1.05) (Hargreaves y Samani, 1992).

Cálculo del vertedor

Para obtener los valores que nos dará el perfil Creager, los valores de cada una de las coordenadas (Kiciliev, 1974) se operaron contra la carga H sobre el vertedor de 1.60 m. El perfil del vertedor tipo Creager para la reconstrucción de la presa de San Rafael de Los Milagros, se puede observar en la Figura 1. El estudio en el diseño hidráulico del vertedor de demasías se enfocó en la metodología descrita por Pashkov y Dolgachev, 1985 la que fue similar a la comparada con otros autores.

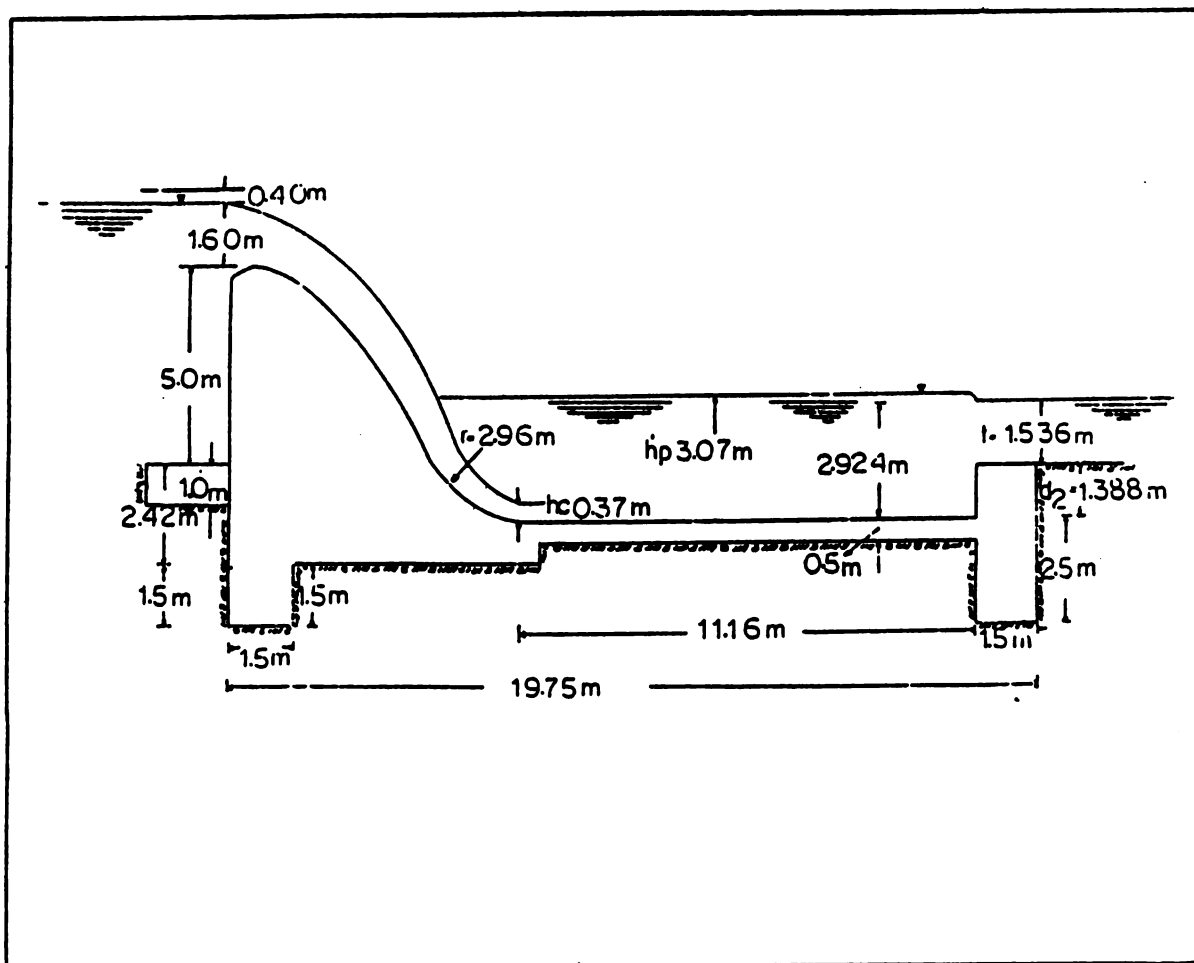


Figura 1. Características del vertedor tipo Creager

Cálculo de la cantidad de cemento, arena y piedra

En el Cuadro 4 se describen las especificaciones de todos los materiales y en el Cuadro 5 se da a conocer los componentes para la reconstrucción del vertedor.

Cuadro 4. Especificación de agregados (La FORESTAL 1987)

Concepto	Unidad de Medida	Integrantes	Especificaciones
Cemento	Toneladas	0.059	La relación de cemento y arena es de 1:6 80% de piedra
Arena	Metros cúbicos	0.401	
Agua	Metros cúbicos	0.081	
Piedra	Metros cúbicos	1.160	

Cuadro 5. Componentes de la mezcla para la construcción del vertedor

Mezcla	Volúmen M ³	Cemento toneladas	Arena M ³	Agua M ³	Piedra M ³
Mampostería	1,185.304	69.933	475.307	96.01	1,379.95 2

RESULTADOS Y DISCUSION

La ruptura de la presa se debe a que su base en ésta parte esta formada por roca madre y no se realizo una limpieza en el área lo cual provoco que existiera filtración y socavación en la primera avenida, lo cual no permitió que la presa lograra almacenar agua.

Se obtuvo el volumen de escurrimiento con las cartas de la región el cual corresponde a 239,827.5 m³, y la magnitud de avenidas con los diferentes métodos Cuadro 3. La avenida que se aplico para el cálculo del vertedor de demasías tipo Creager, fue la obtenida a través del método genético del escurrimiento, que es de 80 m³/seg. (Ortega, 1987).

Conforme el levantamiento topográfico realizado en el vaso de la presa este tiene la capacidad de almacenar un volumen total de 134,850 m³.

La obra de toma tendrá la capacidad de desalojar 0.130 m³/seg., toda vez que el vaso tenga un volumen disponible de 112,003.35 m³.

En función del volumen de agua aprovechable, condiciones climáticas, suelo de la región y el coeficiente del cultivo (Kc) del melón; el área de siembra que se recomienda sembrar es de 5.0 hectáreas.

Esta es una obra de beneficio social y serán 60 familias las beneficiadas, y tendrán las cantidades de agua necesarias que genera utilización de mano de obra; tanto cuando se reconstruya la presa, así como también cuando se le de el mejor uso al agua en lo agrícola o pecuario.

En cuanto a la rentabilidad, esta obra es de beneficio social, pero si los agricultores sembraran el cultivo de melón con el sistema de riego por gravedad utilizando el agua disponible en la presa, pueden percibir utilidad hasta de \$10,890.00 por hectárea, utilidades que en este momento son difíciles de alcanzar, porque no disponen de agua para la siembra de los cultivos.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos y bajo las condiciones en que se desarrolló este trabajo, se presentan la siguientes conclusiones:

En el aspecto hidrológico, se utilizaron los diferentes métodos para determinar los escurrimientos en cuencas no aforadas y la magnitud de estas avenidas se citan en el Cuadro 3.

El volumen total que se almacenará en el vaso, tomando en cuenta el vertedor de demasías existente en la presa es de 134,850 m³.

El volumen aprovechable que tendría el vaso de acuerdo a la cota de la tubería (1144.89) es de 112,000 m³.

Se optó por proponer el vertedor de demasías tipo Creager de mampostería como una solución para la reconstrucción de la presa de San Rafael de Los Milagros.

De acuerdo al costo de reconstrucción de la presa averiada (\$27,973.20) queda de manifiesto la factibilidad para la recuperación de las presas.

El modelo de vertedor tipo Creager puede ser aplicado en las diversas presas de tierra que se encuentran dañadas.

Habrán una mayor utilización de mano de obra en el campo en el momento de construir las obras.

Cuando la presa esté funcionando se podrán sembrar áreas de cultivos que generarán nuevos ingresos al productor.

Las áreas de siembra de los cultivos dispondrán de mano de obra lo cual es una contribución al aspecto socioeconómico de los productores.

LITERATURA CITADA

- Comisión de Estudios de Territorio Nacional (CETENAL). 1972. Cartas de Uso Potencial del Suelo. San Rafael de Los Milagros. G-13-D-18. Coahuila.
- FORESTAL F.C.L. 1987. Dirección de Programas Especiales. Construcción de Aljibes. Coahuila, México.
- Hargreaves, G. H. y Samani, Z. A. 1992 Programación del Riego. Manual Bilingüe. Las Cruces, N.M. 88001 86p.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) 1992. Carta de Efectos Climáticas Regionales Mayo - Octubre. Escala 1:250,000 Torreón G 13-9.
- Kiciliev, P. G. 1974 Manual de Cálculos Hidráulicos. Energía Moscú.
- Marsal, R.J. y Reséndiz, N.D. 1983. Presas de Tierra y enrocamiento. Editorial Limusa México 1, D.F. 546p.
- Ortega R.F.J. 1987 Evaluación de los Recursos Hídricos en los Arroyos en la Parte norte de México y su Utilización Racional Para el Desarrollo del Entarquinamiento. Tesis Doctoral. Moscú Rusia p96-120.
- Pashkov, N.N. y Dolgachev, F.M. 1985 Hidráulica y Maquinas Hidráulicas. Editorial Mir Moscú 431p.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) 1982. Manual Para la Estimación de Avenidas Máximas en Cuencas Pequeñas. Dirección General de Obras Hidráulicas y de Ingeniería Agrícola Para el Desarrollo Rural. México 225p.
- Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT) 1984. Métodos Hidrológicos para Previsión de Ecurrimientos. Seminario de Drenaje. Parte1. Hidrología. Subsecretaría de Infraestructura. Dirección General de Servicios Técnicos. México 230p.

ESTRATEGIAS DE RESTAURACION EN MATORRAL MICROFILO INERME

Víctor Manuel Rodríguez Carreón ¹
Myrna Julieta Ayala Ortega ²
Juan José López González ³

INTRODUCCION

En México, las zonas áridas y semiáridas ocurren en el 56% de todo el territorio, de las 150 millones de hectareas que son, cerca del 75% observan algún grado de desertificación (Anaya, 1987). Esto ha originado un paisaje que refleja la degradación de la vegetación, por lo que es necesario definir las estrategias de transformación que se pueden implementar para reducir el grado de desertificación o para inducir estados sucesionales progresivos en los ecosistemas deteriorados.

La cobertura vegetal, es la variable que mayor relación tiene con los procesos erosivos, es por ello que incrementarla, debe ser el primer objetivo general en un programa para reducir el grado de desertificación.

Por otra parte, es necesario considerar que los productores del semidesierto tienen el nivel tecnológico más bajo, ya que no cuentan con maquinaria, tecnología, infraestructura ni recursos económicos (CIRNE, 1992), por lo que su actividad se ha limitado a la recolecta de plantas xerófilas como la candelilla y lechuguilla; y por los precios de sus productos que prevalecen en el mercado, únicamente le sirve para subsistir.

En base a lo anterior, se puede asumir que lo más recomendable es el establecer dos líneas de investigación que contemplen, una el uso de maquinaria y la otra el de implementos manuales para establecer estructuras de captación de agua y ayudar al establecimiento de especies económicamente importantes y que sirvan para detener los procesos erosivos. Pero a la vez, no olvidar que sean simples de realizar y de bajo costo. En la primera se tiene al surcado lister y en la segunda a la trampa de media luna en la isla de fertilidad de arbustivas, como las opciones más recomendables.

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias C.I.R.N.E., C.E. Zaragoza, Coah.

² y ³ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Depto. de Recursos Naturales Renovables. Buenavista, Saltillo, Coah. C.P. 25315

Así mismo, las plantas xerófilas que más importancia han tenido en nuestra región son: nopal rastrero (*Opuntia rastrera*), maguey (*Agave atrovirens*), costilla de vaca (*Atriplex canescens*) y zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*). Por ello, se decidió en este estudio, utilizarlas para evaluar su establecimiento en las dos estructuras de captación de agua mencionadas e inferir el efecto de realizar las dos actividades en la transformación del matorral parvifolio inerme, tanto en sus cambios florísticos como en los edáficos, sin dejar de considerar que uno de los problemas que se puede agregar a los ya mencionados es el ataque por liebres, sobre todo en condiciones de sequía extrema, como lo reportan Flores y Gerez (1988).

ANTECEDENTES

Desertificación, es un proceso que todos vemos como crece, pero que poco hacemos para reducirla. Este término se ha conceptualizado como "la disminución o la destrucción del potencial biológico de la tierra que puede desembocar definitivamente en condiciones desérticas, siendo principalmente incrementada por actividades humanas (Medellín, 1978). En México, la desertificación avanza entre cien y doscientos mil hectáreas anualmente (Roldán y Trueba, 1978).

Ahora bien, la distribución del matorral parvifolio inerme, es la vegetación predominante del norte de México, llega a ser poco compacta, ya que como se sabe, al incrementar la gobernadora (que es su especie más típica), su densidad desplaza a las gramíneas perennes (Morton *et al.*, 1990), además, el halelopatismo que muestra hacia las otras especies y hasta sus altos niveles de aceites volátiles (Holechek *et al.*, 1989) pueden incrementar la repelencia de los suelos hacia el agua (Huss *et al.*, 1986), todo esto origina que domine la gobernadora, junto a otras plantas del mismo nivel competitivo o con otra estrategia biológica como las cactáceas o rosetófilas.

¿Qué procesos suceden en este paisaje? Bajo la copa arbustiva, sus hojas y a veces ramas caen alrededor de la corona de raíz/tallo de la planta, lo que propicia mayor captación de agua, menor evaporación y buen desarrollo del ciclo de nutrientes, originándose así las llamadas "islas de fertilidad", denominadas por García-Moya y McKell (1970). Los espacios interarbustos son pobres en nutrientes y raramente colonizados, aún por especies anuales y tienden a permanecer desnudos aún en años lluviosos. Además, en el caso de que exista algo de pendiente, los escurrimientos arrastran el poco mantillo orgánico del suelo (Wondzell, Cunningham y Bachelet, 1987), o bien pueden ocurrir y formarse horizontes vesiculares, que son estructuras en las que ciertos agregados carentes de materia orgánica forman capas impermeables en la superficie del suelo (Blackburn, 1975, citado por Treviño, 1990).

La pregunta fundamental para este estudio es ¿qué se puede hacer para reinvertir o cuando menos detener la desertificación? La contestación es sencilla, incrementar la cobertura vegetativa y si se hace con comunidades deseables mejor, ya que el principal factor que afecta la infiltración y que el hombre puede controlar es la cubierta vegetal

(Huss *et al.*, 1986), protegiendo al suelo de manera efectiva. Aunque la efectividad de la vegetación en la prevención de la pérdida de agua por flujo superficial está fuertemente relacionada a su densidad (Huss *et al.*, 1986).

Dado lo anterior, el tipo de vegetación y la cantidad de cobertura pueden modificar las relaciones suelo-agua de un sitio (Wood y Blackburn, 1981), por lo que la meta por alcanzar sería el transformar el matorral parvifolio inerte hacia un tipo vegetativo con especies más deseables, aprovechables o de mejor sociabilidad, de tal forma que permita estados sucesionales más progresivos.

Por lo anterior, como objetivo en este estudio se planteó evaluar el establecimiento, vigor y daño por liebres de plantas deseables en el matorral parvifolio inerte mediante las estrategias de establecimiento con surcado lister y en islas de fertilidad de gobernadora con y sin sistema de captación de agua tipo media luna.

MATERIALES Y METODOS

Este estudio se efectuó en el Campo Experimental "La Sauceda" que se ubica en Ramos Arizpe, Coah., siendo sus coordenadas 25°26' latitud norte y 101°102' longitud oeste, aproximadamente a 1250 msnm. El clima es BW w(x') h(e), definido como muy árido, con régimen de lluvias de verano. Los suelos son migajones arcillosos y francos. La vegetación predominante es el matorral parvifolio inerte, con dominancia de gobernadora (De la Cruz y Zapién, 1974). La precipitación anual, durante los dos años de estudio no excedió los 100 mm.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Por medio de un diseño completamente al azar en arreglo factorial 4x3 de tratamientos, con diferente número de repeticiones, se compararon: Con dos fechas de establecimiento (agosto 1992 y 1993), los factores: A) plantas: 1) maguey (Agave atrovirens), 2) nopal (Opuntia rastrera), 3) costilla de vaca (Atriplex canescens) y 4) zacate buffel (Cenchrus ciliaris); y B) estrategias de establecimiento: 1) con surcado lister (distancia entre surcos de 1 m) y en islas de fertilidad, 2) con y 3) sin sistema de captación de agua tipo media luna de 1 m de radio.

RESULTADOS

Como se puede observar en los Cuadros 1 y 2, las diferencias estadísticas ($P < 0.05$) encontradas entre las estrategias de establecimiento fueron variables en los tres factores, pero consistentes entre las plantas establecidas. No se encontraron diferencias estadísticas en las interacciones ($P < 0.05$). A partir de esto, se puede asumir lo siguiente:

- 1.- El maguey se estableció con porcentajes superiores al 90%. En el campo se observó que las tres estrategias de establecimiento presentaron plantas en su mayoría con buen desarrollo y vigor, sin señales de ataque por liebres.
- 2.- El nopal rastrero se pudo establecer regularmente (74%) en los tres sistemas. El desarrollo que presentó fue bueno, aunque algunas plantas resintieron los efectos de los meses secos. El ataque por liebres fue severo (71 a 77%), observándose en el campo que fue mayor en surcado lister y sin trampa de agua en la isla de fertilidad, aunque el daño no ocasionó que desaparecieran las pencas establecidas.
- 3.- Con costilla de vaca se obtuvieron reducidos porcentajes de sobrevivencia (26 y 27%) a los 3 y 4 años de la plantación. Las pérdidas se debieron al ataque de liebres, que persistió hasta llegar alrededor del 86 y 88%. A este daño se le agregaba el ocasionado por microfauna (hormigas, pulgones, etc.).
- 4.- En zacate buffel se observó su emergencia en las tres estrategias, sin embargo la persistencia fue mínima.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con menos de 100 mm anuales de lluvia, que representan los años secos de esta región, se recomienda establecer maguey con surcado lister y en islas de fertilidad con o sin trampa de agua.

El nopal rastrero se puede establecer en islas de fertilidad con y sin sistemas de captación de agua. En surcado lister se presentan fuertes daños por liebres, aunque logra establecerse regularmente.

En base a lo observado en el campo, para establecer costilla de vaca se sugiere hacerlo con algún riego de auxilio y con plantas de 40 cm de altura, de preferencia en islas de fertilidad con trampa de agua y lo más cercano al tallo de la nodriza (gobernadora), además de algún sustrato de enmacetado mejorado para retener mejor la humedad y aplicaciones frecuentes de repelente contra liebres, ya que en las condiciones que prevalecieron durante el presente estudio, los resultados no fueron satisfactorios.

El buffel no se estableció en forma significativa, por lo que bajo estas estrategias y condiciones ambientales no se recomienda su establecimiento.

LITERATURA CITADA

- Anaya G., M. 1987. Overpopulation, desertification, famine. p. 128-130. En: Aldon, E.F., C.E. González V. y W.H. Moir (Co ed.). Estrategias de clasificación y manejo de vegetación silvestre para la producción de alimentos en zonas áridas. Gen. Tech. Rep. RM-150. Fort Collins Co. Serv. For Dpto. Agric. USA.
- CIRNE. 1992. Memoria de la Segunda Reunión Científica Forestal y Agropecuaria. SARH-INIFAP-CIRNE. Saltillo, Coah. 113 p.
- De la Cruz C., J.A. y M. Zapién B. 1974. Campo experimental forestal de zonas áridas "La Saucedá", Ramos Arizpe, Coah. Líneas de Investigación y Resultados. Boletín Divulgativo No. 36. SARH-INIF.
- Flores V., O. y P. Gerez. 1988. Conservación en México. Síntesis sobre vertebrados terrestres, vegetación y uso del suelo. INIREB. 302 p.
- García-Moya, E. and C.M. McKell. 1970. Contribution and shrubs to the nitrogen economy of a desert wash plant community. Ecology 51:81-88.
- Holeckek, J.L., R.D. Pieper and C.H. Herbel. 1989. Range management, principles and practices. Prentice Hall Englewood Cliffs. New Jersey. USA.
- Huss, D.L., Betnardon, D.L. Anderson y J.M. Brun. 1986. Principios de manejo de praderas naturales. INTA-RLAC-FAO. Chile. 366 p.
- Medellín L., F. 1978. La desertificación, problema de alcance mundial. p. 13-23. En: Medellín, L.F. (ed.) La Desertificación en México. IIZA-UASLP. SEP.
- Morton, H.L., F.A. Ibarra, F.M.H. Martin R., and J.R. Cox. 1990. Creosotebush control and forage production in the Chihuahuan and Sonora deserts. J. of Range Manage. 43(1):43-48.
- Roldán, P.A. y J. Trueba D. 1978. Factores ecológicos y sociales de la desertificación. p. 55-80. En: Medellín, L.F. (ed.) La Desertificación en México. IIZA-UASLP. SEP.
- Treviño de la F., C.A. 1990. Efecto de dos sistemas de apacentamiento sobre suelo y vegetación. Tesis de Maestría en Ciencias. UAAAN. Programa de Graduados. Saltillo, Coah., México.

Wondzell, S.M., G.L. Cunningham and D. Bachelet. 1987. A yierarchichal classification of landforms: Some implications for understanding local and regional vegetation dynamics. p. 15-23. En: E.F. Aldon, C.E. González V. y W.H. Moir (Co ed.). Estrategias de clasificación y manejo de vegetación silvestre para la producción de alimentos en zonas áridas. Gen. Tech. Rep. RM-150. Fort Collins Co. Serv. For. Dpto. Agric. USA:

Wood, M.K. and W.M. Blackburn. 1981. Grazing systems: their influence on infiltration rates in the Rolling Plains of Texas. J. Range Manage. 34(4):331-335. USA.

CUADRO 1. CUADRADOS MEDIOS DEL ANALISIS DE VARIANZA Y DIFERENCIAS ESTADISTICAS PARA LAS VARIABLES: ESTABLECIMIENTO (%), VIGOR (CALIFICACION Y DAÑO POR LIEBRE (%)) EN LOS AÑOS DE ESTABLECIMIENTO 1992 Y 1993. C.E. LA SAUCEDA, 1995.

FUENTES DE VARIACION	ESTABLECIMIENTO (%)		VIGOR		DAÑO	
	1992	1993	1992	1993	1992	1993
B) ESTRATEGIA	275.52***	236.08***	0.25 NS	1.03**	203.03**	121.69*
A) PLANTAS	17992.23***	17281.63***	3.33***	3.29***	13700.96***	12769.37***
AxB	23.71 ns	37.1 ns	0.03 ns	0.06 ns	62.66 ns	95.06**
ERROR	22.42	16.28	0.31	0.17	26.19	24.94

CUADRO 2. MEDIAS DE LOS NIVELES DE LOS FACTORES A) PLANTAS Y B) ESTRATEGIAS EN LOS AÑOS DE ESTABLECIMIENTO 1992 Y 1993. C.E. LA SAUCEDA, 1995.

FUENTES DE VARIACION	ESTABLECIMIENTO (%)		VIGOR		DAÑO	
	1992	1993	1992	1993	1992	1993
B) ESTRATEGIA						
1) Surcado Lister	44 b	44b	1.6	1.8a	57a	58a
2) I.F. con S.C	50a	51a	1.8	2.2ab	50b	57a
3) I.F. sin S.C	40b	43b	1.6	1.6b	54ab	50c
A PLANTAS						
1) Maguey	92a	94a	2.4a	2.7a	Od	1d
2) Nopal	74b	73b	1.8b	1.9b	71b	77b

EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA DE CULTIVOS FORRAJEROS (PV-96) EN EL ALTIPLANO POTOSINO

Catarina Loredo Osti ¹
Celestino Rivas González ²
Jesús Huerta Díaz ³

RESUMEN

La sequía es un factor que limita severamente la producción de cultivos de grano en condiciones de humedad deficiente. El cultivo de forrajes representa una opción para lograr sistemas más estables; sin embargo, bajo este manejo, se desconoce la relación que guarda la sequía con la producción. En el ciclo PV 1996 se condujo por segundo año un estudio, con el fin de evaluar la eficiencia en el uso del agua (EUA) de cuatro cultivos forrajeros anuales (Sorgo X Sudán, maíz Cafime, cebada Cerro Prieto y avena Chihuahua) bajo temporal deficiente, en la zona de Villa de Arriaga, S.L.P. La EUA se estimó con un balance de humedad realizado quincenalmente y su relación con la producción de forraje (M.S.). La información se analizó bajo un diseño completamente al azar con cinco repeticiones. En el ciclo, los tratamientos no manifestaron diferencia estadística ($p = 0.05$) entre tratamientos en EUA aún cuando la producción de Materia seca sí fue diferente. Los valores de EUA fueron: 2.21, 1.77, 2.28, 1.64 gr/kg para sorgo, maíz, avena y cebada respectivamente. La producción de materia seca fue de 4.57, 3.22, 3.34 y 2.40 ton/ha para sorgo, maíz, avena y cebada en ese orden, donde el sorgo presentó la mayor producción, avena y maíz fueron iguales y la cebada presentó menor rendimiento que los demás (Tukey, 0.05). El uso consuntivo guardó relación directa con la duración del ciclo vegetativo.

INTRODUCCION

La deficiencia de humedad limita el rendimiento y calidad de los cultivos e induce efectos negativos en el desarrollo de las plantas en las zonas áridas y semiáridas, donde se practica agricultura de temporal. Estas zonas presentan también una gran variabilidad en las condiciones climáticas, lo cual implica un alto riesgo en las decisiones que toma el productor, haciendo poco posible la adopción de paquetes tecnológicos para cultivos específicos.

¹ Responsable del Proyecto INIFAP-CIRNE-C.E. Palma de la Cruz. Santos Degollado 1015-A Col. Cuauhtémoc C.P. 78270 Tel/Fax: (48) 13-91-51

² Tesista de Licenciatura de la Facultad de Agronomía de la UASLP Santos Degollado 1015-A Col. Cuauhtémoc C.P. 78270 Tel. (48) 13-78-70

³ Colaborador del Proyecto. Maestro Investigador de la Fac. Agronomía de la UASLP Santos Degollado 1015-A Col. Cuauhtémoc C.P. 78270 Tel. (48) 13-78-70

El estudio del comportamiento de los cultivos en ambientes marginales limitados por sequía, se considera un factor importante en la generación de tecnología para esas zonas, para lo cual se toma en cuenta la disponibilidad de la humedad producto de la precipitación, los requerimientos de agua de los cultivos y el desarrollo y producción que éstos hayan alcanzado con las restricciones de humedad. El objetivo del estudio fue determinar la eficiencia en el uso del agua de cuatro cultivos forrajeros anuales y su relación con la producción de forraje.

ANTECEDENTES Y REVISION DE LITERATURA

Los cultivos varían en cuanto al efecto del déficit de agua sobre su crecimiento y rendimiento real. Cuando las necesidades de agua del cultivo se atienden plenamente mediante el suministro disponible, la cantidad de materia seca total y de cosecha producida por unidad de agua varía con el cultivo. Esto puede expresarse como la eficiencia en la utilización del agua en kg/m^2 para materia seca total y el rendimiento cosechado (Doorenbos y Kassam, 1979).

Morris *et al.* (1991), señalan que el comportamiento de un cultivo en ambientes de humedad restringida, puede ser evaluado por su eficiencia en el uso del agua (EUA), que relaciona el rendimiento con la evapotranspiración; si bien la cantidad de agua disponible es un factor fundamental, su distribución en el ciclo de cultivo también es importante ya que los rendimientos disminuyen considerablemente cuando la escasez se concentra al inicio de la germinación o alrededor de la floración.

En el altiplano de San Luis Potosí, anualmente se siniestra por sequía un 60% de la superficie sembrada con maíz, un 50% con frijol y de 10 a 15% con cultivos como trigo y cebada (Loredo y col. 1994), sin embargo, estos registros han considerado en todos los casos la producción de grano. Dentro del proyecto de Reconversión de áreas agrícolas de baja productividad, se plantea el establecimiento de maíz, sorgo x sudán, cebada, avena y tres pastos, manejados para producir forraje; no obstante, bajo este manejo se desconoce el riesgo que dichos cultivos presentan a condiciones de humedad deficiente. En 1994 se evaluó la EUA en los cultivos mencionados y en ese primer año de análisis, el sorgo X sudán fué el cultivo de mayor eficiencia. Los de menor eficiencia fueron avena y cebada. El uso consuntivo se relacionó directamente con la duración del ciclo vegetativo y la eficiencia en el uso del agua se relacionó con el rendimiento potencial de los cultivos (Loredo y Beltrán, 1996).

MATERIALES Y METODOS

El experimento se localizó en la Lugarda, Mpio. de Villa de Arriaga en terrenos de un productor cooperante, ubicado a 1950 msnm, donde la precipitación media anual es de 300 mm y la temperatura media anual es inferior a 18 °C. En el cuadro 1 se presentan las principales características del suelo del sitio.

Cuadro 1: Características del suelo del experimento Eficiencia en el uso del agua en cultivos forrajeros. Villa de Arriaga, S.L.P. 1996.

Característica	Valores/unidad
Textura	Migajón-arcillo-limoso
Arena	57.12
Limo	16.72
Arcilla	26.16
pH	6.4
Densidad aparente	1.42
Valor de PMP y CC	6.1% y 15.2%
Conductividad Eléctrica	0.61 mmhos/cm

En el ciclo PV 1996 se establecieron cuatro cultivos anuales (sorgo x sudán, maíz Cafime, avena Chihuahua y cebada Cerro Prieto) ocupando una hectárea cada uno, como parte integrante de un módulo forrajero. Para su establecimiento y manejo se siguieron los paquetes tecnológicos recomendados por el INIFAP. Se realizó quincenalmente en cada cultivo un muestreo al azar con tres repeticiones y a dos profundidades de suelo (0-20 y 20-40 cm) para estimar el contenido de humedad por el método gravimétrico (Gardner, 1965). Al mismo tiempo se realizaron mediciones de la vegetación (altura de planta y acumulación de materia seca), desde la emergencia hasta la madurez fisiológica y al final del ciclo se obtuvo la producción de forraje (kg MS/ha). Con base en la ecuación de balance hidrológico sugerido por Tanner (1967) se consideró la siguiente ecuación utilizada por Perales y Serna (1992) para efectuar el balance de humedad.

$$ET = H_i - 1 + pp \text{ efectiva} - H_i$$

donde: ET = Evapotranspiración por período (mm) de cálculo; H_{i-1} y H_i = contenido de humedad del suelo (mm) al inicio y final del período respectivamente, considerando las siguientes restricciones: si $H_{i-1} > 86.33$ entonces $H_{i-1} = 86.33$; pp efectiva = precipitación acumulada (mm) por período de cálculo, ajustada por pérdidas como escurrimiento superficial, supuestas como un 20% del total de la precipitación; las lluvias menores a 5 mm no se consideran en la cuantificación de la precipitación acumulada. Se llevó un registro de la precipitación durante el ciclo de cultivo. La eficiencia en el uso del agua se determinó por medio de la ecuación propuesta por Hillel (1980)

$$EUA = \frac{\text{Producción de materia seca (g/m}^2\text{)}}{\text{Evapotranspiración (mm)}}$$

Para determinar diferencia estadística entre cultivos se utilizó un análisis de varianza completamente al azar y prueba de medias (tukey 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los cultivos se sembraron el 9 de julio con un contenido de humedad del suelo de 14%. La precipitación registrada durante el ciclo de cultivo fué de 312.5 mm para cultivos de hilera (maíz y sorgo X sudán) y 290.5 mm para cebada y avena. Durante la estación de crecimiento el mes más lluvioso fue septiembre con 157.5 mm y el más seco fue julio donde sólo se registraron 25 mm de lluvia. Los porcentajes de humedad en el suelo llegaron a su mínimo nivel a fines de agosto donde se registró la humedad más baja en avena (Cuadro 2), sin embargo no se observó que en este ciclo, la humedad del suelo bajara por debajo del nivel de PMP (6.1 %H), con excepción de la avena, donde el 30 de agosto se observó un porcentaje de humedad menor sin embargo al día siguiente del muestreo se registró una precipitación de 15 mm. En el mes de septiembre (muestreo quinto) la humedad del suelo rebasó la capacidad de retención del suelo. En el amacollamiento de avena y cebada no hubo restricciones de humedad, lo cual favoreció su producción de forraje. Los cultivos no manifestaron estrés hídrico en ninguna etapa de su desarrollo.

Cuadro 2: Comportamiento de la humedad del suelo (%) en siete muestreos durante el ciclo PV-1996 en el módulo forrajero. La Lugarda, Villa de Arriaga, S.L.P.

CULTIVO	Prof. (cm)	1° 06 Ago	2° 16 Ago	3° 30 Ago	4° 6 Sep	5° 20 Sep	6° 2 Oct	7° 15 Oct
Sorgo	0-20	11.1	7.1	6.8	20.7	15.4	13.3	6.2
	20-40	15.8	9.1	7.3	19.0	16.1	12.8	9.2
Maíz	0-20	9.7	5.7	7.6	16.7	15.4	12.8	12.2
	20-40	11.9	9.1	9.2	16.1	16.1	14.4	11.6
Avena	0-20	6.8	5.5	4.7	16.3	16.3		
	20-40	9.7	7.9	5.8	17.3	16.5		
Cebada	0-20	11.9	5.6	7.1	19.5	16.3		
	20-40	12.5	8.8	6.7	15.5	16.5		

En relación a los resultados obtenidos en este estudio, con el análisis de varianza (Cuadro 3) se encontró que los cultivos no manifestaron diferencia estadística ($p=0.05$) en este ciclo en la eficiencia en el uso del agua (EUA).

Cuadro 3: Análisis de varianza de la eficiencia del uso del agua de cuatro cultivos forrajeros en Villa de Arriaga, S.L.P. en el ciclo PV-1996

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	3	1.5324	0.5108	1.6675	0.213
Error	16	4.9013	0.3063		
Total	19	6.4338			

La producción de forraje (kg/ha de materia seca) si presentó diferencia estadística entre tratamientos y la comparación de medias (tukey 0.01) indicó que el cultivo de sorgo X sudán fue estadísticamente mayor, el maíz Cafime y la avena presentaron producciones estadísticamente similares y la cebada fue el cultivo de menor producción. En el cuadro 4 se presentan los valores medios para las variables evaluadas.

Cuadro 4: Producción de forraje y eficiencia en el uso del agua de cuatro cultivos forrajeros. en Villa de Arriaga, S.L.P. Ciclo PV 1996

CULTIVO	DIAS A LA COSECHA	Producción (kg/ha M.S)	ET acumulada (mm)	EUA (gr/kg)
Sorgo X Sudán	97	4571.6 a *	206.26	2.216
Avena Cuauhtémoc	73	3335.3 ab	146.07	2.283
Maíz Cafime	97	3222.6 ab	182.41	1.766
Cebada Cerro Prieto	73	2400.7 b	146.07	1.644

* Valores con la misma literal no manifiestan diferencia estadística a un nivel de significancia de 0.01 (Tukey)

Los resultados de este trabajo difieren a los reportados por Loredo y Beltrán en 1996, quienes encontraron diferencias significativas entre los cultivos, destacando el sorgo que presentó la mayor EUA (1.38 g/kg). Dichos resultados los atribuyen a que el desarrollo en la etapa vegetativa fue lento debido a un fuerte período de estrés hídrico que afectó la etapa de amacollamiento en los cultivos de avena y cebada, fenómeno que no se presentó en este experimento.

CONCLUSIONES

- En el ciclo PV 1996 la avena presentó la mayor eficiencia en el uso del agua seguida del sorgo X sudán. El cultivo menos eficiente fue la cebada. Sin embargo no se detectó diferencia entre tratamientos a un nivel de significancia de 0.05.

LITERATURA CITADA

- Doorenbos J. Y A. H. Kassam. 1979. Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje. Manual 33. P.38
- Gardner, W.H. 1965. Water Content. In: C.A. Blak (Ed.) Methods of soil analysis. Amer. Soc. Agron. Serie 9. Madison, Wisconsin.
- Hillel, D. 1980. Applications of soil physics. Academic Press. New York. p. 197-231
- Loredo O. C.; S. Beltrán L. y J.L. Barrón C. 1994. Reconversión de áreas agrícolas de baja productividad a uso pecuario. En: Resúmenes de la Cuarta Reunión Cient. Forestal y Agrop. Nov. 1994

- Loredo O. C. y S. Beltrán L. 1996. Eficiencia en el uso del agua de cultivos forrajeros en temporal deficiente. III Memorias de la III Reunión Nacional sobre Sistemas de Captación de lluvia. San Luis Potosí, S.L.P. Septiembre de 1996.
- Morris, M.L., A. Belaid y D. Byerle. 1991. La producción de trigo y cebada en ambientes marginales de temporal del mundo en desarrollo. CIMMYT 1990-1991. Hechos y tendencias mundiales relacionadas con el trigo. 1a. parte. México.
- Perales de la C.,M y A. Serna P. 1992. Eficiencia en el uso del agua en tres genotipos de maíz bajo temporal. En: TERRA Vol.10-2 p.211-220
- Tanner, C.B. 1967. Measurement of evapotranspiration. In: Irrigation of Agricultural Lands. Monograph. No. 11 Amer. Soc. Agron. Ed. Hagan R.M., H.R. Haise and R.W. Edminister. p. 534-574 Madison Wisconsin, USA.

EVALUACION DE LA RENTABILIDAD DE UN MODULO PRODUCTOR DE FORRAJE EN EL ALTIPLANO POTOSINO.

Catarina Loredó Osti ¹
Sergio Beltrán López ²
José Luis Barrón Contreras ³

RESUMEN

En las zonas de temporal deficiente, es urgente investigar tecnologías que incrementen los ingresos de los agricultores y fomenten el uso adecuado de los recursos. De 1993 a 1996 se realizó un análisis de la rentabilidad a un sistema de manejo para el cultivo de forrajes en temporal deficiente, con el fin de estimar el beneficio económico de dicho sistema. Se analizaron los resultados de un módulo forrajero de siete ha ubicado en la zona de Villa de Arriaga, S.L.P. donde se manejan anualmente siete cultivos (sorgoXsudán, maíz Cafime, maíz VS-208, avena Chihuahua, cebada Cerro Prieto, pasto buffel y pasto klein), en una hectárea cada uno. Se incluyó una hectárea de frijol como testigo. La metodología que se siguió fue el Análisis de Ingreso de la Finca, utilizando precios corrientes. Considerando la remuneración absoluta al capital del productor, en los cuatro años se ha superado la utilidad del cultivo tradicional, obteniendo en promedio \$ 657/ha con el módulo y \$ 172/ha con el frijol. El cultivo integral de forrajes manejados en forma modular, es más estable que el unicultivo, ya que al tener mayor diversidad se reducen los riesgos de pérdida total. Se observa que el uso del suelo con especies forrajeras incrementa la productividad de tierras agrícolas limitadas por humedad deficiente, lo cual representa una alternativa para incrementar la productividad de estas zonas con actividades agropecuarias rentables.

INTRODUCCION

La producción de forraje de corte y pastos perennes a través del establecimiento y manejo integral de cultivos en las áreas marginales limitadas por humedad deficiente, es una alternativa que actualmente investiga en INIFAP en San Luis Potosí dentro del proyecto "Reconversión de Areas Agrícolas de Baja Productividad" con financiamiento CONACYT-SIHGO. Este manejo de cultivos se considera técnicamente viable para estabilizar los sistemas de producción y reducir riesgos de pérdida por sequía; también tiene potencial para ser adoptado por los productores de esas zonas, en virtud de que ellos integran actividades

¹ *Responsable del Proyecto INIFAP-CIRNE-C.E. Palma de la Cruz. Santos Degollado 1015-A Col. Cuahutémoc C.P. 78270 Tel/Fax: (48) 13-91-51*

² *Investigador en Forrajes del Campo Experimental Palma de la Cruz. INIFAP-CIRNE Santos Degollado 1015-A Col. Cuahutémoc C.P. (48) 13-78-70*

³ *Investigador del Campo Experimental Palma de la Cruz INIFAP-CIRNE Santos Degollado 1015-A Col. Cuahutémoc C.P. 78270 (48) 13-78-70*

agrícolas y ganaderas en sus sistemas de manejo. Sin embargo además de la factibilidad técnica y del potencial de adopción, se requiere conocer la rentabilidad de la tecnología, para que el productor tenga las herramientas necesarias en la toma de decisiones, al introducir este manejo en sus sistemas de producción.

ANTECEDENTES Y REVISION DE LITERATURA

Las zonas áridas y semiáridas se consideran ambientes marginales para la producción de cultivos en condiciones de temporal, debido a la precipitación escasa y variable que limita el rendimiento. En esas zonas las actividades agrícolas tienen restricciones de capital y restricciones de riesgo (climático y de mercado) de acuerdo a lo expresado por Volke (1992); por lo anterior, los productores cultivan con tecnologías que requieran insumos mínimos y combinan actividades agrícolas y ganaderas. Morris et al (1991), señalan que la ganadería, además de ser una valiosa fuente de ingresos, constituye un amortiguador económico de las fluctuaciones anuales en la producción de cultivos, causadas por la variabilidad de la precipitación.

En el Altiplano de San Luis Potosí se siniestra anualmente por sequía el 60% de la superficie sembrada con maíz y un 50% con frijol; no obstante las restricciones de humedad que ahí prevalecen, el INIFAP ha tenido éxito en investigaciones realizadas con pastos perennes y forrajes anuales (García, 1992; Loredó y col. 1994). En base a lo anterior, se integró un programa para el establecimiento y manejo de un módulo forrajero en el Mpio. de Villa de Arriaga, S.L.P. donde se cultivan anualmente 26 mil hectáreas de temporal (SARH-CP, 1992), y los sistemas de producción tienen el carácter de agricultura campesina extensiva baja, con productividad baja (González, 1990), con la utilización de esquilmos agrícolas en la alimentación de ganado debido a la escasez de forraje. Desde el inicio del proyecto en 1993 se planteó la obtención de información que indique los beneficios económicos que genera este manejo. El objetivo del estudio es determinar la rentabilidad del sistema de cultivos que investiga el INIFAP para la reconversión de áreas agrícolas de baja productividad.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en base a los resultados anuales obtenidos en un módulo para la producción de forraje, comparados con los resultados obtenidos en el cultivo tradicional del productor (frijol). Las tecnologías comparadas fueron: sorgo X sudán, maíz Cafime, maíz VS-208, cebada, avena, zacate buffel y zacate klein, así como el frijol de testigo. Se incluyó en la evaluación una ha establecida en 1995 con pasto llorón del cual no se obtuvo producción alguna. El método de análisis que se utilizó fue el Análisis de Ingreso de la Finca (Puente, 1994) el cual permite verificar el desarrollo de la explotación en un año en particular utilizando precios corrientes. Este análisis tiene como criterio de desempeño el rendimiento de capital y de la mano de obra, es decir el productor obtiene con la utilidad generada, un indicador del desempeño de su capital o de la magnitud en la que la mano de obra familiar se haya remunerativamente ocupada en la finca.

La información necesaria para el análisis de ingreso comprende el valor bruto de la producción que se genera con la adopción de la tecnología, los coeficientes técnicos para la aplicación de la innovación tecnológica, los precios de los insumos, costos de capital y mano de obra de la región. El forraje es un producto que regula su precio por las condiciones de mercado; el valor de la producción se estimó con el precio promedio que alcanzó en el mes de Noviembre, en cada uno de los años analizados.

RESULTADOS Y DISCUSION

En 1996, el valor total de la producción del módulo se estimó en \$16,742; se consideró un precio de \$ 400.00/ton de forraje fresco para los cultivos maíz y sorgo que se ensilan, de \$560/ton de materia henificada para el caso de cebada y avena, así como \$500 para pastos donde la producción se aprovecha a través del pastoreo. El valor de la producción fue más alto en sorgo x sudán y mas bajo en los dos pastos. En el cuadro 1 se presenta el resumen de costos y utilidad (1996) obtenida en el módulo. En relación a la estructura de costos, la tecnología del INIFAP recomienda la fertilización en dosis mínimas, lo cual incrementa los costos de producción para los cultivos de maíz y sorgo X sudán, comparados con el costo del frijol donde el productor no fertiliza, sin embargo en este último los costos se incrementan por la mano de obra contratada para la cosecha. En 1996, de los cultivos forrajeros, los pastos buffel y klein tuvieron los costos más bajos y el sorgo x sudán el costo más alto.

La utilidad obtenida considera la remuneración a capital del productor. En términos absolutos el módulo generó en 1996 una utilidad total de \$ 9,596 en donde el sorgo X sudán contribuyó con un 34%, el maíz 23%, la avena y cebada juntas con 26%; y un 19% la aportación de los pastos.

Al comparar los cultivos con menor utilidad (cebada y los pastos) el productor dispone de mayor cantidad de forraje en cebada y la decisión que tome entre una, otra o ambas alternativas, dependerá de sus necesidades de forraje. En 1996, la utilidad promedio por hectárea fue de \$1,370, superior a la del testigo \$1,180.

Cuadro 1 Proyección de costos y valor de la producción 1996 en el módulo forrajero. La Lugarda, Villa de Arriaga, S.L.P.

CULTIVO	COSTO DEL CULTIVO		VALOR DE LA PRODUCCION		UTILIDAD	
	\$	%	\$	%	\$	%
Sorgo X Sudán	1612	23	4913	29	3301	34
Maíz Cafime	1507	21	3673	22	2166	23
Cebada Cerro Prieto	1609	23	2528	15	919	10
Avena Chihuahua	1609	23	3175	19	1566	16
Pasto llorón	250	3	0	0	(250)	(3)
Pasto klein	300	4	1185	7	905	9
Pato buffel	300	4	1268	8	988	10
TOTAL DEL MODULO	7147	100	16742	100	1370	100
TESTIGO (Frijol)	1620		2800		1180	

Al realizar un análisis sobre la distribución de la utilidad en los cuatro años que se ha trabajado en el módulo, es posible observar que el maíz Cafime es el único cultivo que no ha registrado pérdidas. El sorgo X sudán registró pérdida en 1995 debido a una helada temprana, sin embargo en los otros tres años ha sido el cultivo de mayor éxito en la producción de forraje. La avena y cebada han registrado pérdidas en dos años, pero en uno de ellos (1995) permitieron que el módulo fuera productivo ya que los cultivos de escarda se vieron afectados por una helada temprana.

Cuadro 2: Remuneración absoluta al capital del productor al cuarto año del establecimiento del módulo forrajero de La Lugarda, Mpio. de Villa de Arriaga.

CULTIVO	UTILIDAD (\$)				
	1993	1994	1995	1996	Promedio
Sorgo X Sudán	893	1,101	(805)	3,301	1,100
Maíz Cafime	875	305	235	2,166	895
Maíz VS-208	655	767	(85)		446
Cebada Cerro Prieto	(186)	(230)	1,468	919	493
Avena Chihuahua	(104)	(190)	1,882	1,566	789
Pasto. Llorón			(360)	(250)	(305)
Pato. Klein	(387)	561	1,352	905	608
Pasto. Buffel	(387)	525	1,162	988	572
TOTAL DEL MODULO	1,359	2,749	4,849	9,595	4,597
Promedio/hectárea	194	393	606	1,371	657
TESTIGO (Frijol)	(134)	(145)	(215)	1,180	172

En el caso de los pastos, buffel y klein, la "pérdida" observada en el primer año se debe a que en 1993 se encontraban en fase de establecimiento y no tuvieron producción, sin embargo en los siguientes años han contribuido en forma constante a la utilidad total, superando las expectativas planteadas al inicio del estudio.

Para cuatro años de análisis la utilidad promedio por hectárea ha sido mayor en el módulo \$657 que la obtenida en el cultivo de frijol \$172. De acuerdo a la metodología, se requiere un año más de estudio para definir un patrón de cultivos que favorezca el uso sostenible de los recursos, sin embargo a la fecha es posible indicar que los cultivos más estables son el maíz Cafime y los pastos buffel y klein; el de mayor utilidad sin considerar siniestros por heladas es el sorgo X sudán. En el caso del pasto llorón los resultados obtenidos durante 1995 y 1996 indican que el cultivo no será incluido en la propuesta final del módulo de reconversión.

CONCLUSIONES

Para un período de análisis de cuatro años del módulo productor de forraje, se observa que el uso del suelo con especies forrajeras incrementa la productividad de tierras agrícolas limitadas por escasa precipitación representando una alternativa viable para promover actividades agropecuarias rentables.

LITERATURA CITADA

- García D.,C.A. 1992. Logros y avances del proyecto "Producción ovina en agostaderos de San Luis Potosí". En: Resúmenes de la tercera Reunión Científica, Forestal y Agropecuaria. del INIFAP-SLP. Pub. Esp. Núm. 4 SARH-INIFAP-CIRNE
- González E.A. 1990. Los tipos de agricultura y las regiones agrícolas de México. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Edo. de México. 140 p.
- Loredo O.C.; S. Beltrán L.; J.L. Barrón C. y J.A. Hernández A. 1994. Reconversión de áreas agrícolas de baja productividad a uso pecuario. En: Resúmenes de la IV Reunión. Científica Forestal. y Agropecuaria. Nov. 1994.
- Morris, M.L., A. Belaid y D. Byerlle. 1991. La producción de trigo y cebada en ambientes marginales de temporal del mundo en desarrollo. CIMMYT 1990-1991. En: Hechos y tendencias mundiales relacionadas con el trigo. 1a. parte. México. 50 p.
- Puente G. A. 1994. Análisis de ingreso e inversión en finca (financiero). Tema 3. Curso: Metodologías para la evaluación financiera y económica de las tecnologías agropecuarias y forestales. INIFAP. México, Marzo, 1994.
- SARH-CP. 1992. Estudio de niveles de erosión actual y permisible de la zona agrícola del DDR 126 San Luis Potosí, S.L.P.; Centro Regional de Estudios de Zonas Áridas y Semiáridas (CREZAS) p 59-62
- Volke H., V. 1992. Estadística y Economía en la investigación y generación de tecnología agrícolas. En: TERRA. Vol. 10-2 p 127-139

MANEJO EFICIENTE DEL AGUA DE LLUVIA EN ZONAS ARIDAS PARA LA PLANTACION DEL NOPAL (*Opuntia*, spp)

Enrique Salazar Sosa ¹
Cirilo Vazquez Vazquez ²
José D. López Martínez ³

RESUMEN

El nopal es una planta que se puede sembrar en las zonas áridas con doble propósito; para verdura o fruta. Sin embargo no se puede garantizar una buena cosecha de esta especie si no se hace un uso eficiente del agua de lluvia ya que en estas zonas las evaporaciones pueden rebasar hasta en once veces la precipitación. El presente estudio se inició desde 1985 con el objetivo principal de demostrar que es posible producir nopal para fruta o verdura en las zonas áridas aprovechando al máximo el escurrimiento superficial. Se seleccionaron dos cuencas hidrológicas las cuales fueron la del Ejido Fco. Villa y la del Ejido Rojo Gómez municipios de Lerdo, Dgo. Se estableció el nopal en los Bordos de las Terrazas, en Microcuencas y utilizando diferentes retardadores de evaporación. Los resultados indicaron que los mejores tratamientos fueron: Establecer el nopal con el retardador quiole o plástico negro, de preferencia regándolo con agua de escurrimiento captada en una cisterna a razón de 4-8 litros por semana y en el caso de las microcuencas los modelos del Dr. Hugo Velazco Molina y Dr Manuel Anaya Garduño permitieron un buen desarrollo del cultivo.

RAIN FALL MANAGEMENT UNDER DRY LAND CONDITIONS TO PLANT OPUNTIA (*Opuntia*, Spp)

Summary

The opuntia is a desert crop that can be planted as vegetable or fruit. However, it is not possible to guarantee good yield under dry land conditions if rain fall is not used efficiently. This study began in 1985 and the main objective was to demonstrate that the opuntia can be planted, with good yields if run off is used according to plant necessities during the drought periods. Experiments were established in two hydrological valleys; one is located in the Ejido Rojo Gomez and the another one is in the Ejido Fco. Villa Municipios of Lerdo, Dgo.

¹ *Profesor Investigador DEP-FAZ UJED y CIGA ITA 10 División de Estudios de Posgrado FAZ-UJED y CIGA ITA 10*

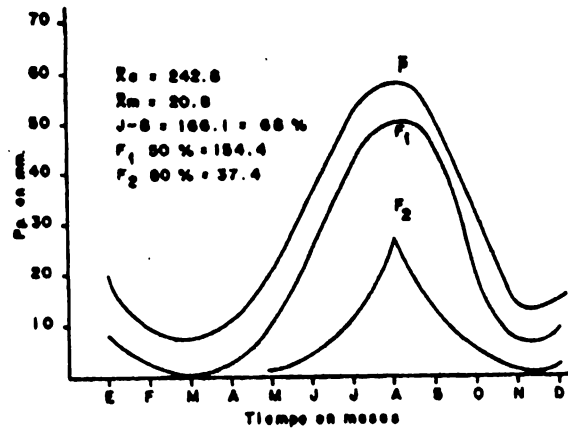
^{2 Y 3} *Profesores Investigadores DEP-FAZ-UJED. División de Estudios de Posgrado FAZ-UJED y CIGA ITA 10*

The opuntia was planted on the terrace borders, Catchments and using different evaporation retards. The results indicated that the best treatments were to plant the opuntia with the evaporation retards of agave stock and black plastic but, applying irrigation rate of 4-8 liters per week. This water was stored in a cistern designed in the main channel of the crop area of the hydrological valley. Finally, the best catchments for opuntia growth and yield were those designed using the models of Dr. Hugo Velazco Molina and Dr. Manuel Anaya Garduño, Respectively.

INTRODUCCION

La producción de nopal en las zonas áridas es posible solo si se consideran una serie de factores como el uso eficiente del agua de lluvia, protección contra roedores y control de la evaporación. Sin tomar en cuenta estos factores es difícil garantizar un buen desarrollo y producción del nopal ya sea para verdura o fruta, por lo que sería tiempo y recursos perdidos tratar de plantar nopal en las zonas áridas. Se justifica lo anterior después de ver trabajado en las zonas áridas de la comarca lagunera desde 1985, considerando la errática y mala distribución de la lluvia, la alta evaporación la cual llega a ser hasta once veces mayor que la lluvia y la gran habilidad de los roedores para comerse la planta aun usando variedades altamente espinosas. En esta presentación en conjunto de los trabajos realizados en sitios altamente áridos de laguna, se pretende demostrar que es posible establecer el nopal con buenas opciones de cultivo para la producción de verdura o fruta, siempre y cuando se considere plantarlo utilizando agua para riego de cisternas previamente diseñadas para este propósito, utilización de retardadores de evaporación o si las cuencas hidrológicas lo permiten diseñar microcuencas con los modelos que se mencionaran mas adelante. Es importante mencionar que para llegar a establecer el nopal con un criterio sustentable deberán aparte de considerar lo ya mencionado la participación de mas sectores de la población es decir técnicos, productores centros de mercadeo y financiamiento de los proyectos productivos etc. de lo contrario solo se estará perdiendo tiempo y dinero como ya lo hemos visto en algunos lugares de la región en donde se ha plantado este cultivo pero sin tomar en cuenta lo ya expuesto al inicio de esta introducción. La investigación realizada con el objetivo principal de producir nopal en zonas áridas es presentada en las siguientes páginas de esta publicación.

Fig. 1 : Distribución mensual de la precipitación pluvial considerando 43 años en la Comarca Leguero. P. A. Z. - U. J. E. D.



F_1 : Analisis probabilistico al 50 %
 F_2 : Analisis probabilistico al 80 %
 F : Precipitación promedio mensual para 43 años
 R_m : Precipitación promedio mensual-anual para 43 años

CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA "IN-SITU"

Los sistemas de captación de Agua de lluvia IN-SITU comprenden una serie de prácticas culturales dentro de las cuales destacan las microcuencas, Bacheo, microbacheo, microrepresa etc., en esta publicación se presentan dos de los mejores alternativas encontradas a través de la investigación en el área de secano de la laguna las cuales son la microcuenca diseñada con el modelo del Dr. Hugo Velazco Molina y el de el Dr. Manuel Anaya Garduño, los cuales se presentan a continuación:

Velazco:

$$(CE P_p Lt)$$

$$L = \frac{N(CC - PMP) Da Pr + (CE P_p - PPe)}{}$$

$$N(CC - PMP) Da Pr + (CE P_p - PPe)$$

donde:

L= Longitud del área de siembra (cm)

CE= Coeficiente de escurrimiento (adimensional)

PP= Precipitación pluvial según probabilidad de ocurrencia (cm)

CC= Capacidad de campo en el suelo (gg^{-1})

PMP= Punto de marchitez permanente (gg^{-1})

Da= Densidad aparente ($g\ cm^{-3}$)

PPe= Proporción efectiva (cm)

N= Número de lluvias de magnitud (CC-PMP) Da Pr necesarios para satisfacer la demanda hídrica del cultivo.

Pr= Profundidad radical (cm)

Lt= Longitud total de la microcuencia (cm)

Anaya:

Para este caso el Ac-As (área de escurrimiento, área de siembra respectivamente) se obtiene partiendo del siguiente razonamiento:

$$(UC - P) As$$

Volumen faltante en el área de siembra.

$$= PP Ce Ac$$

Volumen faltante aportado por el área de escurrimiento.

Anaya:

$$(UC - PAs)$$

$$Ac = \frac{(UC - PAs)}{PP Ce} As$$

$$PP Ce$$

donde:

Ac= Area de escurrimiento (m^2)

UC= Uso consuntivo del cultivo (m)

P= Precipitación pluvial (m)

pp= Precipitación pluvial según probabilidad de ocurrencia (m)

Ce= Coeficiente de escurrimiento (adimensional)

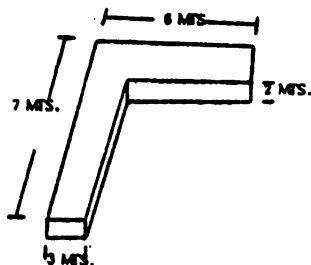
As= Area de siembra

Las variables respuestas fueron, Largo de Cladodio, ancho de Cladodio y Grueso de Cladodio.

Los resultados comparativos para estos dos modelos fueron bastante claros y aunque en ambos casos el nopal tuvo un bueno desarrollo la microcuencia del diseñado con el modelo del Dr. Hugo Velazco supera ligeramente a la diseñada con el modelo del Dr. Anaya. Fig. 2.

Cisterna de Almacenamiento

La cisterna de almacenamiento de escurrimiento que se había venido diseñando lo consideraba unas medidas de 3x3x3 para tener 10,000 litros de agua disponible (Vázquez y Salazar, 1995). Sin embargo la cantidad puede ser mayor aunque el costo se incrementa por lo que en la actualidad dada la necesidad de regar otras especies como el durazno se diseñó la cisterna con las características siguientes:



Cisterna de almacenamiento con capacidad de 60 M³.

Este tipo de cisternas permiten almacenar 60 mil litros y actualmente el agua captada se utiliza para regar nopal y durazno, la razón de dejar los 3 m de ancho es porque el retardador más utilizado es quiote y las longitudes encontradas en cuanto a grosor y resistencia son más comunes encontradas a 3 m de largo. Es su inicio la planta de nopal debe ser protegida contra roedores, por lo que se recomienda cercar con quiote, ocotillo o se dispone de recursos cercar con tela de pollo. La plantación se puede hacer en el bordo de la terraza lo cual protegería a este de la erosión o en el área de cultivo o entre bordos.

Retardadores de Evaporación

Este tipo de material que consiste en utilizar quiote u ocotillo nativos de la región o si se tiene plástico se puede utilizar, son convenientes colocarlos en un radio no menor de 60 m alrededor del nopal para proteger la humedad al máximo posible de la evaporación. Los estudios hasta la fecha nos indican que el mejor retardador para la zona árida de la Comarca Lagunera son los ya mencionados y a excepción del plástico los demás son fácilmente disponibles. Estos retardadores se pueden utilizar tanto en la variedad Selección R₂ y Nopalito las cuales ya fueron ampliamente probadas en la región y la División de Estudio de Posgrado de la F.A.Z.-U.J.E.D. tiene un lote de 1 hilera con esta variedades en producción para la obtención de planta la cual está disponible para técnicos y/o productores. Las variables de respuesta que se utilizaron para evaluar estas variedades fueron desarrollo del Cladodio y ancho y Número de Cladodio. Para esta publicación solo el desarrollo acumulado del Cladodio se utilizará (Gráficas 1 y 2). En donde el mejor retardador consistentemente fue quiote y plástico respectivamente. Por lo que ambos con la consideración del acotillo por ser material nativo y con características de sombreado similares al quiote son recomendados en estas zonas áridas.

CONCLUSIONES

- 1.- Las características de almacenamiento que forman parte del Sistema "SACEG 88" son de una utilidad determinante para captar agua y regar en períodos Críticos de Febrero a Junio el nopal u otro cultivo a establecer en las zonas áridas.

- 2.- El nopal es una excelente alternativa para aprovechar la humedad entre bordos y a lo largo del bordo de la terraza siempre y cuando se le proteja contra roedores y se le apliquen riegos complementarios para sobrevivir a la sequía tan severa de las zonas áridas.
- 3.- Los retardadores de evaporación son un comportamiento indispensable para el desarrollo del nopal en las terrazas.
- 4.- Las microcuencas son una alternativa viable para establecer el nopal fuera del área de cultivo de la cuenca hidrológica no importando mucho el grado dependiente.

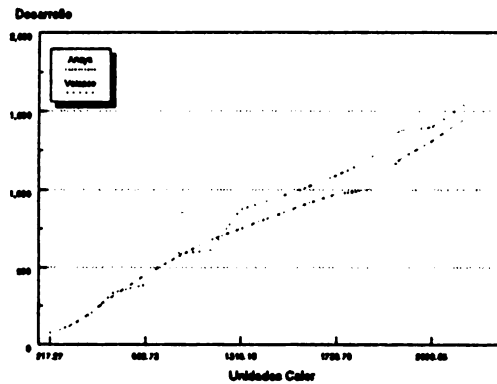
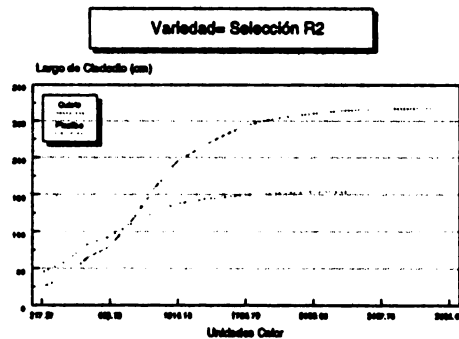
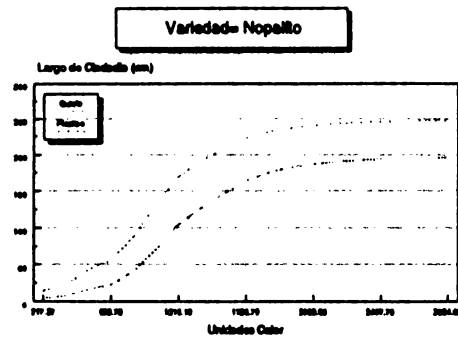


Figura 2. Valores Acumulados de Desarrollo Fenológico
 por obra de cosecha de agua de lluvia
 Ejido, fco. Villa, Lerdo, Dgo. 1993.



Grafica 1. Desarrollo del Cierdo del Nopal con
 Diferentes Retardadores de Evaporación
 FAZ-UJED. 1993.



**Grafico 2. Desarrollo del Ciudadelo del Nopal con
Diferentes Retardadores de Evaporación
FAZ-UJED. 1993.**

LITERATURA CITADA

1. Grenn O.S. et al (1992) Soli and water conservation Engineering. Editorial wiley.
2. Salazar S.E., et al (1995) Prácticas culturales para la captación del agua de lluvia en Nopal (*Opuntia spp*) en la Comarca Lagunera. Memoriar del 6to. Congreso Nacional y 4to. Congreso Internacional sobre el conocimiento y aprovechamiento del nopal.
3. Salazar S.E. y J.D. López M. (1995) Producción de orégano a través de prácticas culturales para la captación de agua de lluvia in situ en la Comarca Lagunera. Revista terra vol. 4 de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.
4. Salazar S.E., et al (1996) Retardador de Evaporación en nopal. (*Opuntia spp*) en el Ejido Fco. Villa, Dgo. Memorias de la Tercera Reunión Nacional sobre Sistemas de Captación de Lluvia.
5. Salazar S.E., et al (1996) Prácticas culturales para la captación del agua IN-SITU endiferentes cultivos en la Comarca Lagunera. Memorias de la Tercera Reunión Nacional sobre Sistemas de Captación de Lluvia.
6. Vázquez, V.C. y E. Salazar S. (1995) Establecimiento del Nopal (*Opuntia spp*) mediante el Sistema "SACEG 88" en la Cuenca Hidrológica de Fco. Villa, Dgo. Memorias del 6to. Congreso Nacional y 4to. Congreso Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal.

PROGRAMA DE CONSERVACION Y RECUPERACION DEL SUELO, LA VEGETACION Y LA FAUNA, MEDIANTE EL CULTIVO DEL NOPAL. UNA CONTRIBUCION AL DESARROLLO RURAL SUSTENTABLE DE LA MIXTECA POBLANA.

**Pedro Ponce Javana ¹
Claudio A. Flores Valdez ²
Pedro P. Ramírez Moreno ³**

INTRODUCCION

La Mixteca Poblana se caracteriza por un bajo potencial productivo, por un uso inadecuado de sus recursos naturales; provocando la pérdida de la cubierta vegetal y un alto grado de erosión, y como producto de lo anterior encontramos a la población con mayor marginación y pobreza del país, caracterizada por bajos ingresos, bajo nivel nutricional, alta tasa de mortalidad, bajo índice educativo y altos índices de migración.

Profesores y alumnos de la entonces escuela Nacional de Agricultura (ENA), iniciaron en los años setenta, trabajos de campo con los productores de la Región Mixteca. Posteriormente, se dedicaron a realizar investigación ligada a la producción; lo que culminó en un buen número de tesis y publicaciones, hasta lograr en la actualidad un grupo de trabajo interdisciplinario, que depende del Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM).

Con base en la experiencia generada en los trabajos previos; se planteó el Programa de Desarrollo Rural Sustentable para la Mixteca Poblana, proponiendo actividades que implican: Participación de los productores, generación de utilidades, conservación del suelo y recuperación de la vegetación.

¹ y ² *Profesor Investigador del Programa de Investigación y Servicio en Nopal, del CIESTAAM - UACH Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. Tel 91 (595) 5-02-79 Email: caflores@taurus1.chapingo.mx*

² *Profesor Investigador del Departamento de Economía Agrícola y Coordinador del Programa-Universitario en Investigación y Servicios en Nopal, del CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. Tel 91 (595) 5-02-79 Email: caflores@taurus1.chapingo.mx*

MATERIALES Y METODOS

1992-1993.- "Introducción den nopal forrajero en la Mexteca Poblana", con pequeños propietarios de Barranca Estaca, Municipio de Xayacatlán de Bravo y ejidatarios de Tonahuixtla, Municipios de San Jerónimo Xayacatlán, se introdujeron variedades de nopal sin espinas, con el objeto de probar su adaptación en terrenos abandonados, y que por su alto grado de erosión, no son aptos para la agricultura. En noviembre 26 de 1993 se llevó a cabo una demostración para productores de la región y funcionarios.

1993-1994.- instalación de un vivero en Tizantlán, municipio de Tehuizingo. Se instaló un vivero, con la participación del Programa de solidaridad Forestal de la SEDESOL, que proporcionó los recurso materiales, , la participación de la sociedad de Solidaridad social de Tuzantlán, que aportaron el terreno y la mono de obra; y la participación del Programa Nopal del CIESTAAM, que apoyó con la asistencia técnica.

En dicho vivero se plantaron 10,000 pencas de nopal forraje, de la variedad Copena F1; 1,000 pencas de nopal verdura, de la variedad Copena V1 y 10 pencas de cada una de 10 variedades de nopal tunero; se construyeron melgas de 1 metro de ancho por 30 metros de largo, y se plantaron las pencas a una distancia de 40 cm entre hileras y 30 cm entre plantas, con orientación de Oriente a Poniente; en 10 melgas se plantó el nopal con orientación de Norte a Sur; se le suministraba riego cada mes y antes de cada riego se le aplicaba estiércol de cabra, a razón de 100kg. por melga, El resultado obtenido es que para abril de 1994 se contaba con 55,000 pencas aptas para plantar.

1994-1995.- Recuperación Ecológica; por parte del Programa Nopal del CIESTAAM, se propuso ante el fondo Nacional de Empresas en solidaridad (FONAES) el proyecto titulado: "Programa de Conservación y Recuperación del Suelo mediante el cultivo de Nopal Forrajero para el Desarrollo Sustentable de la Ganadería en la Mixteca Poblana", que empezó a operar en Junio de 1995, con 41 ejidatarios constituidos en una empresa campesina del ejido Las Nieves Tecomate, perteneciente al Municipiode Acatlán de Osorio, con una cantidad asignada de \$ 465,000.00 para cultivar nopal en 100 ha., por lo que se procedió a realizar las siguientes actividades: Se cercaron 100 ha. de lomerío deteriorado por la erosión, con postes de cemento y alambre de púas. Se lotificó el terreno en parcelas de 2 ha., para los 41 socios de la empresa, dejando 18 ha. para pruebas de investigación. se llevó a cabo por cada socio el cepeado y la plantación a una distancia de 1 metro entre planta y planta y a 2 metros de distancia entre surco y surco.

Al momento de la plantación se aplicó abono (estiércol de cabra o vaca), aproximadamente 2 kg. por planta. Se cuenta con un área de pruebas, donde se están probando dosis de fertilización con 8 tratamientos, y que son los siguientes 1) Nitrógeno + Abono; 2) Nitrógeno + fósforo + Abono; 3) Nitrógeno + Fósforo; Abono; y 4) Nitrógeno + Fósforo; 5) Abono. 6) Fósforo, 7) Fósforo + Abono; y 8) Testigo. También, se asociaron al nopal, plantas forrajeras como la Leucaena y la Gliricidia.

RESULTADOS

- Con la introducción del nopal forrajero, se demostró que en condiciones de temporal se puede producir una penca hija por mes, que resiste los siete meses de sequía y al término de una año se hizo evidente la recuperación de los pastos y la vegetación nativa, manteniendo el área en exclusión de pastoreo por el ganado.
- En la instalación del vivero, se lograron producir dos pencas hijas por mes en condiciones de riego, se demostró que la variedad Copena VI fue más precoz, teniéndose brotes a la siguiente semana de sembrada y con 6 a 8 hijuelos; las pencas orientadas de Norte a Sur tardaron más en brotar y tuvieron menos brotes, aunque las pencas hijas fueron de mejor calidad (tamaño y grosor) y a los seis meses se tubo un total de 55,000 pencas. Al mismo tiempo, se produjo en condiciones de invernadero bajo sombra al 50 %, y con riego por aspersión, 15,000 plantas de *Leucaena*, *Glicicidia* y *Azadiracha indica*; misma que están sirviendo para la recuperación ecológica.
- En el Programa de Conservación y Recuperación del Suelo; se tiene en dos años una recuperación ecológica integral, ya que además de conservar y recuperar el suelo, la vegetación nativa y los pastos también se están recuperando. Estas 100 ha. han servido de nicho o refugio para la conservación de mamíferos, aves y reptiles. Las plantas forrajeras asociadas al nopal se desarrollan bien, y esperamos que además de producir forraje en proporción sombra, materia orgánica y nitrógeno al nopal.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de erosión en los suelos de la región Mixteca, el nopal es una alternativa viable para recuperar y conservar el suelo, los pastos y la vegetación nativa; así como la fauna silvestre. Por lo que el nopal puede contribuir a un equilibrio con producción ecológica, que contribuya a un Desarrollo Rural Regional Sustentable; ejemplo que puede ser retomado para las Mixtecas Oaxaqueña y Guerrerense.

Bibliografía

- Barrientos P., F. 1972. Rendimiento del nopal (*Opuntia ficus-indica*) Variedad Copena F1 a diversas densidades. Chapingo, Méx. Escuela Nacional de Agricultura. Colegio de Postgraduados.
- Flores Valdez, C.A. 1977. El nopal como forraje. Tesis Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Chapingo, Méx. Escuela Nacional de Agricultura.
- Marroquín, S.J. 1964. Estudio económico dasonómico de las zonas áridas del norte de México. INIF México, D.F.

UBICACION

La Mixteca Poblana se ubica al Sur del Estado de Puebla, dentro de los paralelos 18 ° 00' y 19 ° 00' de Latitud Norte y los meridianos 98 ° 00 y 99 ° 00' de Longitud Oeste, colindando al Noroeste con el Estado de Morelos, al Sur con el Estado de Oaxaca la conforman cuatro distritos electorales locales y 57 municipios. En la Mixteca dominan los climas cálidos subhúmedos (Aw), con precipitaciones que varía de 650 a 850 mm anuales con seis meses de sequía y temperaturas promedio anuales de 20 °C, sin presencia de heladas. Los suelos más frecuentes son regosoles y litosoles y la vegetación dominante es la selva baja caducifolia.

La Mixteca comprende una superficie de 823,979 ha., que de acuerdo al uso se divide de la siguiente manera: 119,533 ha. se dedican a agricultura de temporal y sólo 26,058 ha. son de agricultura de riego, 266,082 ha. se usan con fines pecuarios, 395,510 ha. se utilizan con fines forestales; y el resto, 16,796 ha. se ubican en poblaciones, caminos y otros usos.

ANTECEDENTES

La Mixteca se caracteriza por un uso prolongado e inadecuado de sus recursos (obtención de madera, carbón y leña, a la vez agricultura de monocultivo con maíz, seguido de sobrepastoreo de bovinos y caprinos), provocando la pérdida de la cubierta vegetal y un alto grado de erosión, y esto, entre otras causas, ha resultado en que su población se encuentre entre las de mayor grado de marginación del país, caracterizada por bajos ingresos, bajo nivel nutricional, bajo índice educativo, altos niveles de delincuencia y muy altos índices de migración.

Profesores y alumnos de la entonces Escuela Nacional de Agricultura, iniciaron en los años setenta trabajo de campo con los productores de la Región Mixteca, posteriormente se dedicaron a realizar investigación ligada a la producción, lo que culminó en un buen número de tesis y publicaciones, hasta lograr en la actualidad un grupo de trabajo interdisciplinario, que depende del Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM).

Ante esta situación y con base en la experiencia generada en los trabajos previos, se planteó el Programa de Desarrollo Rural Sustentable para la Mixteca Poblana, proponiendo actividades que implican: participación de los productores, generación de utilidades, conservación del suelo y recuperación de la vegetación.

DESARROLLO DEL PROGRAMA.

Las actividades desarrolladas en los últimos cinco años se describen a continuación:

1992-1993.- "Introducción del Nopal Forrajero en la Mixteca Poblana" con pequeños propietarios de Barranca Estaca, Municipio de Xacatlán de Bravo y ejidatarios de Tonahuixtla, Municipio de San Jerónimo Xayacatlán, se introdujeron variedades de nopal sin espina, con el objetivo de probar su adaptación en terrenos abandonados y que por su alto grado de erosión, no son aptos para la agricultura; obteniéndose buenos resultados, ya que en condiciones de temporal se produjo en promedio de cada planta una penca hija por mes, de demostró su resistencia a la sequía de siete meses y el término de un año se hizo evidente el inicio de la recuperación de los pastos y de la vegetación nativa. En noviembre 26 de 1993, se llevó a cabo una demostración para productores de la región y funcionarios, donde se demostró la viabilidad del cultivo del nopal para la conservación y recuperación de los suelos. Actualmente parte del nopal está siendo utilizada para la producción de grana de cochinilla.

1993-1994.- Instalación de un Vivero en Tuzantlán, Municipio de Tehuiztzingo. Se instaló un vivero con la participación del Programa de solidaridad Forestal de la SEDESOL que proporcionó los recursos materiales; la participación de la sociedad de Solidaridad Social de Tezantlán, que aportaron el terreno y la mano de obra y la participación del Programa Nopal del CIESTAAM, que apoyó con la asistencia técnica y capacitación.

En dicho vivero se plantaron 10,000 pencas de nopal forrajero de la variedad Copena F1, 1,000 pencas de nopal verdura de la variedad Copena V1 y 10 pencas de cada una de 10 variedades de nopal tunero. Se construyeron melgas de 1 m de ancho por 30 m de largo y se plantaron las pencas a una distancia de 40 cm entre hileras y 30 cm. entre plantas, con orientación de oriente a poniente; en 10 melgas se plantó el nopal con orientación de norte a sur; se les suministraba riego cada mes y antes de cada riego se les aplicaba estiércol de cabra a razón de 100 kg por melga.

Resultados.- En el nopal verdura se tuvieron brotes más rápidos a razón de 6 a 8 hijuelos y en el nopal forraje se tuvieron de 5 a 6 brotes a los 15 días de plantados. Las pencas orientadas de norte a sur tardaron más en brotar y tuvieron menos brotes, aunque la producción de pencas hijas fue de mejor calidad (tamaño y grosor). A los seis meses se tuvo una producción de 50,0.00 pencas, mismas que fueron trasladadas a los terrenos definitivos. Al mismo tiempo se produjo en condiciones de invernadero bajo sombra al 50% y riego por aspersión, 15,000 plantas de Leucaena, Gliricidia y neem, mismas que están ya plantadas en áreas de recuperación ecológica.

1994-1995.- Recuperación Ecológica. Por parte del programa Nopal del CIESTAAM. se propuso ante el Fondo Nacional de Empresas en Solidaridad (FONAES). el proyecto titulado. "PROGRAMA DE CONSERVACION DEL SUELO, MEDIANTE EL CULTIVO DEL NOPAL FORRAJERO PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA GANADERIA EN LA MIXTECA POBLANA"., que empezó a operar en junio de 1995, con 41 ejidatarios constituidos en una empresa campesina del ejido Las Nieves- Tecomate, perteneciente al municipio de Acatlán de Osorio, con un cantidad asignada de \$ 462,000.00 para cultivar nopal en 100 ha. por lo que se procedió a realizar las siguientes actividades: Se cercaron 100 ha. de lomerio, deteriorado por la erosión, con postes de cemento y alambres de púas. Se lotificó el terreno en parcelas de 2 ha. para los 41 socios de la empresa, dejando 18 has. para pruebas de investigación. Se llevó a cabo por cada socio el cepeado y la plantación a una distancia de 1 m entre planta y planta y a 2 m de distancia entre surco y surco. Al momento de la plantación se aplicó abono (estiércol de cabra o vaca) aproximadamente 2 kg por planta. Se cuenta con una área de pruebas donde se están probando dosis de fertilización, con diferentes densidades de siembra. Se asoció el nopal con plantas de Leucaena y Gliricidia.

Avances.- El nopal cultivado está contribuyendo a la conservación y recuperación del suelo. La vegetación nativa y los pastos naturales se están recuperando. Estas 100 ha. han servido de nicho y refugio para la conservación de mamíferos, aves y reptiles. Las plantas forrajeras asociadas al nopal se desarrollan y funcionan bien al proporcionar sombra, materia orgánica y nitrógeno al nopal.

Problemática Enfrentada.

Sin embargo, el proyecto no ha tenido hasta el momento el apoyo decisivo por parte del Gobierno del Estado de Puebla que sería fundamental para movilizar otras instituciones estatales y federales en aras de apoyar este tipo de proyectos, que han demostrado ser apropiados para los grupos marginados y ecológicamente mas deteriorados de la región Mixteca. Un recuento de las instituciones que han participado y un análisis de su actuación se presenta a continuación:

La Universidad Autónoma Chapingo, a través de su Comité de Servicio ha apoyado el servicio en la Mixteca con los siguientes montos y años: 1993 \$ 5,000.00; 1995 \$ 10,000.00 y 1996 \$ 10,000.00. Aunque en este último año rechazó un proyecto para apoyar la instalación de un vivero. Los montos autorizados se han utilizado para cubrir traslados y estancias de profesores y alumnos en la zona.

Solidaridad Forestal de la SEDESOL, Puebla, aprobó en noviembre de 1994, un proyecto titulado "Reactivación de un Vivero para Producción de Nopal y Especies Nativas de la Selva Baja" en que participaron productores de Tuzantlán, municipio de Tehuiztzingo. SEDESOL proporcionó \$ 76,000.00, los productores tierra, agua y mano de obra y los técnicos de Chapingo, asistencia técnica y capacitación, así como semillas de diversas especies. El vivero funcionó muy bien sembrándose 10,000.00 plantas de nopal y 15,000 de especies forestales. Sin embargo, en abril de 1995, el Gobierno del Estado decidió suspenderlo, lo que provocó que el vivero dejara de funcionar y que los promotores del vivero emigraran a Nueva York.

Con el Fondo Nacional de Empresas en Solidaridad (FONAES) desde 1994 se empezó a proponer un proyecto denominado " Programa de Conservación y Recuperación del Suelo mediante el cultivo del Nopal para el Desarrollo Sustentable de la Ganadería Bovina en la Mixteca Poblana". En un principio y a su sugerencia de FONAES se proyectó para 1,000 ha. en 10 municipios, posteriormente se redujo a 300 ha., para quedar finalmente aprobado en 1995 con 100 ha. y una sola comunidad, las Nieves Tecomate, del Municipio de Acatlán de Osorio, con un monto de \$ 460,000.00, de los cuales sólo se ejercieron \$ 340,000.00, la diferencia que correspondía a fertilizantes y pesticidas, no se ejerció porque los "técnicos" de FONAES consideraron que no eran necesarios, poniendo en peligro la recuperación de la inversión y el trabajo invertido por los productores.

FIRCO durante julio a agosto de 1996 apoyó con despensas (4 t. de maíz y 2 t. de frijol) a los ejidatarios de las Nieves-Tecomate, para que abonaran el nopal, lo cual fue sumamente útil, dada la irresponsabilidad de FONAES, que espera obtener producción sin atender los cultivos de nopal y especies asociadas.

FIFONAFE coordinadamente con la Procuraduría Agraria (oficinas centrales) aprobó en septiembre de 1996 \$ 24,000.00 para el cultivo de la grana de cochinilla, con dos grupos de 10 mujeres (Barranca Estaca y Tonahuixtla), sólo se inició el proyecto en Tonahuixtla, debido a que el grupo de Barranca Estaca estaba infiltrado por Antorcha Campesina y éstos boicotearon el proyecto.

PRONARE.- Estatal. A pesar de que el personal de Chapingo y productores de la Mixteca son miembros del Consejo Estatal Forestal y de que se presentaron durante 1996, proyectos bien elaborados para instalar tres viveros en la Mixteca, estos fueron rechazados, argumentando que se proponían especies de lento crecimiento, sugiriendo se plantara Eucaliptos y Casuarinas, la verdad es que las dependencias que participan en el PRONARE en Puebla, envía a una comunicadora) y los restantes miembros son sólo pasantes de Agronomía o Biología. Actualmente no existe un vivero en la Mixteca que trabaje las especies originarias de la región.

La Fundación de Apoyo a la Infancia (FAI) en julio de 1996 aprobó \$ 20,000.00 para la instalación de un vivero en Teotlalco Puebla, para cultivar nopal y especies nativas, el cual está funcionando regularmente. Con esta misma organización se plantea iniciar viveros en la Mixteca de Guerrero.

La Dirección de Restauración y Conservación de Suelos de la SEMARNAP en diciembre de 1996 aprobó \$ 146,000.00 para reforzar el vivero de Teotlalco y \$ 80,000.00 para construir presas de gaviones en la misma comunidad. los montos fueron transferidos a la Delegación Puebla y éstos lo comprobaron con notas de combustible, no sabiéndose a la fecha, si se podrán ejercer para lo que fueron aprobados.

La Dirección de Programas Regionales de la SEMARNAP aprobó en octubre de 1996 la elaboración de un estudio para diseñar el Programa de Desarrollo Regional Sustentable para 23 municipios de la Mixteca Poblana y 32 municipios de la Mixteca Oaxaqueña. Este proyecto que está en marcha nos permitirá disponer de un excelente diagnóstico de la región a través de un Sistema de Información Geográfica y un Banco de Datos. Por su parte, la realización de talleres comunitarios y regionales ha permitido motivar a productores y a la población en general para realizar acciones de política que conlleven al desarrollo sustentable, habiéndose constituido Consejos Regionales, uno para cada Mixteca, para proponer proyectos de inversión y darle seguimiento al Programa.

COQUIA (*Kochia scoparia* L. Schrad Var. *Esmeralda*), FORRAJE DE BAJO COSTO Y ALTA EFICIENCIA EN EL USO DE AGUA.

Manuel Anaya Garduño ¹

PROBLEMATICA

La escasez de forraje está provocando considerables problemas a nivel mundial ya que mucho ganado muere, sobretodo, en la época seca. Lo anterior, indica la necesidad de buscar nuevas opciones entre las diversas plantas forrajeras. En México, se empieza a agudizar la problemática por la falta de forraje en la mayor parte de las entidades federativas.

ADAPTACION

El género *Kochia* tiene una gran adaptabilidad, actualmente se encuentra en los cinco continentes. Se desconoce la superficie a nivel mundial dedicada a este género; sin embargo, su utilización es cada vez mayor en 20 países.

CARACTERISTICAS DE LA COQUIA

El género *Kochia* es originario de la depresión salina de Barabinskaya, cerca de Novosibirsk en la región Centro-Sur de Asia y se estableció en América a principios de este siglo. En México, se utiliza desde hace más de 25 años, ya se conoce en más de 15 entidades federativas, entre ellas destacan: Durango, Chihuahua, Coahuila, Sonora, Querétaro, Hidalgo, Tlaxcala, Oaxaca y Puebla.

La Coquia (*Kochia scoparia* L. Schrad var. *Esmeralda*) de la familia Chenopodiaceae, es una planta anual.

La Coquia es una planta rústica, de bajo costo y alto contenido de proteína; es resistente a la sequía y crece en gran variedad de suelos, incluyendo los salinos y erosionados.

Esta planta representa una de las opciones para hacer frente a la muerte del ganado por carencia de forraje; crece bien en zonas áridas, semiáridas, y subhúmedas.

¹

Profesor Investigador Titular. Colegio de Postgraduados, Instituto de Recursos Naturales. Carr. México-
Texcoco km. 36.5 Montecillos, Texcoco, Edo. de México C.P. 56230 Tel/Fax: (595) 1-03-23

ASPECTOS AGRONOMICOS

Desde el punto de vista agronómico, la fecha de siembra de la Coquia es de enero a mayo bajo condiciones de riego; en temporal al inicio de las lluvias. La Coquia (var. Esmeralda) requiere de condiciones óptimas de humedad durante la germinación y la emergencia. En los primeros 20 días, el crecimiento es lento, ya que apenas alcanza una altura de 2-3 cm; después puede crecer más de 1 metro por mes y alcanzar alturas hasta de 2m. al momento de corte.

El método de siembra es igual que para la alfalfa; en terrenos accidentados, se puede sembrar al voleo. Se recomienda, *no tapar la semilla con más de 3 milímetros de espesor*, con una densidad de siembra de 8 a 10 kg/ha. De preferencia debe aplicarse abono orgánico, o una fertilización con 60 kg/ha de nitrógeno y 40 kg/ha de pentóxido de fósforo.

El terreno debe de estar libre de malezas, de lo contrario el rendimiento de la Coquia disminuirá considerablemente. La Coquia es tolerante a las Triazinas.

El momento de corte adecuado se da cuando la floración está a 5%, período cuando la planta alcanza su mayor contenido proteínico, el cual es de 16 a 28%.

Es importante hacer el corte a 15 cm sobre el ras del suelo para facilitar el rebrote. La Coquia es una planta anual; por lo tanto, el número de cortes varía de uno a tres y está en función del clima y suelo. El primer corte es el de mayor rendimiento, razón por la cual algunos productores prefieren volver a sembrar, sobre todo cuando obtienen de 70 a 80 ton/ha de forraje verde en 65-75 días, lo cual equivale a una ganancia neta de \$ 12,000.00 a 14,000.00 por hectárea por cosecha.

VENTAJAS

- ✓ Amplia adaptación a climas y suelos.
- ✓ Tolerante a la salinidad (hasta 14 ds/m),
- ✓ Crece en tepetatales roturados,
- ✓ Resistente a la sequía, una vez establecida en buenas condiciones de suelo,
- ✓ Soporta bajas temperaturas, cuando germina,
- ✓ Resistente a plagas y enfermedades,
- ✓ El forraje se puede conservar en forma de silo, de heno y de "pellets",
- ✓ Forraje de alta calidad, comparable con la alfalfa,
- ✓ Rústica y económica y
- ✓ Alta relación beneficio/costo. (5:1; 7:1)

CONSUMO DE AGUA

La Coquia se distingue también por su bajo consumo de agua, requiere 4 - 6 veces menos que lo que necesita la alfalfa ya que con sólo 200 mm de lluvia se llega a producir de 40 a 70 toneladas de forraje verde por hectárea y en condiciones de riego con 50-60 cm de agua, la producción puede alcanzar de 80 a 130 ton/ha de materia verde. La Coquia se presenta así, como una alternativa para reducir el abatimiento de los acuíferos (Comarca Lagunera, Costas del Pacífico, el Bajío, Valle de México y Valle de Puebla)

Bajo condiciones de temporal, se recomienda la captación de lluvia con microcuencas ó con manejo de escurrimientos superficiales, con el objeto de incrementar los rendimientos de forraje.

POTENCIAL FORRAJERO

Esta planta crece desde el nivel del mar hasta 2,600 msnm, con pH desde 5 hasta 12; tolera bajas temperaturas al germinar. Requiere de labranza mínima y el costo de cultivo es bajo, ya que con 8-10 kg/ha de semilla se puede sembrar una hectárea. La Coquia es un forraje versátil ya que el ganado la puede pastorear directamente, también se puede ensilar, henificar y además se pueden hacer "pellets". Esta planta es de rápido crecimiento, es de alta gustosidad, buena digestibilidad y baja en fibra.

NUTRICION ANIMAL

Su alto contenido en proteína y utilizada como complemento en la dieta, hace que se obtengan buenos incrementos diarios en el peso de diferentes especies animales, del rango de 200 a 300 gramos en ovinos y de 800 a 1,200 gramos en bovinos.

La planta es recomendada hasta en un 30 % del total de la dieta de rumiantes: ganado de carne, lechero, cabras y borregos y llegar al 40 %, en equinos, cerdos, aves y conejos.

También se utiliza para consumo humano. Se prepara como el quelite, la espinaca y el romerito.

Cuando la Coquia se proporciona en un 35 % del total de la dieta animal, el consumo de agua se incrementa en un 25 %, sobretodo, cuando el forraje proviene de suelos salinos.

POTENCIAL SOCIO-ECONOMICO Y ECOLOGICO

Esta planta representa un alto potencial socioeconómico para las comunidades dedicadas a las actividades ganaderas, en donde predomina el temporal y en áreas bajo riego es una buena alternativa para reducir el abatimiento de los mantos acuíferos. Con 70 toneladas de forraje verde por hectárea se obtiene una relación beneficio/costo de 6:1, lo cual repercute favorablemente en las actividades pecuarias. Además, se puede utilizar como fuente de proteína en alimentos balanceados y ayudar a reducir los costos de producción en la alimentación de diversas especies animales.

Potencial Forrajero de la Coquia en el Rancho Santa Rosa, Texcoco, México.

Eficiencia en el uso de agua (E.U.A)

$$\text{E.U.A (Coquia)} = \frac{10,000 \text{ m}^2 \times 0.2 \text{ m}}{14,000 \text{ kg m.s.}} = \frac{2,000 \text{ m}^3}{14,000 \text{ kg m.s.}} = \frac{2,000,000 \text{ litros}}{14,000 \text{ kg m.s.}} = 143 \text{ litros/kg de m.s}$$

$$\text{E.U.A. (Alfalfa)} = \frac{10,000 \text{ m}^2 \times 2.0 \text{ m}}{20,000 \text{ kg m.s.}} = \frac{20,000 \text{ m}^3}{20,000 \text{ kg m.s.}} = 1,000 \text{ litros/kg m.s.}$$

* m.s.: materia seca

La Coquia resultó con una eficiencia en el uso del agua de 7 veces más que la alfalfa.

Análisis Económico

$$\text{Beneficio} = 14,000 \text{ kg m.s.} \times 1.00 = \$ 14,000/\text{ha}$$

Costo de producción = \$ 2,800.00 (Preparación del terreno, semilla. siembra, corte, picado y transporte)

$$\text{Relación B/C} = \frac{14,000}{2,800} = 5.0$$

Es decir, por cada peso invertido se obtienen \$ 5.00

En el caso de la alfalfa, la relación B/C resulta igual a $= \frac{20,000.00}{9,000.00} = 2.2$; es decir, que por

cada peso invertido se obtienen \$ 2.20

Entre el 5 de mayo y el 26 de septiembre de 1997, se obtuvieron dos cosechas de forraje de Coquia (60-40 ton/ha en verde) con (194 y 160 mm, respectivamente); es decir, en un período de casi cinco meses.

BENEFICIOS ESPERADOS

- ➡ Utilización de tierras marginales,
- ➡ Mayores ingresos por hectárea por concepto de producción de forraje,
- ➡ Mejoría económica e incremento en la producción de carne, leche y huevo,
- ➡ Mejoramiento ecológico (fijación de CO₂),
- ➡ Impacto en el bienestar social (generación de empleos, mejores ingresos per capita) y
- ➡ Transición hacia el desarrollo sustentable.

CONCLUSIONES

En México, cada vez más Instituciones de enseñanza, investigación y desarrollo tecnológico así como dependencias oficiales, gobiernos estatales y organismos no gubernamentales realizan investigaciones y demostraciones de esta excelente planta, que son el apoyo para su uso y manejo por los diferentes tipos de productores agropecuarios. Esta planta, de bajo costo, rústica y alta en proteína representa una real opción forrajera. Además, por su bajo consumo de agua, representa una solución para la recuperación de acuíferos, como en el caso de la Comarca Lagunera.

BIBLIOGRAFIA

- Anaya, G.M. (1992). Socioeconomic and ecological potential of *Kochia* as a fodder crop to complement rangeland management in arid and semi-arid regions of Mexico. IVth International Rangeland Congress, Montpellier, France. pp. 356-359
- Anaya, G.M. (1993). *Kochia*: A new alternative for forage under high salinity conditions of Mexico. H. Lieth A. Al. Masoom (Eds.): Towards the rational use of high salinity tolerant plants. Vol. 1:459-464. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
- Anaya, G.M. (1996). *La Kochia scoparia L. Schrad* (Coquia). Una opción forrajera para zonas aridas y semiaridas de México en: Estudios de Caso de Especies Vegetales Para las Zonas Aridas y Semiaridas de Chile y México. Serie: Zonas Aridas y Semiáridas N° 10. FAO. Santiago de Chile, Chile Pags. 47-110
- Anaya, G.M. (1996). *Kochia*: Una real opción forrajera para zonas aridas. Colegio de Postgraduados, Instituto de Recursos Naturales. Montecillo, Méx. Video de 10 min. de duración.

- Castilla, L.J.L. (1990). Utilización de *Kochia scoparia* (L) (schrad) con melaza y fosfato dicálcico en raciones para ovejas en desarrollo. Tesis de Lic. UAAAN. Saltillo, Coah., México.
- CONAZA, (1994). Coquia: Una Alternativa Forrajera. Saltillo, Coah. 12 pag.
- Contreras, G.P.E, G.P.E. (1987). Evaluación de 12 fechas de siembra en *Kochia* (*Kochia scoparia*) bajo condiciones de riego en el norte de Coahuila. Avances de investigación agrícola en zonas de riego y temporal. INIFAP-SARH. p. 304-305
- Díaz E., L.F. (1995). Potencial productivo de la *Kochia scoparia* en suelos salinos del Valle de México. Tesis Doctoral, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx. México. 260 pp.
- Estrada, de la C. I. (1993). Estudio sobre la degradación *in situ* de la *Kochia scoparia* (L) *Schrads* para la alimentación de rumiantes. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Depto de Zootecnia. Chapingo, México. 60 pp.
- Farias, J.M. (1985). Adaptación del cultivo: *Kochia scoparia* a las condiciones de la Comarca Lagunera. SARH. Centro de Inv. Agr. del Norte. Avances de Investigación Agrícola. CIAN. 85:031:47-48. Torreón, Coah.
- Flores, N.M.S. (1992). Eficiencia en la producción de leche en cabras criollas con la utilización de *Kochia scoparia* como sustituto de alfalfa en la Región Lagunera. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 10. Ejido Ana, Torreón Coah.
- García, C.R., et. al. (1989). Digestibilidad Aparente de *Kochia scoparia* (L) *Roth* en Borregos. XXI Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal (AMPA). Octubre 11-14, 1989. Centro de Ganadería. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Mex. México.
- González, P.R.J. (1983). Observación de la *Kochia* (*Kochia scoparia*) en el norte de Coahuila. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Zaragoza, Coahuila, México.
- Herrera, G.F. (1997). Germinación y Desarrollo de Plántulas de *Coquia* (*Kochia scoparia* L. *Schrads* Var. *esmeralda*) en Soluciones Salinas. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Instituto de Recursos Naturales. Montecillo, México 95 pags.

- Ocadiz, R.J. y M.G. Anaya (1997). Engorda de conejos con "pellets" de Coquia y Alfalfa en diferentes porcentajes. Univ. Autónoma Chapingo, Depto. de Zootecnia. Chapingo, México.
- Osuma, O.M. (1985). Evaluación de 16 fechas de siembra en *Kochia scoparia* bajo condiciones de temporal. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. (CIAN) Torreón, Coah.
- Reyna Izaguirre, D.M. (1994). Competitividad económica de un cultivo de introducción *Kochia scoparia* (L.) Schrad en alimentación de ovinos. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México. 109 pp.
- Tepayotl, M.C. (1997). Recuperación de suelos salinos con aguas pretratadas utilizando como indicador el cultivo de Coquia (*Kochia scoparia* L. Scharad Var. Esmeralda). Tesis Profesional. FES-Zaragoza. Carrera de Biología. México, D.F. 90 pags.

LOGROS Y PERSPECTIVAS DE LA INVESTIGACION DEL PROGRAMA DE BASICOS DE LA DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO DE LA FAZ-UJED PARA UN DESARROLLO SUSTENTABLE.

Enrique Salazar Sosa ¹
José Santiago Valenzuela Rey ²
Rodolfo Zamora Nuñez ³

INTRODUCCION

El maíz se produce aproximadamente en 153 países que significan el 94% de los países que forman el globo terraqueo, es decir lo encontramos disperso en América, Europa, Africa, Asia y Oceanía. En los últimos años se han cosechado en el mundo 130 millones de hectáreas de maíz con un rendimiento medio de 3.5. ton/ha; a Estados Unidos corresponden 27 millones de hectáreas con un rendimiento de 7.5 ton/ha. En México se cultivan 19 millones de hectáreas de las cuales el 42% (8 millones) se estinan anualmente a la producción de maíz con rendimientos de 3.5. y 1.5 ton/ha. para riego y lluvias favorables respectivamente (Luna y Gutiérrez, 1994).

La industria semillera en México a fines de la década de los 40's sólo alcanzía cubrir con semilla mejorada de híbridos formados con líneas S₁ un modesto 25% de los 8 millones de hectáreas que existen, en la década de los 70's se liberaron híbridos constituídos con líneas S₂-S₃ y posteriormente a inicios de los 80's se dió énfasis a las variedades de polinización libre (Gómez, 1994). Por lo tanto un amplio mercado nacional cuya demanda por semilla mejorada debe desarrollarse más rápidamente.

En esos dos millones de hectáreas, se comercializan anualmente cerca de 40 mil toneladas de Semilla certificada, de las cuales se ha importado en las últimas dos décadas un promedio anual de 4,388 toneladas de cruza simples que dominan el mercado de algunos distritos de Riego de la zona norte del País.

Se estima que para el año 2000 habrá una población de 100 millones de mexicanos que requerirá de 30 millones de toneladas de este grano para cubrir la demanda de fines de siglo. México es el principal consumidor de maíz blanco en el Mundo con un total de 10.2 millones de toneladas anuales para consumo humano y 5 millones de toneladas para uso forrajero e industrial.

1, 2 y 3

Maestros-Investigadores de la División de Estudios de Postgrado FAZ-UJED, Venecia, Dgo.

En base a este marco de referencia, el maíz es posiblemente la gramínea más estudiada a nivel mundial (Peraza, 1987), por tanto en nuestro país es uno de los granos cuyo principal uso es para la alimentación de la población, aves y ganado, ya que el maíz forma parte de la cultura y dieta de los Mexicanos. En el caso de la Comarca Lagunera para el año de 1996 se han cosechado en promedio. 24,282 hectáreas con rendimientos de 1.507 y 2,062 ton/ha. en el sistema ejidal y pequeña propiedad respectivamente.

Considerando que una de las alternativas para contrarrestar el efecto del medio es el manejo genético de los recursos fitogenéticos existentes en la región y la introducción de materiales, resistentes de otros ámbitos similares (Ron. 1994)

El Programa de Mejoramiento de cultivos básicos dentro de las líneas de investigación de la División de Estudios de Postgrado de la FAZ-UJED actualmente se encuentra en fase de liberación de una variedad de polinización libre susceptible de ser adoptada por productores y ejidatarios de la región; cuya variabilidad genética se está empleando en la formación de mestizos y evaluación de familias de medios hermanos.

OBJETIVOS

- Enriquecer la variabilidad Genética.
- Derivar, evaluar y seleccionar familias con caracteres como resistencia al acame parte medio, precoces, hoja erecta, semilla grande y vigorosa.
- Integrar 2 o 3 poblaciones.
Caracterizar morfológicamente y fisiológicamente progenitores de Sintéticos sobresalientes.

METAS

- Generar tecnología última que permita obtener máximos rendimientos de semilla de maíz de buena calidad de acuerdo a las condiciones socioeconómicas del productor de la Comarca Lagunera

REVISION DE LITERATURA

Los estudios de maíz tendientes a conservar la variación genética, así como su clasificación para ser utilizados posteriormente en beneficio del hombre son ricos y diversos a nivel mundial. En México la primera clasificación de la variación genética del maíz fué dada por Chávez en 1913. Posteriormente surgieron estudios a nivel Regional y Estatal tendientes a describir los diferentes tipos de maíz destacando los realizados por Cuevas

(1947) y Bautista (1949). Sin embargo en México el trabajo que marca la pauta en la clasificación del maíz fué realizado por Wellhausen et al (1951) quienes descubrieron las primeras 25 Razas mexicanas de maíz. Tuvieron que transcurrir 19 años para que Hernández y Alanís (1970) descubrieron otras 5 nuevas razas de maíz para México.

Goodman y Hernández (1991) mencionan la importancia de la conservación del maíz como un recurso de gran importancia en Latinoamérica.

Gutiérrez (1994) apunta que el maíz es el cereal de mayor importancia en el Continente Americano ya que es una de las plantas más útiles y de ellas se aprovechan todas sus partes: la materia verde (forraje), los tallos y las hojas secas (rastroy) como alimento del ganado: las hojas y basteas secas para envolver tabaco y hacer cigarrillos, así como de envoltura de alimento (tamales), las mazorcas tiernas (elotes), con los granos secos se hacen tortillas, atole, pinole, bebidas alcohólicas y muchos otros productos. El maíz constituye la base de la alimentación de las clases populares mexicanas en general de la mayor parte de los pueblos Latinoamericanos, por tal razón la investigación en este cultivo es indiscutible.

Molina, (1995) menciona que la selección masal ha sido usada por el agricultor desde el tiempo inmemorial para mejorar sus plantas cultivadas. El método en su forma tradicional ha sido efectivo, ya que ha hecho del maíz una de las plantas más eficientes para producir grano. Este hecho lo confirma por ejemplo, la evidencia de que el maíz de México, evolucionó desde las formas silvestres (tal vez teocintle) o la primitiva, como los especímenes arqueológicos de Tehuacán, Puebla Méx., hasta las altamente productivas de las razas Tuxpeño, Celaya y Chalqueño. Naturalmente que el cambio de maíz primitivo o maíz moderno ha tomado más de siete mil años dentro de un proceso evolutivo extremadamente lento, el cual ha sido posible acelerar mediante la aplicación de la genética.

Chávez (1987), define a la selección masal como la selección fenotípica en que la unidad de selección es el individuo (plantas o animales), donde se escoje un grupo de individuos fenotípicamente superiores, cuya descendencia de estos individuos son los que forman la siguiente generación.

Sus ventajas son las siguientes:

- 1.- Sencillez Cualquier individuo (campesino o agricultor) puede realizarla una vez que se le haya enseñado el procedimiento, pues siempre es fácil identificar en el campo las mejores plantas dentro de una población, de las cuales en la cosecha se recoge su semilla unitariamente.
- 2.- Mejor utilización del germoplasma, esto es debido a que se pueden manejar mayor número de individuos.
- 3.- Requiere de poco trabajo y de menos conocimientos científicos, por lo tanto un solo fitomejorador puede conducir varios lotes de selección masal al mismo tiempo, ésto permitió que los primeros mejoradores de plantas desde épocas remotas hayan utilizado la selección masal para formar nuevas variedades.

- 4.- Económico, no requiere elevados costos económicos en polinizaciones y evaluaciones, etc.

LOGROS Y AVANCES

Tomando en cuenta que el germoplasma mejorado ha sido la base genética para desarrollar variedades mejoradas superiores y estables en la producción de grano y forraje usados para generar alimentos básicos demandados por la población creciente. La población de amplia base genética asienta su origen en el ciclo agrícola primavera de 1982 donde se sembró un lote de recombinación de la raza tuxpeño y maíz ramoso la cual mediante un proceso de Selección Masal Comdn de 14 ciclos de recombinación originó la variedad "San Lorenzo" cuyo nombre se debe a que fué en esa localidad del municipio de San Pedro, Coah., donde se practicó esta metodología.

Como avances para la liberación de la variedad de polinización libre del Programa de Mejoramiento, se tienen evaluaciones en forma comercial en comparación con híbridos comerciales cuyos rendimientos se presentan en el Cuadro 1.

CUADRO 1. RENDIMIENTO MEDIO POR HECTAREA DE 12 MATERIALES GENETICOS EN LA FAZ-UJED DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO (1995-1997)

PARCELA DEMOST.	M A R C A	IDENTIFICACION	REND./HECTAREA	
			POTENCIA ESTIMADO	REAL
			(Kg./ha.)	(kg/ha.)
1	ASGROW	A-7520	4,153	10,527
2	ASGROW	A-7500	4,086	10,343
3	MASTER	MASTER TROPIC	3,900	9,832
4	GERMAIN'S	GC - 6256	3,700	9,283
5	ASPROS	AS - 951	3,600	9,009
6	ASPROS	AS - 910	3,493	8,751
7	F.A.Z.	SAN LORENZO	4,220	7,965
8	MASTER	T-E-1166.W	3,166	7,817
9	GERMAIN'S	GC - 6288.W	3,093	7,616
10	CARGILL	C-920	2,206	5,181
11	GERMAIN'S	GC-6292	2,153	5,035
12	PRONASE	H - 431	2,073	4,816

X 3,236.91 X 8,011.58

Durante el desarrollo del trabajo se hicieron parcelas demostrativas (PADEM) reflejándose dos aspectos importantes: una que las Instituciones educativas utilizan poco las parcelas demostrativas y otra que los productores si tienen interés en las tecnologías generadas. Se observa en el cuadro 1 que los híbridos provenientes de ASGROW superan al resto de los materiales, sin embargo la variedad "San Lorenzo" supera al 41.6 % de los algunos genotipos comerciales.

PESPECTIVAS

Se pretende ofrecer a los agricultores y a los campesinos de bajos ingresos materiales con características fenotópicas de resistencia al acame parte medio y hojas erectas los cuales presentan rendimiento, adaptación y tamaño de semilla.

CARACTERISTICAS DE SELECCION	NIVEL DESEADO
Ciclo de cultivo (Precoz a intermedio)	105-120 días a madures
Parte medio	2.40 m. de altura
Sanidad de Planta y mazorca a raya y rayado fino	Resistente
Buena cobertura	100% cobertura
Hojas erectas	Angulo de 35 a 50E
Uniformidad de la planta	Reducida T.de Altura
Tamaño grande y rendimiento de semilla	50-70% planos grande
Adaptabilidad al manejo intensivo	70-90 mil plantas/ha.
Niveles de labranza	Reducir a una escarda
Sincronía en floración	0-3 días de diferencia
Alto potencial de rendimiento	8 a 10 ton/ha (Intermedios) 6 a 8 ton/ha (Precoz)

CONCLUSIONES

- 1.- Existe variabilidad Genética en la variedad "San Lorenzo" que aprovechada correctamente en un programa de Mejoramiento Genético puede ser de gran utilidad para formar nuevos y mejores genotipos de maíz para las condiciones socioeconómicas de la Comarca Lagunera y acorde al gusto de los productores.
- 2.- Además del Desarrollo de Programas de Mejoramiento mediante el aprovechamiento de la variabilidad Genética en los diferentes nichos ecológicos se conserva el Recurso fitogenético el cual está en proceso de desaparición.

LITERATURA CITADA

- 1.- Gómez V.A.J. 1994. Hibridación en maíz para valles de gran altura (2,500 a 2,000 m.s.n.m.) Resúmenes del 11o. Congreso Latinoamericano de Genética y XV Congreso de Fitogenética Mty, N.L. Méx. p.366.
- 2.- Luna, F.M. y Gutiérrez, S.J.R. 1994. Análisis de la producción de maíz en Zacatecas Memorias del 11o. Congreso Latinoamericano de Genética y XV Congreso de Fitogenética. Mty, N.L. Méx. p.394.
- 3.- Peraza M.S. 1987 Determinación de fechas de siembra en 5 variedades y un híbrido de maíz bajo riego en el Valle del fuerte Primera Reunión Científica Forestal y Agropecuaria.
- 4.- Ron P.J. 1994 Mejoramiento de Germoplasma de Maíz del Trópico-Subtrópico. Resúmenes del 11o. Congreso Latinoamericano de Genética y XV Congreso de Fitogenética Mty, N.L. Méx. p.358

VARIEDADES DE CARTAMO (*Carthamus Tinctorius* L.) ESTABLES PARA CONDICIONES DE SEQUIA DE LA COMARCA LAGUNERA.

Enrique Salazar Sosa ¹
Rodolfo Zamora Nuñez ¹
Jose Santiago Valenzuela Rey ²

INTRODUCCION

En la Región Lagunera de Coahuila y Durango se presentan condiciones semi-áridas con problemas de agua y gran variación con respecto a condiciones de temperatura, en lo que se refiere al suelo, existe una gran diversidad por lo que el cártamo se podrá explotar como alternativa económica y con buena posibilidad de adaptación, en el ciclo 1993-94 se cultivarán 8,421 hectáreas con el genotipo tradicional y donde los rendimientos del cultivo han sido alrededor de 0.949 ton/ha.*, por lo tanto, se debe iniciar un trabajo de investigación con el objeto de obtener mayores producciones. En años atrás, el cártamo se consideró muy importante como cultivo de invierno porque se llegaron a sembrar hasta 20 mil hectáreas gracias a las avenidas del Río Aguanaval y del Río Nazas.

Debido a las caídas en la producción de semillas oleaginosas en la última década, la oferta global de las mismas decreció a un ritmo anual aproximado de 4% en los últimos 12 años donde el cártamo participa con el 7.5%. Esta disminución de la producción en el país ha ocasionado una gran dependencia del mercado internacional, derivándose un incremento en importaciones, lo cual hace patente la urgente necesidad de incrementar las cosechas y esto se puede lograr a través de mejores paquetes tecnológicos, incentivos económicos a los agricultores y apoyo financiero a la investigación, ya que con esto se utilizarán los recursos humanos de alto nivel académico como medida para la producción de semillas oleaginosas.

Como estrategia de producción podemos usar técnicas de mejoramiento que pueden dar alternativas de solución para llegar a formar variedades que reúnan las características de adaptabilidad y rendimiento, y puedan explotarse en cualquier sistema de producción agrícola.

^{1 2} Maestros-Investigadores de la División de Estudios de Postgrado FAZ-UJED Venecia, Dgo. Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia División de Estudios de Postgrado

* Fuente: El Siglo de Torreón. Ed. Especial 1o. Enero 1995

O B J E T I V O S

- 1.- Evaluar el comportamiento agrónomo de un grupo de genotipos de cártamo bajo las condiciones que prevalecen en diferentes sitios de la Comarca Lagunera a fin de conocer su adaptabilidad y respuesta a estos cambios ambientales.
- 2.- Identificar y seleccionar a través del análisis de parámetros de estabilidad los mejores materiales por su potencial de rendimiento, para recomendar su siembra en localidades con condiciones similares a las de la región.
- 3.- Proponer a los productores y campesinos de la Comarca Lagunera nuevas variedades de cártamo estables en su rendimiento.

HIPOTESIS

Los genotipos de cártamo presentan un comportamiento distinto cuando son sometidos a diferentes ambientes de la Comarca Lagunera.

REVISION DE LITERATURA

Importancia de los Parámetros de Estabilidad

La importancia de los parámetros de estabilidad estriba en identificar a las mejores variedades por su rendimiento y estabilidad del rendimiento cuando se les cultiva en diferentes condiciones ambientales, lo cual permite, de acuerdo a las características climatológicas y socio-económicas de la región en que se trabaja, recomendar los mejores genotipos para un buen manejo (ambiente rico), para un manejo deficiente (ambiente pobre) o bien de genotipos que muestren un alto comportamiento promedio cuando se les cultive en un amplio rango de ambientes.

Además de lo anterior, los parámetros de estabilidad son de primordial importancia en mejoramiento genético ya que son una buena herramienta para seleccionar hacia genotipos específicamente adaptados a ambientes pobres (baja fertilidad, escasa disponibilidad de agua, fertilización óptima, en fin, un buen manejo) aspecto que proporcionará una buena redituabilidad tanto al productor con pocos recursos como al que cuente con la técnica de producción más avanzada.

Uso de los Parámetros de Estabilidad (Sierra, 1992)

- 1.- Permite conocer el comportamiento del germoplasma en diferentes etapas de avance, ya sea desde la evaluación inicial con fines de discriminación hasta las etapas finales con propósitos de recomendación.

2.- Permiten seleccionar genotipos en función de su respuesta a las condiciones ambientales, eligiendo preferentemente genotipos que interaccionen poco con el medio y que produzcan altos rendimientos.

Al respecto, Eberhart y Russell en 1966 sugirieron que el modelo $Y_{ij} = \mu_i + B_{ij} + S_{ij}$, definen los parámetros de estabilidad que pueden ser usados para describir el comportamiento de una variedad sobre una serie de ambientes, donde Y_{ij} es la media varietal de la i -ésima variedad en el j -ésimo ambiente, μ_i es la media de la i -ésima variedad sobre todos los ambientes, B_i es el coeficiente de regresión que mide la respuesta de la i -ésima variedad al variar los ambientes. Definieron una variedad "estable" aquella que posea un coeficiente de regresión igual a uno ($B_i = 1$) y el cuadrado medio de las desviaciones tan pequeño como sea posible ($S^2_{di} = 0$) indican que la regresión de cada variedad hacia un índice ambiental y el cuadrado medio de las desviaciones de esta regresión proveen estimaciones de los parámetros de estabilidad deseados.

Por su parte, Carballo en 1970, en un estudio sobre comparación de variedades de maíz del Bajío y de la mesa central empleo los parámetros de estabilidad propuestos por Eberhart y Russell en 1966, y clasificó a las variedades en función del significado de los valores del coeficiente de regresión (B_i) y de las desviaciones de regresión (S^2_{di}) en las seis situaciones posibles que se indican en el Cuadro 1. Así cuando $B_i < 1$ indica una respuesta mejor en ambientes desfavorables y cuando $B_i > 1$ significa que la variedad responde bien en ambientes favorables. En lo que respecta a S^2_{di} , adoptó el término "Consistente" para indicar pocas fluctuaciones en relación con lo que se esperaba en determinados ambientes, es decir, $S^2_{di} = 0$, e "inconsistente" cuando $S^2_{di} > 0$ es decir, mayores fluctuaciones en los cambios ambientales alrededor de los que se debería esperar en función de la tendencia general de la variedad. Una variedad estable ($B_i = 1$ y $S^2_{di} = 0$) con un rendimiento elevado, son características que debe rednir una variedad "deseable".

MATERIALES Y METODOS

Veinte genotipos de origen diverso pertenecientes a la Colección Mundial de Cártamo incluyendo como testigos a materiales comerciales nacionales, fueron evaluados por su potencial de rendimiento económico de grano y comportamiento agronómico (Número de capítulos por planta, Número de semillas por capítulo y Peso de 250 semillas) en sitios representativos de la Comarca Lagunera durante tres años (1992-93 y 94) lo que hace un total de ocho ambientes de prueba. El diseño experimental utilizado fue un bloque al azar con dos repeticiones, la unidad experimental fue constituida por tres surcos de 3 m. de largo con 0.7 m y 0.10 m. de distancia entre surcos y plantas respectivamente, con una superficie de 6.3 m². Para la evaluación de la estabilidad se utilizó el modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966), para la interpretación de los parámetros de estabilidad se utilizó la clasificación de Carballo y Márquez (1970).

RESULTADOS Y DISCUSION

Para el interés de éste artículo sólo se presenta información del rendimiento económico ya que además de permitirnos mostrar la aplicación de los parámetros de estabilidad en el mejoramiento del cártamo nos permite mostrar algunos resultados relevantes del programa.

El análisis de varianza conjunto (Cuadro 1) no mostró diferencias significativas entre las medias varietales ni en variedades por ambiente (lineal). Lo primero indica que no existen diferencias en el potencial de rendimiento entre los genotipos evaluados, sin embargo se encontró que el mejor material fue el 14 (Noroeste UF-84) con 1.771 ton/ha lo cual significa un 21.05% de rendimiento más que el testigo regional Gila, lo segundo sugiere que los genotipos no difieren significativamente hacia la variación de ambientes, pero es importante observar que 1 45% de los materiales sus varianzas de desviaciones de regresión son diferentes de cero, donde los genotipos 6 (LRbano CM-1098), 19 (Torito) y Siria CM-1093) poseen las desviaciones de regresión más altas.

CUADRO 1. ANALISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO DE GRANO DE 20 GENOTIPOS DE CARTAMO EN OCHO AMBIENTES DE LA COMARCA LAGUNERA PARA ESTIMAR PARAMETROS DE ESTABILIDAD FAZ-UJED 1995.

FUENTES DE	GRADOS DE LIBERTAD	C.M.
Total	159	
Genotipos (G)	19	0.22
Ambiente (A)	40	
Ambiente (lineal)	1	
G x A (lineal)	19	0.26
Desviación Conjunta	120	0.23
Genotipo 2	6	0.23 *
3	6	0.22 *
5	6	0.43 *
6	6	0.75 *
7	6	0.27 *
8	6	0.27 *
11	6	0.24 *
12	6	0.22 *
19	6	0.47 *
Resto	66	1.44
Error conjunto	152	0.10

Respecto a los valores de las desviaciones de regresión el 55% de los materiales mostraron gran consistencia ($S^2_{di}=0$), donde los genotipos 14 (Noroeste UF-84), 10 (Sudan CM-1359), 18 (Torito), 9 (Egipto CM-1276) y 4 (Siria CM-1092) mostraron ser los más estables a través de la gama de ambientes (Cuadro 2). Por otra parte el genotipo 13 (RRo-70) mostró resistencia a las variaciones ambientales es decir presentó mayor especificidad a ambientes desfavorables ($b_i < 1$).

CUADRO 2. GENOTIPO CONSISTENTES DE CARTAMO EN OCHO AMBIENTES DE LA COMARCA LAGUNERA FAZ-UJED 1995.

No.	GENOTIPO	REND. BI TON/HA	S^2_{di}	CLASIFICACION	
1	India CM-73	1.40	1.37	-0.04	(a)
4	Siria CM-1092	1.48	1.13	0.07	(a)
9	Egipto CM-1276	1.53	0.87	0.10	(a)
10	Sudan CM-1359	1.59	1.12	0.03	(a)
14	Noroeste UF-84	1.77	1.20	0.00	(a)
15	Aceitera	1.51	0.61	0.00	(a)
16	Kino-76	1.37	0.63	-0.04	(a)
17	Sidwill	1.41	0.84	0.11	(a)
18	M-4055	1.56	0.81	0.00	(a)
20	Gila	1.46	1.05	0.09	(a)
13	Río-70	0.97	0.13*	0.02	(c)

(1) Clasificación de acuerdo a Carballo y Márquez 1970

(a) Genotipo Estable

CONCLUSIONES

El uso de los parámetros de estabilidad propuestos por Eberhart y Russell (1966) es una herramienta importante en la discriminación de genotipos para las diferentes etapas y en las diferentes líneas de investigación de mejoramiento en cártamo para la Comarca Lagunera.

BIBLIOGRAFIA

- Carballo, C.A. 1970. Comparación de variedades de maíz del Bajío y de la mesa central por su rendimiento y estabilidad. Tesis MC. CP. Chapingo, Méx.**
- Eberhart S.A. and Russell, W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop. Sci. 6:36-40.**
- Palomo, G.A. 1974. Interacción genotipo-medio ambiente y parámetros de estabilidad en variedades de algodónero (*G. Hirsutum* L.) para la Comarca Lagunera. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Post-graduados- E.N.A. Chapingo, MJxico.**
- SierSierra, M.M. 1992. La aplicación de los parámetros de estabilidad en el mejoramiento de maíz en la región sur de México: Memorias del Simposio Intereacción Genotipo-Ambiente en Genotecnia Vegetal, 26 y 27 de marzo de 1992 en Guadalajara, Jal. Méx. p. 239-260.**

EL SISTEMA DE LABRANZA DE CONSERVACION EN LA PRODUCCION DE MAIZ PARA GRANO.

Luis Javier Hermosillo Salazar ¹

Enrique Salazar Sosa ²

Armando Espinoza Banda ³

INTRODUCCION

En la búsqueda de nuevas alternativas y metodologías que permitan eficientar la productividad en los diversos sistemas productivos, los productores agropecuarios de la Comarca Lagunera con el cambio de patron de cultivos y con la cada vez más abierta competencia internacional, requiere de nuevas opciones y metodologías que permitan eficientar la producción en diversos aspectos y más aún en aquellos prioritarios como lo son la producción de alimentos para satisfacer la demanda de una población cada día mayor, además hoy en día se hace necesario una mayor conservación de los recursos naturales y renovables y mantener la productividad y disminuir los costos de producción, ya que actualmente la preparación del terreno involucra un alto costo económico, aunado al efecto nocivo que pudiera tener sobre las propiedades físicas del suelo cuando no se realiza adecuadamente, de ahí que se proponga la utilización de sistemas de labranza de conservación como una alternativa que satisface lo anteriormente expuesto a los productores de la Comarca Lagunera.

OBJETIVOS

Los objetivos generales del presente trabajo fueron:

1. Reducir el volumen de agua utilizada por el sistema de conservación en comparación con el tradicional.
2. Disminuir los costos de maquinaria y en general incrementar la rentabilidad del sistema de producción.

¹ *Profesor Investigador UAAAN-UL*

^{2 y 3} *Profesores Investigadores DEP-FAZ-UJED*

REVISION DE LITERATURA

Hopkins y Patrick (1970), investigaron la relación entre compactación de suelo, alteración y crecimiento radicular, encontrando que a bajos niveles de compactación, el crecimiento radicular aumenta con la concentración de oxígeno, mientras que a altos niveles de compactación, el crecimiento radicular apenas era afectado al incrementarse la alrenación del suelo, posiblemente debido a que el crecimiento estaba controlado mayoritariamente por la resistencia del suelo.

La estrecha relación entre la resistencia del suelo y la penetración radicular, está ampliamente documentada en la literatura.

Grimes et al 1975, Taylos y Gardner (1963), Grimes et al (1975) de acuerdo a los resultados de los trabajos de investigación realizados por estos investigadores, se concluye en términos generales que resistencias mayores a 20 kg-cm² ocasionan crecimientos limitados de la raíz en cultivos, tales como alfalfa, maíz, algodón.

METODOLOGIA

El presente proyecto se realizó durante el año de 1997 en terrenos de la UAAAN-UL, estableciéndose para ello módulos de producción para el cultivo de maíz grano en lotes de 1,680 m². Durante el ciclo del cultivo se tomaron muestras de suelo antes de la siembra del cultivo y posterior a la cosecha analizándose las propiedades físicas del suelo, rendimiento y análisis económico.

RESULTADOS

En el cuadro 1 se observan las actividades desarrolladas durante el ciclo del cultivo.

Cuadro 1. Actividades Desarrolladas Durante el Cultivo

ACTIVIDAD	FECHA	SISTEMA
Preparación suelo y bardeo	20-03-97	L. tradicional
Riego	20-03-97	L. tradicional
Siembra	05-04-97	L. tradicional
Siembra	10-04-97	L. conservación
Riego	12-04-97	L. conservación
Riego	20-04-97	L. tradicional
Riego	20-05-97	L. tradicional
		L. conservación
Aplicación herbicida	03-06-97	L. conservación
Riego	16-06-97	L. tradicional
Riego	21-06-97	L. conservación
Cosecha	20-10-97	L. tradicional

Se puede observar en el cuadro 1 que el sistema de labranza tradicional se le proporcionan cuatro riegos y al de labranza de conservación tres.

En el cuadro 2 se muestran los costos unitarios de las actividades desarrolladas en el proyecto.

Cuadro 2. Costos Unitarios por Actividad Desarrollada Durante el Proyecto.

ACTIVIDAD	COSTO UNITARIO	SISTEMA	TOTAL COSTO
Barbecho	\$150.00	L. tradicional	\$150.00
Rastreo	100.00	L. tradicional	100.00
Bardeo	80.00	L. tradicional	80.00
		L. conservación	80.00
Riego	70.00	4. riegos L. tradicional	280.00
Siembra	100.00	3 riegos L. conservación	210.00
		L. tradicional	100.00
Aplicaci herbicida	70.00	L. conservación	100.00
		L. conservación	130.00
Cosecha	250.00	L. tradicional	250.00
		L. conservación	250.00

Del cuadro 2 se puede observar que el sistema de labranza tradicional tiene un costo de producción de \$960.00 por hectárea y en el sistema de conservación de \$770.00 por hectárea.

Los rendimientos obtenidos fueron de 5.9 Ton ha⁻¹, para el sistema de labranza tradicional y de 7.2 ton ha⁻¹ para el sistema de conservación, teniéndose un ingreso de \$5,220.00 para el sistema tradicional y de \$5,760.00 para el de labranza de conservación.

CONCLUSIONES

El sistema de labranza de conservación hace mas rentable el sistema de producción de maíz. Además de hacer un uso mas racional del recurso agua.

LITERATURA CITADA

Hopkins R.M. y W.H. Patrick Jr. (1970) combined effect of oxygen concentration and soil compaction on root penetration Soil Sci 108: 408-13.

Grimes D.W. R.J. Miller y P.C. Willey 1975 cotton and corn root development in two field soils of different shength characteristics agron J. 67: 519-523.

Grimes D.W., W.R. Sheesley y P.L. Willey 1978. Alfalfa root development and shout regrowth in compact soil of wheel trafic patterns. Agronomy Journal. 70: 955-958.

Taylor H.M. y H.R. Gardner 1963. Penetration of cotton seedling taproots as influenced by bulk density, moisture content and shength of soil. Soil Sci 96: 153-156.

TOLERANCIA A SEQUIA EN GIRASOL (*Helianthus annuus* L.) UNA OPCION PARA LA ZONAS ARIDAS DE LA COMARCA LAGUNERA

Armando Espinoza Banda ¹
Luis J. Hermosillo S. ²
Diana Escobedo López ³
José Santiago Valenzuela Rey ⁴

RESUMEN

Se evaluaron 16 genotipos de girasol bajo condiciones simuladas de sequía en el laboratorio de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la U.J.E.D. Se utilizaron cuatro potenciales osmóticos (0, 4 y 6 y 8 atm), en cuatro tiempos a 24, 48, 72, y 116 horas. La respuesta se estimó en porcentaje de germinación. El potencial osmótico se preparó en base a manitol como soluto y agua destilada como solvente de acuerdo a la fórmula de Van Hoff (Godoy, 1985) Se utilizó un diseño en bloques al azar, con arreglo en parcelas Subdivididas donde la parcela mayor fue el genotipo, la subparcela los potenciales osmóticos y los tiempos la parcela menor. El objetivo del presente estudio fue identificar genotipos tolerantes a sequía y determinar el ambiente óptimo de selección para girasol. Los resultados indicaron diferencias alteraciones. Los genotipos más sobresalientes fueron Yugovostock y Victoria, el ambiente de selección se estableció en el período de 48 h y 10 atm. a 72 h y 5 atm.

DROUGHT TOLERANCE IN SUNFLOWER (*Helianthus annuus* L.) OPTION IN ARID ZONES IN THE COMARCA LAGUNERA.

ABSTRACT

Sixteen genotypes of sunflower were evaluated in simulated drought condition in the faculty of Agriculture Zootechnia of the U.J.E.D. genetic laboratory. Four osmotic potentials were utilized (0,4, 6 and 8 atm) in four times at 24, 48, 72 and 116 hours, The answer was considered in percentage of germination. The osmotic potential prepared based on manitol like solute and distilled water how solvent according to the formula of Van't Hoff (Godoy, 1985).

^{1 y 2} *Profesores Investigadores U.A.A.A.N.; FAZ-UJED, Torreón, Coah. FAX: 91 (17) 33-12-10*

^{3 y 4} *Profesores Investigadores FAZ-UJED, Gómez Palacio, Dgo. Apdo. Postal 142 C.P. 35,000 Tel. 35000 Tel. 91 (17) 28-50-05*

A design in complete randomized blocks was used, at with arrangement in Subdivided parcels and three replications where the greater parcel was the genotype, the osmotic potencial the sup-plot and the times the minor parcel. The objetive of the present study was identify tolerant genotypes to drought and determine the optimal enviromental of selection for sunflower. The results indicated differences highly significant for times (T), osmotic potential (P) and genotypes (G), as well as for theri interactions. The best genotypes was Yugovostock and Victoria and the optimal enviromental of selection settled down in the period of 48 h and 10 atm to 72 h and 5 atm.

INTRODUCCION

Las zonas áridas y semiáridas presentan una gran problemática derivada de la escasez del agua. Esta problemática se torna relativa si se considera que de los 196 millones de hectáreas que comprende el territorio nacional, el 53% son áridas. Significa que un poco más de la mitad del país tiene como característica principal un clima con altas temperaturas y baja precipitación que comprende grandes áreas con temporales deficientes para la producción. Esta basta extensión se se encuentra en la parte norte de México.

En el estado de Durango, existen dos zonas temporales bien definidas, la primera conocida comúnmente como los llanos, con precipitaciones predecibles regulares y suficientes para la producción y la segunda como los llanos, con precipitaciones predecible regulares y suficientes para la producción y la segunda denominada temporalera marginal, con precipitaciones menores a 200 mm, temperaturas promedio de 21 °C, y un período libre de heladas de abril a septiembre. Esta región cuenta con una superficie aproximada de 38 mil hectáreas a la cual no se le ha brindado suficiente atención, pues en términos de política agrícola no se advierte el establecimiento de programas productivos que procuren integrár a la zona temporalera en una dinámica más productiva.

La estrategia para estas regiones estriba en implementar programas que eficienten la escasa humedad, ya sea a través de prácticas culturales, la utilización de cultivares eficientes en el uso del agua y/o seleccionando aquellos tolerantes a la sequía.

El girasol por sus características agronómicas puede ser una opción para diversificar el sistema productivo en las áreas temporaleras marginales, pues este cultivo puede ser usado con doble propósito, es decir, se puede sembrar como cultivo oleaginoso si existe humedad disponible para cosechar el grano o bien si el año es muy seco y la cosecha de grano no sea posible, puede aprovecharse como forraje para ganado.

La sequía ha sido estudiada durante años, en fechas recientes se han puesto en práctica diversos métodos para inducir sequía bajo ambientes controlados, estudiar las bases de la tolerancia y seleccionar genotipos que presenten característcticas favorables.

Las técnicas utilizadas son diversas; una de ellas se refiere a la germinación de genotipos bajo condiciones que simulan el potencial total del agua en el suelo, utilizando soluciones osmóticas a base de plímeros de elevado peso molecular, provocando stress en uno de los procesos fisiológicos más importantes de la planta, como lo es la germinación. Este es el objeto del presente trabajo.

OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo es caracterizar y seleccionar genotipos por su capacidad de germinación en altos potenciales osmóticos, así como establecer el ambiente óptico para la selección en girasol.

REVISION DE LITERATURAL

Se señala que las áreas con precipitaciones de 0-400 mm, cubren una superficie cercana a los 50 millones de hectáreas, aproximadamente una cuarta parte de México. Durango tiene una superficie total cercana a los 12 millones de hectáreas, de las cuales el 30% están clasificadas como áridas y semiáridas.

La sequía intraestival, suele ser el factor determinante en la producción de los cultivos en estas áreas, a pesar de que ha sido estudiada durante años, biológicos en las diferentes disciplinas han recurrido a diferentes métodos, tanto para el entendimiento de éste fenómeno como para la selección de materiales tolerantes.

La germinación de semillas bajo presiones osmóticas con polímetros de elevado pesos molecular, ha demostrado ser un método eficiente en la selección para tolerancia a sequía, en frijol (alvarado, 1972), maíz (Valdés, 1976; Rivera y Muñoz, 1988, Orona 1989), alfalfa (Expinoza, 1985), Aragón, 1985 y Lira, 1987) y zacate gigante (Espinoza, 1985), han utilizado con éxito éste método.

MATERIALES Y METODOS

Localización del sitio experimental.

La investigación se realizó en el laboratorio de genética de la Facultad de Agricultura y Zootecnia, la cual se localiza en el km 30 de la carretera Gómez Palacio- Tlahualilo, Dgo. Entre los paralelos 25° 40' y 26° 40' latitud norte y los meridianos 102° 30' y 104° 00' longitud oeste, con una altura de 1100 msnm.

Material Genético.

Se utilizarón dieciséis genotipos de girasol (*Helianthus annuus* L.) de diverso origen geográfico. Cuadro 1

Cuadro 1 Material genético elevado en condiciones hipertónicas

NÚMERO	GENOTIPOS	ORIGEN
1	P13-CH	MEXICO
2	P16CH	MEXICO
3	P5 -CH	MEXICO
4	P2-CH	MEXICO
5	P12CH	MEXICO
6	P4-CH	MEXICO
7	IREGI-CSIKOS O	HUNGRIA
8	IREGI-SCIKOS S.	FAZ-UJED
9	ISANKA	FRANCIA
10	VNIMK	RUSIA
11	PEREDOVICK L	RUSIA
12	YUGOVOSTOK	YUGOSLAVIA
13	VICTORIA	MEXICO
14	CERNIANKA O	RUSIA
15	TECMON-1	ITESM
16	LEUCICLE	FRANCIA

Material de Laboratorio

Se utilizó: manitol, cajas petri, agua destilada, papel filtro, etiquetas, termómetro ambiental, matraz elenmeyer, autoclave, balanza analítica y pipetas graduadas.

Preparación de soluciones. Los potenciales osmóticos se presentaron utilizando manitol como soluto y agua destilada como solvente, de acuerdo a la fórmula de Vant't Hoff (Kramer 1974, Godoy, 1985):

$$Y = (RT / Va) Ns$$

Donde:

Y = Potencial Osmótico

R = Constante de los gases 0.082

Va = Volúmen del agua

Ns = Número de solutos

T = Temperatura en grados Kelbios.

Los gramos de soluto (Ns) de manitol utilizados para cada potencial y molaridad se presentan en el cuadro 2

Cuadro 2 Potencial osmótico, molaridad y gramos de manitol

Potencial osmótico Y (atm)	Molaridad	Soluto (gr/L)
0	0	0
5	0.2	36.434
10	0.4	72.854
15	0.6	109.302

Establecimiento y conducción. El material de laboratorio fué previamente lavado y esterilizado en autoclave. En las cajas petri se colocó el papel filtro y se depositaron 50 semillas para cada tratamiento; se etiquetaron y se les agregó quince milímetros de solución correspondiente a cada tratamiento. Las cajas se colocaron en las mesas del laboratorio; Para uniformizar la iluminación se colocaron lámparas de luz blanca, además de un termómetro ambiental. La semilla fué previamente tratada con fungicida.

Diseño experimental. Bloques completos al azar con tres repeticiones, donde la unidad experimental fué la caja petri.

Análisis estadístico. Los datos se analizaron en dos formas, de acuerdo a los objetivos planteados. Una análisis individual de cada tiempo (24, 48, 72 y 116 horas) para cada potencial osmótico, con el objeto de estimar los parámetros genéticos (σ^2 σ^2 σ^2 y H^2) para detectar de acuerdo a su magnitud, el ambiente óptico de selección (Comstock y Moll) Cuadro 3 Un análisis combinado, considerando los tres factores (Genotipos, Potenciales Osmóticos y Tiempo), para conocer las interacciones entre factores. En este caso los datos de analizarón como un arreglo de parcelas sub-subdivididas, donde a los genotipos se les asignó la parcela mayor, la subparcela a los potenciales y los tiempos a la sub-subparcela. (cuadro 4) El modelo lineal del análisis individual: $Y_{ij} = \mu + R_j + T_i + E_{ij}$

Donde :

Y_{ij} = Observación del i-ésimo genotipo en la j-ésima repetición.

μ = Media general.

R_j = Efecto de la j-ésima repetición.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

E_{ij} = Error experimental.

$i = 1 \dots \dots \dots g ; j = 1 \dots \dots \dots r.$

Cuadro3. Análisis de varianza individual.

F. de V.	G de L.	C. M.	B.C.M.
Repetición	(r-1)	M_3	$\sigma_b^2 + t \sigma_r^2$
Genotipos	(g-1)	M_4	$\sigma_a^2 + r \sigma_g^2$
Error Experimental	(r-1)(g-1)	M_4	σ_e^2

Análisis combinado : $Y_{ijkl} = \mu + R_j + T_i + E_{(a)} + P_j + TP_{ij} + E_{(b)} + G_{ik} + PG_{jk} + TPG_{ijk} + E_{(kl)}$

Donde :

Y_{ijkl} = Observación del i-ésimo tiempo en el j-ésimo potencial osmótico, en el k-ésimo genotipo en la l-ésima repetición.

$i = 1 \dots \dots \dots t$

$j = 1 \dots \dots \dots p$

$k = 1 \dots \dots \dots g$

$l = 1 \dots \dots \dots r.$

μ = Media General

T_i = Efecto del i-ésimo tiempo

P_j = Efecto del j-ésimo potencial osmótico

G_{ik} = Efecto del k-ésimo genotipo

$E_{(a)}$ = Error experimental, donde $E_{(a)} \sim \text{DNI}(0, \sigma_a^2)$ 224

$E_{(b)}$ = Error experimental, donde $E_{(b)} \sim \text{DNI}(0, \sigma_b^2)$

Cuadro 4 Análisis de varianza combinado

$E_{ijk} =$ Error experimental, donde $E \sim \text{DNI} (0, \sigma^2_e)$

F. de V.	G de L.	C. M.	E.C.M.
Repetición	(r-1)	M_{11}	$\sigma_e^2 + g \sigma_{rp}^2 + tpg \sigma_r^2$
Tiempo (T)	(a-1)	M_{10}	$\sigma_e^2 + r \sigma_{tg}^2 + rp \sigma_{tg}^2 + g \sigma_{rp}^2 + g \sigma_{rp}^2 + rpg \sigma_t^2$
Error (a)	(r-1)(a-1)	M_9	$\sigma_e^2 + g \sigma_{rp}^2 + gp \sigma_n^2$
Potencial Osmótico(P)	(p-1)	M_8	$\sigma_e^2 + r \sigma_{tg}^2 + rt \sigma_{tg}^2 + g \sigma_{rp}^2 + rg \sigma_p^2 + rtg \sigma_p^2$
T x P	(t-1)	M_7	$\sigma_e^2 + r \sigma_{tg}^2 + g \sigma_{rp}^2 + rg \sigma_p^2$
Error (b)	(p-1)(t-1)	M_6	$\sigma_e^2 + g \sigma_{rp}^2$
Genotipos (G)	(g-1)	M_5	$\sigma_e^2 + r \sigma_{tg}^2 + rp \sigma_{tg}^2 + rtp \sigma_g^2$
T x G	(t-1)(g-1)	M_4	$\sigma_e^2 + r \sigma_{tg}^2 + rp \sigma_{tg}^2$
T x G x P	(t-1)(g-1)(p-1)	M_3	$\sigma_e^2 + r \sigma_{tg}^2$
Error (c)	(p-1)(r-1) / tp	M_2	σ_e^2
Total	(rpgt-1)	M_1	

Variable medida. Se cuantificó el número de semillas germinadas por caja petri, transformándose a porcentaje. Se consideró como semilla germinada la presencia del hipocotilo fuera de la testa.

Parámetros estimados. De los análisis de varianza, se estimaron: La varianza genética (σ^2), fenotípica (σ^2), heredabilidad (H^2), el error estandar (SE) y el coeficiente de variación (CV), los cuales se utilizaron como principales indicativos de los resultados.

RESULTADOS Y DISCUSION

En general se observó que los genotipos disminuyen su capacidad de germinación al incrementarse el potencial osmótico (Yo), y que a medida que avanza el factor tiempo (T), ésta tiende a incrementarse (Alvarado, 1972), Figura 1 A las 24 h en los potenciales de 10 a 15 atmósferas (atm), no se detectó germinación, lo mismo ocurrió en 48 y 72 h y 15 atm, donde no fué posible realizar el análisis de varianza.

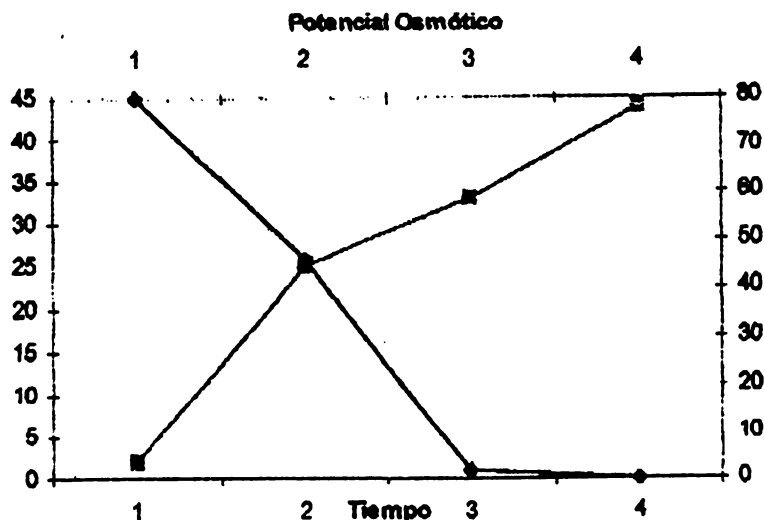


Figura 1. Comportamiento del porcentaje de germinación en cuatro tiempos y potenciales osmóticos diferentes.

Excepto en 72 horas y cero (0) atm y 116 horas y 10 atm donde no se observó significancia, el análisis de varianza individual fué significativo para el resto de cada tiempo y potencial de germinación, lo que indica la capacidad diferencial de los genitipos al nivel de estrés. Como el valor del coeficiente de variación (CV) está en función de la magnitud de la media, el incremento de los mismos se debe a que el potencial osmótico reduce drásticamente la media de germinación, más que en valor de la varianza genética de tratamientos (Falconer, 1996). Cuadro 5.

Cuadro 5. Significancia de cuadros medios para 16 genotipos elevados en cuatro potenciales osmóticos y tiempos de germinación.

Tiempo (h)	F. de V.	G.L.	Potenciales Osmóticos (γ_0)			
			0	5	10	15
24	Genotipos	15	775.43**	185.3**	0.0	0.0
	Rep.	2	71.3	11.89**	0.0	0.0
	Error	30	23.46	22.13	0.0	0.0
	C.V.		17.3	62.98	0.0	0.0
48	Genotipos	15	102.86*	161.35**	69.58**	0.0
	Rep.	2	1.79	22.43	0.82	0.0
	Error	30	42.13	35.69	11.82	0.0
	C.V.		9.17	13.31	92.61	0.0
72	Genotipos	15	71.61ns	753.42**	81.77*	0.0
	Rep.	2	1.61	3.56	24.14	0.0
	Error	30	53.03	40.64	32.29	0.0
	C.V.		9.54	12.04	50.76	0.0
116	Genotipos	15	55.65**	88.14*	79.16ns	13.95*
	Rep.	2	12.73	0.79	17.85	9.60
	Error	30	66.18	39.10	49.42	6.76
	C.V.		10.15	9.41	35.24	306.60

La contribución de la varianza genética (σ^2) a la varianza total fenotípica (σ^2), se refleja en la magnitud de la heredabilidad (H^2) ya que en general ésta tiende a ser mayor a medida de que transcurre el tiempo hasta 72 h. La misma tendencia se advierte cuando se eleva el potencial entre 5 y 10 atm (Cuadro 6). Estos resultados sugieren de acuerdo a Comstock y Moll (1963) que el ambiente óptico de selección deberá estar entre 48 y 72 h. de germinación a 5 y 10 atm.

Cuadro 6 Parámetros genéticos para porcentaje de germinación de 16 genotipos de girasol elevados en cuatro potenciales osmóticos y tiempos de germinación

Tiempo (h)	Parámetros Genéticos	Potenciales Osmóticos (γ_0)			
		0	5	10	15
24	σ^2_e	23.46	22.13	0.0	0.0
	σ^2_g	250.65	54.36	0.0	0.0
	σ^2_{ph}	258.47	61.76	0.0	0.0
	H^2 (%)	96.97	88.05	0.0	0.0
48	σ^2_e	42.13	35.70	11.82	0.0
	σ^2_g	20.24	41.89	19.26	0.0
	σ^2_{ph}	34.29	53.78	23.19	0.0
	H^2 (%)	59.03	77.87	84.29	0.0
72	σ^2_e	52.01	40.64	32.30	0.0
	σ^2_g	6.20	237.59	16.49	0.0
	σ^2_{ph}	23.87	251.14	27.26	0.0
	H^2 (%)	25.96	94.60	60.51	0.0
116	σ^2_e	66.18	39.10	49.42	6.76
	σ^2_g	-3.51	16.34	9.91	2.40
	σ^2_{ph}	18.55	29.38	26.39	4.65
	H^2 (%)	-18.93	55.53	37.57	51.56

El análisis de varianza para los tres factores y sus interacciones fué altamente significativo, lo cual indica que los ambientes de prueba fueron los indicados y que los genotipos responden de manera diferente a dichas condiciones (Valdéz 1976, Rivera y Muñoz 1988, Espinoza 1988=). Cuadro 7

Cuadro 7 Significancia de cuadros medidos del análisis de varianza combinado.

F. de V.	G de L.	C. M.
Repetición	2	6.31
Tiempo (T)	3	38759.48**
Error (a)	6	7.02
Potencial Osmótico(P)	3	169970.19**
T x P	9	7792.99**
Error (b)	24	11.10
Genotipos (G)	15	418.73**
T x G	45	135.59**
T x G x P	45	229.92**
Error (c)	135	102.45**
Total	480	26.69

La magnitud de los parámetros genéticos y su contribución relativa (Cuadro 8), indican que la varianza genética fué la de mayor importancia con un valor de 8.554 y una contribución relativa de 60.95 %, que es un alto valor de heredabilidad como debería esperarse en un carácter de tipo cualitativo fácil de seleccionar.

Cuadro 8 Parámetros genéticos y su contribución relativa.

Parámetros Genéticos	Valores	%
σ^2_g	8.55	60.95
$\sigma^2_{g^2}$	0.56	3.96
$\sigma^2_{g^2_{23}}$	0.66	18.92
$\sigma^2_{g^2_{ga}}$	0.69	4.93
$\sigma^2_{g^2_{g^2}}$	1.58	11.24
σ^2_{pe}	14.03	100.0

Cuadro 9. Porcentaje medio de germinación en cuatro potenciales osmóticos de 16 genotipos de girasol

Genotipo	Potenciales Osmóticos (γ_w)				\bar{y}
	0	5	10	15	
P13-CH	99	89*	16*	0	51.0*
P 6-CH	99	93*	8	0	50.0*
P 5-CH	99	89*	6	0	48.5*
P 2-CH	98	90*	15*	0	50.75*
P12-CH	98	77	8	0	45.75
P 4-CH	97	88*	5	0	47.50
IREGI-CSIKOS O.	97	86*	18*	0	50.25*
IREGI-CSIKOS S.	97	87*	21*	0	51.25*
ISANKA	96	80	10*	0	46.5
VNIIMK-1646	96	80	24*	2*	50.5*
PEREDOVICK I.	95	79	8	0	45.5
YUGOVOSTOK	95	76	18*	0.6	47.4
VICTORIA	95	79	4	0	44.5
CERNIANKA O	95	90*	12*	0.6	49.4*
TECMON-I	94	63	12*	0	42.75
LEUCICLE	94	88*	17*	0	49.75*
Media	96.5	83.5	12.63	0	48.2
Rango	5	28	20	0.6	8.5

*Significativo al 0.05

El cuadro 9 muestra los valores promedio de germinación de los 16 genotipos en cada potencial osmótico al final del trabajo (116 h). En el testigo (0 atm), la germinación fué de 96.5 % en promedio, con un rango de solo 5%, indicando que la semilla utilizada en el trabajo tenía buena germinación, no habiendo diferencias estadísticas entre los genotipos. De 5 a 15 atmósferas el rango y la media de germinación variaron incrementó ésta, disminuyó su capacidad de germinación. En promedio, nueve genotipos fueron superiores e iguales estadísticamente sobresaliendo los genotipos Yugovostock, P4-CH y Victoria.

CONCLUSIONES

Se concluye que la evaluación de material genético con la técnica de germinación en altos potenciales osmóticos, combinados con la genética-estadística, son una herramienta útil que permite la discriminación de materiales para tolerancia a sequía.

Lo anterior nos permitió:

- Identificar a nueve genotipos con posibilidades de prosperar en ambientes de escasa precipitación, sobresaliendo Yugovostock y Victoria por sus valores más altos de germinación.
- Ubicar, el ambiente óptico de selección, que deberá estar entre 48 y 72 h de germinación a 5 y 10 atm.

BIBLIOGRAFIA

- Alvarado J., D. 1972 Evaluación del método de germinación en condiciones hipertóxicas de variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con resistencia a sequía y posible diferenciación de variedades bajo condiciones de laboratorio. Tesis de maestría. División de Ciencia Agropecuarias y Marítimas Programa de grados I.T.E.S.M. Monterrey, N.L. México.
- Aragón C., M. 1985. Estudio de la tolerancia y susceptibilidad del trigo (*Triticum*. sp) a la salinidad y algunos mecanismos de adaptación. Tesis Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Comstock, R.E., and R.H. Moll. 1963. Genotype environment interaction. In Statics genetics and plant breeding. Nat. Acad. Sci. Res. Coun. Publ. 892. Washington, D.C.
- Espinoza E., Z.R. y K. Sathyanarayanan 1985. Clasificación de colecciones de zacate-gigante (*Leptochloa dubia* H. B. K. Ness) por su grado de resistencia a sequía en manitol. Agraria. I (2): 143-147.
- Falconer, D., A. 1980. Introducción a la genética cuantitativa. Ed. C.E.C.S.A. México.
- Lira R., H. 1987. Determinación de la resistencia a la sequía en la fase de germinación de diez genotipos de trigo. Memorias. C.N.C.S. Zacatecas, México.
- Orona R., N. 1989. Evaluación de líneas avanzadas de maíz (*Zea mays* L.) tolerantes a sequía en Calera, Zacatecas. Tesis de Licenciatura. FAZ-UJED. Venecia Dgo. México.
- Rivera G., M. y S. Muñoz C. 1988. Evaluación de técnicas de laboratorio para identificar genotipos de maíz (*Zea mays* L.) tolerantes a sequía. Memorias. C.N.C.S. Cd. Juárez Chihuahua, México.

TOLERANCIA A SEQUIA EN GIRASOL (*Helianthus annuus* L.) UNA OPCION PARA LA ZONAS ARIDAS DE LA COMARCA LAGUNERA

Armando Espinoza Banda ¹
Luis J. Hermosillo S. ²
Diana Escobedo López ³
José Santiago Valenzuela Rey ⁴

RESUMEN

Se evaluaron 16 genotipos de girasol bajo condiciones simuladas de sequía en el laboratorio de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la U.J.E.D. Se utilizaron cuatro potenciales osmóticos (0, 4 y 6 y 8 atm), en cuatro tiempos a 24, 48, 72, y 116 horas. La respuesta se estimó en porcentaje de germinación. El potencial osmótico se preparó en base a manitol como soluto y agua destilada como solvente de acuerdo a la fórmula de Van Hoff (Godoy, 1985) Se utilizó un diseño en bloques al azar, con arreglo en parcelas Subdivididas donde la parcela mayor fue el genotipo, la subparcela los potenciales osmóticos y los tiempos la parcela menor. El objetivo del presente estudio fue identificar genotipos tolerantes a sequía y determinar el ambiente óptimo de selección para girasol. Los resultados indicaron diferencias alteraciones. Los genotipos más sobresalientes fueron Yugovostock y Victoria, el ambiente de selección se estableció en el período de 48 h y 10 atm. a 72 h y 5 atm.

DROUGHT TOLERANCE IN SUNFLOWER (*Helianthus annuus* L.) OPTION IN ARID ZONES IN THE COMARCA LAGUNERA.

ABSTRACT

Sixteen genotypes of sunflower were evaluated in simulated drought condition in the faculty of Agriculture Zootechnia of the U.J.E.D. genetic laboratory. Four osmotic potentials were utilized (0,4, 6 and 8 atm) in four times at 24, 48, 72 and 116 hours, The answer was considered in percentage of germination. The osmotic potential prepared based on manitol like solute and distilled water how solvent according to the formula of Van't Hoff (Godoy, 1985).

^{1,2} *Profesores Investigadores U.A.A.A.N.; FAZ-UJED, Torreón, Coah. FAX: 91 (17) 33-12-10*

^{3,4} *Profesores Investigadores FAZ-UJED, Gómez Palacio, Dgo. Apdo. Postal 142 C.P. 35,000 Tel. 35000 Tel. 91 (17) 28-50-05*

A design in complete randomized blocks was used, at with arrangement in Subdivided parcels and three replications where the greater parcel was the genotype, the osmotic potencial the sup-plot and the times the minor parcel. The objetive of the present study was identify tolerant genotypes to drought and determine the optimal enviromental of selection for sunflower. The results indicated differences highly significant for times (T), osmotic potential (P) and genotypes (G), as well as for theri interactions. The best genotypes was Yugovostock and Victoria and the optimal enviromental of selection settled down in the period of 48 h and 10 atm to 72 h and 5 atm.

INTRODUCCION

Las zonas áridas y semiáridas presentan una gran problemática derivada de la escasez del agua. Esta problemática se torna relativa si se considera que de los 196 millones de hectáreas que comprende el territorio nacional, el 53% son áridas. Significa que un poco más de la mitad del país tiene como característica principal un clima con altas temperaturas y baja precipitación que comprende grandes áreas con temporales deficientes para la producción. Esta basta extensión se se encuentra en la parte norte de México.

En el estado de Durango, existen dos zonas temporales bien definidas, la primera conocida comúnmente como los llanos, con precipitaciones predecibles regulares y suficientes para la producción y la segunda como los llanos, con precipitaciones predecible regulares y suficientes para la producción y la segunda denominada temporalera marginal, con precipitaciones menores a 200 mm, temperaturas promedio de 21 °C, y un período libre de heladas de abril a septiembre. Esta región cuenta con una superficie aproximada de 38 mil hectáreas a la cual no se le ha brindado suficiente atención, pues en términos de política agrícola no se advierte el establecimiento de programas productivos que procuren integrár a la zona temporalera en una dinámica más productiva.

La estrategia para estas regiones estriba en implementar programas que eficienten la escasa humedad, ya sea a través de prácticas culturales, la utilización de cultivares eficientes en el uso del agua y/o seleccionando aquellos tolerantes a la sequía.

El girasol por sus características agronómicas puede ser una opción para diversificar el sistema productivo en las áreas temporaleras marginales, pues este cultivo puede ser usado con doble propósito, es decir, se puede sembrar como cultivo oleaginoso si existe humedad disponible para cosechar el grano o bien si el año es muy seco y la cosecha de grano no sea posible, puede aprovecharse como forraje para ganado.

La sequía ha sido estudiada durante años, en fechas recientes se han puesto en práctica diversos métodos para inducir sequía bajo ambientes controlados, estudiar las bases de la tolerancia y seleccionar genotipos que presenten caracteríscticas favorables.

Las técnicas utilizadas son diversas; una de ellas se refiere a la germinación de genotipos bajo condiciones que simulan el potencial total del agua en el suelo, utilizando soluciones osmóticas a base de plímeros de elevado peso molecular, provocando estress en uno de los procesos fisiológicos más importantes de la planta, como lo es la germinación. Este es el objeto del presente trabajo.

OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo es caracterizar y seleccionar genotipos por su capacidad de germinación en altos potenciales osmóticos, así como establecer el ambiente óptico para la selección en girasol.

REVISION DE LITERATURAL

Se señala que las áreas con precipitaciones de 0-400 mm, cubren una superficie cercana a los 50 millones de hectáreas, aproximadamente una cuarta parte de México. Durango tiene una superficie total cercana a los 12 millones de hectáreas, de las cuales el 30% están clasificadas como áridas y semiáridas.

La sequía intraestival, suele ser el factor determinante en la producción de los cultivos en estas áreas, a pesar de que ha sido estudiada durante años, biológicos en las diferentes disciplinas han recurrido a diferentes métodos, tanto para el entendimiento de éste fenómeno como para la selección de materiales tolerantes.

La germinación de semillas bajo presiones osmóticas con polímetros de elevado pesos molecular, ha demostrado ser un método eficiente en la selección para tolerancia a sequía, en frijol (alvarado, 1972), maíz (Valdés, 1976; Rivera y Muñoz, 1988, Orona 1989), alfalfa (Expinoza, 1985), Aragón, 1985 y Lira, 1987) y zacate gigante (Espinoza, 1985), han utilizado con éxito éste método.

MATERIALES Y METODOS

Localización del sitio experimental.

La investigación se realizó en el laboratorio de genética de la Facultad de Agricultura y Zootecnia, la cual se localiza en el km 30 de la carretera Gómez Palacio- Tlahualilo, Dgo. Entre los paralelos 25° 40' y 26° 40' latitud norte y los meridianos 102° 30' y 104° 00' longitud oeste, con una altura de 1100 msnm.

Material Genético.

Se utilizarán dieciséis genotipos de girasol (*Helianthus annuus* L.) de diverso origen geográfico. Cuadro 1

Cuadro 1 Material genético elevado en condiciones hipertónicas

NÚMERO	GENOTIPOS	ORIGEN
1	P13-CH	MEXICO
2	P16CH	MEXICO
3	P5 -CH	MEXICO
4	P2-CH	MEXICO
5	P12CH	MEXICO
6	P4-CH	MEXICO
7	IREGI-CSIKOS O	HUNGRIA
8	IREGI-SCIKOS S.	FAZ-UJED
9	ISANKA	FRANCIA
10	VNIIMK	RUSIA
11	PEREDOVICK L	RUSIA
12	YUGOVOSTOK	YUGOSLAVIA
13	VICTORIA	MEXICO
14	CERNIANKA O	RUSIA
15	TECMON-1	ITESM
16	LEUCICLE	FRANCIA

Material de Laboratorio

Se utilizó: manitol, cajas petri, agua destilada, papel filtro, etiquetas, termómetro ambiental, matraz elenmeyer, autoclave, balanza analítica y pipetas graduadas.

Preparación de soluciones. Los potenciales osmóticos se presentaron utilizando manitol como soluto y agua destilada como solvente, de acuerdo a la fórmula de Vant't Hoff (Kramer 1974, Godoy, 1985):

$$Y = (RT / Va) Ns$$

Donde:

Y = Potencial Osmótico

R = Constante de los gases 0.082

Va = Volúmen del agua

Ns = Número de solutos

T = Temperatura en grados Kelbios.

Los gramos de soluto (Ns) de manitol utilizados para cada potencial y molaridad se presentan en el cuadro 2

Cuadro 2 Potencial osmótico, molaridad y gramos de manitol

Potencial osmótico Y (atm)	Molaridad	Soluto (gr/L)
0	0	0
5	0.2	36.434
10	0.4	72.854
15	0.6	109.302

Establecimiento y conducción. El material de laboratorio fué previamente lavado y esterilizado en autoclave. En las cajas petri se colocó el papel filtro y se depositaron 50 semillas para cada tratamiento; se etiquetaron y se les agregó quince milímetros de solución correspondiente a cada tratamiento. Las cajas se colocaron en las mesas del laboratorio; Para uniformizar la iluminación se colocaron lámparas de luz blanca, además de un termómetro ambiental. La semilla fué previamente tratada con fungicida.

Diseño experimental. Bloques completos al azar con tres repeticiones, donde la unidad experimental fué la caja petri.

Análisis estadístico. Los datos se analizaron en dos formas, de acuerdo a los objetivos planteados. Una análisis individual de cada tiempo (24, 48, 72 y 116 horas) para cada potencial osmótico, con el objeto de estimar los parámetros genéticos (σ^2 σ^2 σ^2 y H^2) para detectar de acuerdo a su magnitud, el ambiente óptico de selección (Comstock y Moll) Cuadro 3 Un análisis combinado, considerando los tres factores (Genotipos, Potenciales Osmóticos y Tiempo), para conocer las interacciones entre factores. En este caso los datos de analizarón como un arreglo de parcelas sub-subdivididas, donde a los genotipos se les asignó la parcela mayor, la subparcela a los potenciales y los tiempos a la sub-subparcela. (cuadro 4) El modelo lineal del análisis individual: $Y_{ij} = \mu + R_j + T_i + E_{ij}$

Donde :

Y_{ij} = Observación del i-ésimo genotipo en la j-ésima repetición.

μ = Media general.

R_j = Efecto de la j-ésima repetición.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

E_{ij} = Error experimental.

$i = 1 \dots \dots \dots g ; j = 1 \dots \dots \dots r.$

Cuadro3. Análisis de varianza individual.

F. de V.	G de L.	C. M.	E.C.M.
Reptición	(r-1)	M_3	$\sigma_e^2 + t \sigma_r^2$
Genotipos	(g-1)	M_4	$\sigma_e^2 + r \sigma_g^2$
Error Experimental	(r-1)(g-1)	M_4	σ_e^2

Análisis combinado : $Y_{ijkl} = \mu + R_i + T_j + E_{(a)} + P_j + TP_{ij} + E_{(b)} + G_{jk} + PG_{jk} + TPG_{jk} + E_{ijkl}$

Donde :

Y_{ijkl} = Observación del i-ésimo tiempo en el j-ésimo potencial osmótico, en el k-ésimo genotipo en la l-ésima repetición.

$i = 1 \dots \dots \dots t$

$j = 1 \dots \dots \dots p$

$k = 1 \dots \dots \dots g$

$l = 1 \dots \dots \dots r.$

μ = Media General

T_i = Efecto del i-ésimo tiempo

P_j = Efecto del j-ésimo potencial osmótico

G_{jk} = Efecto del k-ésimo genotipo

$E_{(a)}$ = Error experimental, donde $E_{(a)} \sim \text{DNI}(0, \sigma_e^2)$ 224

$E_{(b)}$ = Error experimental, donde $E_{(b)} \sim \text{DNI}(0, \sigma_e^2)$

Cuadro 4 Análisis de varianza combinado

$E_{ijk} =$ Error experimental, donde $E \sim \text{DNI} (0, \sigma^2_e)$

F. de V.	G de L.	C. M.	E.C.M.
Repetición	(r-1)	M_{11}	$\sigma_e^2 + g \sigma_{rp}^2 + tpg \sigma_r^2$
Tiempo (T)	(a-1)	M_{10}	$\sigma_e^2 + r \sigma_{tg}^2 + rp \sigma_{tg}^2 + g \sigma_{rp}^2 + g \sigma_{rp}^2 + rpg \sigma_r^2$
Error (a)	(r-1)(a-1)	M_9	$\sigma_e^2 + g \sigma_{rp}^2 + gp \sigma_r^2$
Potencial Osmótico(P)	(p-1)	M_8	$\sigma_e^2 + r \sigma_{tg}^2 + rt \sigma_{tg}^2 + g \sigma_{rp}^2 + rg \sigma_{rp}^2 + rtg \sigma_r^2$
T x P	(t-1)	M_7	$\sigma_e^2 + r \sigma_{tg}^2 + g \sigma_{rp}^2 + rg \sigma_{rp}^2$
Error (b)	(p-1)(t-1)	M_6	$\sigma_e^2 + g \sigma_{rp}^2$
Genotipos (G)	(g-1)	M_5	$\sigma_e^2 + r \sigma_{tg}^2 + rp \sigma_{tg}^2 + rtp \sigma_r^2$
T x G	(t-1)(g-1)	M_4	$\sigma_e^2 + r \sigma_{tg}^2 + rp \sigma_{tg}^2$
T x G x P	(t-1)(g-1)(p-1)	M_3	$\sigma_e^2 + r \sigma_{tg}^2$
Error (c)	(p-1)(r-1)/tp	M_2	σ_e^2
Total	(rpgt-1)	M_1	

Variable medida. Se cuantificó el número de semillas germinadas por caja petri, transformándose a porcentaje. Se consideró como semilla germinada la presencia del hipocotilo fuera de la testa.

Parámetros estimados. De los análisis de varianza, se estimaron: La varianza genética (σ^2), fenotípica (σ^2), heredabilidad (H^2), el error estándar (SE) y el coeficiente de variación (CV), los cuales se utilizaron como principales indicativos de los resultados.

RESULTADOS Y DISCUSION

En general se observó que los genotipos disminuyen su capacidad de germinación al incrementarse el potencial osmótico (Yo), y que a medida que avanza el factor tiempo (T), ésta tiende a incrementarse (Alvarado, 1972), Figura 1 A las 24 h en los potenciales de 10 a 15 atmósferas (atm), no se detectó germinación, lo mismo ocurrió en 48 y 72 h y 15 atm, donde no fué posible realizar el análisis de varianza.

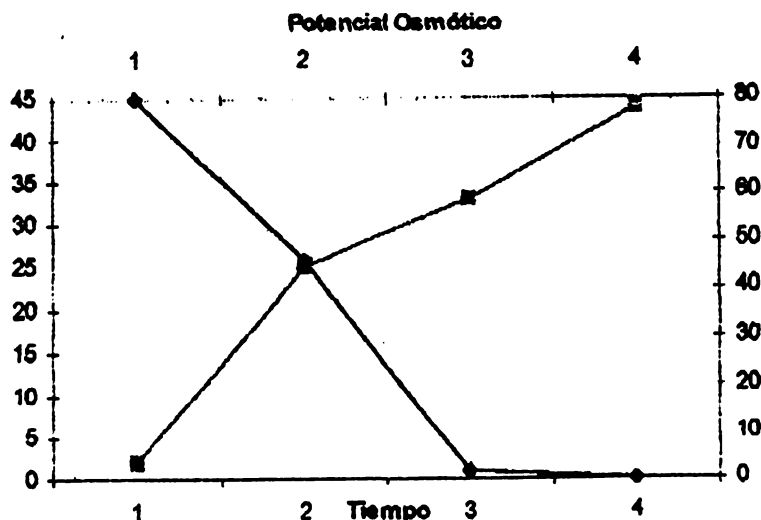


Figura 1. Comportamiento del por ciento de germinación en cuatro tiempos y potenciales osmóticos diferentes.

Excepto en 72 horas y cero (0) atm y 116 horas y 10 atm donde no se observó significa, el análisis de varianza individual fué significativo para el resto de cada tiempo y potencial de germinación, lo que indica la capacidad diferencial de los genitipos al nivel de estrés. Como el valor del coeficiente de variación (CV) está en función de la magnitud de la media, el incremento de los mismos se debe a que el potencial osmótico reduce drásticamente la media de germinación, más que en valor de la varianza genética de tratamientos (Falconer, 1996). Cuadro 5.

Cuadro 5. Significancia de cuadros medios para 16 genitipos elevados en cuatro potenciales osmóticos y tiempos de germinación.

Tiempo (h)	F. de V.	G.L.	Potenciales Osmóticos (γ_0)			
			0	5	10	15
24	Genotipos	15	775.43**	185.3**	0.0	0.0
	Rep.	2	71.3	11.89**	0.0	0.0
	Error	30	23.46	22.13	0.0	0.0
	C.V.		17.3	62.98	0.0	0.0
48	Genotipos	15	102.86*	161.35**	69.58**	0.0
	Rep.	2	1.79	22.43	0.82	0.0
	Error	30	42.13	35.69	11.82	0.0
	C.V.		9.17	13.31	92.61	0.0
72	Genotipos	15	71.61ns	753.42**	81.77*	0.0
	Rep.	2	1.61	3.56	24.14	0.0
	Error	30	53.03	40.64	32.29	0.0
	C.V.		9.54	12.04	50.76	0.0
116	Genotipos	15	55.65**	88.14*	79.16ns	13.95*
	Rep.	2	12.73	0.79	17.85	9.60
	Error	30	66.18	39.10	49.42	6.76
	C.V.		10.15	9.41	35.24	306.60

La contribución de la varianza genética (σ^2) a la varianza total fenotípica (σ^2), se refleja en la magnitud de la heredabilidad (H^2) ya que en general ésta tiende a ser mayor a medida de que transcurre el tiempo hasta 72 h. La misma tendencia se advierte cuando se eleva el potencial entre 5 y 10 atm (Cuadro 6). Estos resultados sugieren de acuerdo a Comstock y Moll (1963) que el ambiente óptico de selección deberá estar entre 48 y 72 h. de germinación a 5 y 10 atm.

Cuadro 6 Parámetros genéticos para porcentaje de germinación de 16 genitipos de girasol elevados en cuatro potenciales osmóticos y tiempos de germinación

Tiempo (h)	Parámetros Genéticos	Potenciales Osmóticos (γ_0)			
		0	5	10	15
24	σ^2_e	23.46	22.13	0.0	0.0
	σ^2_s	250.65	54.36	0.0	0.0
	σ^2_{ph}	258.47	61.76	0.0	0.0
	H^2 (%)	96.97	88.05	0.0	0.0
48	σ^2_e	42.13	35.70	11.82	0.0
	σ^2_s	20.24	41.89	19.26	0.0
	σ^2_{ph}	34.29	53.78	23.19	0.0
	H^2 (%)	59.03	77.87	84.29	0.0
72	σ^2_e	52.01	40.64	32.30	0.0
	σ^2_s	6.20	237.59	16.49	0.0
	σ^2_{ph}	23.87	251.14	27.26	0.0
	H^2 (%)	25.96	94.60	60.51	0.0
116	σ^2_e	66.18	39.10	49.42	6.76
	σ^2_s	-3.51	16.34	9.91	2.40
	σ^2_{ph}	18.55	29.38	26.39	4.65
	H^2 (%)	-18.93	55.53	37.57	51.56

El análisis de varianza para los tres factores y sus interacciones fué altamente significativo, lo cual indica que los ambientes de prueba fueron los indicados y que los genotipos responden de manera diferente a dichas condiciones (Valdéz 1976, Rivera y Muñoz 1988, Espinoza 1988=. Cuadro 7

Cuadro 7 Significancia de cuadros medidos del análisis de varianza combinado.

F. de V.	G de L.	C. M.
Receptación	2	6.31
Tiempo (T)	3	38759.48**
Error (a)	6	7.02
Potencial Osmótico(P)	3	169970.19**
T x P	9	7792.99**
Error (b)	24	11.10
Genotipos (G)	15	418.73**
T x G	45	135.59**
T x G x P	45	229.92**
Error (c)	135	102.45**
Total	480	26.69

La magnitud de los parámetros genéticos y su contribución relativa (Cuadro 8), indican que la varianza genética fué la de mayor importancia con un valor de 8.554 y una contribución relativa de 60.95 %, que es un alto valor de heredabilidad como debería esperarse en un carácter de tipo cualitativo fácil de seleccionar.

Cuadro 8 Parámetros genéticos y su contribución relativa.

Parámetros Genéticos	Valores	%
σ^2_g	8.55	60.95
σ^2_e	0.56	3.96
σ^2_{exp}	0.66	18.92
σ^2_{gen}	0.69	4.93
σ^2_{genet}	1.58	11.24
σ^2_{ph}	14.03	100.0

Cuadro 9. Porcentaje medio de germinación en cuatro potenciales osmóticos de 16 genotipos de girasol

Genotipo	Potenciales Osmóticos (atm)				\bar{y}
	0	5	10	15	
PI3-CH	99	89*	16*	0	51.0*
P 6-CH	99	93*	8	0	50.0*
P 5-CH	99	89*	6	0	48.5*
P 2-CH	98	90*	15*	0	50.75*
P12-CH	98	77	8	0	45.75
P 4-CH	97	88*	5	0	47.50
IREGI-CSIKOS O.	97	86*	18*	0	50.25*
IREGI-CSIKOS S.	97	87*	21*	0	51.25*
ISANKA	96	80	10*	0	46.5
VNIIMK-1646	96	80	24*	2*	50.5*
PEREDOVICK I.	95	79	8	0	45.5
YUGOVOSTOK	95	76	18*	0.6	47.4
VICTORIA	95	79	4	0	44.5
CERNIANKA O	95	90*	12*	0.6	49.4*
TECMON-I	94	65	12*	0	42.75
LEUCICLE	94	88*	17*	0	49.75*
Media	96.5	83.5	12.63	0	48.2
Rango	5	28	20	0.6	8.5

*Significativo al 0.05

El cuadro 9 muestra los valores promedio de germinación de los 16 genotipos en cada potencial osmótico al final del trabajo (116 h). En el testigo (0 atm), la germinación fue de 96.5 % en promedio, con un rango de solo 5%, indicando que la semilla utilizada en el trabajo tenía buena germinación, no habiendo diferencias estadísticas entre los genotipos. De 5 a 15 atmósferas el rango y la media de germinación variaron incrementó ésta, disminuyó su capacidad de germinación. En promedio, nueve genotipos fueron superiores e iguales estadísticamente sobresaliendo los genotipos Yugovostock, P4-CH y Victoria.

CONCLUSIONES

Se concluye que la evaluación de material genético con la técnica de germinación en altos potenciales osmóticos, combinados con la genética-estadística, son una herramienta útil que permite la discriminación de materiales para tolerancia a sequía.

Lo anterior nos permitió:

- Identificar a nueve genotipos con posibilidades de prosperar en ambientes de escasa precipitación, sobresaliendo Yugovostock y Victoria por sus valores más altos de germinación.
- Ubicar, el ambiente óptico de selección, que deberá estar entre 48 y 72 h de germinación a 5 y 10 atm.

BIBLIOGRAFIA

- Alvarado J., D. 1972 Evaluación del método de germinación en condiciones hipertóxicas de variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con resistencia a sequía y posible diferenciación de variedades bajo condiciones de laboratorio. Tesis de maestría. División de Ciencia Agropecuarias y Marítimas Programa de grados I.T.E.S.M. Monterrey, N.L. México.
- Aragón C., M. 1985. Estudio de la tolerancia y susceptibilidad del trigo (*Triticum*. sp) a la salinidad y algunos mecanismos de adaptación. Tesis Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Comstock, R.E., and R.H. Moll. 1963. Genotype environment interaction. In *Statistical genetics and plant breeding*. Nat. Acad. Sci. Res. Coun. Publ. 892. Washington, D.C.
- Espinoza E., Z.R. y K. Sathyanarayanan 1985. Clasificación de colecciones de zacate-gigante (*Leptochloa dubia* H. B. K. Ness) por su grado de resistencia a sequía en manitol. *Agraria*. I (2): 143-147.
- Falconer, D., A. 1980. Introducción a la genética cuantitativa. Ed. C.E.C.S.A. México.
- Lira R., H. 1987. Determinación de la resistencia a la sequía en la fase de germinación de diez genotipos de trigo. Memorias. C.N.C.S. Zacatecas, México.
- Orona R., N. 1989. Evaluación de líneas avanzadas de maíz (*Zea mays* L.) tolerantes a sequía en Calera, Zacatecas. Tesis de Licenciatura. FAZ-UJED. Venecia Dgo. México.
- Rivera G., M. y S. Muñoz C. 1988. Evaluación de técnicas de laboratorio para identificar genotipos de maíz (*Zea mays* L.) tolerantes a sequía. Memorias. C.N.C.S. Cd. Juárez Chihuahua, México.

QUALITY ISSUES IN RAINWATER HARVESTING FOR KENYA

Dr. G.K. Bambrab ¹
Ms. S. Haq ²

ABSTRACT

Although Kenya leads the way in utilization of rainwater catchment in Africa, in the recent past many reservations have been expressed about the suitability of using untreated rainwater for human consumption in this country. This paper is a response to this concern and contains a review of rainwater quality for Kenya.

Unfortunately, there is no available comprehensive field study or other record on evidence to support of case for use of untreated rainwater for potable uses. In practice however, in large parts of Kenya, particularly high rainfall areas surrounding Nairobi, rainwater is certainly utilized for household uses and human consumption and in many cases the rainwater is not even pre-treated in any way before use. Due to lack of resources, the authors were unable to carry out a practical research study on this subject. For this reason, the present paper has necessarily been limited to a review of existing literature and analysis of the information contained therein, to derive a framework for assessment of rainwater quality in Kenya.

Key words: Rainwater, Quality, Potable, Kenya.

INTRODUCTION

Although we are approaching the end of the 21st century, it is clear that the objective of clean water for all by the year 2000 is not making significant headway and remains an illusive goal. In the developing countries, national water programs have not been able to grow at the same pace as the population and most developing countries including Kenya are still looking to the skies to fulfill their water needs. In the developed countries, the adverse impact of large-scale water resources exploitation are beginning to be felt.

¹ *Engineering Design Consultants Ltd., P. O. Box 38638, Nairobi, Kenya*

² *Velochem Ltd., P.O. Box 43553, Nairobi, Kenya*

Since the late 70's, emphasis has been given to meeting water needs of low income communities mostly through rural focus for development policies in developing countries. In spite of this, few countries have managed to develop successful, sustainable or self-help strategies to meet water needs. In Kenya, rainwater harvesting is increasingly being recognized as an essential water source for most rural and pre-urban areas of Kenya but it is largely ignored in urban areas. Furthermore, in spite of this encouraging development, there are few successful examples from which water programs can be expanded on the basis of rainwater harvesting in spite of the importance of this to the daily lives of many Kenyans. A central cause of this is the perception of rainwater harvesting as a primitive technology and lack of information about the quality of rainwater. This paper centres on the latter issue and contains a review of the present status of knowledge on rainwater quality in Kenya.

OVERVIEW OF WATER QUALITY IN KENYA

According to the latest and the most authoritative Masterplan study on water sources development in Kenya (JICA, 1992), an overview of water quality in Kenya can be summarized as follows:

- No information is available on rainwater quality in Kenya.
- Surface water quality in Kenya remains good with regard to pollution as compared to some industrialized countries and there are few examples of persistent or wide spread gross pollution of rivers, lakes and springs. However, some local and intermittent pollution incidents of significant proportion have been recently identified and are becoming more serious. The water quality data available for some of the rivers shows that this water has an electrical conductivity usually between 100-250 uS/cm and is generally alkaline with low metals content. Fluoride, iron and manganese tend to be the main metal contaminants in this water. Total suspended load in most river waters is high. However, information on the bacteriological quality of river waters is limited but where available, this shows that because of the intimate use of rivers by people, livestock and wildlife, total and fecal coliform counts are inevitably high. River waters in Kenya require a minimum treatment of filtration and disinfection before distribution.
- Kenya lakes are either highly saline and of no importance from a water supply point of view or they are freshwater lakes having some supply potential. The freshwater lakes are moderately alkaline, have soft waters with sodium as a dominant metal and in some cases, high iron and chloride content. The lakes tend to have specific problems and have to be considered individually as sources of water supply.
- The groundwater in Kenya tends to be highly variable spatially, temporally and in chemical composition. In some cases, the water becomes mineralized and saline while in others, it contains little dissolved metals and has little conductivity. The fluoride content far exceeds recommended WHO drinking water guidelines in many areas.

- In general, groundwater tends to have a relatively low water quality, high fluoride concentration in many areas and bacteriological contamination in shallow-well waters particularly in the arid and semi-arid lands.

The Department of Water Development in the Ministry of Land Reclamation and Water Development currently maintaining a nationwide water quality monitoring program. This however needs to be reevaluated to improve monitoring and scrutiny of the data, collection of additional data especially on rainwater quality and monitoring of groundwater quality.

RAINWATER AS A SOURCE OF WATER SUPPLY

Role in Kenya

In most economic and geographic zones of Kenya, rainwater has gained prominence as a source of domestic water supply. This is more so in the rural areas where piped water is still a dream in spite of the rural focus for development strategy, In the arid and semi-arid lands (ASAL), in parts of eastern, northeastern and northern Kenya, people live in scattered or nomadic settlements and these areas tend to have very low rainfall densities. In spite of this, rainwater harvesting in these areas is a necessary means of providing water for domestic purposes. This becomes even more important in cases where groundwater resources are unavailable and costly to develop. In general, the rural areas of Kenya are becoming increasingly aware about the potential of rainwater collection and in some areas such as Kiambu, over 80% of the households depend on rainwater for some domestic needs.

Rainwater harvesting is also becoming increasingly popular as a means of runoff farming and flood control. Heavy rainfall with some regions having storms of considerable intensity, coupled with intervals during which there is practically no or little rainfall necessitates storage. Depending on the circumstances and geographical regions, rainwater is harvested as surface run-off for farming and livestock, roof water or rock catchment for domestic and potable use and stormwater for flood control.

Roof Catchments

In most regions where rainwater harvesting is undertaken, it can be collected in a reasonably pure form from house roofs constructed from reinforced concrete, man-made tiles, corrugated iron sheets, aluminum or asbestos cement sheeting. Corrugated iron roofs are the most common and are extensively used. Thatched roofs are used for rainwater harvesting only to a limited scale. Asbestos cement sheeting was formerly used but is not currently utilized because, with very corrosive rainwater, asbestos fibers may be released from the roof material leading to relatively high asbestos concentrations in the collected rainwater and this can lead to severe health hazards. Plastic sheeting was tried and though economical, was not durable.

Ground Catchments

This form of rainwater harvesting is not widely in use in Kenya at present. It is not an efficient method as part of the rainfall serves to wet the ground. If it is a dry area, a vast amount of rainfall is lost this way and cannot be harvested. Some is stored in depressions where it can be lost through evaporation or infiltration to the ground.

Losses are minimized by laying tiles, concrete, asphalt or plastic sheeting to form a smooth impervious layer on the ground. Another method involves chemical treatment of the soil surface. In some areas, simply compacting of the surface has proved adequate.

The amount of rainwater collected depends on whether the catchment is flat or sloping and water tightness of the top layer. Through preparation of the ground surfaces, a sufficiently rapid flow of water to the point of collection and storage can be achieved in order to reduce evaporation and infiltration losses.

Where ground catchments of rainwater are used, the proportion of rainfall harvested ranges from about 30% for previous ground catchments to over 90% for sloping strip containers covered with impervious material or rock.

Groundwater catchment are mainly employed by floriculture and horticultural growers in Kiambu District and around Limuru in Central Kenya.

Storage

Storage facilities are either above ground or below ground, depending on the capacity and preference of the users. Whichever type of storage is selected, adequate enclosure is provided to prevent any contamination from human beings or animals, leaves, dust or other pollutants entering the storage container.

Most storage tanks are constructed of corrugated iron sheets and lined with a coat of tar. A tight cover ensures dark storage conditions preventing growth of algae and breeding of mosquito larvae. Open containers of storage ponds are generally unsuitable as sources of drinking water.

Other commonly used storage tanks in Kenya are galvanized iron corrugated sheets which are readily riveted and soft soldered. Ferrocement, masonry and reinforced concrete tanks are also beginning to gain popularity mostly in the Kiambu, Murang'a and Meru Districts. Rock catchments are largely used in Machakos District.

PRESERVING RAINWATER QUALITY

Current Practice

Where storage tanks or cisterns are built below the ground, special provision tends to be made to preserve the tank against entry of dust, sand, leaves, insects or other pollutants and contaminants. The inlet and outlet opening and any air vents are usually fitted with screens. An interception ditch is usually dug to drain off any excess surface runoff.

During storage, quality of rainwater collected from the roof or ground catchment deteriorates through the putrefaction of organic material in the water or through growth of bacteria and other micro-organisms. Measures that are widely undertaken in Kenya to ensure the quality of stored water include the exclusion of light from the stored water, cool storage conditions and regular cleansing. Simple disinfection devices are also used sometimes.

In theory, pre-filtration of rainwater prior to its storage should be implemented. However, in practice, filters are not the cheapest or most effective technology for the required intermittent operation. In most rural areas, the boiling of water drawn from the storage before it is used for drinking or food preparation is practiced but in some cases, it cannot be practiced for a host of reasons. In some places, a little bag containing coagulant is suspended in the storage tank to flocculate the suspended solids in the water.

In most cases, the water drawn from the storage tank has a clear appearance, but its bacteriological safety is not assured.

Sources of Contamination

All rainwater contains constituents that are taken up or washed out of the atmosphere. Atmospheric gases are dissolved in the rainfall droplets. Above oceans and seas, salts are taken up from the fine spray over the water surface. Over the land areas, particularly in the dry regions, dust particles are washed out.

Rainwater is usually slightly acidic due to its reaction to carbon dioxide (CO_2) in the atmosphere to form carbonic acid. When rainwater comes in contact with gaseous pollutants in the atmosphere like sulfur dioxide e. g. from volcanoes and industry, it may become quite acidic causing problems or corrosion (e. g. Kel factory saga in Thika, Kenya a few years ago) and bitterness of taste. In rural areas however, this is not a common problem.

Surface runoff will pick up considerable amounts of mineral compounds and organic matter, debris from vegetation and animal origin, soil particles and micro-organisms. Fertilizers and pesticides may be picked up in areas where they are used in agriculture.

While flowing underground, the water will leach out constituents from the ground strata, in particular fluorides, carbonates, sulfates, chlorides, calcium magnesium and sodium salts. Thus the total dissolved solids content of the rainwater is increased. At the same time, filtration takes place removing suspended solids. Some organic substances are biologically degraded. Adsorption and other processes may result in the removal of bacteria and of suspended and dissolved solids.

When rainwater is collected in shallow pits (less than 10m) it may be polluted from sources of fecal contamination such as pit latrines and septic tanks.

Rainwater Quality

The relationship between water quality and health effects has been studied for many water quality characteristics. An examination of water quality is basically a determination of the micro-organisms and the mineral and organic compounds contained in the water. Basic requirements for drinking water are that it should be:

Rainwater Quality

The relationship between water quality and health effects has been studied for many water quality characteristics. An examination of water quality is basically a determination of the micro-organisms and the mineral and organic compounds contained in the water. Basic requirements for drinking water are that it should be:

- free from pathogenic (disease causing) organisms
- containing no compounds that have an adverse effect, acute or in the long-term on human health
- fairly clear i. e. (low turbidity, little color)
- not saline (salty)
- containing no compounds that cause an offensive taste or smell
- not causing corrosion or encrustation of the water supply system or the materials.

Rainwater collected from house roofs is usually cleaner than most sources of water except boreholes and springs. However, it is not totally free from contamination and usually lacks mineral salts whose presence in water supply is regarded as generally beneficial in appropriate proportions.

Wherever water quality tests have been carried out, (Pacey and Cullis, 1986), some bacteriological contamination of water from roofs has been formed e. g. on Belau, a Pacific Island, water from 60% of the roofs was free of contamination but samples from 25% showed high total counts of coliform bacteria and included fecal coliforms (Romeo, 1982). Experience in Bermuda seems to reflect a more consistently high water quality, with no fecal coliforms detected and a maximum of 2 or 3 total coliforms per 100 ml (Waller, 1982).

An interesting rainwater quality related study (Otieno, 1993) carried out in Nairobi, Kenya, showed that rainwater, although not harvested on a significant scale in urban Kenya, is a viable source of water from a physical, chemical and bacteriological point of view. Contamination of rainwater takes place during collection and handling according to this study.

The author of this paper concludes that if these aspects are carefully regulated, and flushing systems installed to ensure that the first flush is not collected from roof catchment tanks, the quality of rainwater collected in Nairobi, Kenya is suitable for human needs particularly if the water is disinfected.

IMPORTANT PARAMETERS

Bacteriological Quality

This refers to the content of bacteria and viruses in the rainwater harvested. It is not practical to test the water for all organisms that it might contain. Instead, the rainwater is examined for a specific type of bacteria which originates in large numbers from human and animal excreta and whose presence in the water is indicative of fecal contamination. Such indicative bacteria must be specifically fecal and not free living. Fecal bacteria are members of a much wider group of bacteria known as coliform bacteria. Suitable indicator bacteria of fecal contamination are those coliforms known as *Escherichia coli* (*E. coli*) and fecal streptococci. When these bacteria are found in the water, fairly fresh fecal contamination is indicated, and on that basis, there is the possibility of pathogenic bacteria and viruses. Either one or both of these coliform and streptococci bacteria may be used as indicator organisms.

Mineral and Organic Constituents

The main problems are caused by iron and manganese fluoride, nitrate, turbidity and color. Toxic substances such as heavy metals (Arsenic, lead, etc.) should be absent. Typical drinking water guidelines are contained in Table 1 below.

Water Quality parameter	Measured as	Highest desired level	Maximum permissible level
a) Bacteriology			
i) Coliforms	MPN		less than 10 per 100 ml
ii) <i>E. Coli</i>	MPN		less than 2.5 per 100 ml
b) Total dissolved solids			
	mg/ml	500	2000
c) Turbidity	FTU	5	25
d) Colour	mg Pt/l	5	50
e) Iron	mg Fe ⁺ /l	0.1	1.0
f) Manganese	mg Mn ₂ /l	0.05	0.5
Nitrate	mg No ₃ /l	50	100
Nitrite	mg N/l	1	2
Sulphate	mg So ₄ ²⁻ /l	200	400
Flouride	mg F/l	1.2	2.0
Sodium	mg Na ⁺ /l	120	400
Arsenic	mg As/l	0.05	0.1
Chromium (hexavalent)	mg Cr ₆ ⁺ /l	0.05	0.1
Cyanide (free)	mg CN ⁻ /l	0.1	0.2
Lead	mg Pb/l	0.05	0.1
Mercury	mg Hg/l	0.001	0.005
Cadmium	mg Cd/l	0.005	0.010

Table 1.- Guidelines for Drinking Water Quality

TREATMENT METHODS

The single most important requirement of drinking rainwater is that it should be free from any micro-organisms that could transmit disease or illness to the consumer. Processes such as storage, sedimentation, coagulation, flocculation and rapid filtration reduce varying degrees the bacterial content of the water. However, these processes cannot assure that the water they produce is bacteriological safe. Final disinfection will be needed.

PHYSICAL DISINFECTION

Boiling

This is a safe and time-honored practice which destroys pathogenic micro-organisms such as viruses, bacteria, cercarias, cysts and ova. While it is effective as a household treatment, it is not a feasible method for community water supplies. However, in emergency situations, boiling of water may be used as a temporary measure.

Ultraviolet Light

UV light radiation is an effective disinfection method for clean water but its effectiveness is significantly reduced when the water is turbid or contains constituents such as nitrates, sulfates and ferrous irons. This method does not produce any residual action but protects the water against new contamination and can serve as a control and monitoring mechanism.

Ultraviolet light disinfection is rarely applied in developing countries.

CHEMICAL DISINFECTION

Characteristics of a good chemical disinfectant are:

- quick and effective killing of pathogenic micro-organisms present in the water
- ready solubility in water in concentrations required for disinfection and provision of a residual effect
- not imparting taste, color or odor to the water
- not toxic to human or animal life
- easy to handle, transport apply and control
- readily available at moderate cost

Chemicals used include:

- chlorine and chlorine compounds
- iodine doses in suitable form
- ozone
- potassium permanganate (oxidant)
- hydrogen peroxide (oxidant)

CONCLUSION

Water is versatile. It is used for transport, recreation, accommodating refuse, drainage, irrigation, sanitation, health and most important human consumption. Water sources where available are unprotected. At present, modernization which has concentrated on technology development, data on resources and large-scale exploitation of water resources has resulted in giving a back place to traditional knowledge about

Conservation, protection of water purity and its efficient utilization. A majority of the communities in developing countries possess know-how on meeting their daily water needs but are now being led to believe that their ideas are archival and have nothing to contribute to the present through a truly disempowering process. As argued by Oicholla kapiyo, (1994) water provision mechanisms based on indigenous knowledge and wisdom are more likely to ensure community participation and sustainability. This, combined with modern knowledge about preserving water quality, can lead to a more effective approach to water resources management. A different approach is required for incorporation of this indigenous knowledge in which communities not only protect water sources and catchment areas, but have ways of detecting water pollution and purifying and curing the water.

Investigations into the twin areas of hidrology and health show that information is required for promotion of rainwater harvesting as a safe water source. It is also clear that the information required involves more than specialist expertise and must go into much more general areas such as local experience, effects of drought, water quality testing, reporting, monitoring and evaluation. the authors of the paper hope that in the coming years, they will be able to initiate one such research focusing on rainwater quality in Kenya.

REFERENCES

1. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Individual water supply systems. US Govt. Printing Office, Washington DC, 197C
2. GJROVER B, Harvesting Precipitation for Community Water Supply. World Bank, Washington DC 110p.
3. UNEP, (1979), Rainwater and Stormwater Harvesting for Additional Water Supply in Rural Areas. Nairobi.
4. WHO, (1976), Surveillance of Drinking Water Quality, WHO MONOGRAPH SERIES No. 63. P 135p.
5. TEBBUT T. Y, (1977), Principles of Water Quality Control (2nd edition), Pergamon Press 1977.

6. **PACEY A. and CULLIS A.,(1986), Rainwater Harvesting - The collection of rainfall and runoff in rural areas. Intermediate Technology Publications, U.K.**
7. **ROMERO C., (1982), A Water Quality Argument for Rainwater Catchment Development in Belau. In Rain Water Cistern Systems, see Fujimura (ed.) 1982.**
8. **WALLER D. H., (1982), Rainwater As A Water Source in Bermuda. In: Rain Water Cistern Systems, see Fujimura (ed.), 1982.**
9. **FUJIMURA F. N., (1982), Rain Water Cistern Systems. Conference Proceedings, Honolulu, Water Resources Research Centre.**
10. **JICA, (1992, The Study on the National Water Master Plan - Water Resources Development and Use Plan Towards 2010, Vol. 1. Nairobi, Kenya.**
11. **OTIENO F. O., (1993), Quantity and Quality of Runoff in Nairobi: The Wasted Resource. In Proceedings of the 6th International Conference on Rainwater Catchment Systems - Participation in rainwater collection for low income communities and sustainable development, Nairobi. Eds. G. K. Bambrah, F. O. Otieno and D. B. Thomas.**
12. **KOPIYO O., (1994), Promoting the Indigenous Knowledge Practices and Appropriate Technologies usede in Fresh Water Resources. In After Freshwater Resources - Challenges for the 90's and Beyond. Eds. N. Aggarwal and A. Sendama.**

PROBLEMS AND POSSIBILITIES RELATING TO RAINWATER UTILIZATION IN BOTSWANA

John E. Gould ¹

ABSTRACT

Water is a scarce resource in Botswana particularly in rural areas which are mainly dependent on groundwater sources, the quality and reliability of which are somewhat problematic. Recent experimental work has confirmed the findings of earlier field based assessments in recognizing the potential for household rainwater collection systems for improving supplies in rural Botswana. By modeling long term system performance, previous studies have shown that a substantial of domestic water needs could be met by small scale household systems. The possibilities for supplementing community supplies has also been demonstrated through pilot projects involves the construction of large ferrocement rainwater tanks at schools and clinics in several villages. At Zutshwa, a remote community in the Kalahari desert, another successful pilot project involves the collection and storage of surface runoff from the edge of a salt pan. Several excellent demonstrations of the benefits of using micro - catchments and permanent graded strips to concentrate surface runoff around trees and crops have also been undertaken since 1990. Despite the success of both the pilot projects and demonstrations, the adoption rates for the widespread usage of these techniques has been slow even though in some instances generous government subsidies have been available. Reasons for the limited replication of most of the rainwater utilization techniques are discussed in this paper. These include the relatively high initial capital costs of some systems compared to rural incomes, a lack of government commitment to actively promote these systems and poor design or maintenance of systems at many government institutions. Future attempts to encourage broader use of rainwater utilization in Botswana will first need to overcome these constraints and a number of measures and strategies to address these are proposed.

INTRODUCTION

Botswana is a semi - arid country with limited water resources particularly in the rural areas. The mean annual rainfall varies from less than 250mm in the extreme southwest of the country to more than 650mm in the extreme north (Figure 1). The rainfall is erratic and mainly concentrated in a rainy season lasting from October until April. Evaporation on the contrary is predictable and rates exceed 2000mm / annum in most areas.

¹

Dept. of Environmental Science, University of Botswana, P/Bag 0022, Gaborone, Botswana

Due to Botswana's flat topography and sandy pervious soils surface water sources are limited, although a few ephemeral rivers have been dammed to create reservoirs for serving major settlements.

Good quality groundwater is available in many areas of Botswana and over 15000 boreholes have been sunk throughout the country to access this supply. In some areas, however, the groundwater is either too deep, too unreliable or too saline to provide an acceptable supply for domestic purposes. In these alternative water sources have to be found and frequently water has to be trucked in by bowser from considerable distances and at great expense. In such locations, rainwater collection is frequently the most cost effective option.

Traditionally people have collected rainwater running off ground surfaces in excavated pits and from the eaves of thatched roofs in pots and other small containers and to a degree this practice continues to the present day. The use of more formalized rainwater catchment systems such as roof catchment tanks dates back to the turn of the century and many older buildings had rainwater tanks included in their original design, eg. at Nata primary school tanks built in the 1940's are still in use and many high - cost town houses built in Gaborone in the late 1960's and early 1970's had corrugated iron tanks as standard.

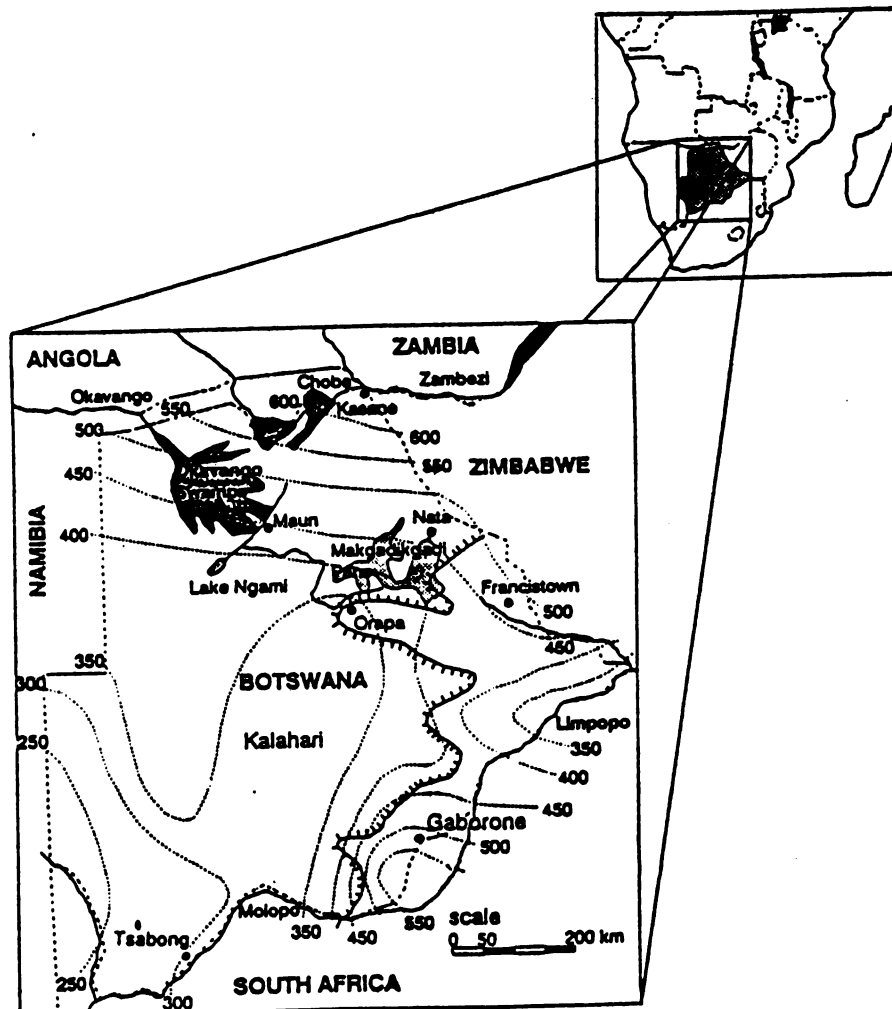


Fig. 1.- Location map showing Botswana and Rainfall Isohyets.

Today roof catchment tanks remain a common sight at primary schools in villages throughout Botswana. Surveys conducted by the Botswana Technology Centre have revealed that about half the 800+ primary schools in the country possess tanks, most of them being of the corrugated iron variety, Table 1a. Since these have an average life expectancy of only about 5 years, many schools have leaking tanks. Despite having average roof areas of around 1300m², the average total tank storage volume is just 12m³ per school compared with a mean annual roof runoff of 495m³, Table 1b. Despite the poor performance of roof catchment tanks at schools the majority of schools in Botswana are keen to have more tanks.

Due to the small size and limited durability of corrugated iron tanks, the Botswana Technology Centre has encouraged the implementation of ferrocement tanks since the early 1980's. Initially these were on the design advocated by Watt (1978) involving the use of corrugated iron moulds. Around 150 tanks of this type were constructed ranging in volume from 10 to 30 cubic meters, however as a result of poor workmanship and inadequate training and supervision. there were a variety of problems with these tanks and only a minority have stood the test of time. However, since 1994 a new ferrocement tank construction and training and pilot project has been ongoing based on larger tanks up to 46m³ in capacity.

A number of previous studies into rainwater catchment by Gould (1985, 1987); Gurusamy and Gould (1992); Gieske, Gould and Sefe (1995) have been based on computer simulations of the potential long term performance of systems. The results of these supported by field surveys and monitoring of an experimental system at the University of Botswana have confirmed that in many instances rainwater collection is both a technically and as backup or supplementary water source in rural communities.

In this paper some recent research findings are summarized and the implied potential for rainwater utilization considered with reference to a number of specific case studies. In the real world, however, especially in the context of rural Africa the technical potential of rainwater technologies are frequently not realized. Several of the constraints and obstacles faced with respect to the implementation, operation and replication of rainwater catchment systems in Botswana are thus discussed.

IMPLICATIONS OF THE FINDINGS FROM RECENT MODELLING

Following some early research work into rainwater catchment systems in Southern Africa by Farrar (1974), the Botswana Technology Centre became actively involved in rainwater catchment systems research and development in the early 1980's. This work, documented by Gould (1985), examined the feasibility of the widespread introduction of both roof and ground catchment systems in Botswana for supplementary water supply in rural areas. Using a computer model (the "Ottawa Model") developed by Latham (1983) as a design tool, Gould (1985, 1987) applied this for use in Botswana. The potential rainwater supply given as a fraction of the total catchment runoff (the supply fraction).

In this simulation, actual monthly rainfall data for a 30 year period was used for 10 stations in Botswana. Curves for each station showing the relationship between storage capacity and supply and thus enabling rational choices and decisions to be made. For most stations a storage fraction of 0.4 (40%) of the useful runoff would provide a steady daily supply equivalent to 0.7 (70%) of the useful, with 95% reliability, Fig 2a. In other words a roof providing 100m³ of useful runoff per annum, would provide an even regular supply of 70m³/annum with 95% reliability. If 100% reliability was demanded either a much larger tank would be needed or a considerably smaller rainwater supply accepted. In the case of Gaborone (due to the somewhat higher rainfall) a storage equivalent to 0.4 (40%) of the volume of useful runoff will provide a yield equal to 0.8 (80%) of the runoff volume, with 95% reliability. This means if the life time of the tank is 20 years one would expect it to be empty for a total of only 5% of that time, or 12 months in total. This would occur only during the severest drought periods and in reality the application of rationing could greatly reduce the period that the tank might be dry. From the graph showing plots for 4 stations (Tsabong, Francistown, Kasane and Gaborone) which together cover the full range of rainfall conditions in the country, Figure 1, it can be seen that in the case of Botswana constructing tanks with volumes larger than 0.4 (40%) of the useful runoff soon becomes uneconomic on the grounds of diminishing returns, Fig 2a. Where economic considerations are predominant and where rainwater is not the only water supply smaller tank volumes equivalent to just 10-20% of the useful runoff while yielding less water in total (between 20-50% of useful runoff) would make better economic sense.

In subsequent related work using a stochastic model developed by Gieske (1992) simulated rainfall data was generated for a 1000 year period, details of which are discussed by Gieske, Gould and Sefer (1995). When the stochastic model is applied to an experimental roof catchment system at the University of Botswana in Gaborone, the plot of the supply fraction against storage fraction closely mirrored that for the Ottawa model, Figure 2b. In the Stochastic model a penalty function was applied to help identify the optimum design point for a strategy which would minimize the roof area and tank volume required to meet a specified constant target demand, while maximizing the reliability. Using the minimum design point from the model (Fig. 2b), it was possible to establish the following two simple equations for determining optimum reservoir volume and catchment area for a given mean daily demand (d) for a 95% reliability level (i. e. 5% probability of failure):

$$V=0.15d \text{ and } A=1.5d$$

where V is reservoir volume in m³ and A is roof area in m².

It is also possible to calculate the target demand which can be satisfied with 95% reliability for a given catchment area and the tank capacity required (or visa-versa the required catchment area for a given tank volume). Using the optimum design combination for maximizing the systems water provision, while minimizing the catchment area and tank volume, it is possible to calculate the mean water yield in litres per square meter of roof catchment area per year. This revealed a range from approximately 150 ltr/m²/yr in the driest, and 350 ltr/m²/yr in the wettest areas of Botswana, assuming 95% reliability.

Since more than 90% of the population live in parts of the country receiving between 400mm and 600mm of rainfall per year, for the majority of settlements an appropriately designed rainwater catchment system should have a storage capacity in the range 100-150 ltr/m² and would yield between 200 and 320 ltr/m²yr with 95% reliability. If simple rationing measures were adopted during the driest periods then yields approaching 1 ltr/m²/day could be maintained for much of the rest of the time especially in the wetter parts of the country in southeastern and northern Botswana.

EXISTING EXAMPLES AND FUTURE POSSIBILITIES FOR RAINWATER UTILIZATION SCHEMES

Apart from model based on theoretical demonstrations of the potential for rainwater utilization in Botswana, several successful pilot and demonstration project have also clearly shown that the technology can be successfully applied in the real world, even if sometimes other problems mitigate against successful implementation and operation. Existing rainwater utilization projects in Botswana can be sub-divided into three categories:

1. Projects Using Roof Catchments

These are either purpose built as in the case of the Arable Lands Development Programme (ALDEP) or based on existing roof structures at schools as in the case of the ongoing ferrocement rainwater tank pilot project at schools in the Kanye area.

a. The ALDEP (Arable Lands Development Programme) Water Tank Project: This is currently, the single biggest scheme responsible for rainwater tank construction in Botswana. ALDEP is administered by the Ministry of Agriculture which provides a water tank subsidy package covering 85% of the system cost. This is available to small scale farmers in remote lands areas, owning less than 40 cattle. Through ALDEP more than 700 subsurface ferrocement ground tanks were built between 1979-1991. Most of these used traditional threshing floors or compacted surfaces as catchment aprons. Concerns over water quality, however, resulted in a new ALDEP system being introduced in the early 1990's consisting of a 40 m² corrugated iron roof structure and 7 m³ PVC surface tank or 10 m³ ferrocement or brick sub-surface tank. Since the beginning of 1991 more than 200 of these systems have been installed, bringing the total number of tanks built under the scheme to more than 1000. Despite this generous assistance some farmers find the 15% down-payment averaging around US\$200 prohibitive and the project remains under-subscribed, Jay and Gould 1993.

A field survey conducted in 1994 - 95 revealed that the mean daily water consumption amongst the ALDEP tank owning households surveyed was 107 litres. Using the above models to estimate the mean annual yields from the 40 m² ALDEP roof structures with 7 m³ -10 m³ of tank storage indicated that these systems could only provide between a 1/3 and 1/2 of the current lands area households water demand. Clearly, these systems are not being used as a substitute for traditional sources and distant boreholes, but as a supplementary source.

Based on the findings of the survey and using the above models as a design tool a modified design for the ALDEP system was developed. In this design the existing 40 m² ALDEP roof would be equipped with a 5 m³ surface tank and an additional ground catchment system (similar to the original ALDEP system designs) would be used consisting of a 100m² ground catchment apron and a 15m³ ferrocement or brick sub-surface tank, as shown in Fig 3. Using this combination a rural household could collect between 20,000 and 50,000 litres of water per year pm average (55 and 135 litres per day) in the driest and wettest part of the country, respectively. This is sufficient to meet most of the household domestic water needs.

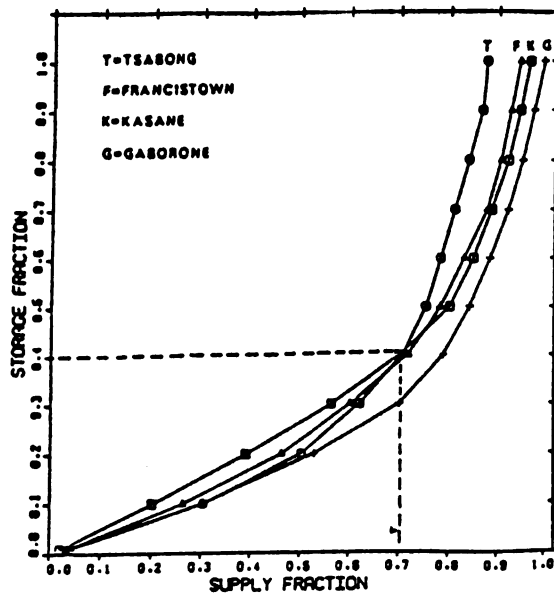


Fig. 2a.- plot of supply fraction against storage fraction at 95% reliability for 4 stations in Botswana using Ottawa Model.

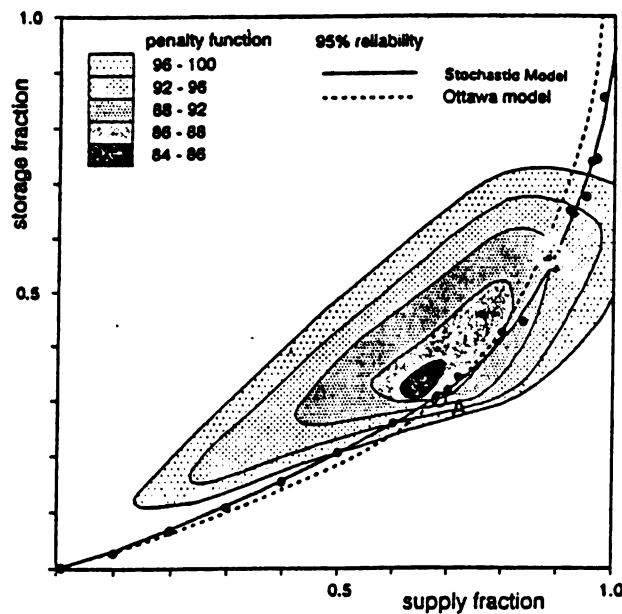


Fig. 2b.- Plot of Supply Fraction against Storage Fraction for Gaborone using Stochastic an Ottawa Models.

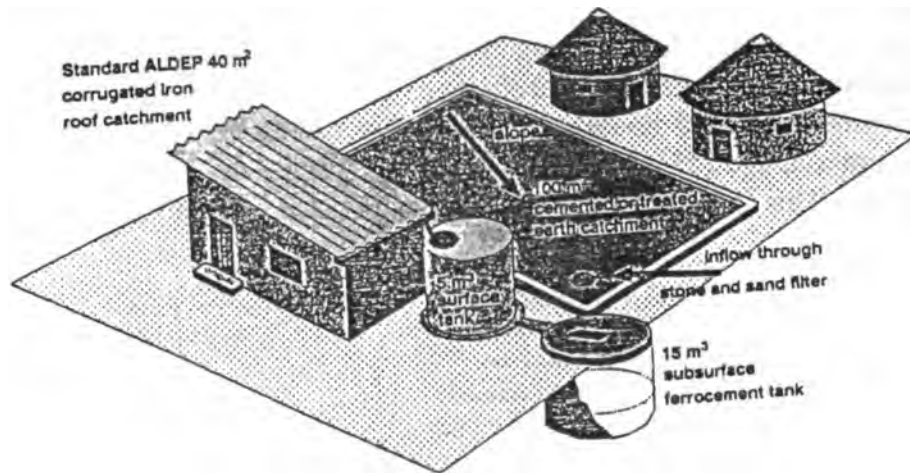


Fig. 3.- Proposed New Combined Roof and Ground Catchment Shystem.

Cost estimates for water from a standard ALDEP type system (price P4250) using Gaborone rainfall is around P15 (approx. US\$5) per cubic meter. When applied to the proposed combined roof and ground system a mean annual water yield of around 37 cubic meters can be achieved for an initial cost of about P6000. This works out at just P8 (approx. US\$2.5) per cubic meter based on a 20 year system life expectancy.

In the proposed combined roof and ground catchment system the roof runoff stored in a surface tank should be used for higher quality uses, particularly for drinking and cooking water (and treated if necessary); whereas the surface runoff stored in a sub-surface tank should be for lower quality water uses such as washing, cleaning and watering animals or plants. In order to be workable the dual scheme would probably need to be offered as a two part government sponsored grant/down-payment package. The first part of the package might enable the provision of a 40 m² roof and 5 m³ ferroceement or brick sub-surface tank to which a 100 + m² ground catchment system would be added by the householders. Householders should also be encouraged to integrate the roof catchment structure into an improved dwelling by adding walls, windows and doors as shown in Fig 3.

APPLYING MODELS TO DATA FROM SCHOOL RAINWATER TANK SURVEY

	TOTAL	MEAN	MIN.	MAX.
No. of Schools Surveyed	127	-	-	-
No. of Schools with Tanks	60	-	-	-
No. of Students	60557	481	62	1081
No. of Staff	2078	16	5	39
Roof Area in m2	153055	1320	188	4242
No. of Tanks	277	2.2	0	16
Volume of Tanks	1481	12	0	70
Age of Tanks (Years)	-	9	0	59
Mean Annual Rainfall (mm) (" Averaged for all schools)	469	220	680	

Table 1a. Results B.T.C schools Rainwater Tank Survey 1991

		OTTAWA MODEL	STOCHASTIC	MODEL
	Mean	Per Capita	Mean	Per Capita
Mean Roof Area of Schools Surveyed (m ²)	1320	2.7	1320	2.7
Mean Annual Roof Runoff (m ³)	495	1.0	495	1.0
Mean Tank Storage Volume Requirement (m ³)	198	0.4	163	0.33
Mean Annual Potential Rainwater Supply (m ³)	347	0.7	322	0.65
Mean potential Supply per School Day (Litres)	1735	3.5	1610	3.2

Table 1 b. RESULTS OF ANALYSIS USING COMPUTER MODELS

All results based on 95% Reliability (ie. 5% probability of failure assuming constant demand)

b. Possibilities for Rainwater Utilization at Schools: In a survey of rainwater catchment systems at primary and junior secondary schools in Botswana conducted for the Botswana Technology Centre (Gould 1991,1995) it was found that the mean roof area of the 127 schools surveyed was 1320 m². The potential rainwater yields for an "average" sized school were calculated using both the aforementioned models assuming tank capacities were optimized to maximize the yield, and the results are shown in Table 1a. and 1b. It is clear from the figures that there is close agreement between the Stochastic and Ottawa models, especially regarding the per capita water supply which works out at 3.5 litres/person / schoolday compared with 3.2 litres / person / schoolday, respectively. This is easily sufficient for the daily water needs of the school.

The implementation of large ferrocement tanks makes sense even as a purely back-up or supplementary supply at schools. Disruption in standpost supplies are common due to breakdowns or boreholes drying up in drought periods. Rather than relying on expensive trucked water supplies or having to close schools down, large rainwater tanks could provide an invaluable stop gap. One full 46 m³ tank could provide 3 litres of water per day to 500 pupils and staff for at least 30 days even in the dry season and for longer periods during the rains.

c. **The Ferrocement Rainwater Tank Construction pilot project:** Since 1994 a new ferrocement tank construction and training and pilot project has been ongoing, based on designs for 11.23 and 46 cubic meter tanks built using a wire and weld mesh frame. This technique developed in Kenya by Nissen-Petersen (1990) is discussed by Gould (1995). The approach and resulting tanks are still under evaluation. The stochastic model was also applied to determine the actual expected mean annual yield at Lothakane Primary School, one of the schools included in the pilot project. The two roof catchments at the site measure 200 m² and 130 m² and are connected to a 46 m³ and 23 m³ tank, respectively. The analysis revealed that the two new ferrocement tanks with a combined capacity of 69 m³, collecting from a catchment area of 330 m² should provide a mean yield of 95 m³ per year (assuming a 95% level of reliability) at a cost of around P 18/m³ (US\$6/m³). assuming a 15 year system life expectancy.

2. Rainwater Collection from Pans:

a. **The Zutshwa Pan Catchment System in the Kalahari Desert:** In an innovative project pioneered by the Rural Industries Innovation Centre (RIIC) in the small Remote Area Dwellers (RADS) settlement of Zutshwa, (Pop approx. 250) located 65 km South West of Hukuntsi in Kgalagadi District, a ground catchment system has been constructed for rainwater from the side of a pan. The existence of rills and gullies leading down the relatively steep sides of the pan provided the evidence of surface runoff which led RIIC in conjunction with the community to construct apron to direct water towards three sub-surface brick tanks with a total volume of 205 m³. During its first season of operation the tanks were full by mid-February and considerable losses were incurred due to overflow. Prior to the construction of the rainwater catchment system, water had been trucked in from Hukuntsi at a cost of around P200/m³. By direct comparison the 205 m³ of rainwater collected in the full tanks would have an equivalent value of P41,000. At a total cost of P60,000 (Petersen 1993) the construction of the system seems easily justified. One problem associated with the system is that the water contains very fine particles which remain suspended indefinitely giving the water a turbid milky appearance. A number of methods for dealing with such turbidity including the use of natural coagulants are currently being considered. A year after the project was constructed from a borehole 10 km away a sophisticated reverse osmosis system was installed. While this system has the potential to provide virtually unlimited clean water to the 3 stand posts serving Zutshwa's 250 residents, many questions have been raised regarding the appropriateness and sustainability of such a comparatively high technology system. Indeed when the author visited Zutshwa in July 1994 the stand posts in the settlement the diesel pump had broken for the second time since its inception, as a result people were again using rainwater as the only alternative source.

3. Rainwater Harvesting for Plant Production:

a. **Micro-catchments for Indigenous Fruit Tree production:** At Veld Products Research in Gabane a small orchard for indigenous morula fruit trees has been established using a series of small semi-circular microcatchments to concentrate runoff around the trees. Each microcatchment overflows into the next to avoid waterlogging problems and a stone mulch

used to reduce evaporation losses. Although, accumulated sediment also has to be *periodically* removed the project has been very successful. During the last five years the growth of the trees has been carefully monitored and comparisons with Morula trees planted at the same time but without micro-catchments at the same site clearly demonstrate the benefits of the microcatchments both in terms of the young trees of survival and growth.

b. **Permanent Strip Method for Dryland Farming:** Another technique which has been developed and successfully demonstrated is the permanent strip method for maize and sorghum production, Nilsson (1994). In this system, permanent strips of ripped loose soil 0.3m wide and 0.5m deep are produced 2m apart through deep ploughing with a single shank ripper. The 2m wide permanent strips between the ripped cultivated rows are graded and compacted to ensure that runoff is diverted towards the ripped rows. Rainwater runoff can be stored in the rows of loose soil for long periods in the form of soil moisture facilitating better crop growth. This method although still undergoing trials seems to be particularly beneficial in terms of enhancing maize and sorghum yields in marginal years.

OBSTACLES TO IMPLEMENTATION

Despite the potential benefits of various rainwater utilization system and many successful demonstration projects, the technology remains greatly under-utilized. Several factors may be responsible for this including the following:

1. Botswana does not have a well established tradition of rainwater utilization as a lack of impervious roofs and other catchment surfaces in the past limited the possibilities for rainwater utilization.
2. Rapid economic growth based on diamond mining has led to huge discrepancies between rural and urban dwellers and something of a dependence culture has developed with people automatically looking to Government to provide all basic infrastructural needs such as water.
3. Lack of Government commitment and capacity to find long term sustainable solutions for water provision have resulted in a focus on short term solutions emphasizing dam construction, pipelines and borehole development for larger settlements, rather than addressing the needs of scattered rural populations using appropriate small scale water supply technologies.
4. Lack of skilled builders and low levels of workmanship have also been obstacles to higher rates of implementation for some projects such as the ALDEP water tank programme.

5. Poor system design is also a major problem even with regards to standard designs for government buildings. Frequently only a fraction of the roof area is exploited with downpipes running to waste and gutters are sometimes constructed horizontally or even sloping away from the tank. Overflow pipes and taps on tanks are often misplaced reducing storage efficiency. Some of these typical design faults are illustrated in Fig 4. In fact this illustration

of poor design is based on an actual example observed in the field at Masunga in Northeast District and were replicated on 70 identical units. The system efficiency of these was estimated to be just 10-15% and many householders complained of having no water in their tanks. The total cost for installing the 70 tanks was around P350,000 (approx. US\$120,000) of which 85%-90% was effectively wasted.

6. Poor maintenance is another common problem. A significant proportion of tanks at schools and other government institutions do not work because of broken taps, gutters and downpipes or from repairable leaks. At St. Joseph's school 10km south of Gaborone, water was trucked to the school throughout the last rainy season and pumped into two rainwater tanks, yet a downpipe connected to one of the tanks remained unrepaired all year.

7. Rainwater systems are best looked after when they are individually owned. The high initial cost of the tank, however, mean they are beyond the means of most people in rural areas. Government owned systems at schools etc.. lend to be poorly maintained resulting in leakage and other problems. This can give the technology a bad reputation and hamper replication.

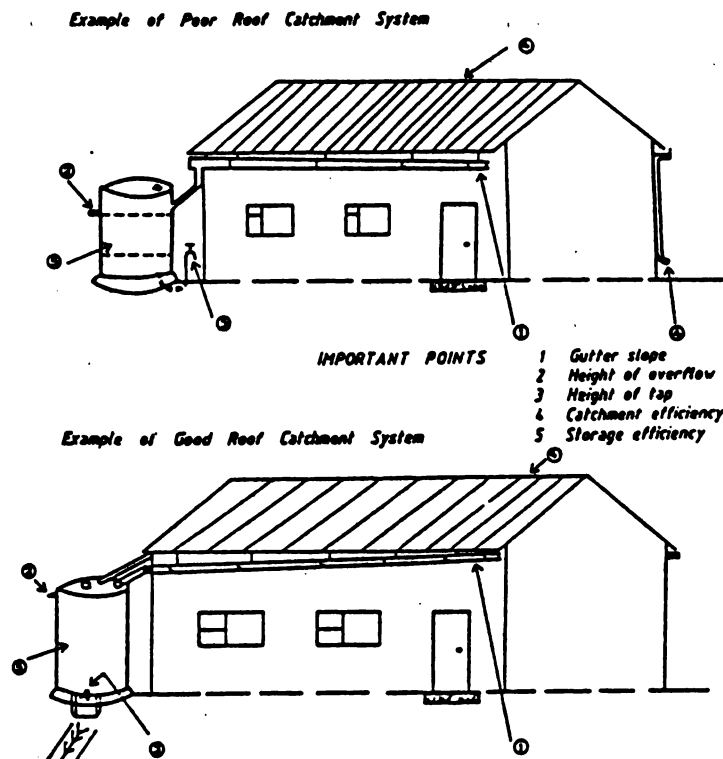


Fig. 4.- Examples of Poor and Good Roof Catchment Designs.

STRATEGY FOR ENCOURAGING GREATER RAINWATER UTILIZATION

Any comprehensive strategy to encourage better exploitation of Botswana's rain water resources needs to be based on clear policy objectives and the necessary capacity in terms of technical and institutional to ensure effective implementation. Such a policy should include the following elements:

1. The implementation of large rainwater tanks at schools as standard. A minimum storage capacity of 50m³ should be required for urban and small rural school and 100m³ for all others. An annual inspection, maintenance and repair programme should be instituted to ensure that systems at schools and other government institutions are properly maintained.
2. The revising of all standard government building designs to ensure that where rainwater tanks are include, the whole system is properly designed, efficient and cost effective.
3. The adoption of the new proposed ALDEP rainwater tank system design as shown in Fig 3, and an accompanying pilot project to field test the system.
4. The establishment of a small unit within the Department of Water Affairs to promote rainwater utilization and to undertake research and field testing of systems and provide technical advice to the public.
5. The provision of financial incentives including tax rebates for private investments in rainwater tanks and government loans and subsidies for farmers developing microcatchments or permanent strip cultivation methods.

CONCLUSIONS

From the results of field surveys, observations and the results of computer simulation models along with the success records of several projects one can conclude that despite the arid climate rainwater catchment systems could potentially provide a convenient, if limited water supply, in any part of Botswana, where a suitable catchment area is available. While the technology cannot effectively compete with other forms of supply where abundant high quality ground and surface water sources are available, it does offer a useful alternative in areas with water problems and for supplying remote isolated households. Rainwater catchment systems can also provide an excellent supplementary or backup supply in villages suffering periodic water shortages.

Currently, the full potential for rainwater utilization in Botswana is far from being realized. Reasons for this include a lack of commitment on the part of government and lack of resources on the part of much of the population. Shortages of skilled labour, poor maintenance and repair systems and some grossly inefficient designs are also major constraints.

Since it is impossible for Botswana to develop its rich but finite diamond and other mineral resources in a sustainable way, investing the revenues from their exploitation into technologies exploiting renewable resources such as rainwater utilization and solar power, provide an opportunity for the country to develop in a more sustainable way. Further development of rainwater catchment system may, however, be futile unless an appropriate strategy is developed which ensures that problems including those of poor design, maintenance and repair are first addressed and overcome.

ACKNOWLEDGMENTS

The financial support of the University of Botswana Research and Publications Committee is gratefully acknowledged. Thanks are given for donations and loan of equipment by Daisy Loo Botswana, the Departments of Geology and Environmental Science at the University who also provided technical assistance and support. Several individuals contributed substantially to this input was greatly appreciated. In particular Dr. Ambro Gieske whose invaluable cooperation and assistance greatly enhanced the scope of this project, Ms Sejo Moalosi who provided services as field assistant, translator and interpreter deserves a special mention.

REFERENCES

- 1. FARRAR D. M. (1974), Aspects of Water Supply and Conservation in some parts of Africa. Unpub. Ph.D. Univ. of Manchester, U.K.**
- 2. GIESKE, A. (1992), Dynamics of Groundwater Recharge, A Case Study in Semi-Arid Eastern Botswana. Ph. D. Thesis, Free University, Amsterdam, pp 290.**
- 3. GIESKE, A., GOULD J. E. AND SEFE F. (1995), Performance of an instrumented roof catchment system in Botswana, Proceeding of 7th International Rainwater Catchment Systems Conference, Beijing, China, Vol 2, section 10, p60-69.**
- 4. GOULD J. E. (1985), An Assessment of Rainwater Catchment Systems in Botswana, Unpublished M. Sc. Thesis, University of Alberta, Edmonton, Canada, pp 222.**
- 5. GOULD J. E. (1987), An Assessment of Roof and Ground Catchment Systems in Botswana. Proc. 3rd Int. Conf. on Rain water Cistern Systems, Khon Kaen Univ., Thailand. C2-1-17.**
- 6. GOULD J. E. (1991), Rainwater Catchment Systems Development in Botswana. Report for the Botswana Technology Centre. P/Bag 0082, Gaborone, 89p.**

7. **GOULD J. E. (1995)**, An Investigation of the potential Role for Rainwater Catchment Systems In Rural water Supply in Botswana. Unpublished Report, 71p, University of Botswana, Gaborone.
8. **GURUSAMY K. and J. E. (1992)**, Development of Rainwater Catchment Systems in Botswana. Proc. Of the Int. Rainwater Catchment Systems Association, Regional Conference, Kyoto, Japan. Vol. 1, p287-299.
9. **ITDG (1969)**, The Introduction of Rainwater Catchment Tanks and Micro-Irrigation to Botswana, Myson House, Railway Terrace, Rugby CV21 3HT, UK.
10. **JAY, B. and GOULD J.E., (1993)**, An Overview of Rainwater Catchment Systems in Botswana. Proc. of the Rainwater Catchment Systems Application and Technology Workshop, p3-13, Botswana Technology Centre, P/Bag 0082, Gaborone.
11. **LATHAM B. (1983)**, Rainwater Collection Systems: The Design of Single Purpose Reservoirs. M.A. Sc. thesis, Dept. of Civil Engineering, University of Ottawa, Canada. 232p.
12. **NILSSON G. (1994)**, Harvesting and Utilization of Rainwater in Agriculture and Horticulture in Botswana, p370-385, Proc. Tokyo Int. Rainwater Utilization Conference, Sumida City, Tokyo.
13. **NISSEN-PETERSEN, E. (1990)**, How to Build a Cylindrical Water Tank with Dome. (46m³). KIDP/DANIDA, Photo manual, Nairobi, 33p.
14. **PETERSEN S. (1993)**, Rainwater Catchment from Salt Pans for Domestic Use in Botswana. Proc. of the 6th Int. Conf. on Rainwater Catchment Systems, Nairobi, Kenya. Aug. 1-6th 1993. p. 169-176.
15. **WATT, S.B. (1978)**, Ferrocement water Tanks and their Construction I. T. Publications, London, 118p.s.

DESIGN OF ROOFTOP RAIN CATCHMENT SYSTEMS IN MICRONESIA

Dr. Leroy F. Heitz P.E. ¹
Dr. Stephen Winter ²
Dr. Shahram Khosrowpanah P.E. ³

ABSTRACT

This paper reports on the results of a research study funded by the US. Geological Survey, Water Institute Program through the University of Guam Water and Energy Research Institute of the Western Pacific (WERI). The purpose of this project was to develop and disseminate criteria to be used in the design of new or refurbishing of existing individual water supply systems for various islands in the Federated States of Micronesia (F.S.M.). The end product was a set of design criteria for sizing combined rooftop rain catchment systems (RRCS)/groundwater systems so that these systems can provide a continuous water supply even during drought conditions.

A Windows based computer simulation model called "ROOFRAIN" was developed to evaluate the effectiveness of various RRCS configurations for varied use rates. An inventory of use rates, catchment sizes, and tank configurations was made for various island groups in the Federated States of Micronesia. This information was used to update and verify past studies which have been made concerning water consumption in Micronesia. Rainfall data and water use rates served as input to the RRCS model. Output from the model was used to develop a set of design tables to be used by island sanitarians and residents in planning the design of new or the upgrading of existing RRCS systems. A brochure containing these tables has been printed and is being distributed to island residents in the Federated States of Micronesia.

INTRODUCTION

This paper summarizes the research accomplished in a study of rooftop rain catchment systems in the Federated States of Micronesia (F.S.M.). The location of the study area is shown in Figure 1. F.S.M. lies in the Micronesian (Western Pacific) area of the Pacific Ocean.

¹ & ³ *Water and Energy Research Institute of the Western Pacific, University of Guam, UOG Station, Mangilao Guam 96923*

² *Appropriate Technology Enterprises Inc. P.O. Box 607, Chuuk, FM 96942*

This area lies between the equator and the tropic of cancer and extends from longitude 130 E to 180E. More than 2000 islands are spread across this area. Of this total, almost 100 are inhabited. The islands range in size from less than 100 ft² (9 m²) to 212 mi² (540 km²). Annual rainfall ranges from 80 to 400 in. (2,032 to 10,160 mm) per year with humidity reading of 90 to 100 percent and temperatures of around 80 °f (27 °C) occurring all year round. The FSM consists of four states; Chuuk State, Kosrae State, Pohnpei State, and Yap State, with a population of approximately 100,000.

The severe El Niño induced drought in Chuuk State in the spring of 1993 brought an increased awareness that in many cases existing individual water supply systems were not adequate to meet the drinking water needs of the atoll island and rural high island inhabitants. The rainfall in the last half of 1992 and early 1993 was so low that the flows in surface water streams and seeps were greatly reduced and water stored in rain catchments in many cases was completely depleted. Many of the small springs and seeps that.....

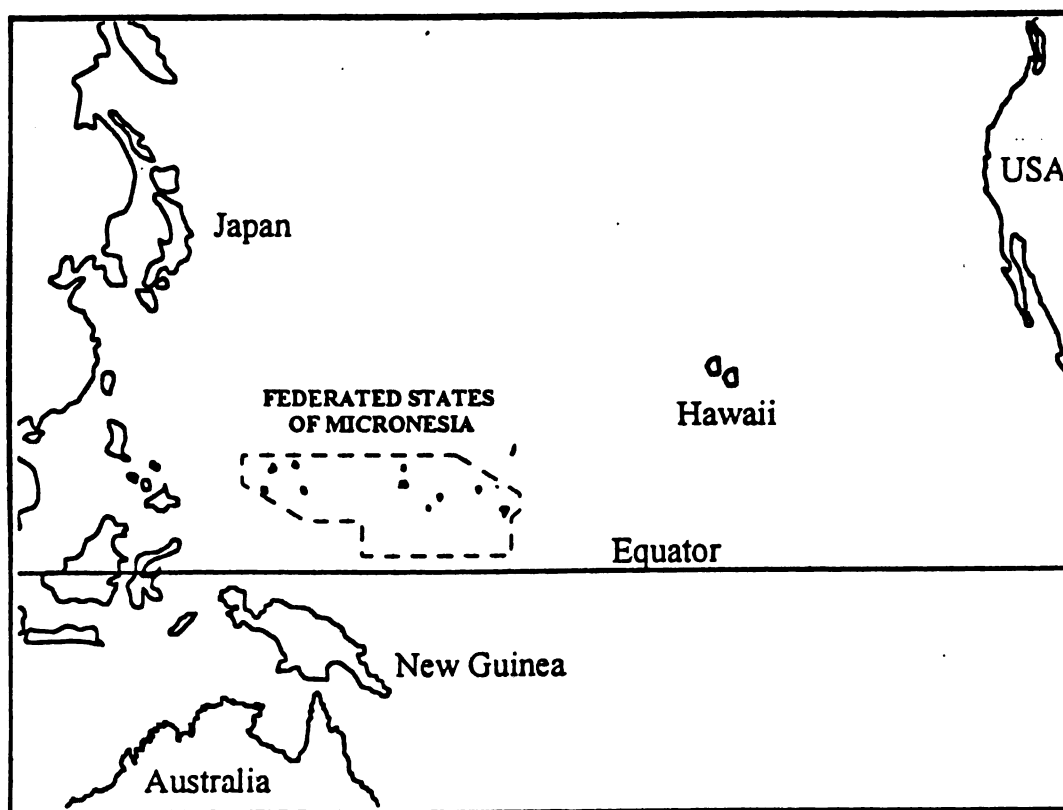


Figure 1. Location of Study area in Pacific Basin

Supply villages on Weno, the capital center for Chuuk State, and the other island within the lagoon were running at greatly reduced rates or had dried up completely. Officials from the US Federal Emergency Management Administration (FEMA), the U.S. Navy, local Chuuk State Government, and those from the F.S.M. National Government averted disaster by arranging for the direct shipment of emergency water supplies to those suffering worst under the drought conditions. It is quite likely that, if climatic conditions similar to those in 1992-1993 were to occur again, the water supply outlook would be nearly the same as before and outside assistance would again be required to alleviate the shortages in drinking water supplies.

The two major sources of water supply in the atoll islands and many rural areas of the high islands of the F.S.M. are rooftop rainfall catchments systems (RRCS) and shallow groundwater sources. The rain catchment systems are best suited for supplying drinking water needs. Other water demands are best met sources in one combined system of water supply. The RRCS water is generally highest in quality and is more culturally acceptable for drinking purposes but is limited in quantities available especially during times of drought. The groundwater supplies are generally of lower quality and are best suited for purposes such as washing clothes, bathing, and toilet flushing. An ideal system would have the components of the RRCS and the groundwater system sized in such a manner to meet the needs of the individual family that owns the system. This means that lengths of guttering and storage tank sizes would be appropriate for the rainfall at the location and the uses that the family plans for the water. The groundwater well siting and development must be appropriate for the given field conditions and for the use planned for this resource. But more importantly the two systems must be designed to work well together to meet all the needs of the family even during drought times.

The major result of this project was the development and dissemination of criteria to be used in the design of new or refurbishing of existing individual water supply systems for atoll island and rural high island inhabitants. The criteria developed revolved around the use of combined RRCS and groundwater systems. A thorough information dissemination effort was established to make the results of the study useful and understandable by those who will be planning, constructing and maintaining the systems. If the criteria developed in this project are applied to refurbishing existing or planning new systems, the shortages suffered during future droughts should be greatly reduced.

OBJETIVES

The objectives of this study were four-fold as follows:

1. Update information on water consumption for atoll and rural island populations of F.S.M.
2. Develop design criteria for the components of combined RRCS and groundwater systems.

3. Prepare a brochure containing the design criteria developed in *Objective 2* in a manner that is comprehensible to those who will be planning, installing and maintaining the combined water supply systems.
4. Present on-island workshops for sanitarians and development agency personnel so that these people can take full advantage of the design brochure developed in *Objective 3*.

METHODS AND PROCEDURES

Phase I Field investigations of water uses for atoll and rural island populations of F.S.M. First we made a thorough literature search of previous studies dealing with individual household water use in the F.S.M. Next, we visited several atoll islands across the F.S.M. to substantiate water use estimates determined in previous studies. We interviewed members of individual households to determine their water use patterns with special emphasis on consumptive uses such as drinking and cooking. We tabulated roof sizes, percent of roof surface drained by gutters and size of existing storage tanks. Interviews were made in two separate locations in the atoll islands of Pohnpei, and Chuuk States. We gathered data on high island rural household use rates and existing RRCS components on the high islands of Chuuk State. The results of this phase of the study are shown in Table 1.

Phase II Development of design criteria for RRCS systems.

First we chose a study area where there was adequate rainfall records for the modeling efforts. What was needed was an area which included as many islands as possible, with a rainfall record available that was representative of the entire area, and at least 20 years in duration. The area that was chosen is shown in Figure 2. It contained all the islands in Yap State and all of the islands in Namonweito and Pattiw area of Chuuk State F.S.M. The rainfall record at the Yap Island Wather Service Office at the Airfield (Station #4951) was used as being representative of the entire region. This region represented a narrow band of latitudes located around 10 degrees mprth latitude. This area is known to have rather homogenous rainfall patterns. The record at the station was complete for the period 1953 to 1994.

Next we explored various RRCS component sizing and water use options using the rainfall data described previously in a operational model of a combined RRCS system. The oprational model used was a Windows[®] based program called "ROOFRAIN" that was developed specifically by the authors for this project. The program used factors such as family size, roof rain catchment configuration and desired use rates as imputs. The use rates that were adopted for all of the model runs were a total of 4 gallons (15.1 liters) per person per day for drinking, cooking, and washing dishes, and a total of 11 gallons (41.6 liters) per person per day for bathing, washing clothes, and toilet flushing. These rates were taken from the data developed in Phase I of this study. Outputs from the model included detailed anaysis of performance of the rain catchment system including total days where there was a shortage of water and longest period of time of shortage.

TABLE 1

**WATER USE RATES IN THE FEDERATES STATES OF MICRONESIA
in gallons/person/day (liters/person/day)**

Use	Mokil	Pohnpei	Nama	Ulithi	Falalop	Mogmog	Namuluk	Average
Drinking	0.64 (2.4)	0.52 (2.0)	0.66 (2.5)	0.75 (2.8)	0.28 (1.1)	1.70 (6.4)	3.40 (12.9)	0.64 (2.4)
Cooking	0.68 (2.6)	0.87 (3.3)	2.10 (7.9)	0.58 (2.2)				1.06 (4.0)
Dishes	1.50 (5.7)	1.50 (5.7)	1.70 (6.4)	1.50 (5.7)	7.90 (29.9)	1.10 (4.2)	6.50 (24.6)	1.55 (5.9)
Bathing	5.60 (21.2)		8.50 (32.2)		64.30 (243.4)	19.00 (71.9)	9.90 (37.5)	7.05 (26.7)
Clothes	2.00 (7.6)		3.00 (11.4)		3.50 (13.2)	1.60 (6.1)	2.30 (8.7)	2.50 (9.5)
Flushing	3.30 (1.25)				4.50 (17.0)	2.00 (7.6)	2.60 (9.8)	3.30 (12.5)
TOTAL	13.72 (51.9)	2.89 (10.9)	15.96 (60.4)	2.83 (10.7)	80.48 (304.6)	25.40 (96.1)	24.70 93.5)	16.10 (60.9)

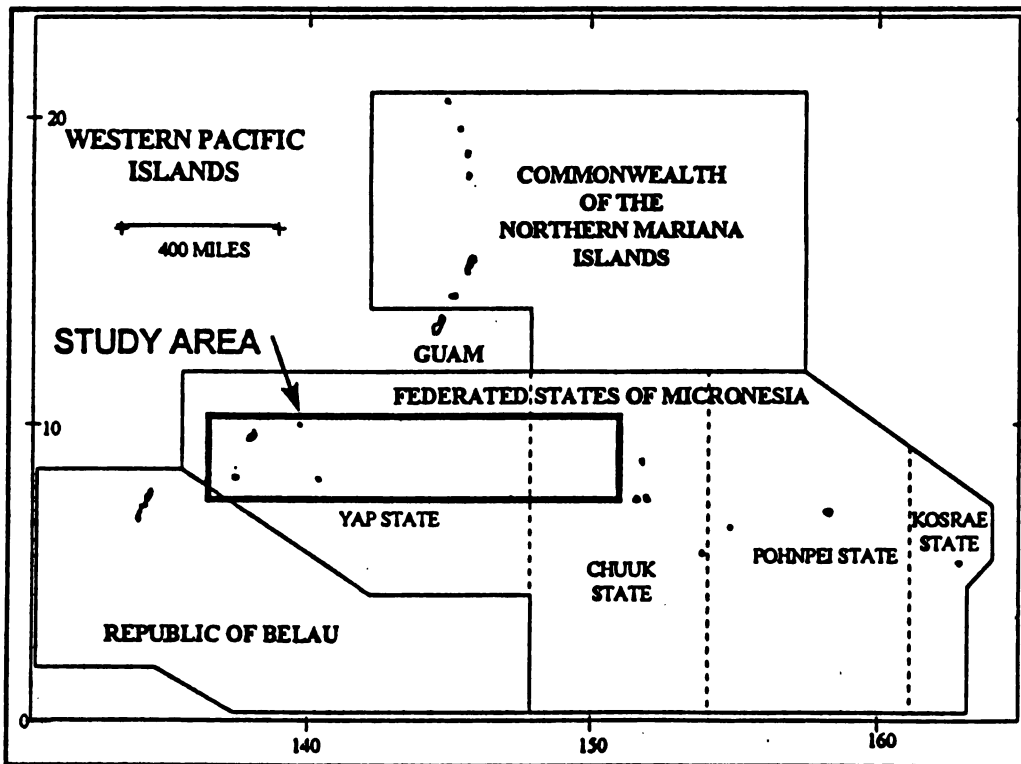


Figure 2. Location Map of Study Area

Nest we chose the final design criteria for the proposed RRCS systems. The basis for the criteria was to choose the minimum size components that would provide a reasonable level of protection against shortages of consumable water during drought times. A conservative value of 0 (zero) days without water is the minimum acceptable level of performance that was chosen. This conservative value was chosen because of the lack of backp water supplies in most of the areas where the design criteria will be applied. We operated the model over a range of RRCS component sizes, family sizes, and conservation practices. The results of the model runs were condensed into a series of design tables as shown in Table 2. This table is explained in detail in the following section on principal findings and significance.

TABLE 2
SAMPLE DESIGN CRITERIA
FOR USABLE ROOF SIZE
OF 800 TO 1000 ft² (74.2 to 92.9 m²)

PEOPLE	STOP USING WATER FOR BATHING AND WASHING CLOTHES WHEN WATER LEVEL IS BELOW			
	FULL	3/4 FULL	1/2 FULL	1/4 FULL
17				
16				
15				
14				
13				
12				
11				
10				
9				
8				
7				
6				
5				
4				
3				
2				
1				

ROOF TOO SMALL	500 (1893 liters)	750 (2839 liters)	1000 (3785 liters)	1250 (4731 liters)
-----------------------	----------------------	----------------------	-----------------------	-----------------------

Phase III Development of a booklet for designing rooftop rain catchment systems. We prepared a brochure containing the design criteria developed in Phase II. This criteria was translated in such a wa that it is comprehensible to those who will be installing and maintaining the combined water supply systems. This effort required deciphering the engineering data into tables and charts comprehensible by lay people. The booklet contains sections on:

- **Basic assumptions used in developing the brochure.**
- **Explanations on how to use the design tables.**
- **Example problems on how to use the design tables to:**

Choose the size of a new tank

Check the adequacy of an existing tank

Determine how water should be utilized in an existing system

A series of color design tables similar to that shown in Table 2 completes the booklet.

Phase IV Community outreach and information transfer.

We distributed the brochures to state environmental health offices through a series of workshops. These workshops were held in Yap State and Chuuk State F.S.M. Participants included those from the environmental health area and also those involved in local community action programs that were actually assisting in the design and construction of rooftop rain catchments systems. Each workshop was three hours in length and consisted of lectures and hands on activities. The lectures and hands on activities were designed so that participants gained a full understanding of the brochure and were able to use the design tables. Copies of the brochure were provided to each participant along with additional copies which participants were asked to distribute when they make visits to inspect atoll or rural water supply systems. Participants also had a chance to have hands on use of the "ROOFRAIN" program.

PRINCIPAL FINDINGS AND SIGNIFICANCE

The first major area of significance of this study was the updating of water use rates and physical component sizing for roof top rain catchment systems in the remote areas of the Federated States of Micronesia. Table 1 shows a summary of the various rates that were revealed through the literature searches and field interviews. From table 1, we see that the use rates vary quite markedly from area to area. Another fact that was brought out in the local interviews was that those using rain catchment were likely to keep a close accounting of remaining water in the tank and to adopt conservation measures when the tank was below about one half full. The use rates that were adopted for the development of the brochure were 4 gallons (15.1 liters) per person per day for drinking, cooking, and washing dishes, and a total of 11 gallons (41.6 liters) for bathing, washing clothes, and toilet flushing.

The second major result of this project was the tables that were included in the design brochure. A sample of these design tables is shown in Table 2. We developed a series of these for effective roof sizes ranging from 200 to 2000 ft² (18.6 to 185.8 m²). To select an appropriate size for a tank, the designer needs to know the number of people served by the system and the usable roof area. The usable roof area is simply the product of the total area contributing to the system and a runoff factor which accounts for leakage in the guttering. Knowing the usable roof area the designer chooses the appropriate chart, similar to that shown in Table 2. Next the user selects the row in the table that corresponds to the number of people served. The columns in the rows provide the required tank size for various conservation practices. For example, the leftmost column tells us the required tank size if the tank water is used only for drinking cooking and washing dishes at all times. The rightmost column tells us the required tank size when the tank is used only for drinking, cooking and washing dishes when the tank is below ¼ full. The tank sizes that are provided are for the typical round ferro cement tanks that are common in the Federated States of Micronesia. Using these tables along with a few simple calculations, the user can design a new RRCS system or check the adequacy of an existing system.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

It appears that combined RRCS/Groundwater systems can easily supply the water use requirements for remote island inhabitants. This is true if components of the systems are designed appropriately for the size of family to be served, the rainfall patterns in the area, and how the water will be used. The brochure generated as a result of this report is being used to size various components of RRCS systems in an area of the Pacific including Yap State and portions of Chuuk State F.S.M. If the suggestions in the brochure are followed users will have a dependable supply of water even during drought times.

The next step will be to develop similar design brochures for other areas in Micronesia. These would include the islands in Chuuk Lagoon, the remaining atoll Island in Chuuk State, the high Island of Pohnpei, the atoll Islands in Pohnpei State, and the Island of Kosrae. The Commonwealth Utilities Corporation of the Commonwealth of the Northern Marinas Islands is also interested in developing a similar brochure for the islands within their jurisdiction. The biggest obstacle to developing the needed information is the lack of long term rainfall records in many of the areas of Micronesia. The authors are presently exploring various avenue to provide support for the required additional studies.

REFERENCES

Hunter-Anderson, Rosalind L. (1986), "Indigenous Fresh Water Management Technology of the Yap Islands, Micronesia", WERI Technical Report 63, University of Guam, WERI, Guam.

Hunter-Anderson, Rosalind L (1987), "Indigenous Fresh Water Management Technologies of Truk, Pohnpei and Kosrae, Eastern Caroline Islands, and of Guam, Mariana Islands, "WERI Technical Report 65, University of Guam, WERI, Guam.

O'Meara, Christine (1982), "An Investigation of Social Aspects of Fresh Water Use in Selected Hamlets of Belau,", University of Guam, WERI, Guam.

South Pacific Commission. Report (1988), "A Partial Survey of Some Aspect of the Freshwater Resources of Northern Nikalap Areu Island, Ant Atoll, Pohnpei State," South Pacific Commission, Noumea, New Caledonia.

Stephenson, Rebecca A. (1979), "Freshwater Use Customs on Guam, an Exploratory Study," WERI Technical Report 8, University of Guam, WERI, Guam.

Stephenson, Rebecca A. and Darlene Moore (1980), "Freshwater use Customs on Rota," WERI Technical Report 17, University of Guam, WERI, Guam.

Stephenson, Rebecca A. (1984), "A Comparison of Freshwater Use Customs on Ulithi Atoll With Those of Selected Other Micronesian Atolls," WERI Technical Report 51, University of Guam, WERI, Guam.

Van der Brug, Otto (1983), "Water Resources of the Truk Islands," Department of Environmental Health and Planning & Statistics, Chuuk State, FSM.

Winter, Stephen J. (1986), "The Development of a Ferrocement Well for use in Rural Areas of Micronesia," Appropriate Technology Enterprises, Technical Report No. 3, Weno, Chuuk, FSM.

Winter, Stephen J.; Stephenson, Rebecca A. (1981), "The Development of a Village Water Supply System In Truk," WERI Technical Report 28, University of Guam, WERI, Guam.

THE SOLAMAR POTABLE

George Greenhaum M.Sc. ¹

Safe and clean drinking water is a primary and basic essential component for sustaining a healthy life. Throughout the world there are urban areas, rural villages and camps that do not have adequate water distribution facilities. This leaves vulnerable people with potential public health risks.

The SOLAMAR POTABLE offers a relatively simple and effective means to store, treat and dispense "healthy" water with an innovative and user-friendly system.

- | | |
|-------------|------------|
| * CONTAINER | |
| * COVER | |
| * FITTINGS | The |
| * SAN-WAND | SOLAMAR |
| * FILTER | POTABLE |
| * OPTIONS | 128 LITRES |

THE CONTAINER: The vessel size may be approximately 40-200 litres (10-50 gallons). It may be one piece plastic, ceramic, wood or cement. Two-piece exterior woven or wire frame basket with a plastic film insert. May have a sloped bottom. Larger units up to 1,000 litres can be practical.

THE COVER: Split to make for easy filling. Has openings to accommodate fittings. Acts as a dust/insect barrier and reduces evaporation.

THE FITTINGS: Made from plastic pipe. They are inter-changeable to match specific needs: Rainwater access; Special stirrer to treat the stored water; Siphon outlet with filter option; Auxiliary stirrer.

¹

President, Solamar. International Incorporated. 1005 N. Caribe Ave. Tucson, AZ 85710 Fax: (520) 546-9869

THE SAN-WAND: Manual stirrer designed to hold multiple dispensing heads. The heads hold timed release disinfectant tablets, loose or enclose in porous paper packets. Has easy access for replacements. Made from standard plastic pipe fittings.

THE FILTER: Integrated with siphon outlet and may be used when water quality deems it appropriate.

THE OPTIONS: Auxiliary SAN-WANDS could contain such support compounds as ion-exchange resins, activated carbon, or medical/food supplements.

Every element in the SOLAMAR POTABLE system is inexpensive, available every where and easily assembled at the site even under harsh conditions.

With a secure drinking water supply available, it serves as a source for healthcare intervention. When virulent diseases strike the population, the presence of "healthy" water for medications becomes particularly critical.

SOLAMAR represents a major advance in establishing greatly improved public health benefits for people at risk. It represents a realistic approach to achieve these goals. There should be world-wide support from governments and agencies to implement such a monumental challenge.

The SOLAMAR POTABLE is covered by issued and pending patents.

**THE SOLAMAR SURFACE AQUIFERS A WATER
RESOURCE OF THE FUTURE HARVESTING
*THE NATURAL BOUNTY OF RAINFALL***

THE CONCEPT

When a raindrop strikes the earth, it is "forever" lost until, in its downward descent, it reaches a natural aquifer. The SOLAMAR SURFACE AQUIFER (SSA) reaches out to gather the many drops that make up the rainfall, be it light or heavy. Such harvesting has been going for thousands of years, however, SSA embraces two approaches that lift to entirely new levels.

Rain has been traditionally collected in circular tanks such as the well-known Thai Jars (2000 liters) for many years. The stored water is withdrawn as needed with little regards as to its quality as a potable drink. This paper introduces the SSA, not only as a collecting unit but also as a source of clean and healthy water supply for family and households by treating it with a relatively easy and inexpensive process. For larger installations, water quality maintained by simple treatments noted below.

THE STRATEGY

These treatments are so adaptable, that in addition to collected rainfall, waters from other sources such as wells, rivers and lakes may be fed into the SSA storage vessel for

treatment, which makes for a truly effective water quality result. For capacities of 2000-5000 liters, disinfection process is done with a unique device, named SAN-WAND (patented), described below. For volumes above these numbers, designated pumps (hand or electric), uses a simple flow system with selected sanitizing materials. Such a combination, in a pre-selected pattern, will produce a water quality analysis to match any need.

THE VESSEL STRUCTURE

The SOLAMAR AQUIFER design essentially moves away from the circular tank to a structure which is rectangular on a straight axis. It may be free-standing or positioned in an excavated channel, from below ground level and up. If are space limitations, the vessel may be placed in a multi-angular format.

THE CONSTRUCTION

The storage unit is basically made from inexpensive, widely available such as concrete blocks in combination with a liner, usually made from waterproof fabric or plastic film to contain the stored water. In larger installation, noted below, the walls and bottom are constructed as a concrete module. The great flexibility of modular construction allows for a very wide range of vessel capacities. In some environments, twin vessels, one for storage and for processing, may be quite in order. This arrangement can result in flexible manipulation and great efficiencies. Where it is practical, it is recommended construction should be made above and below ground level. Dividing the structure like this takes advantage of lower wall costs. It also minimizes the effect of high ambient air temperature.

CANOPY

Every structure, large or small, will have a separate covering/canopy. It will reduce evaporation and keep out air-borne pollution and dust particles. Made available in plastic or aluminum. The canopy is designed to allow the rain to drop in the vessel below.

THE SAN-WAND

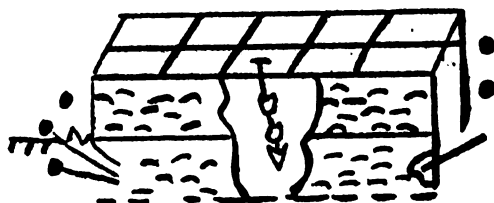
SAN-WAND is a patented assembly of plastic pipe which embodies a combination of a manual stirrer/paddle and a dispenser of a suitable disinfectant. This can be a time-release compound which is the unit. It is primarily designed to be used in the smaller vessels holding from 500 to 5000 gallons. It is a low-cost and relatively easy device to achieve water quality.

DISINFECTION

Underneath the canopy, the following procedures take place. For the small storage units, the SAN-WAND device, available in several sizes, will distribute the sanitizing materials. The larger installations, which could hold many thousands of gallons, use a combination of pumps together with a broad spectrum of proven procedures and compounds to archive the desired water quality. FOR EXISTING CATCHMENTS AND STORAGE VESSELS NOW IN USE, THE SAN-WAND DEVICE WILL ASSURE "HEALTHY" DRINKING WATER.

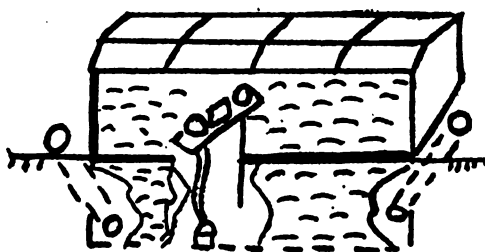
HOUSEHOLDS

May be any size. A typical 1.5m x 1.5m x 3m vessel holds approximately 1800 gallons. Other sizes may be smaller or larger, based on family size and household usage. Construction is usually concrete blocks and lined with a waterproof fabric or plastic film. Water quality will be a function of the SAN-WAND of appropriate size. A free-standing vertical model containing approximately 2000 liters is quite practical. Constructed with a PVC pipe or concrete blocks and a coated fabric liner. The water may be withdrawn from a bottom spigot, siphon or hand pump.



RURAL

The number of structures and sizes will depend on the head count and the number of families to be served. A 3m x 3m x 30m unit will hold approximately 63,000 gallons. If small farming activities are involved, it will increase the amount of water to be needed. The construction will be concrete blocks. Filling is from direct rainfall or from a drainage network of surface openings. Several vessels may be used, one for storage and one for processing. A combination of pumping and sanitizing compounds ensures disinfection.

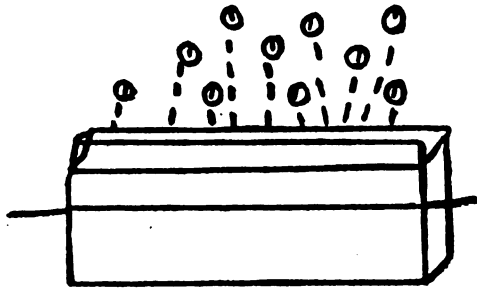


AGRICULTURE

For farming depending on the number of hectares under cultivation and the seasonal need for supplementing existing water supplies, one or more storage vessels may be needed. The volume of each unit will be based on this calculation: one cubic meter of space will hold 264 gallons.

Modular construction offers unlimited capacity to match projected needs. For agricultural usage, water quality is quite adjustable. When and where appropriate, water soluble fertilizers and plant protection materials may be added to the stored water as a possible economic benefit from the system.

Direct rainfall into the canopy and the drainage network should provide maximum water supplies.



RAINFIELDS

There are at least four physical patterns. One of the useful is a drainage intake network to feed the rain into the containment vessel.

ECONOMIC

The cost of materials and construction and methods have been carefully considered. They represent the most reasonable approach after analyzing many choices.

PATENTS

The structural units and procedures herein described are protected by patents issued and patent applications. Because of patent considerations, significant details of the SOLAMAR AQUIFER will be shown on a confidential basis.

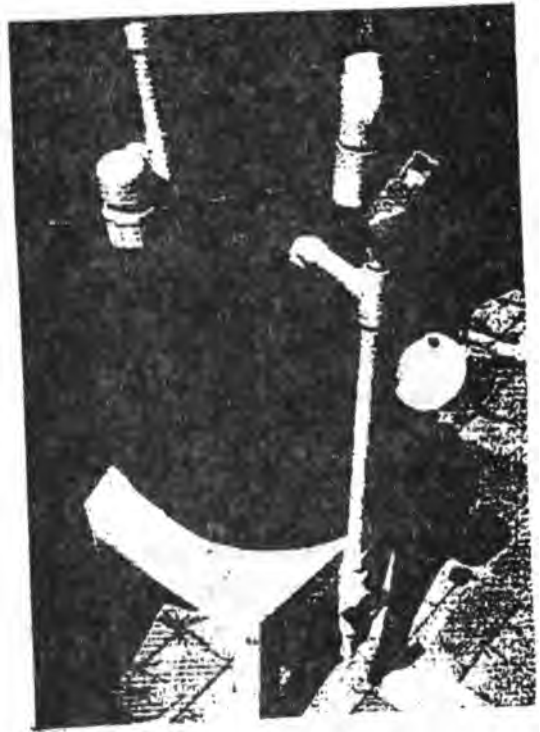
It can truly be said the liquid bounty from heaven can be recycled for man's benefit and augment the world's water resources.

PRESENTING THE NEW

SOLAMAR

DRINKING
WATER
VESSEL FOR
BETTER FAMILY
HEALTH!

Reas Information Sheet



65 L. CAPACITY CONTAINER

MADE FROM CERAMIC • PLASTIC
CAPACITY: 40 TO 300 Litres
800 to 1,000 Litre Systems also available

EASY FILLING • SANITING STIRRER
AUXILIARY DESINFECTION • SIPHON OUTLET

SEEKING INTERNATIONAL MANUFACTURING & DISTRIBUTION OF
SOLAMAR CONTAINERS THROUGHOUT THE WORLD

PATENT INFORMATION AVAILABLE

SOLAMAR INTERNATIONAL, INC. 1005 N. CARIBE, TUCSON, AZ 85710
U.S.A.
TELEPHONE: (520) 885-0169

CAPTACION DE LLUVIA; SU IMPACTO SOCIAL ECONOMICO Y ECOLOGICO

Ing. Jesús Fernando Olea Moreno ¹

No somos dueños absolutos de los recursos naturales existentes y debemos hacer uso de ellos de manera racional. El agua si bien es de todos, debe ser cuidada, usada y tratada para regresarla a la naturaleza como nos la entrega y esto tiene un costo. tenemos dos alternativas: Invertir en la conservación y uso racional del agua, o Invertir en conseguirla y traerla de donde se encuentre cuando ya no contemos con ella, si es que la podemos conseguir.

Debido a la orografía e hidrología del país, las subcuencas de los arroyos torrenciales escurren por cauces con pendientes fuertes y arrastran sólidos en suspensión, que están acelerando la formación de cárcavas y barrancas muy profundas esto agudiza cada vez mas el proceso de erosión, al concentrarse caudales con velocidades cada vez mayores.

Las prácticas conservacionistas de suelo y agua se orientan básicamente, hacia la reposición de especies vegetativas en toda la superficie de la cuenca o subcuenca, para establecer estructuras con follaje, la capa vegetal del golpe de la lluvia y formen raíces que fijen al suelo en las superficies con pendientes fuertes.

La condición ambiental del estado de colima, ha ido deteriorándose de manera acumulativa en varios aspectos. Uno de ellos es la perdida, no solo de la diversidad vegetal, sino de la cubierta vegetal misma, el estado de deforestación es evidente, en prácticamente cualquier lugar al que se preste atención, uno en el que es notorio, en particular para los que conocieron el estado años atrás, es norte de la ciudad de colima.

Relacionado con la deforestación, aparece el problema de la erosión y la disminución en el ritmo de filtración de agua al subsuelo, con el consiguiente agotamiento de los mantos acuíferos, que son fuentes de recursos, para la demanda de agua de la actividad humana en la zona.

Otro fenómeno, que nos da una idea de la gravedad del problema es la desaparición del agua en los arroyos de colima, practicamente inexistentes en la actualidad.

¹

FIRCO . Medellín No. 560, Colima, Col. C.P. 28000 Tel. 91 (331) 438-33

Existe, de la zona norte de Colima, una reiterada solicitud de apoyo por parte de los productores de la región, en el sentido de poder aprovechar grandes volúmenes de agua, que mayormente en época de lluvias, se escapan hacia el mar, sin dejar a su paso ningún beneficio.

Mediante recorridos con la participación de la "COMISION NACIONAL DEL AGUA", se han detectado sitios adecuados como "SANTA MARIANA", "EL CONTRABANDO", "EL FRIJOL" y "LA PRIMAVERA", en el municipio de Cuauhtemoc, por mencionar algunos, para los cuales resulta muy alto el costo de construir presas, en vista de que serían cortinas muy altas y almacenarían poco volumen.

Otra acción consiste, en procurar cerrar el cauce para cambiar la velocidad de escurrimiento, esto se ha intentado con presas de gaviones y estructuras de mampostería seca. En algunos casos se ha conseguido el propósito. En otros resulta más económico y más apropiado construir estructuras filtrantes.

Pensamos que puede ser una buena solución, la construcción de varios tipos de estructuras, debido a que independientemente del agua de lluvia retenida, se proporciona una utilidad ambiental innegable pues:

- Aminora la velocidad de las corrientes (desminuyendo en igual forma los daños provocados por ese concepto).
- Da oportunidad de que el agua se filtre al subsuelo, para recuperar los mantos acuíferos.
- Acompañada de un proceso de reforestación, desminuye la tasa de erosión, debido a que las especies vegetales, son la fuente de oxígeno que hace posible la vida en el planeta, forman una cubierta que protege al suelo de la erosión evitando los torrentes de agua de color café que arrasan las partes bajas.
- El agua retenida puede ser aprovechada económicamente por las comunidades aledañas y/o los dueños de las tierras de los alrededores.

Las estructuras filtrantes se construyen, con piezas prefabricadas de concreto simple cemento-arena, con un diseño de celosía que ha sido adaptado, para que funcione como rejilla de retención de sólidos, que deja filtrar el agua reduciendo cargas hidrostática sobre la estructura, además de que disipa la energía del caudal en tránsito, con una caída a chorros cruzados.

Esta rejilla filtrante abate la carga hidrostática sobre la estructura de concreto, trasladando el gradiente hidráulico a través de la cortina o pantalla. El diseño geométrico de las estructuras filtrantes, ha probado la eficiencia en su funcionamiento y hidráulico y estructural.

Estas obras, establecen cuerpos húmedos que originan sub-irrigación por capilaridad en los estratos de suelos porosos hacía aguas arriba y abajo, rehidratando las vegas del cauce y estableciendo condiciones propias, para la reforestación y mejoramiento del entorno ecológico. La fabricación de estas piezas se hace a mano, con un molde metálico, este hecho permite la participación y ocupación de mano de obra no especializada.

El proyecto tipo se adapta fácilmente a las condiciones de la sección del cauce, geológicas y del fondo del terreno para su correcta cimentación, en el fondo móvil se desplanta la estructura en una losa apoyada en estribos, que establecen una sección hidráulica uniforme, con bordo libre suficiente.

Su costo reducido permite la participación del municipio y la comunidad, esto hace posible pensar en que paulatinamente puedan construirse una gran cantidad de micro-estructuras filtrantes, como ocupación alternativa de las grandes presas.

Estas presas prefabricadas de usos múltiples son un diseño ya probado, que ha sido observado por el instituto Mexicano de Tecnología del agua "IMTA", con la valiosa orientación de técnicos y políticos comprometidos en la buena administración del agua, patentes No. 175131 y derechos de Autor No. 11107 y 10720.

Su adopción reclama esfuerzo administrativo y canalización de recursos.

RESPUESTAS

- La Planeación y ejecución de un **PROGRAMA PERMANENTE** que rebase, los planes sexenales, estatales y municipales consistentes en la construcción de estructuras filtrantes en todos los cauces, con el fin de disminuir la velocidad del flujo hidráulicos y aumentar así, el tiempo necesario para que se efectúe la filtración del líquido al subsuelo la participación institucional e intersectorial, así como de la comunidad y los expertos se hace indispensable para obtener compromisos de aprovechamiento, conservación, mantenimiento, etc. Es conveniente mencionar, que un beneficio secundario es el empleo de la mano de obra local, aprovechando las habilidades de los nativos de la región, tanto para la construcción como para el programa de mantenimiento.
- **EL AGUA ES UN RECURSO ESTRATEGICO**, que requiere de infraestructura para su mejor manejo y aprovechamiento, por lo que en el programa, deberá destinarse mayores recursos para ampliar la cobertura y el pago justo a los especialistas.

DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION EN ISLA ROBINSON CRUSOE

Pilar Cereceda ¹
Robert S. Schemenauer ²
Hugo Zunino ³

RESUMEN

Se presentan datos de cinco localidades de la isla Robinson Crusoe registrados durante el invierno de 1992. Las laderas de las montañas a altitudes a los 400 m recibieron aproximadamente el doble de la precipitación caída en la estación meteorológica estándar de Bahía Cumberland (B.C.). El sector semiárido del sudeste de la isla recibió alrededor de la mitad de la precipitación de la estación B.C, en un período de tres semanas. Un pluviómetro ubicado a 580 m en una zona de vientos complejos recibió una cantidad de precipitación similar a la de B.C.

ABSTRACT

Precipitation data from five locations on Robinson Crusoe Island are presented for a period in winter 1992. Mountain slopes at 400 m elevation received approximately twice the precipitation of the standard meteorological station of Bahía Cumberland (B.C.). The semiarid southeast sector of the island received about one half the precipitation of the B.C. station over a three week period. A high elevation pass (580 m.), in a region of complex winds, received similar precipitation amounts to B.C.

INTRODUCCION

La isla Robinson Crusoe (33° 37'S, 78° 53' W) perteneciente al archipiélago de Juan Fernández es una de las áreas silvestres protegidas más importantes de Chile debido al alto número de especies endémicas que allí habitan. Una de las características más sobresalientes del Parque Nacional Archipiélago Juan Fernández es la fragilidad de sus diferentes ecosistemas. En la actualidad presenta un fuerte deterioro producto principalmente de la intervención antrópica. La corta indiscriminada de especies arbóreas y la introducción de

¹ *Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile*

² *Atmospheric Environment Service, Environment Canada, Canada.*

³ *Ministerio de Bienes Nacionales, Santiago de Chile. Proyecto Km. 175-3-5214 B/94 AES*

animales y vegetales foráneos han jugado un importante rol en la destrucción del ambiente isleño. En 1982 se calculó que la superficie de los sectores con cobertura vegetal inferior a 25%, expuestos a la erosión y degradación natural, asciende a 1.712 hectáreas (CIRENCORFO, 1982).

En San Juan Bautista viven alrededor de 600 personas. No hay población rural, pero sí hay actividades ganaderas en algunos sectores de la isla. Controlar esta actividad y diseñar e implementar planes de manejo para la conservación y protección de la isla es una tarea difícil. No hay suficientes estudios que entreguen la información necesaria para conocer la dinámica ecosistémica de la isla. Desde esta perspectiva, tres aspectos científicos deben abordarse: conocer la distribución de las precipitaciones, conocer la dinámica de los procesos de erosión y pérdida de suelos y continuar las investigaciones sobre la flora y fauna.

En Juan Fernández al igual que en otros archipiélagos, como Hawai y Canarias, las islas presentan distintos montos de precipitación entre ellas, e incluso en una misma isla pueden haber variados paisajes producto, en parte, de la desigual repartición de las lluvias. En nuestro caso, la vecina isla de Santa Clara, más baja y de topografía regular, aparentemente tendría menor precipitación que Robinson Crusoe. Sólo hay una estación meteorológica, en San Juan Bautista ubicada en Bahía Cumberland a 70 m de altitud. Es importante medir en forma simultánea el agua caída en los diferentes paisajes por un período de tiempo que permita configurar un panorama de la repartición de las lluvias.

Con este propósito se hizo una experiencia durante el invierno de 1992, la que fue financiada por el Servicio Atmosférico Ambiental del Ministerio del Medio Ambiente de Canadá. Esta nota resume la precipitación captada durante tres semanas y presenta los detalles de un evento específico.

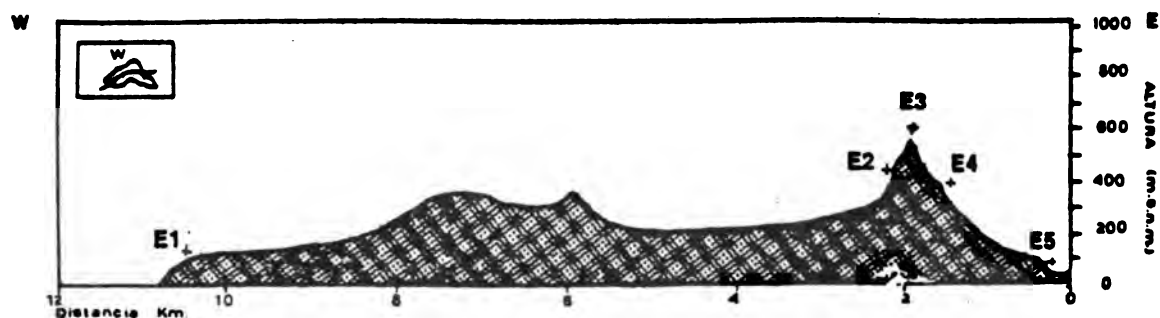
MATERIALES Y METODOS

Entre mayo y septiembre de 1992 operó una pequeña red de pluviómetros en cinco lugares; en dos de ellos, además, se ubicaron neblinómetros y sensores de velocidad y dirección de viento (Zunino, 1993). Los resultados que aquí se entregan corresponden a 1 mes de agosto, período en que se supervisó diariamente el registro de la información entregada por contadores mecánicos y registradores automáticos.

La precipitación se midió con pluviómetros electrónicos Rain o Matic fabricados por Pronamic, Dinamarca. Este tipo de pluviómetros es utilizado mayoritariamente en agricultura y si bien sus dimensiones difieren a las estandarizadas por la OMM, su error, estimado por los fabricantes, es de 2 % en dos años. Su superficie de intercepción es rectangular y mide 50 cm² (10 cm x 5 cm.) La unidad de vaciado (*tipping bucket*) está calibrada en laboratorio en 5 cm entregando en cada caída una cuenta correspondiente a 1 mm. Se ubicaron a un metro de altura. Durante el mes de agosto la medición fue grabada por un registrador automático Data Logger, marca Dachris, canadiense, con tres canales que permitieron registrar agua caída, dirección y velocidad de viento cada una hora.

El criterio de selección de estaciones de monitoreo estuvo dado por los factores altitud, relieve (cordón montañoso central) y exposición de laderas. cada zona presenta una paisaje geográfico diferente y tiene buena accesibilidad.

Las estaciones de monitoreo se ubicaron en las siguientes áreas: Aeropuerto (E1) a 110 m de altitud emplazada en el extremo W de la isla; Ladera W (E2) a 440 m en Quebrada de Villagra; Mirador (E3) a 580 m en el portezuelo del Mirador Alejandro Selkirk, ubicado en la línea de cresta de la estribación central de la isla; Ladera R (E4) a 390 m de altitud en el sendero al Mirador en el área de La Gruta; y en Bahía (E5) a 70m en la periferia del poblado San Juan Bautista. Los datos fueron registrados en la estación meteorológica "Robinson Crusoe", dependiente de la Dirección General de Aeronáutica Civil (Figura 1). La estación del aeropuerto es la única que no fue visitada diariamente y por lo tanto sus registros son acumulados en diferentes intervalos.



- | | | | |
|----|------------|----|------------|
| E1 | Aeropuerto | E4 | La virgen |
| E2 | Villagra | E5 | Cumberland |
| E3 | Mirador | | |

HUGO ZUNINO (1993)

Escala Vertical 1:25.000
Escala Horizontal 1:80.000

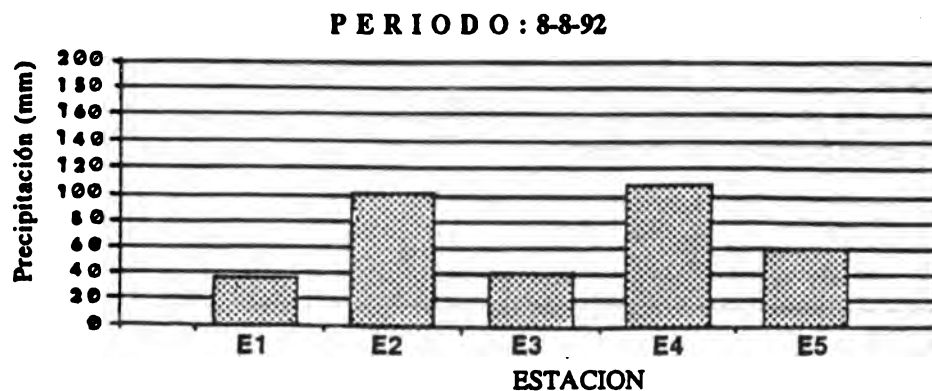
Dibujo E. Mandujano

Figura 1: Isla Robinson Crusoe: Perfil Topográfico; Estaciones de Muestreo.

RESULTADOS

De acuerdo a la Figura 2, que resume el agua caída entre el 8 de agosto y el 1° de septiembre de 1992 en Bahía Cumberland (R5), en un paisaje muy intervenido, con predominio de pinos y eucaliptos, precipitaron 58,7 mm, un 63% más que en el aeropuerto (E1). Las mayores captaciones, las que registraron casi el doble de precipitación que en Cumberland, se encuentran en ambas laderas del macizo central en altitudes próximas a los

400 metros. La ladera de Villagra (E2) que enfrenta al W, es la que tiene mayores precipitaciones (108 mm. correspondiente al % de diferencia con E5); en ella crece el bosque fernandeziano en esplendor. La ladera E. en la Gruta (E4), registró 101 mm (184,9% de diferencia con E5), el sector es una zona de transición entre un matorral de especies introducidas como el maqui (*Aristotelia chilensis*) y la murtila (*Ugnimolinae*), además de la pluviselva mencionada.



HUGO ZUNINO; 1993
Dibujo: E. Mandujano

Figura 2: Precipitación Isla Robinson Crusoe.

La estación que tiene el más bajo registro (36 mm) es la del Aeropuerto (E1), allí impera un paisaje semiárido de pastizales y amplios sectores de suelo desnudo expuesto a fuertes procesos de erosión. Sobresale el caso del Mirador de Alejandro Selkirk (E3), que estando a mayor altitud, expuesto a vientos del E y del W y SW, presenta un bajo monto de agua caída, 41mm. Cabe hacer presente que en este caso puede haber una distorsión en la captación del agua en el pluviómetro debido a los fuertes vientos reinantes, que implican una caída de las gotas de agua con una componente horizontal. La interacción entre precipitación con caída vertical y en ángulo se discute en forma exhaustiva en Zunino (1993) y en Schemenauer y Cereceda (1994) un evento interesante es el del período 27 y 28 de agosto en que el paso de un frente arrojó la siguiente información (Tabla 1):

Tabla No. 1 Precipitación durante el evento frontal del 27 y 28 de agosto de 1992

Día	Hora	Presión (mb)	E2 (mm)	E3 (mm)	E4 (mm)	E5
27-8-92	8.00	1.008,3				
27-8-92	11.00	1.007,3	11	3	9	-
27-8-92	14.00	1.005,2	12	5	13	-
27-8-92	17.00	1.004,2	0	0	1	-
27-8-92	20.00	1.002,8	7	3	5	-
27-8-92	23.00	1.002,8	0	1	0	-
28-8-92	8.00	998,6	4	1	3	-
28-8-92	11.00	999,1	1	1	1	-
28-8-92	14.00	998,5	0	0	0	-
Total (mm)			35	14	32	14,1
Porcentaje con respecto a E5 (%)			148		127	

Los resultados muestran la tendencia que se obtuvo durante el período de monitoreo. Nuevamente las estaciones de las medianías de las laderas presentaron los mayores precipitaciones, en tanto que la cresta de Delkirk y Cumberland registraron montos similares y menores. En ambas situaciones, en el período de tres semanas y en el evento del 27 y 28 de agosto, las laderas E y W recibieron montos de precipitación similares; la diferencia entre ellas no sobrepasó el 10%.

DISCUSION

Los resultados son elocuentes, indican que en el lapso exploratorio las lluvias se distribuyeron en forma desigual en la isla Robinson Crusoe.

Esta premisa había sido sugerida anteriormente (Zeiss y Hermosilla, 1970; Hayek y Espinoza, 1987). Sin embargo, nunca se había medido en otro sector que no fuera Bahía Cumberland, cuya precipitación anual promedio es de 966 mm. Zunino (1993) comenta los enfoques de diversos autores que discuten las causas de la variabilidad espacial de las precipitaciones isleñas. La explicación de la distribución espacial de la Lluvia en Robinson Crusoe debe buscarse en el hecho que el escarpado relieve del cordón central que culmina en El Yunque de 922 m, fuerza a los vientos predominantes a ascender. Este aire ascendente afecta la formación de precipitación en las nubes. Hay una componente orográfica decisiva en el proceso formativo y evolutivo de las lluvias cerca de las cimas de las montañas, tanto en los períodos de buen tiempo con nubes predominantemente cumuliformes, como durante el paso de eventos frontales. Por otra parte, las menores captaciones de las zonas más bajas, como por ejemplo en Bahía Cumberland (E5), en algunas ocasiones se deben a la evaporación de las gotas de lluvia que se produce bajo la base de la nube.

CONCLUSION

Para elaborar planes de manejo de protección y conservación de los ecosistemas del Parque Nacional Juan Fernández es necesario conocer el aporte de la lluvia y de la niebla a la vegetación y sus consecuencias en los procesos que afectan a los suelos isleños. Para lograr este conocimiento se debe registrar en forma sistemática y continua la variabilidad espacial y temporal de las precipitaciones.

AGRADECIMIENTO

Nuestros sinceros agradecimientos al Sr. Mauricio Calderon, Administrador del Parque Nacional Archipiélago Juan Fernández, por su acogida e importante apoyo logístico; al Sr. Osvaldo Jara, de la Dirección General de Aeronáutica Civil, por su apoyo constante e información meteorológica, y a los guardaparques de CONAF y a la Srta. Vasthe González que tuvieron la gentileza de tomar información de los pluviómetros durante algunos períodos de registro.

REFERENCIAS

- CIREN CORFO (1982); Estudio de los recursos físicos del Archipiélago de Juan Fernández, Informe Fina. Santiago, Chile.
- HAYEK, E. Y ESPIZONA, G (1987): Meteorología, climatología y bioclimatología de las islas oceánica chilenas. En: Islas oceánicas chilenas. Comp. J.C. Castilla Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.
- SCHEMENAUER R.S. Y CERECEDA, P (1994): The role of wind in rainwater catchment and fog collection. aceptada en Water International.
- ZEISS, E. Y HERMOSILLA W. (1970): Estudios ecológicos en el archipiélago de Juan Fernández, en Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 14, 25-34.

FOG-WATER COLLECTION IN ARID COASTAL LOCATIONS

Robert S. Schemenauer
Pilar Cereceda

The recent success of a large-scale pilot project to collect fog-water in Northern Chile, indicates that this is a resource that should be seriously examined for use in certain semi-arid and arid regions of the world. Fifty 48 m² collectors at a site in Chile have produced an average of 7200 l of water per day during three drought years. This paper reviews the fog-water collection process and lists 47 arid locations in 22 countries on 6 continents where collection of fog-water by vegetation in 22 countries on 6 continents where collection of fog-water by vegetation or artificial collector has been documented. One of the most exciting aspects of this resource is that in many regions the supply of water will be limited only by the number of collector one chooses to install. In addition, since the source of the fog is normally the movement of marine stratocumulus decks over coastal mountains, the water quality is good and the water can be used for drinking and for other domestic and agricultural purposes.

INTRODUCTION

One of the most pressing problems in the world today is the identification of sufficient fresh water supplies to support the world's burgeoning population. Wealthy, or highly industrialized countries, generally have the means at their disposal to move water long distances or to utilize expensive solutions to water shortages. These solutions are by and large impractical in developing countries where the financial resources are lacking, yet these same countries are often faced with rapid population increases, marginal agricultural land and an already acute water problem (1). It is, therefore, these countries that would benefit most from new sources of water.

The aim of this paper is to describe what is arguably the first truly new source of fresh water that shows significant potential for use in certain semi-arid and arid lands. It is new in the sense that it is not being exploited on a large scale now and it does not depend on precipitation, groundwater, existing freshwater rivers or lakes, or on water from the oceans. It is the collection of fog-water in coastal locations where the meteorological conditions and the topography are suitable. Despite the fact that the application is new, observations that obstacles such as trees and shrubs collect substantial amounts of fog-water go back hundreds of years (2,3) and in fact probably go as far back as man has lived in foggy hilltop locations. But in desert environments, due to the lack of vegetation, the fog passes into dry interior regions, without being intercepted and there it is lost to evaporation. The literature on fog-water collection has been periodically examined (4,5) and a considerable

number of small experiments have been identified where artificial and natural collectors have been shown to produce water from fog. However, it is only since 1987 that a large-scale pilot project has been undertaken (6,7) with the goal of providing water on a permanent basis to a coastal village of 330 people in Chile. The Comanchaca Project (1987-1989) results will be discussed below.

The initial success of the fog-water collection project in Chile, the fog-water collection project in Chile, the subsequent fieldwork in the Dhofar Region of Oman during the summer monsoons of 1989 and 1990, and the 1990 field program in Peru, point to the potential widespread applicability of this procedure. This paper will present a discussion of sites worldwide where it is felt that further investigations may be warranted.

The discussion will be based on an examination of the existing evidence of fog-water collection by natural or artificial collectors.

FOG-WATER COLLECTION

Fog is composed of liquid droplets. Fog, in the simplest of terms, is a cloud which is touching the ground and the type of fog is then determined by the physical process which has created the fog. When a cloud, with a base some distance above the sea or the land, moves over a mountain, the mountain is covered by fog. Fogs produced by the advection of clouds over higher terrain tend to have higher liquid water contents (8) than do fogs produced at the land or sea surface (9) and it is these high elevation fogs that are of primary interest for the production of water in arid lands.

The collection of fog droplets depends on the diameter of the droplets, the windspeed and the nature of the collection surface. Fog diameter of the droplets, the windspeed and the nature of the collection surface. Fog droplets have diameters which are typically from 1 to 30 μm in diameter. The mean volume diameters at the high elevation (780 m) site in Chile are in the 8 to 12 μm range (10) and droplet concentrations are typically 100 to 400 per cm^3 . Fog droplets are collected by a simple impaction process. An object (collector) is placed in the path of the droplets and, as the droplets approach the surface, some flow around the object and some strike the surface. Enormous numbers of fog droplets must be collected since it requires about ten million to make a drop the size of a match head.

The efficiency of the large polypropylene meshes used in Chile has been both measured in the field and modelled (10). The efficiency of the large polypropylene meshes used in Chile has been both measured in the field and modelled (10) The meshes are woven from a flat polypropylene fibre 1 mm wide and 0.1 mm thick into a mesh with triangular openings approximately 1 cm on a side. A double layer of mesh is used in Chile. The collection efficiency at the center of a 12 m by 4 m collector was found to increase with wind speed up to 3.5 m s^{-1} (the upstream wind speed) and then remained constant at about 65%. But the collector as a whole has an efficiency of closer to 20% due to lowered efficiency away from the center of the mesh and due to water losses in the system.

The array of fog-water collectors is completely passive. Water drips from the bottom of the meshes into plastic troughs and then a gravity flow system delivers the water through a network of pipes to the point of use.

The marine cloud decks that approach the coast in Chile are relatively thin (100 to 400 m) and rarely produce drizzle or rain. Drizzle drops are larger than cloud droplets, typically 40 to 500 μm in diameter, and have an appreciable settling velocity. Raindrops have larger diameters and higher fall velocities. As a consequence of only having fog droplets, the collectors in Chile can be optimized for this particle-size range. In the Dhofar Region of Oman, the fog is thicker, up to 1000 m, and there is drizzle mixed with the fog (11,12). In conditions such as this, the relative contributions of fog and drizzle need to be determined and the collector design modified if necessary.

FOG-WATER PRODUCTION

The production of water by an array of fog water collectors, depends on the number of collectors, their size, their efficiency, the fog frequency, the fog liquid water content and the wind speed. Figure 1 is a plot of the number of people that could be supported per 1 km of 5 m high mesh assuming typical liquid water content (LWC) conditions of 0.1, 0.25 and 0.5 g m^{-3} , a 3 m s^{-1} wind, a 40% fog immersion time and a collection efficiency of 50%. These conditions are representative of potential high elevation coastal sites. Clearly, 1 km of collector is capable of supporting a large number of people, 3150 for a LWC of 0.25 g m^{-3} , if the water requirements are low (20 $\text{L pers}^{-1} \text{ day}^{-1}$), only 315 people could be supported. However, this could represent the entire population of a small village.

There is currently only one large array of fog collectors for which data have been published. The fifty 48 m^2 collectors at the El Tofo site in Chile ($29^{\circ} 26'S$; $71^{\circ} 15' W$) had an average production (13) for the first 16 months of about 4 $\text{L m}^{-2} \text{ day}^{-1}$. But more recent data give a 30 month average of 3 $\text{L m}^{-2} \text{ day}^{-1}$. It must be noted, however, that this was during a dry period when average annual precipitation has been about 10 mm yr^{-1} in a region where the long-term average is 80 mm yr^{-1} . A rate of 3 $\text{L m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ represents an average of 7200 L day^{-1} . Each of the 330 villagers in Chungungo currently use (14) an average of 22 $\text{L pers}^{-1} \text{ day}^{-1}$. (Table 1). The average supply being produced by the collector is 22 $\text{L pers}^{-1} \text{ day}^{-1}$. Normalized to 1 km of 5 m high mesh, this collection rate would support 750 pers km^{-1} at 20 $\text{L pers}^{-1} \text{ day}^{-1}$ which, is a very low value consistent with the thin fog decks in Chile. Experiment with small collectors have yielded much higher collection rates in some locations. For Example in Oman (12) some sites collected in excess of 50 $\text{L m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ for two or three months of the year but the annual average will be much lower since the remainder of the year is fog free.

In order to determine whether the production of water by the collection of fog is reasonable, one needs to know the range of values people actually use in the rural, arid parts developing countries. Table 1 attempts to address this, but actual measurements are few (15,16), and so some estimates have been included for comparison. It appears that values from 10 to 50 L pers⁻¹ day⁻¹ are measured and therefore, a value of 50 L pers⁻¹ day⁻¹ should be an improvement for small settlements in most rural arid lands. A properly sited fog-water collection system should be able to provide this amount to more than one thousand people per kilometer of length.

FOG-WATER COST

The cost of producing water from fog will depend not only on the amount of water produced but on local labor and material costs and on the ease of site access. It has been estimated (14) that the cost of the water produced in Chile will be about USD 1 per m³ on the mountain. This includes all collector costs. The cost will be about USD2 per m³ delivered to a village 6 km away. The additional cost results from the construction of a pipeline, storage tank and small chlorination plant. This is significantly less than the subsidized cost, approximately USD 8m³, of water trucked to the village. It also points out an important fact, the cost of fog water always has to be put in perspective by comparing it to other existing or proposed water costs. And it must be borne in mind that the suggested locations for fog-water collection systems are those without easily accessible, low cost, surface and sub-surface water supplies.

DISTRIBUTION OF SITES

A concise review is presented in Table 2 of the literature on fog-water collection, with summary statements keyed to the map in Figure 2. Only references to specific sites will be listed. The areas covered will basically be those that are classified as dry climate, desert or steppe (B_w and B_s), by

geographers but with the inclusion of islands and small regions that could be considered severely water deficient. In a few cases, this may include an area that has ample precipitation for part to the year but is arid for the remainder of the year.

South America

In South America the primary fog collection locations are found along the west coast where the climate is conducive to the formation of low cloud decks. A large number of sites have been studied in Chile; only four are listed here. Summaries of fog frequency observations for Chile and Argentina have been produced (19) but without reference to water production. Inland sites with high fog frequencies but also with high rainfall amounts such as Baeza, 1908 m (00° 30'S; 77° 52'W) and Tena m (01° 00'S; 77° 48'W) in Ecuador (20) are not included.

North America

The arid regions in North America are found in the southwestern United States, Hawaii, Mexico and parts of the Caribbean and Central America. Fog frequencies for the United States have been summarized (28) but without reference to fog-water collection. Again, fog drip measurements in areas of high precipitation such as near Portland, Oregon, 100m (45° 32'N; 122° 40'W) (29), are of interest but excluded from the listing. However La Llorona, the weeping forests (30), of seasonally dry Honduras are listed.

Europe

The semi-arid lands of Europe are confined to the southern border of the continent. The more northerly countries are water and, though some have frequent fogs, are not in need of water from this source. Observations of fog-water collection by trees go back at least as far as 1776 in England (3).

Africa

Africa has arid and desert conditions in both the extreme north and the extreme south of the continent as well as on islands in the Atlantic Ocean and on the southwest coast of Madagascar. Fog-water collection systems may have application at many locations in Africa but of date there have been few experiments to verify this. One of the most interesting reports was of a tree in the Canary Islands, which as early as 1764, was said to have produced large amounts of fog-water for the islanders (2).

Middle East

Almost the entire region lacks readily available fresh water in the form of rivers and lakes. There are though, extensive supplies of groundwater in many areas. One nontraditional source of water that has historically received considerable attention in this region is the deposition of dew on plants (59, 60). This, however, does not provide a managed water supply.

Asia

This vast continent with major desert regions, including some bordering coastlines, has almost no reported observation of fog-water collection by vegetation and no concerted efforts to work with fog collectors. The exceptions are some discussion of fog covered hills in the rainy climates of Southeast Asia which are not relevant to our discussion here. Cherrapunji, India, however, is so unusual that it bears listing. The location has the highest mean rainfall in the world but now because of deforestation it suffers droughts for nine months of the year (65). Areas in extreme Southwest Asia have been covered above in the section of the Middle East

Australia

There are very few fog-water collection references for the dry continent of Australia. New Zealand and other parts of the South Pacific seem to be devoid of collection experiments, though the role of fog in the growth of forests in wet environments has been noted here and in Australia.

DISCUSSION

Fog-water collection is a resource that should be seriously examined in certain semi-arid and arid regions of the world. It is particularly attractive in areas where conventional sources of water are nonexistent or are disappearing. This review of fog-water collection in arid lands shows that at 47 sites, in 22 countries, on six continents, references exist to the collection of fog-water by plants or man made devices. These latter experiments indicate that fog has been considered as a water resource in some arid or desert environments but it has never been developed as a serious water supply. The Camanchaca Project (1987-1989) at the El Tofo site in Chile has gone the necessary next step and combined a scientific study with the implementation of a large-scale pilot project. It has clearly shown that at the El Tofo site, and by extension (19) at other locations studied along the Chilean coast, substantial amounts of water can be obtained from persistent high elevation coastal fogs. In addition, it appears that the water cost presents an attractive alternative to trucked water.

The application of the Chilean technology and the results of the experiments, to other locations in the world, is neither simple nor automatic. Before an operational or even a pilot project could be undertaken at a site, an initial site assessment needs to be done. The fog frequency and altitude range need to be identified; a wind climatology is necessary; the topography has to be examined to locate preferred sites; and the fog liquid water contents and droplet sizes should be measured. Data from these and other studies can normally be obtained at relative low cost and are essential for the design of the appropriate large collector and for the choice of sites. Ideally one would prefer a long-term record of all parameters before proceeding but fiscal or other restraints often preclude this. Therefore, a one year field project followed (if warranted) by a parallel research and pilot project seems to be the logical progression at potential sites.

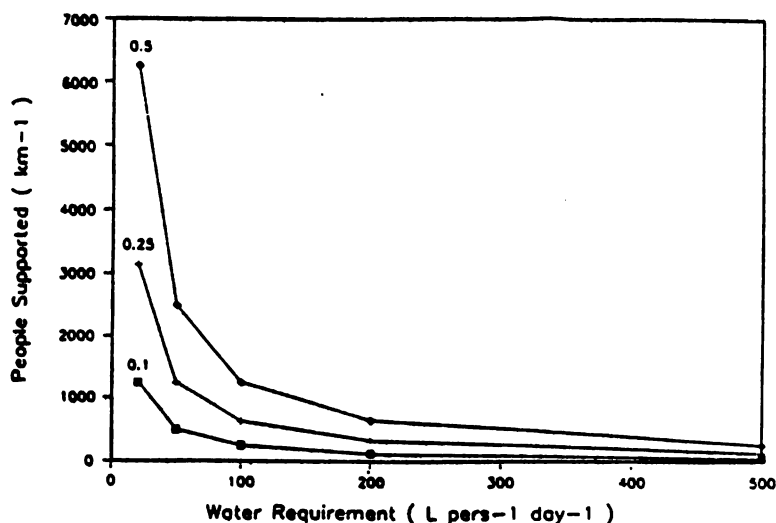
Table 1. Water use in arid rural lands. An indication is given as to whether the use is measured (m) or estimated (e).

Country	Location	Rural Village	Urban Hydrant	Urban Piped	Biol. Minimum	Ref.
(L. pers ⁻¹ day ⁻¹)						
Chile	Chungungo	14.2				14m
Chile	Cal.Hornos	19.7				14m
Sudan	Khartoum	33		165		15m
Yemen	Al Bayda	45				18m
East Africa		12-20				17e
World			20-70	100-350	2-5	18e

Table 2. Sites in arid countries where the collection of fog water by artificial collectors or vegetation has been documented.

	Country	Location	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Reference
South America						
1.	Chile	El Tolo	28° 28'S	71° 15'W	780	6,7,1 13,21
2.	Chile	Cerro Moreno	23° 30'S	70° 28'W	600	22, 23
3.	Chile	Fray Jorge	30° 42'S	71° 43'W	500	22-24
4.	Chile	Totorillo	30° 03'S	71° 21'W	650	25
5.	Peru	Lachay	11° 27'S	77° 16'W	350	26
6.	Peru	Atiquipa	19° 47'S	74° 21'W	650	26
7.	Peru	Ancón	11° 46'S	77° 11'W	700	27
North America						
8.	U.S.A.	Lanaí, Hawaii	20° 50'N	156° 55'W	225	31, 32
9.	U.S.A.	Mauna Loa, Hawaii	21° 08'N	157° 10'W	610- 3415	33, 34
10.	U.S.A.	San Francisco	37° 45'N	122° 27'W	200	35
11.	U.S.A.	Montata Mtn., California	37° 35'N	122° 30'W	550	36
12.	U.S.A.	Berkeley, California	37° 53'N	122° 17'W	305	37
13.	U.S.A.	Santa Ana Mtn. California	33° 46'N	117° 30'W	1220	38
14.	U.S.A.	Santa Barbara California	34° 25'N	119° 41'W	25	39
15.	U.S.A.	Est River California	30° 45'N	117° 30'W	475	40
16.	U.S.A.	Mt. Tamalpais California	37° 54'N	122° 35'W	150- 450	41
17.	U.S.A.	Monterey Penin. California	36° 35'N	121° 55'W	50	42
18.	Mexico	Sierra Madre Cr.	19° N	97° W	16- 2425	43
19.	Honduras	Tegucigalpa	14° 05'N	87° 14'W	2000	30
Europe						
20.	Gibraltar		36° 08'N	5° 21'W	305	44
21.	Yugoslavia	Mt. Velebit	44° 48'N	14° 58'E	1620	45
Africa						
22.	Angola	Serra da Chela	13° S	14° E	1600- 2000	46

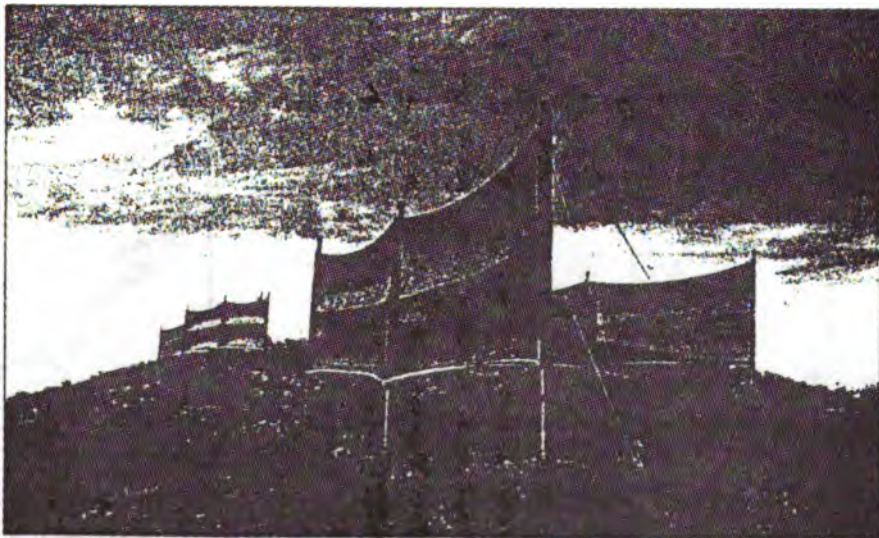
Figure 1. The number of people supported per kilometer of fog-water collector as a function of the desired water consumption and the fog liquid water content (0.1, 0.25, 0.5 g m⁻³). It is assumed that the collector surface is 5 m high, the collector is in fog 40% of the time, the collection efficiency is 50% and the wind speed is 3 m s⁻¹. The points are plotted at 20, 50, 100, 200 and 500 L pers⁻¹ day⁻¹.



Comments	Country	Location	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	References	Comments
excellent field data set; potential use established;	23. Angola	Cuango Valley	9° 25'S	16° 30'E	50-600	46	local fogs;
vegetation collection;	24. Angola	Mossamedes	18° 10'S	12° 10'E	80	46	plant survival;
collector experiments;	25. Ascension Is.	Green Mtn.	7° 57'S	14° 22'W	880	47	vegetation collection;
good collector experiments;	26. Canary Is. Spain	Izana, Tenerife	28° 19'N	16° 30'W	1200, 2367	46	fog observations; vegetation collection; collector experiments;
collector experiments;	27. Canary Is. Spain	La Orotava, Tenerife	28° 23'N	16° 32'W	800-1200	48, 49	vegetation collection;
collector experiments;	28. Canary Is. Spain	Tigultra, Hierro	27° 48'N	16° 00'W	1880	2, 50	vegetation collection;
vegetation experiments;	29. Cap Verde Is.	Isla Brava	14° 52'N	24° 42'W	976	48	vegetation collection;
vegetation and collector experiments;	30. Kenya	Marsabit	2° 20'N	37° 58'E	1700	51	collector experiments;
collector experiments;	31. Kenya	Shimba Hills	4° 15'S	36° 30'E	300	52	vegetation collection;
vegetation collection;	32. Namibia	Gobabeb	23° 34'S	18° 03'E	408	53-56	fog collection on beetles, flies, etc.; fog observations; collector experiments; vegetation collection;
collector experiments;	33. Namibia	Roobank	23° 12'S	14° 42'E	200	56	collector experiments;
vegetation collection;	34. Namibia	Swartbank	23° 20'S	14° 50'E	300	56	collector experiments;
vegetation collection;	35. Namibia	Swakopmund	22° 40'S	14° 34'E	10	57	collector experiments;
vegetation collection;	36. South Africa	Table Mtn. House	33° 58'S	19° 24'E	761	57	collector experiments;
collector experiments;	37. South Africa	Mcleer's Beacon	33° 58'S	19° 24'E	1070	57	collector experiments;
collector experiments;	38. South Africa	Jonkerhoek Mtns.	33° 57'S	19° 24'E	840	57	collector experiments;
fog observations;	39. Sudan	Erlwit	19° 48'N	37° 07'E	1150	58	vegetation collection;
vegetation collection;		<u>Middle East</u>					
good collector experiments; vegetation collection;	40. Israel	Menara	33° 11'N	36° 33'E	880	59	fog observations;
vegetation collection;	41. Israel	Arad	31° 16'N	35° 09'E	600	61	fog use, beetles/insects;
collector experiments;	42. Jordan	Kefar Etayon	31° 38'N	35° 07'E	600	59	fog observations;
collector experiments;	43. Oman	Dhotar Jebel	17° N	54° E	100-1600	8, 11, 12, 62	collector experiments;
vegetation collection;	44. Saudi Arabia	Hejaz Mtns.	20° N	42° E	1200	63	fog observations;
collector experiments;	45. Yemen	Al-Mahwit Prov.	18° 15'N	43° 30'E	1500	64	vegetation collection
collector experiments;		<u>Asia</u>					
vegetation collection;	46. India	Cheerapunji	23° 15'N	91° 44'E	1313	65	fog observations;
		<u>Australia</u>					
	47. Australia	Mt. Wellington	42° 55'S	147° 14'E	1270	66	collector experiments;



A thin cloud deck from the Pacific Ocean moving over the ridge at El Tofo, Chile and dissipating on the leeward side.



An array of fifty fog-water collectors has been setup on the ridge at El Tofo, Chile at an altitude of 780 m. Each collector is 12 m x 4 m with the base 1 to 2 m above the terrain. The collectors are sometimes erected in pairs (24 m x 4 m) for economy.



A double layer of polypropylene mesh is used as a collector in the Camanchaca Project in Chile. The fiber is 1 mm wide and 0.1 mm thick. The horizontal fibers in the weave are 1 cm apart.



A 1 m x 1 m collector and a 1 m² storage tank of the type used to study the Dhoofar monsoon in Oman in the summer of 1989.

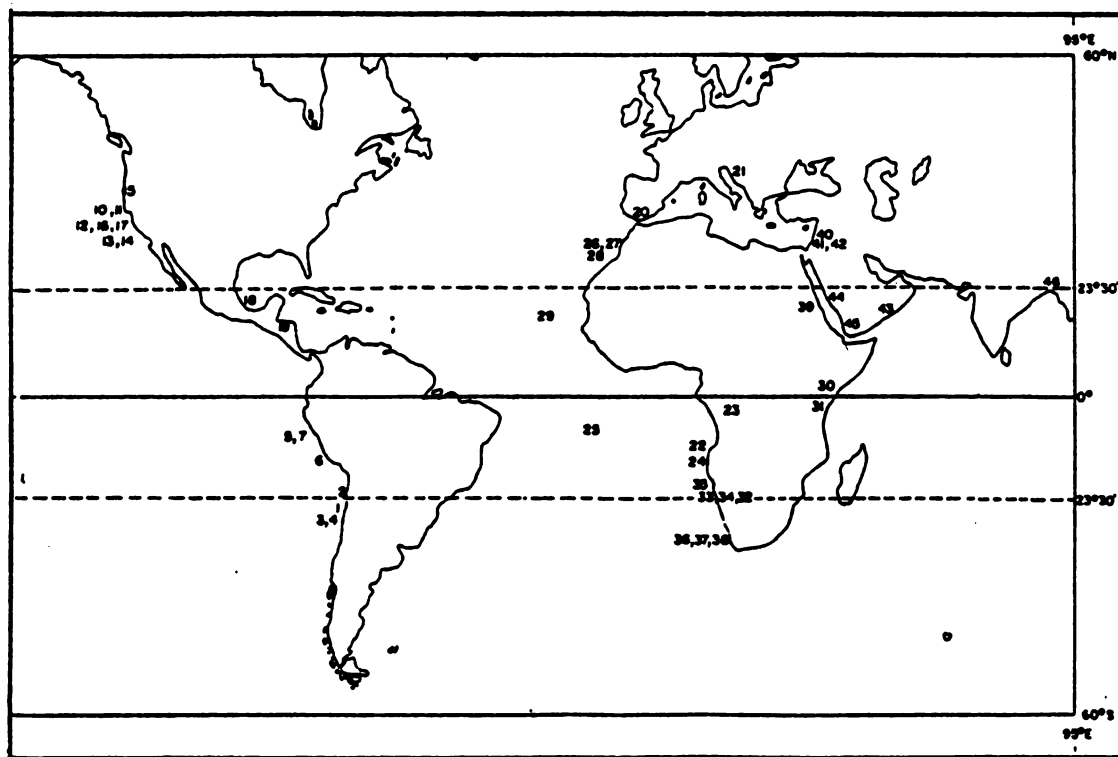
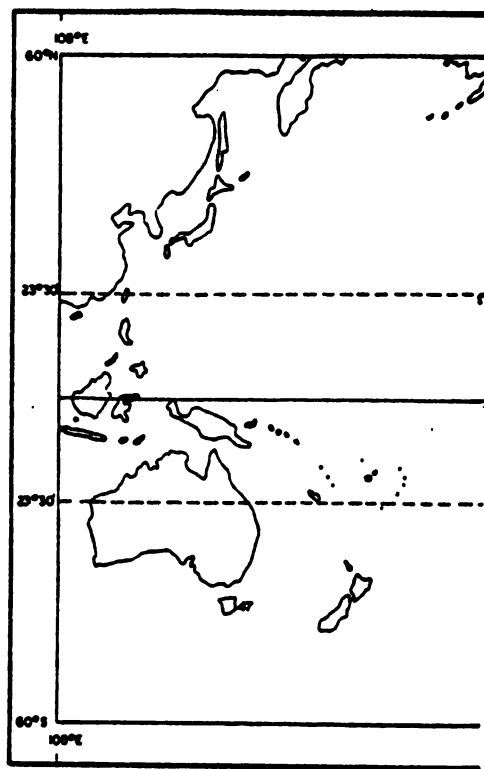


Figure 2. A map showing locations an arid regions with references to fog-water collection by vegetation or artificial collectors. The numbers are keyed to listings in Table 2.

References

- Falkenmark, M. 1989. The massive water scarcity now threatening Africa—Why isn't it being addressed? *Ambio* 18, 112–118.
- Glas, G. 1764. The fountain trees. Extracted from: *History of the Canary Islands*, by R.F. Wood and published in *Weather XV*, p. 374.
- White, G. 1776. Letter to the Honourable Daines Barrington. *J. Meteorol.* 1978, 115–117.
- Loewe, F. 1960. *Fog Precipitation (A Review)*. Manuscript for the Seminar on Rain in Sydney. Department of Meteorology, University of Melbourne, Melbourne. Paper No. 2.3, p. 18.
- Kerfoot, O. 1968. Mist precipitation on vegetation. *For. Abstr.* 29, 8–20.
- Schemenauer, R.S., Fuenzalida, H. and Cereceda, P. 1988. A neglected water resource: the Camachanca of South America. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 69, 138–147.
- Schemenauer, R.S. 1988. Fog-water to quench a desert's thirst. *WMO Bull.* 37, 281–286.
- Schemenauer, R.S. 1989. *Potential for Fogwater Collection in the Dhofar Region of Southern Oman*. Report submitted to World Meteorological Organization, Technical Coordination Division, Geneva, Switzerland, 33 p.
- Justo, J.E. 1981. Fog structure. In: *Clouds: Their Formation Optical Properties and Effects*. Hobbs, P.V. and Deepak, A. (eds). Academic Press, p. 187–235.
- Schemenauer, R.S. and Jose, P.J. 1989. The collection efficiency of a massive fog collector. *Atmos. Res.* 24, 53–69.
- Schemenauer, R.S. and Cereceda, P. 1989. An Investigation of the Feasibility of Monsoon Fog and Drizzle Collection in the Dhofar Region of Southern Oman. July 1989. Report submitted to The Planning Committee for Development and Environment in the Southern Region of the Sultanate of Oman. UNDP/WMO project OMA/89/005, Salalah, Oman, p. 6.
- Barros, J. and Whitcome, R.P. 1989. *Fog and Rain Water Collection in Southern Region—1989 Research Program*. Submitted to The Planning Committee for Development and Environment in Southern Region of the Sultanate of Oman. UNDP/WMO Project OMA/89/005/8/01/16, Salalah, Oman, p. 150.
- Fuenzalida, H.A., Schemenauer, R.S. and Cereceda, P. 1989. Subtropical stratocumuli as a water resource. In: *Proc. of the 3rd Int. Conf. on Meteorology and Oceanography in the Southern Hemisphere*, Nov. 13–17. Buenos Aires, Argentina.
- Cereceda, P., Schemenauer, R.S. and Suit, M.L. 1991. An alternative water supply for Chilean coastal desert villages. Accepted by the *Int. J. Water Resour. Dev.*
- Khadam, M.A.A.: 1988. Factors influencing per capita water consumption in urban areas of developing countries and their implications for management, with special reference to the Khartoum metropolitan area. *Water International* 13, 226–229.
- Dop, J. 1985. Domestic rural water-supply in Al Bayda Province, Yemen Arab Republic. In: *IWRA Vth World Congress on Water Resources—Vol. 2 Water Resources for Rural Areas in Their Communities, 1985, June 9–15*. Brussels, p. 629–639.
- Kammerer, J.C. 1982. Estimated demand for water for different purposes. *Wat. Resour. Ser.* 2, 141–172.
- Postel, S. 1983. Conserving water: The untapped alternative. *Worldwatch Paper*, No. 67. Worldwatch Institute, Washington DC, Chapter 3, p. 42–72.
- Cereceda, P. and Schemenauer, R.S. 1991. The occurrence of fog in Chile. *J. Appl. Meteorol.* 30, 1097–1105.
- Grubb, P.J. and Whitmore, T.C. 1966. A comparison of montane and lowland rain forest in Ecuador—The climate and its effects on the distribution and physiognomy of the forests. *J. Ecol.* 54, 303–333.
- Schemenauer, R.S., Cereceda, P. and Carvajal, N. 1987. Measurements of fog-water deposition and their relationship to terrain features. *J. Clim. Appl. Meteorol.* 26, 1285–1291.
- Foillman, G. 1963. Nordchilenische Nebelossen. *UMSCHAU*, Heft 4, 101–104.
- Schmithüsen, J. 1956. Die räumliche Ordnung der chilenischen Vegetation. *Bonn. Geogr.*, Abh. 17, 1–86, s. 1–4.
- Kummerow, J. 1962. Quantitative Messungen des Nebelniederschlags im Walde von Fray-Jorge an der nordchilenischen Küste. *Naturwissenschaften* 49, 203–204.
- Pattillo, C. G., Carvajal, N., Ihl, M., Figueroa, U. and Ehijo, S. 1985. *Estudios de las Neblinas Costeras*. Sector: Totorillo. Fondo Nacional de Ciencias Proyecto No. 00114-84, Centro de Estudios Especiales, Universidad de Chile, p. 23.
- Pinche, C. 1989. Fog as a source of water at Lomas along the Peruvian coastal desert. *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología*, Lima, Peru, p. 1–3.
- Oka, S. and Ogawa, H. 1984. The distribution of Lomas vegetation and its climatic environments along the Pacific coast of Peru. *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University*, No. 19, p. 113–125.
- Peace, R.L. Jr. 1969. Heavy-fog regions in the conterminous United States. *Mon. Weather Rev.* 97, 116–123.
- Harr, R. D. 1982. Fog drip in the Bull Run Municipal Watershed, Oregon. *American Water Resources Association. Wat. Resour. Bull.* 18, 785–789.
- Carr, A. F. Jr. 1949. La Montana Llorona. *Science Monthly* 68, 225–234.
- Carlson, N. K.: 1961. Fog and lava rock, pines and pineapples. *Am. For.*, No 67, 8–11, 58–59.
- Ekern, P.C. 1964. Direct interception of cloud water on Lanaihale, Hawaii. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 28, 419–421.
- Juvik, J.O. and Ekern, P. 1978. A climatology of mountain fog on Mauna Loa, Hawaii Island. *Water Resources Research Centre, Technical Report No 118*. Univ. of Hawaii, Honolulu, 63p.
- Mc Knight, J.H. and Juvik, J.O. 1975. Methodological approaches in Hawaii fog research. *Water Resources Research Centre, Technical Report No. 85*. Univ. of Hawaii, Honolulu, p. 33.
- Oberlander, G.T.: 1956. Summer fog precipitation on the San Francisco peninsula. *Ecology* 37, 851–852.
- Goodman, J. 1985. The collection of fog drip. *Wat. Resour. Res.* 21, 392–394.
- Parsons, J.J. 1960. 'Fog drip' from coastal stratus, with special reference to California. *Weather XV*, 58–62.
- Vogl, R. J. 1973. Ecology of knobcone pine in the Santa Ana Mountains, California. *Ecol. Monogr.* 43, 125–143.
- Del Moral, R. and Muller, C.H.: 1969. Fog drip: a mechanism of toxin transport from *Eucalyptus globulus*. *Bull. Torrey Bot. Club* 96, 467–475.
- Azvedo, J. and Morgan, D.L. 1974. Fog precipitation in coastal California forests. *Ecology* 55, 1135–1141.
- McAdie, A. 1901. Fog studies on Mount Tamalpais. *Pop. Sci. Monthly* 59, 535–541.
- Prat, H. 1953. Fog as a dominant factor for plant life on some parts of the Pacific coast of North America. In: *Proc. of the 7th Pacific Science Congress. N.Z.* 1949, 5, p. 152–156.
- Vogelmann, H.W. 1973. Research report-fog precipitation in the Cloud Forest of Eastern Mexico. *Bio. Sci.* 23, 96–100.
- Hurst, G.W. 1959. A brief history of meteorology in Gibraltar. *Weather XV*, 41–46.
- Kirigin, B. 1958. Beitrag zum Problem der Nebelniederschlagsmessungen. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* 14, 5496–54/105.
- Shaw, H.K.A. 1947. The vegetation of Angola. *J. Ecol.* 34, 23–48.
- Anonymous. 1933. Ascension Island. *Scott. Geogr. Mag.* 49, 18–23.
- Acosta-Baladón, A.N. 1973. *Cultivos Enarenados*. Publicación A-55, Inst. Nacional de Meteorología, Madrid, España, p. 219.
- García-Prieto, P.R., Ludlam F.H. and Saunders, P.M. 1960. The possibility of artificially increasing rainfall on Tenerife in the Canary Islands. *Weather XV*, 39–51.
- Perez, J.V. 1918. Demostración científica de como el arbolado precipita el agua de las nieblas en sitios adecuados. *Real Soc. Española de los Amigos del Arbol*, No. 77, p. 1–2.
- Ingraham, N.L. and Matthews, R.A. 1988. Fog drip as a source of groundwater recharge in Northern Kenya. *Wat. Resour. Res.* 24, 1406–1410.
- Hirsch, C.R. and Pereira, H.C. 1953. Field moisture balance in the Shimba Hills, Kenya. *East Afr. Agric. J.*, 139–145.
- Hamilton, W.J. and Seely, M.K. 1976. Fog basking by the Namib desert beetle, *Onymacris unguicularis*. *Nature* 262, 284–285.
- Schulze, B.R. 1969. The climate of Gobabeb. *Scienc. Pap. Namib Desert Res. Sta.*, No. 38, p. 5–12.
- Louw, G.N. 1972. The role of advective fog in the water economy of certain Namib Desert Animals. *Symo. Zool. Soc. Lond.*, No. 31, p. 297–314.
- Pietruszka, R.D. and Seely, M.K. 1985. Predictability of two moisture sources in the Namib Desert. *South Afr. J. Sci.* 81, 682–685.
- Nagel, J.F. 1962. Fog precipitation measurements on Africa's southwest coast. *Notes. Pretoria* 11, 51–60.
- Kassas, M. 1956. The mist oasis of Erkwit, Sudan. *J. Ecol.* 44, 180–194.
- Ashbel, D. 1949. Frequency and distribution of dew in Palestine. *Geogr. Rev.*, April, 291–297.
- Agnew, C.T. and Anderson, E.W. 1988. Dewfall and atmospheric conditions. *Journal of Oman Studies Special Report*, No. 3, 213–216.
- Broza, M. 1979. Dew, fog and hygroscopic food as a source of water for desert arthropods. *J. Arid Environ.* 2, 43–49.
- Stanley-Price, M.R., Hamoud al-Harthy, A. and Whitcombe, R.P. 1988. Fog moisture and its ecological effects in Oman. In: *Proc. of an Int. Conf. on "Arid Lands Today and Tomorrow"*, Oct. 1985, Tucson, Arizona, U.S.A. p. 69–88.
- Vesey-Fitzgerald, D.F. 1955. Vegetation collection of the Red Sea coast south of Ladda, Saudi Arabia. *J. Ecol.* 43, 477–489.
- Jungfer, E. 1985. Water resource management for village water supplies in Al Mahwit province, Yemen Arab Republic. In: *IWRA Vth World Congress on Water Resources—Vol. 2 Water Resources for Rural Areas in Their Communities, 1985, June 9–15*. Brussels, p. 523–532.
- Rao, R. 1989. Water scarcity haunts world's wettest places. *Ambio* 18, 300.
- Twomey, S.: 1957. Precipitation by direct interception of cloud-water. *Weather* 12, 120–122.
- The authors would like to thank Miss Natividad Urquiza for her help with the references for the manuscript and Candi Zell and Daphne Sanderson of the AES library for assistance in locating the references.
- First submitted May 4, 1990, accepted for publication after revision February 15, 1991.

AREAS DE PASTOREO: MANEJO E IMPORTANCIA EN LA CAPTACION DE LLUVIA PARA USO GANADERO, AGRICOLA, INDUSTRIAL Y URBANO

Elco S. Blanco Madrid ¹

1. INTRODUCCION

La superficie dedicada a la ganadería de pastoreo directo es decir, en agostaderos y praderas naturales e inducidas es de 130 millones de hectáreas, más del 50 por ciento del Territorio Nacional

El manejo actual, en general, es el tradicional, caracterizado por el pastoreo continuo en grandes áreas y en el mejor de los casos por el pastoreo estacional, ambos obligados por las condiciones climatológicas, la escasa infraestructura para la utilización adecuada de la tierra de pastoreo y sobre todo por la baja tecnología y capacidad técnica-administrativa de los productores y empleados.

En consecuencia, la condición física y productiva de las áreas de pastoreo está entre el 25 y el 50 por ciento de su capacidad.

La pérdida de especies (vegetales y animales), suelo y capacidad de almacenamiento tienen una influencia marcada sobre el *ciclo del agua* manifestada por la baja producción agropecuaria, presentación de sequías e inundaciones severas y migración de la gente del campo a las ciudades. En las últimas se contribuye a agravar los problemas de servicios, empleo, drogadicción, crimen organizado y violencia.

2. DISPONIBILIDAD DE AGUA

La producción de agua, considerando una precipitación pluvial promedio de 500 milímetros al año, es de 650,000 millones de metros cúbicos, de los cuales en la condición actual se pierden por escurrimiento 91,000 a 325,000 millones (14 al 50 por ciento) y de 143 a 650 millones de toneladas de suelo (1 a 5 toneladas por hectárea por año.).

3. PERDIDA DE SUELO

La pérdida de suelo es desde luego un factor determinante que afecta directamente a la producción y la capacidad de almacenamiento de las presas y cuerpos de agua naturales, de lo que tenemos muchos ejemplos a lo largo y ancho de la República Mexicana.

¹

SAFAR Y Fundación para Fomentar el Manejo Holístico de Recursos, A.C.. Calle 3ª No. 604 -0207
Chihuahua, Chih. 31000 Tel: (14) 16-39-40, Fax: (14) 15-33-51

El objetivo de esta ponencia es dar a conocer las acciones de recuperación de las áreas de pastoreo y los resultados obtenidos en 10 años de trabajo de la Fundación para Fomentar el Manejo Holístico de Recursos, A. C. y proponer una metodología para ampliar el beneficio con el apoyo de otras instituciones.

4. METODOLOGIA

En el espacio de esta ponencia es imposible transmitir todas las experiencias en el manejo de recursos, para el propósito baste mencionar que uno de nuestros enfoques clave en la recuperación de áreas de pastoreo, agrícolas y forestales, es el mejoramiento de la eficacia del ciclo del agua.

La cosecha de lluvia para la producción de alimentos, en manejo holístico, se basa en el manejo adecuado del pastoreo en toda el área de influencia de una empresa, incluyendo a los vecinos y en lo posible comunidades enteras.

Para maximizar la captación de la lluvia se pone especial cuidado en las condiciones de la superficie del suelo. Esta debe estar cubierta de vegetación sana y vigorosa y mantillo orgánico o en casos donde la cubierta es escasa debidamente trabajada por el ganado para eliminar la costra impermeable del suelo, producir irregularidades y disminuir la velocidad de escurrimiento.

5. CAPACITACION

Actualmente se han impartido 59 cursos de Introducción al Manejo Holístico de Recursos con 1,318 participantes, 32 de Planeación con 768 participantes, 37 pláticas, 46 días demostrativos, 5 artículos publicados en las revistas de la Confederación Nacional Ganadera y Uniones Regionales 38 predios asesorados y en 500 predios se está aplicando parcial o completamente la metodología holística. En conjunto la cobertura de nuestra influencia sobrepasa los 2 millones de hectáreas. En 1994 el Banco de México organizó el Primer Seminario Internacional sobre Manejo Holístico-SEMINHOL- en la ciudad de Chihuahua y para los días 13 al 15 de octubre de 1997, se llevará a cabo en Monterrey, N.L. El Toro Internacional, La Ganadería Bovina de Carne. La población informada se estima que pasa de 80,000 personas.

6. RESULTADOS

Como resultado de estas acciones y las complementarias, contamos con empresas rentables y sostenibles, mejoramiento sustancial del medio ambiente y de la calidad de vida de los productores y empleados. La observación de estos resultados por productores e instituciones de fomento a la producción nos han conducido a alianzas estratégicas con Banco de México, FIRA, Bancomer, S.A.; Secretaría de Educación Pública, DGETA; Asociaciones de Productores; Universidades y Gobiernos de varias entidades federativas.

Tomando en consideración la influencia que la disponibilidad de agua tiene en todas las actividades productivas y de mejoramiento del medio ambiente para aumentar la calidad de vida de la población se propone solicitar el apoyo de las "Fundaciones Estatales Produce" para continuar con los programas de:

- Capacitación en el manejo de los recursos para convertir las empresas del campo rentables y sostenibles.
- Aplicación de apoyos fiscales en proyectos de capacitación, asesoría y establecimiento de unidades demostrativas.
- Fortalecer la coordinación y alianzas estratégicas entre productores e instituciones.
- Coordinar programas de concientización del valor de la conservación de la tierra (agostaderos, áreas agrícolas y forestales) para la producción de agua y alimentos.

7. BIBLIOGRAFIA

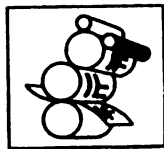
Branson, F. A., G. F. Giffor y J.R. Owen 1972. Rangeland Hidrology. Society for Range Management, Denver, Col. U.S.A.

Bingham, S. y A. Savory. 1990. Holistic Resource Management, Workbook. Island Press. Washington, D.C.

Kingsbery, B. 1989. How to Plan, Implement and Practice Controlled Grazing on Your Place. Kingsbery Communications, P.O. Box 1988, Woodinville, Washington 98072.

Savory, A 1988. Holistic Resource Management. Island Press. Washington, D.C.

Stoddart, L. A., A. D. Smith y T. W. Box 1955. Range Management. Tercera edición. McGraw-Hill Book Company. New York, U.S.A.



Esta publicación consta de 500
ejemplares, y se imprimió en:
IMPRESIONES FUTURA
Av. Juárez No. 104, San Vicente
Chicoloapan, Edo. de México.
Tel. (91-592) 1-58-24



