

USO Y MANEJO DEL AGUA DE LOS PRESONES DEL NORTE DE MEXICO: ASPECTOS EXPERIMENTALES

Luc DESCROIX*, Victor SANCHEZ, Jean-Yves LOYER***,
Juan ESTRADA AVALOS******

**PROYECTO CENID RASPA-ORSTOM-DEC, Gomez Palacio,
DGO**

(*Hidrólogo ORSTOM, **Hidrobiólogo PAIR/UAM, *Edafólogo
ORSTOM, ****Hidrólogo Cenid-Raspa INIFAP)**

En México los recursos hídricos (estimados en una superficie de 12,580 km² de aguas libres y un volumen de 137,112 km³) se encuentran distribuidos en su mayor parte en la zona sureste (un 35% de la superficie del territorio nacional), mientras que en el resto del territorio nacional las condiciones son de semiaridez (Athie, 1987; Garduño, 1990, en Alcocer y col., 1993), donde, por cierto, la mayor parte de sus aguas son controladas (presas y bordos) construidos para diferentes finalidades, que van desde generación de energía eléctrica, riego, agua potable, control de avenidas etc. (Guzmán, 1994). Este hecho explica la gran importancia que han tenido los cuerpos de agua de las regiones endorréicas del centro del país, sin embargo, estos y el resto de los recursos acuáticos son apreciados en su valor solamente cuando surge una crisis en el suministro o calidad de ésta y el uso eficiente sólo ocurrirá cuando el agua sea valorada como un recurso nacional crítico para la supervivencia (Alcocer y col., 1993).

Uno de los problemas fundamentales de las zonas áridas y semiáridas es la disponibilidad del recurso agua para cubrir las necesidades básicas de las poblaciones humanas. El irregular y escaso régimen de lluvias es de por sí un factor contra el cual el hombre lucha constantemente y que le impide establecer técnicas apropiadas de producción (Sanchez Cohen, 1985). Por lo que la subsistencia en las zonas marginadas depende de la diversificación de sus actividades productivas, pudiendo estas ser en alguna época del año de tipo caza-recolección, agrícola, ganadera y/o renta de mano de obra.

Parte de la solución al problema, que los pobladores de estas zona han venido implementado de manera estratégica, es el intervenir en el control y utilización de las aguas de escurrimiento mediante la creación de grandes obras hidráulicas de almacenamiento, conducción y derivación para poder hacer, al menos de manera temporal, algún tipo de aprovechamiento del preciado líquido y, progresivamente, recurrir a los recursos hídricos subterráneos (INIFAP-Cenid Raspa y ORSTOM, 1993), que en la actualidad se encuentran sobreexplotados y presentan una grave crisis de sustentabilidad (Escrura, 1993).

Por lo anterior, hablar del aprovechamiento integral del recurso agua no tendría sentido si no se realizan estudios profundos que consideren todos aquellos aspectos que regulan su cantidad y calidad, aún más cuando se trata de aguas con una alta jerarquización en su uso.

ANTECEDENTES

Tomando como punto de partida la problemática de la escases del agua en las zonas áridas y semiáridas de nuestro país, instituciones como el ORSTOM* y el CENID-RASPA del INIFAP, a partir de 1991 dieron inicio al proyecto "MANEJO Y USO DEL AGUA EN LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS DEL NORTE DE MEXICO" tomando como prototipo a la Región Hidrológica 36 (cuencas vertientes de los ríos Nazas y Aguanaval).

En su concepción el proyecto tiene como objetivo definir el potencial hídrico superficial de una gran Región Hidrológica de Norte de México, con el fin de optimizar el uso de esta agua en las diferentes unidades espaciales de escurrimiento por las que está compuesta (cuencas y subcuencas hidrográficas). La conformación del proyecto se da en dos partes: un inventario y diagnóstico regional y una fase experimental. La primera parte está constituida por la recopilación y análisis crítico de la información concerniente a factores físicos, bióticos y socioeconómicos que rigen el uso del agua a nivel regional (INIFAP-Cenid Raspa y ORSTOM, 1993). Mientras que en la segunda parte, por parte motivo de este trabajo, se realizó la conformación de una base de datos y un sistema de información geográfica e hidrológica, apoyándose sobre experimentaciones in situ.

Por su parte el Programa de Aprovechamiento Integral de los Recursos Naturales (PAIR-UNAM) desde 1989 se viene desempeñando en la formulación de proyectos de desarrollo rural basados en las investigaciones realizadas a nivel de diagnóstico regional y recursos acuícolas elaborados sobre su área de estudio (particularmente en los Municipios de San Juan de Guadalupe y Simón Bolívar, Dgo.) que coincide en la parte media de la subcuenca del río Aguanaval perteneciente a la Región Hidrológica 36. De tales investigaciones destacan, los trabajos de "Prospección de los recursos acuícolas" y la implementación de un "Programa de producción piscícola en el Municipio de San Juan de Guadalupe, Dgo."

I) PROBLEMATICA

El proyecto "Uso y manejo del agua en la Región Hidrológica 36 (RH36)" tiene como meta el determinar las potencialidades en aguas superficiales: se trata de determinar los coeficientes de escurrimiento en relación con la pluviometría y las características físicas y bióticas del medio. Esta determinación se realiza actualmente a partir de datos de escurrimientos medidos en 7 cuencas experimentales, de las cuales 4 se localizan en la zona semiárida de la RH36. El manejo de tales datos se realiza através del sistema de información geográfico "Savane" (desarrollado por ORSTOM) mientras que la actualización de la información litológica y de uso del suelo se realiza mediante imagenes satélite con el paquete "Planetes" de ORSTOM.

Como resultado de la etapa de diagnóstico se dividió la RH36 en 3 sub-regiones geoclimáticas (fig. 1) (Descroix y al., in INIFAP, Cenid Raspa y ORSTOM, 1993):

1) La cuenca alta del río Nazas en la porción de la Sierra Madre Occidental, con pluviometría superior a 500 milímetros, con clima sub húmedo, donde el consumo de agua es débil, siendo ésta la zona de mayor aporte de agua (87.5 %) a la región Lagunera (parte baja de la RH36) (Descroix y Estrada, in INIFAP, Cenid Raspa y ORSTOM, 1993).

2) La cuenca baja conformada por las lagunas de Viesca y Mayran, así como la parte sur del Bolsón de Mapimí es una zona árida de La Laguna con pluviometría por debajo de los 300 milímetros en la que se consume casi la totalidad de estas aguas de escurrimiento (o sea 1100 millones de m³ en promedio anual) en agricultura de riego.

3) Entre ambas, la cuenca media de los ríos Nazas y Aguanaval es una zona semiárida con pluviometría entre los 300 y 500 milímetros en que existe ya un uso local del agua, esencialmente ganadero (en su mayor parte de tipo extensiva). Aunque se practica la agricultura de riego, esta se desarrolla en zonas poco extendidas (ubicadas principalmente en la cuenca media del Nazas (Nazas y Rodeo) y en la alta y media cuenca del río Aguanaval. La agricultura de temporal presenta rendimientos aleatorios, y puede en cierto momento mejorarse debido a la presencia de obras de almacenamiento o de derivación presentes en la zona (fig. 2).

Esta última es de interes en estos momentos para la parte experimental del proyecto y adquieren relevancia los sistemas de captación de esta subregión ya que son representativos de toda lo zona semiárida de las sierras, bajadas y llanuras de los estados de Durango, Zacatecas, Coahuila y Chihuahua.

Este sistema de captación de agua se compone de dos elementos principales:

FIGURA 1

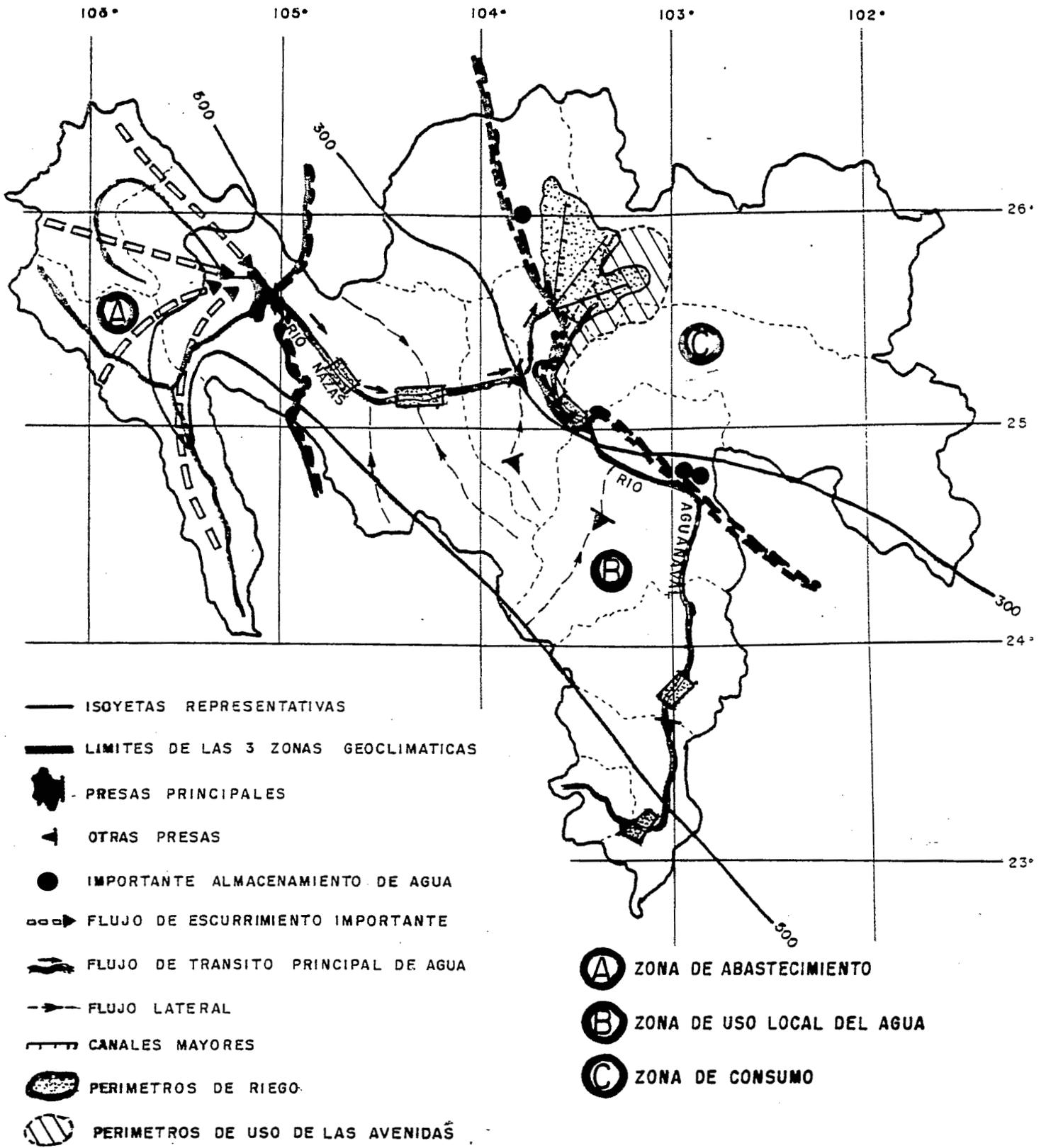
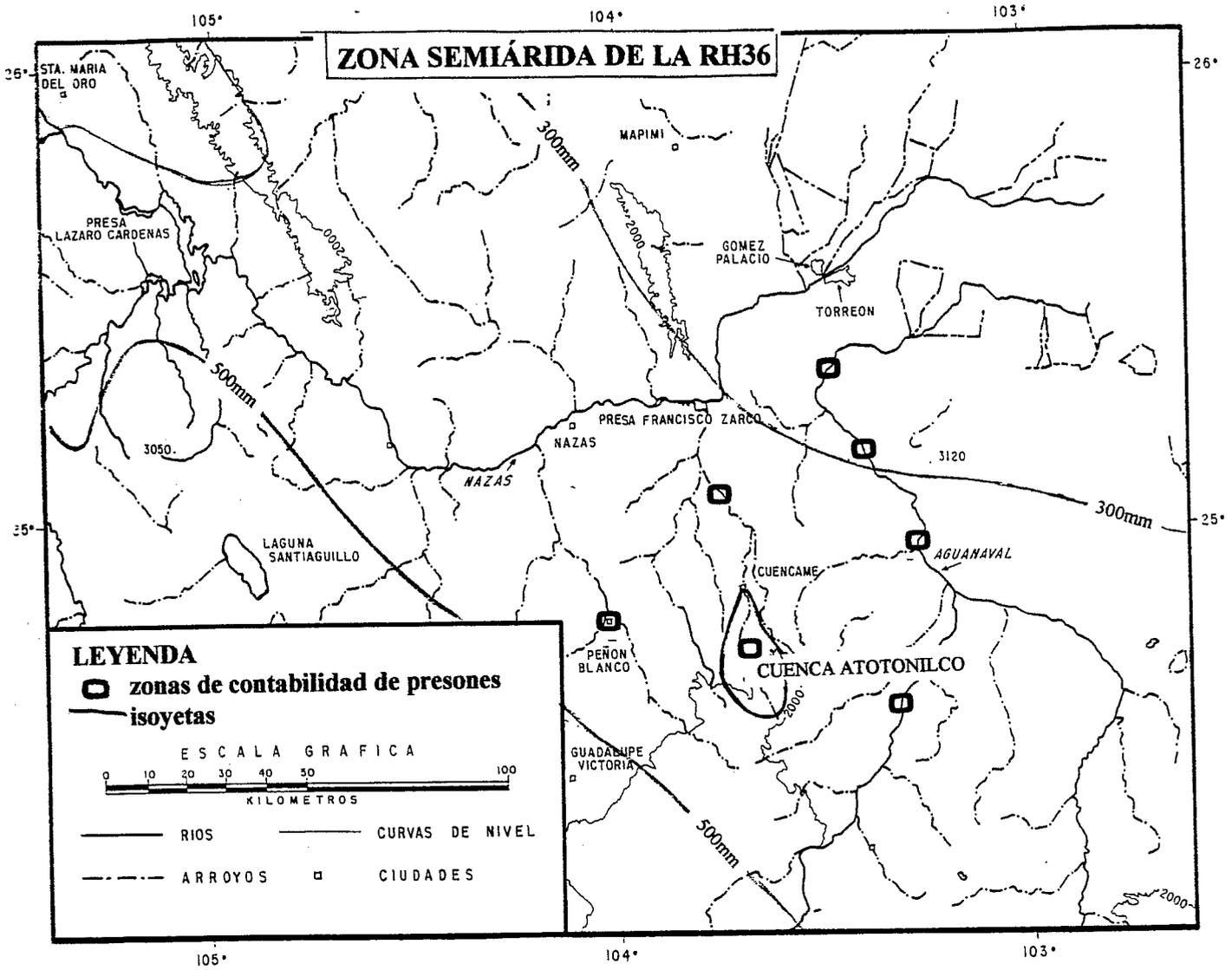


FIGURA 2



a) En la parte alta de las cuencas: Presones que sirven en su mayoría de abrevaderos (fig. 3).

b) Y en las partes bajas: Obras derivadoras de avenidas, para mejorar el temporal, de manera muy ocasional (a veces con un almacenamiento intermedio en un tanque).

Desde la perspectiva de este proyecto, los presones, o bordos, adquieren interés no solo desde el punto de vista cuantitativo (hidrológico) sino también cualitativo de las características físico-químicas y biológicas del agua que reciben.

Obviamente, la calidad del agua debe ser conocida antes de hacer propuestas sobre su uso. Después de estudiar los volúmenes de agua disponibles, se enfocaron sus potencialidades deducidas de la calidad de las aguas.

II) ASPECTOS EXPERIMENTALES: LA CUENCA EXPERIMENTAL DE ATOTONILCO

A) METODOLOGIA

Para conocer las potencialidades en la zona semiárida se seleccionó una cuenca experimental representativa (al nivel geoclimático) de la región media antes descrita: La cuenca experimental de Atotonilco, en el municipio de Cuencamé (Dgo).

El trabajo experimental se desarrolló en etapas de trabajo que comprendieron:

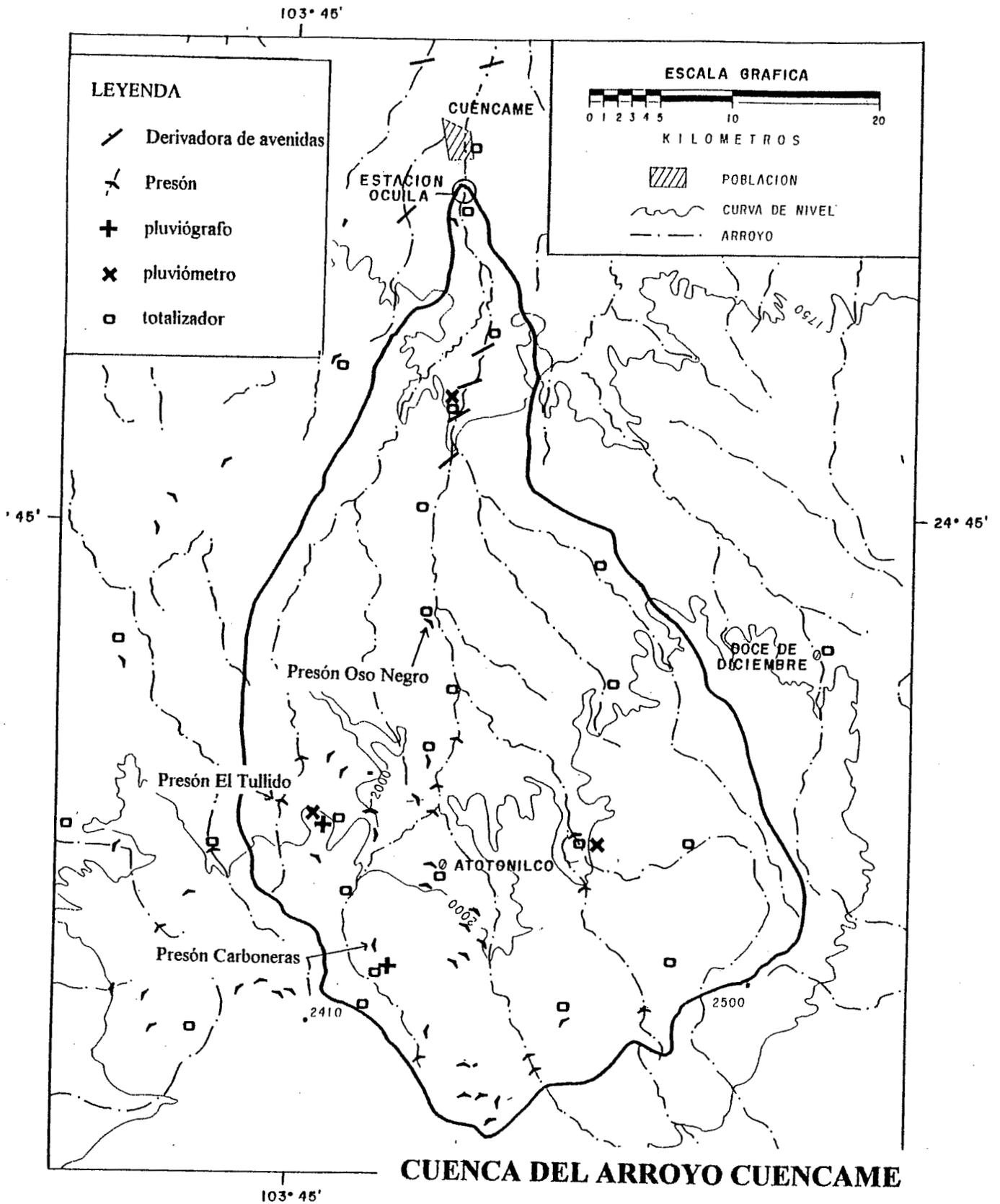
1. ETAPA INICIAL.

Esta etapa da inicio al trabajo experimental propiamente dicho que incluye el censo de presones, la selección de sitios y diseño de rutas de muestreo, tanto para la parte de cuantificación de escurrimientos como para el aspecto cualitativo del agua (características físico-químicas y biológicas) e instalación de equipo de medición.

2. CUANTIFICACIÓN DE LOS ESCURRIMIENTOS

Este estudio requirió la instalación de estaciones de aforo para cuantificar los escurrimientos y la evolución del almacenamiento; además de su interés agrícola y ganadero, los presones facilitan estas mediciones en las regiones áridas y semiáridas, donde siempre es difícil instalar estaciones en los cauces de los arroyos, debido al azolve, a la fuerte erosión de los lechos, y a la irregularidad de los escurrimientos. Las 4 estaciones de aforo se instalaron en la cuenca del arroyo Cuencamé, afluente de margen derecha del río Nazas: una de estas controla dicho arroyo a su salida en la llanura de Cuencamé, al puente de Ocuila (364 km²). Las tres otras se instalaron en presones, adentro de la primera cuenca (fig. 3 y cuadro 1):

FIGURA 3



a) presón Carboneras: tiene una cuenca vertiente de 1 km², en litología constituida por calizas y riolita, con pendiente media de 11 grados;

b) presón El Tullido, con una cuenca de 4,3 km², en bajada ubicada bajo toba riolítica con una pendiente de 4 grados;

c) presón Oso Negro, que tiene una cuenca de 0,23 km² en conglomerados; la pendiente media es de 6 grados;

CUADRO 1

CARACTERISTICAS DE LOS VASOS:				
	SUPERFICIE DE LA CUENCA	CAPACIDAD TOTAL	SUPERFICIE	PROFUNDIDAD MAXIMA
CARBONERAS	1 km ²	1050 m ³	600 m ²	2,5 metros
EL TULLIDO	4,3 km ²	4875 m ³	4048 m ²	2 metros
OSO NEGRO	0,23 km ²	1575 m ³	1560 m ²	2,2 metros

El inventario de los presones de la cuenca del arroyo Cuencamé, así como el de otras regiones cercanas, permitió conocer la forma óptima de los presones, su repartición espacial, su densidad, según la pluviometría y la litología. La temporada de lluvias de 1994 se aprovechó para conseguir datos de escurrimientos, así como el balance de agua en los presones.

Las estaciones hidrométricas están completadas por una red de 2 pluviógrafos, 3 pluviómetros y 25 totalizadores: así se pueden estimar las entradas, o sea los escurrimientos y la lluvia caída directamente en el vaso (fig. 3).

Las salidas son más difíciles de repartir entre evaporación, infiltración y consumo de agua por el ganado. La evaporación si se puede estimar; los otros dos parámetros son más difíciles de cuantificar.

3. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL AGUA DE LOS PRESONES (ASPECTO CUALITATIVO)

El conocimiento de las características fisicoquímicas y biológicas del agua superficial requiere de su consideración de manera espacial y temporal, en el sentido de su relación con el área de drenaje y su evolución.

a) Muestreo Espacial: Este nivel incluye el muestreo de la mayor parte de los presones registrados, en la medida de las posibilidades de encontrar presones con agua y en función del muestreo sistemático a nivel temporal. Esto desde luego trazando rutas de muestreo que cumpla con las dos finalidades y que permitan obtener más de una muestra por presón en toda la temporada.

b) Muestreo Temporal: Este nivel requirió de una selección previa de los presones representativos, en primera instancia, de las unidades litológicas y de pluviometría presentes en la cuenca y la consideración de los factores bióticos determinantes de la calidad del agua o, en su caso, de impacto, dadas las condiciones particulares de ganaderización de esta cuenca. De la selección, se eligieron cuatro presones, los cuales se muestrearon durante toda la época de lluvias de 1994, incluyendo los primeros escurrimientos en mayo y la continuación hasta el agotamiento del agua en los presones.

Dada la importancia de considerar al presón como un medio ambiente acuático cuyas características resultan de las interacciones de diferentes factores en el medio terrestre (y este a su vez con el medio atmosférico), se instalaron secuencias de trampas de escurrimiento en la zona de captación de acuerdo a las unidades litológicas y topofomas que componen la microcuenca de captación de cada presón seleccionado en este nivel de muestreo.

Los parámetros considerados fueron aplicados tanto a las muestras de agua de los presones como a las muestras de escurrimientos de la microcuenca.

II) BALANCE DE AGUA EN LOS PRESONES

A) ESCURRIMIENTOS Y ALMACENAMIENTO

Muchos presones, bien concebidos y construidos, correctamente ubicados, permiten en año medio el almacenamiento de agua durante toda la temporada seca, hasta que lleguen las aguas siguientes.

Pero la temporada de lluvias de 1994 fue muy deficitaria en toda la RH36: de 50% en la Laguna, el déficit fue de 25 a 50% en la parte semiárida. En la cuenca del arroyo Cuencamé, la pluviometría fue de 150 a 380mm, el promedio anual siendo de 350 a 500mm. El déficit fue más elevado en la cuenca baja con un déficit de más de 55% en la estación de Cuencamé.

Los tres presones estudiados tuvieron un comportamiento muy diferente:

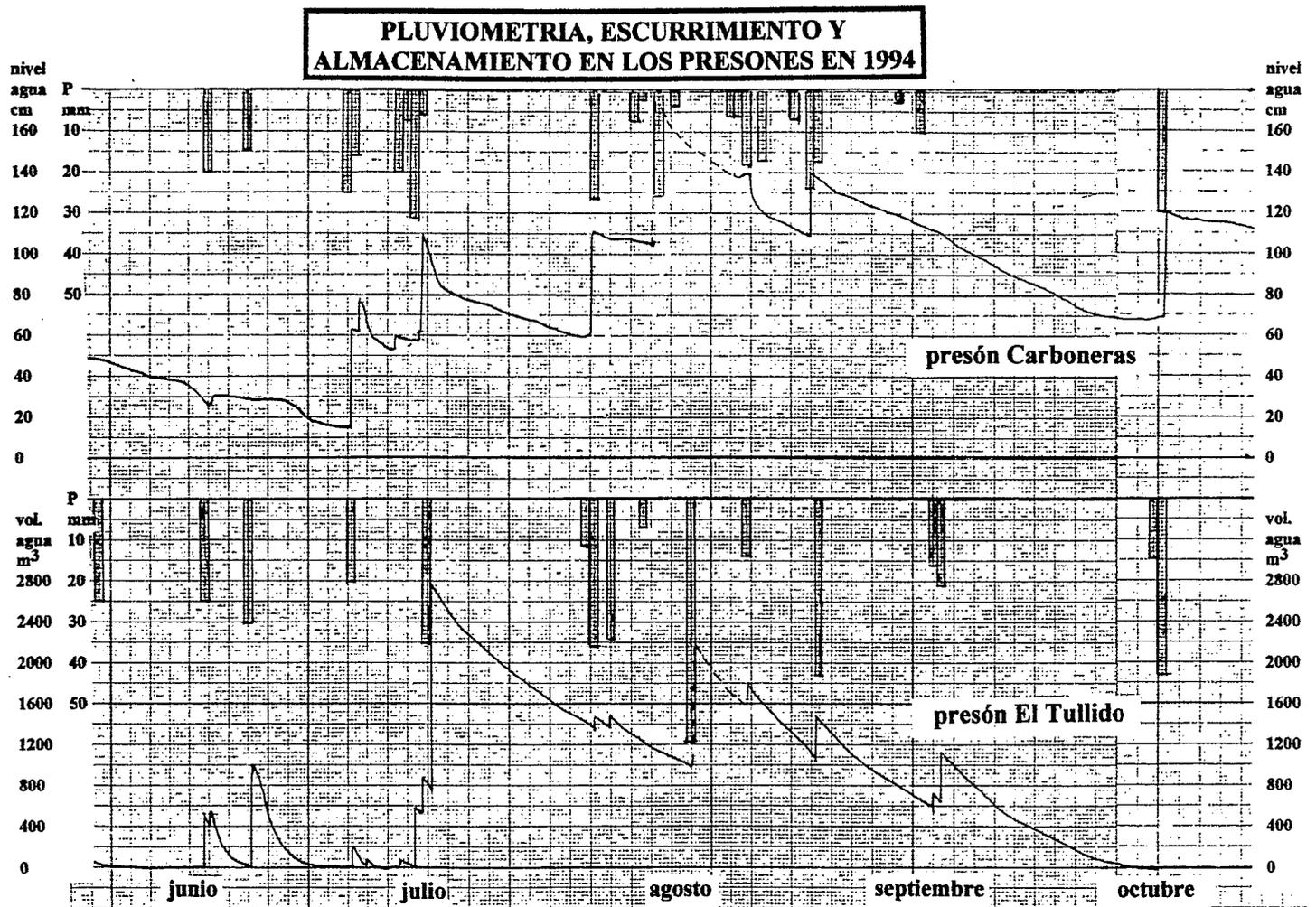
- el de Carboneras (en caliza y riolita) se llenó rápidamente en julio. Ubicado en la parte más alta de la cuenca (de 2100 a 2350 metros de altitud), su pluviometría no más fue deficitaria de 25% (y el escurrimiento de 50 a 70% probablemente): estuvo el vaso lleno durante casi toda la temporada, y dos veces se produjo escurrimiento por el vertedor de demasías. A la fecha está todavía con bastante agua (1 metro de profundidad en su parte central) (fig. 4).

- el del Tullido (en la bajada) está vacío desde los primeros días de octubre. Se llenó parcialmente durante la temporada, pero, a pesar de la superficie de su cuenca (4.3 km²), el presón no pudo conservar agua al final de la temporada. El déficit de lluvias fue de 40% en su cuenca. El volumen total que entró en el vaso fue de 5020 m³, lo que representa un coeficiente de escurrimiento muy débil de 0,9% (fig. 4).

- el presón Oso Negro tuvo agua durante 19 horas en total para toda la temporada de lluvias: su pequeña cuenca y el fuerte déficit de pluviometría (45%) no explican todo: el débil coeficiente de escurrimiento (0,2%) se debe antes de todo a la permeabilidad de la cuenca: fue construido en conglomerados no cementados, lo que explica lo poco de escurrimiento que conoció, y la poca duración del agua en el vaso: los pequeños volúmenes de agua entrados se infiltraron muy rápidamente: el mayor tiempo en que permaneció agua en el vaso fue de 10 horas el 7 de agosto de 1994.

Las primeras lluvias provocan poco almacenamiento: los escurrimientos se pierden en gran parte en los lechos; las aguas que entran en el vaso se infiltran fácilmente, debido a las grietas que trae la arcilla en el fondo del vaso. Las primeras avenidas aportan la arcilla necesaria para taparlas, pero en un principio, sí hay mucha infiltración, que se suma a la evaporación, muy fuerte en los meses de mayo y junio, los más cálidos del año.

FIGURA 4



En el balance se nota principalmente (fig. 4):

- Las entradas de agua en los presones:
 - los escurrimientos: se puede constar en promedio anual con coeficientes de escurrimiento de 0 a 5%, según la pluviometría, las pendientes, la litología y los suelos;
 - la lluvia caída directamente en el vaso: su importancia depende obviamente de la superficie del cuerpo de agua, pero representa unos 30 centímetros anuales: esto compensa más o menos por un 20% la evaporación.

Las salidas son:

- la evaporación;
- la infiltración, que disminuye con el tiempo, yendo el fondo del vaso tapizándose de arcilla impermeable;
- el consumo del ganado;

La evaporación, en promedio anual es de 1500mm en la alta cuenca y de 1800mm en la cuenca baja. De hecho, desde un principio, se deben proveer vasos que tengan a lo menos 3 metros de profundidad para compensar esta evaporación, y alcanzar a que les quede agua hasta la temporada siguiente.

También hay que tomar en cuenta la infiltración y el consumo por el ganado, que es difícil de estimar, dependiendo del número de cabezas de ganado que se alimentó en cada presón.

La baja del agua en los presones se hizo de la manera siguiente (en baja diaria, promedio mensual)(cuadro 2):

CUADRO 2

BAJADA DEL AGUA EN MM/DÍA, EN PROMEDIO MENSUAL				
	Presón	Carboneras	Tullido	Oso Negro
Meses				
Junio		13,7	36,4	
Julio		11,5	23,3	
Agosto		7,9	11,7	27 mm/hora
Septiembre		14,5	6,4	promedio de
Octubre		8,9	6,6	6 meses
Noviembre		7,5	vacío	

Se nota (cuadro 2) que la bajada del agua es más regular en el caso del presón de Carboneras, donde el importante valor de septiembre puede estar debido a un fuerte consumo por el ganado; en el presón de El Tullido, la bajada del agua es muy rápida al principio, y va disminuyendo regularmente: es muy probablemente debido a la muy fuerte infiltración al principio de la temporada, pues el vaso es de fondo muy llano, y las grietas de desecación eran muy densas y anchas. De manera más general, la evaporación es más fuerte en mayo y junio, lo que pudo contribuir a los valores elevados del principio de la temporada. El presón del Oso Negro se caracteriza por valores muy rápidos de las salidas: los 50 m³ que le entraron desaparecieron en 19 horas, con una bajada media de 27mm/hora.

B) CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS Y BIOLOGICAS DEL AGUA

1) Caracterización fisico química de las aguas de los presones

Los parámetros que deben ser considerados para hacer una caracterización de las aguas y proyectar su uso, están relacionados con el medio físico (litología y suelos) y biótico. En general se establece, que las aguas que provienen de cuencas sedimentarias se caracterizan por ser cloruro-sulfatadas sódicas o cálcicas, al contrario de las aguas de cuencas eruptivas donde dominan los carbonatos y el sodio (fig. 5).

Las aguas de la zona semiárida de la Región Hidrológica 36 (RH-36), por ejemplo en donde se encuentra el contacto entre rocas eruptivas y sedimentarias, fueron caracterizadas en dos grupos: A nivel de los cationes entre el calcio y el sodio y, a nivel de los aniones, entre los bicarbonatos y los sulfatos. Los cloruros y el magnesio casi no aparecen en las aguas de presones de esta zona.

Las muestras señaladas en el diagrama de Piper de la figura 5 obtenidas de 13 diferentes presones en esta zona, muestran esta distribución. Se observa que las aguas superficiales provenientes de una área de captación eruptivas son de tipo carbonatadas cálcicas, mientras que las aguas superficiales que provienen de áreas de captación grandes, con una fuente adicional subterránea o de derivación de algún río o arroyo, son de tipo sulfatadas-sódicas que en su paso encuentran rocas sedimentarias.

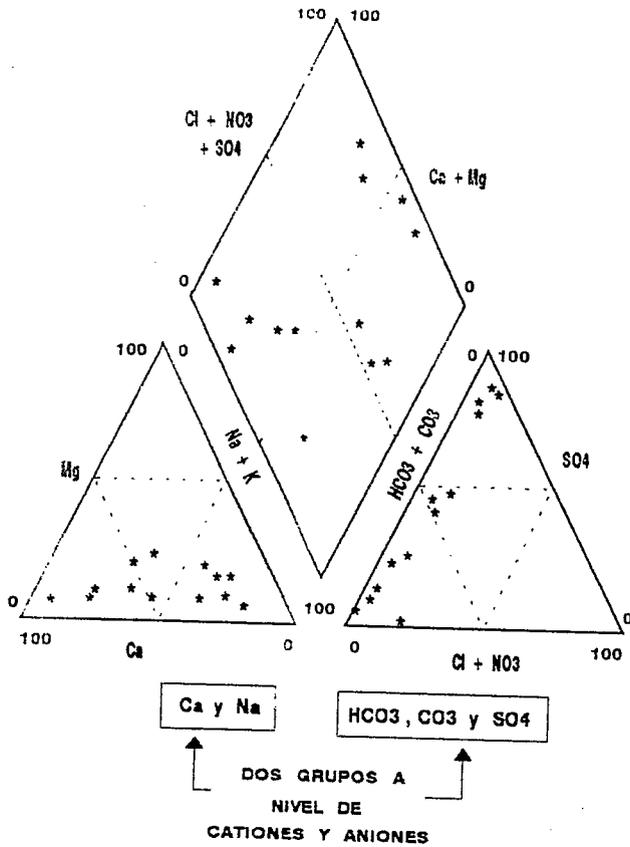
En el caso del Rancho Atotonilco (fig. 6), casi la mayor parte de las aguas de los 31 presones muestreados (de los 40 presones censados dentro de la cuenca) son de tipo bicarbonatadas-cálcicas, excepto dos que presentan aguas de tipo bicarbonatadas-sódicas con pH promedio de 8.9 donde las aguas del presón Zapata provienen de un manantial y la Capilla situada en una área de tipo eruptiva.

2) Evolución de las características físico-químicas de los presones.

Como resultado del seguimiento a los 4 presones dentro del periodo de lluvias de 1994 en la cuenca Atotonilco, se obtuvieron una serie de muestras de agua, tanto de aquella almacenada en los presones como de las trampas de escurrimientos de las respectivas áreas de captación, que fueron representadas dentro de los diagramas de Piper de la figura 7.

Las muestras de agua, obtenidas de mayo a noviembre del presón El Colorado son de tipo bicarbonatadas-cálcicas y muestran una relación directa con las muestras de agua de escurrimiento de su área de captación, como se ve en la figura 7a. Aunque el diagrama presenta una ligera dispersión hacia aguas sulfatadas-cálcicas esta se entiende si se considera que algunas de las trampas de escurrimientos están ubicadas en alguna porción de suelo aluvial y rocas sedimentarias

FIGURA 5

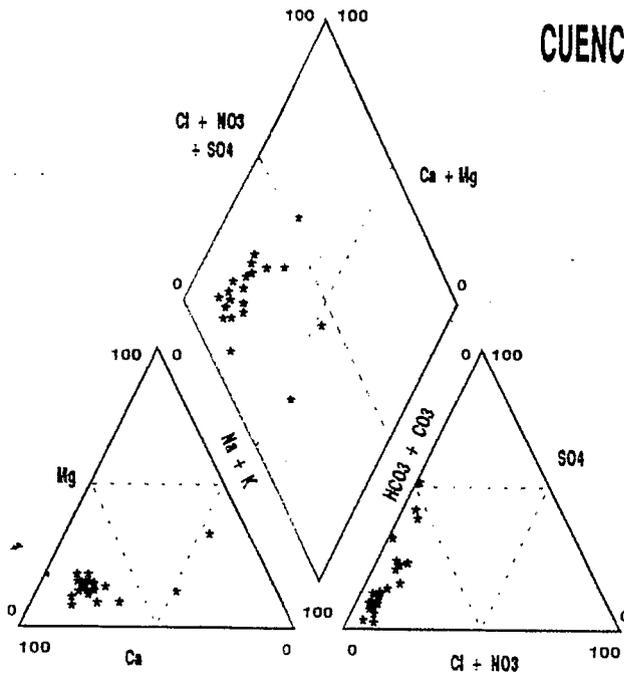


REGION HIDROLOGICA 36
(CONTACTO ERUPTIVO Y SEDIMENTARIO)

AGUAS SUPERFICIALES
CARBONATADAS - CALCICAS
CUENCA ERUPTIVA

AGUAS SUPERFICIALES CON
FUENTE SUBTERRANEA Y DE
DERIVACION.
SULFATO - SODICAS
CUENCA SEDIMENTARIA

FIGURA 6



CUENCA EXPERIMENTAL DE ATOTONILCO

MUESTREO ESPACIAL:

- 21 PRESONES MUESTREADOS
- 19 BICARBONATADOS-CALCICOS
- 2 BICARBONATADOS-SODICOS

MUESTREO TEMPORAL:

- 4 PRESONES
- CARBONERAS → RIOLITA Y CALIZA
- EL TULLIDO → IGNEA EXTRUSIVA ACIDA RIOLITA
- EL MONIGOTE → BASALTO
- EL OSO NEGRO → CONGLOMERADO

como la caliza.

En el caso del presón El Monigote las 6 muestras de agua, tomadas de mayo a septiembre, son de tipo bicarbonatadas-cálcicas, mientras que las muestras de las trampas tienen una marcada dispersión debido probablemente a la composición química de algunos estratos de diferente tipo al basáltico en la secuencia instalada (fig. 7b). Sin embargo, el número de muestras obtenidas de escurrimientos (cuatro solamente en una secuencia de tres trampas) no permite hacer mayores conclusiones.

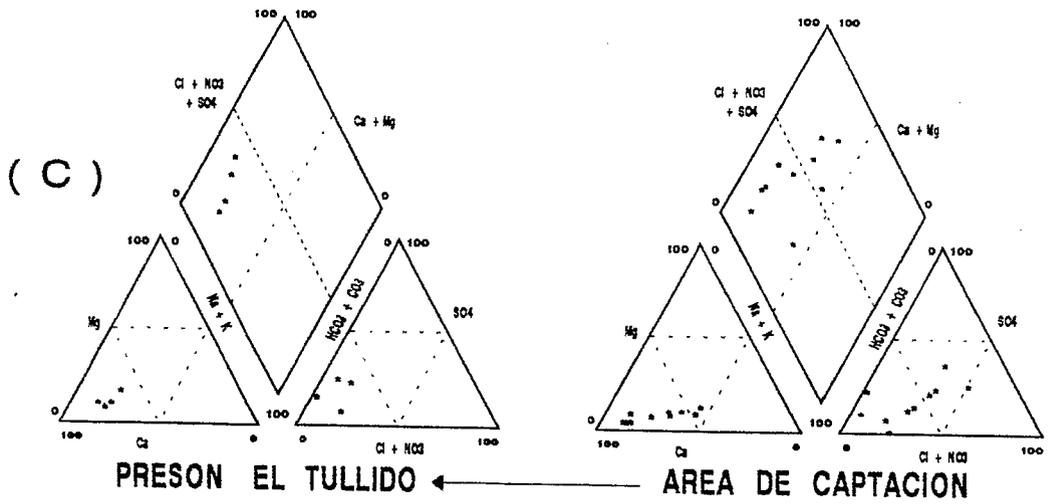
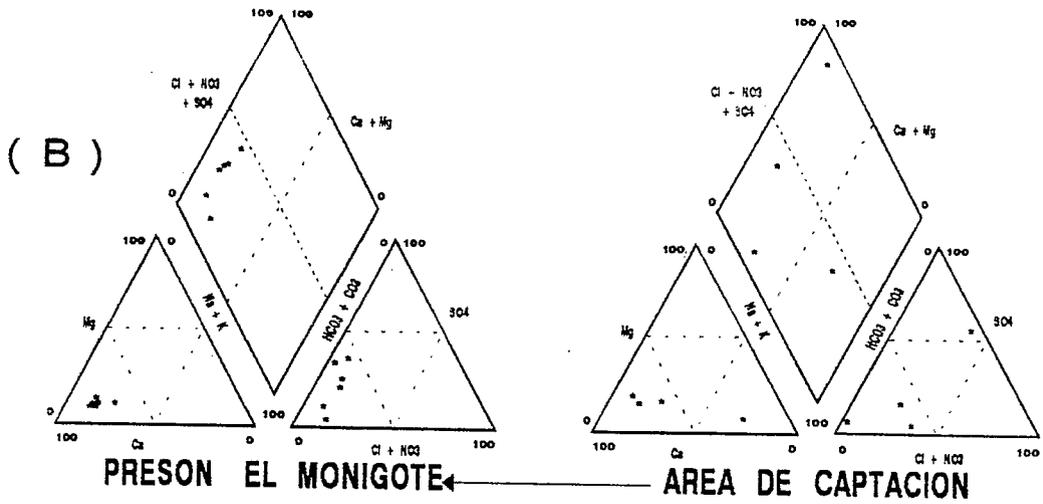
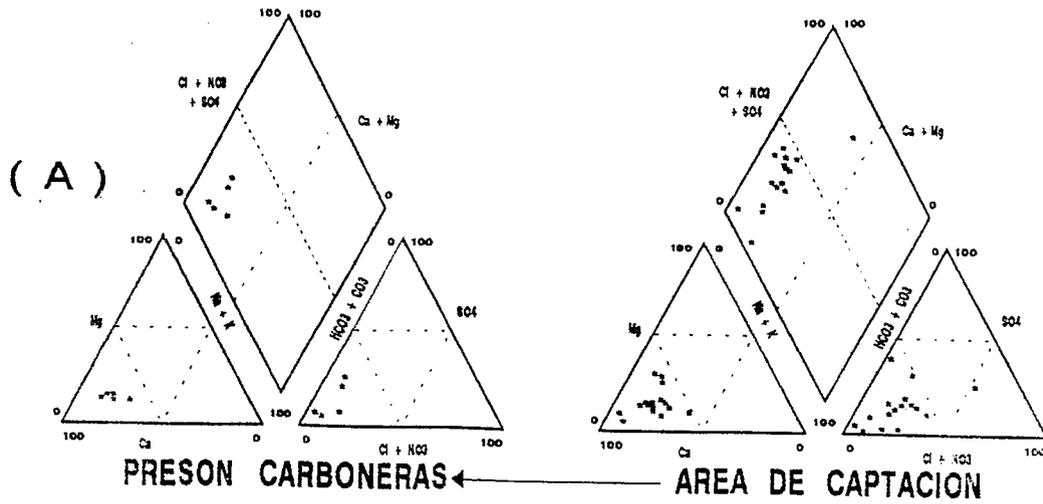
Por otra parte, las 4 muestras del presón El Tullido, tomadas de julio a septiembre, son de tipo bicarbonatadas-cálcicas, mientras que las aguas de escurrimientos (10 muestras en una secuencia de 4 trampas de agua) muestran una característica cálcica con una tendencia sódica al principio de la temporada pero sin tener mucha repercusión en las aguas del presón (fig. 7c).

Como explicación al fenómeno de dispersión de los resultados de las muestras de escurrimientos expresadas en los diagramas de Piper del área de escurrimiento, se puede decir que las características del suelo y su capacidad de intercambio iónico, como lo explica Wetzel (1985), influyen en el ritmo de meteorización superficial y en el aporte de iones al agua de los escurrimientos. En este sentido, cada muestra obtenida, aún de un mismo sitio, puede estar sometida a diferentes procesos y magnitudes de óxido-reducción, acción de iones hidrógeno, formación de compuestos y, lo que resulta determinante en este tipo de zonas áridas y semiáridas, la cantidad de solvente (relacionado con la irregular distribución temporal y espacial de las lluvias que lavan los terrenos del área de captación). Sin embargo por su naturaleza, el suelo se comporta como un cambiador de iones, teniendo a un equilibrio propio con el agua, la cual tiende igualmente a una composición determinada como se muestra en los diagramas. Este equilibrio según Margalef (1977), afecta al pH de tal forma que los valores encontrados en las aguas de escurrimiento corresponden a suelos neutralizados con bases (como es el caso de las aguas bicarbonatadas cálcicas y algunas tendencias sódicas encontradas). Por otra parte, la cobertura vegetal influye sobre la acción del lavado de los suelos que puede ser tan superficial e irregular como el grado y tipo de erosión y cubierta vegetal del área de captación (Salas, 1987).

Observando la evolución de las características fisicoquímicas de los presones anteriores se puede tomar como ejemplo representativo, ya que tienen un comportamiento similar, el del presón Carboneras detallado en la figura 8.

En general, estos presones representan un comportamiento similar y relacionado con la dinámica hidrológica ocurrida en sus respectivas áreas de captación. La salinidad del agua, representada por su conductividad eléctrica, por ejemplo, presenta una etapa de concentración bien marcada en el primer período de lluvias (de mayo a junio), que además coincide con los meses en los que se da una alta evaporación: una etapa siguiente de dilución por la presencia de lluvias que continua con una tercera etapa de concentración poco marcada en este período más amplio de lluvias y que puede no coincidir con las fluctuaciones de los nivel y volumen de agua, obtenidos mediante los registros de los limnigrafos instalados en dos de estos presones (Carboneras y El Tullido). Es decir, en este segundo período de lluvias las bajas repentinas de niveles son mayormente debidas a la fuerte infiltración de áreas no inundadas anteriormente y a la constante e intensa pérdida de agua, y elementos disueltos en el abreviar del ganado y en menor grado a la evaporación. De igual forma se puede observar un comportamiento en la alcalinidad total directamente proporcional a este parámetro y una alternada relación indirecta con respecto a la dureza total, observando un exceso de dureza debida a los carbonatos cuando se da una disminución de la alcalinidad total.

FIGURA 7



El pH de las aguas muestra una tendencia hacia la alcalinidad, pero esta tendencia se dá de manera gradual hasta alcanzar valores poco superiores a 10.0 en algunos casos extremos, lo que se relaciona con un fuerte amortiguamiento de las bases disueltas en estas aguas.

2) CARACTERISTICAS BIOLOGICAS.

Los valores encontrados de oxígeno disuelto y elementos de fósforo y nitrógeno son mejor explicados en función de su relación con el comportamiento biológico del embalse y particularmente de las observaciones de los procesos eutroficación ocurridos en este tipo de cuerpos de agua.

El oxígeno disuelto, por ejemplo presenta una tendencia hacia el aumento, no después del mes de julio cuando los procesos de descomposición de materia orgánica, aportada con los primeros escurrimientos y aquella ya existente en el vaso del presón (vegetación y excreciones del ganado), se han dado y se empiezan a observar florecimientos de algas, principalmente filamentosas foscilatorias), aunque se observan en las muestras analizadas géneros de algas propias de este tipo de sistema (por ejemplo *Fragilaria*, *Nitzchia*, *Cladófora*). Esta etapa inicial resulta ser crítica para el sistema, sin embargo en ninguno de los casos y muestreos realizados se registro un estado anóxico. Por otra parte, se observaron poblaciones abundantes de zooplancton (principalmente calanoides, ciclapoides, daphnias, ostrácodos y rotíferos) cuyo desarrollo esté muy probablemente relacionado al aprovechamiento de materia orgánica suspendido y sedimentada, y poblaciones también abundantes de bacterias como parte fundamental de la dieta de estos organismos en esta etapa temprana del sistema.

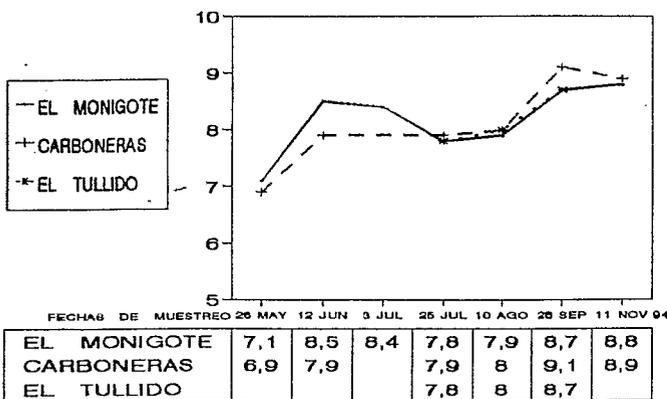
Aunque es corto el tiempo de muestreo, se observan fluctuaciones importantes en relación a las concentraciones de fósforo total y nitrogeno (en forma de nitratos y amonio) moderados por el comportamiento biológico del sistema. La utilización de estos elementos por las poblaciones de algas es evidente y coinciden las disminuciones de los meses de julio a agosto cuando se dan los florecimientos y aumentan después de este tiempo, por el retorno de estos elementos tras la muerte masiva de las colonias de algas que forman natas flotantes en la superficie del agua del presón.

Aunque los valores promedio de fósforo y nitrógeno registrados ubican a los presones de ésta cuenca en los rangos de mesotrófico a eutrófico considerando solamente el período de muestreo, la evolución de las aguas es siempre tendiente a la eutroficación (Wetzel, 1981) (figura 8).

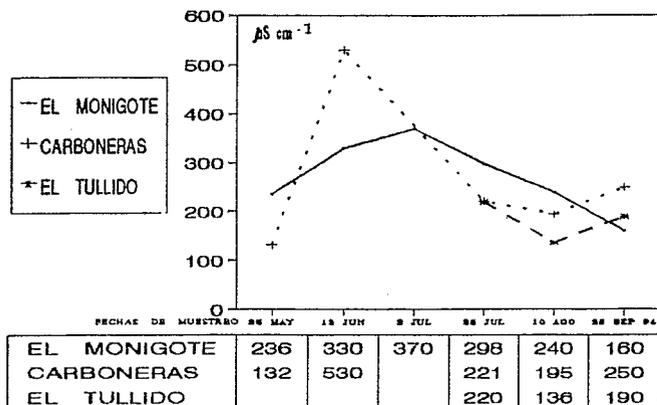
Los presones de la cuenca Atotonilco y la mayoría de los presentes en la zona semiárida tienen una estrecha relación entre la columna de agua, el sedimento y la zona litoral, debido a una profundidad media baja y un desarrollo de litoral muy superior a 1.0. Esto significa: Un constante aporte de nutrimentos por unidad de área de sedimento en relación al volumen y área de espejo del agua almacenada; el importante ingreso de terrígenos y una amplia zona potencial de establecimiento de organismos autótrofos, en relación a la marcada sinuosidad del desarrollo litoral de los presones (Wetzel, 1981).

FIGURA 8

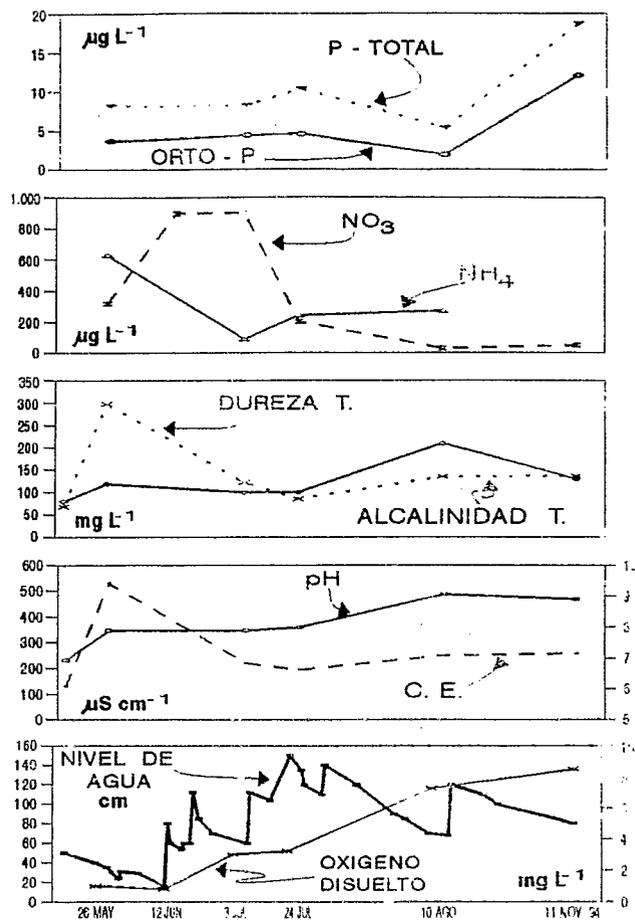
EVOLUCION DEL pH



EVOLUCION DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA



PRESON CARBONERAS



III) PROPUESTAS PARA UN MEJOR MANEJO DE LOS PRESONES

A) DENSIDAD DE PRESONES Y TAMAÑO DEL IMPLUVIO

En la zona semi-árida de la RH36 ya existe un gran número de presones, la mayoría con uso ganadero; los perímetros de riego más importantes están alimentados por presas de mayor tamaño, como las del Nazas o del Aguanaval, o, en la región de Cuencamé, la presa Las Mercedes y la presa Los Naranjos. Se hicieron unos contajes en la zona semi-árida de la RH36, en 7 partes diferentes, representativas de pluviometrías crecientes: se contaron los presones con fotografías aéreas, actualizando el contaje con recorridos de campo para conseguir informaciones recientes. Los resultados vienen en el cuadro 3.

CUADRO 3

DENSIDAD DE PRESONES Y PLUVIOMETRIA		
	PLUVIOMETRIA	NUMERO DE PRESONES POR KM ²
PEÑON BLANCO	450	0,08
ATOTONILCO	420	0,11
SIMON BOLIVAR	400	0,08
VELARDEÑA	310	0,03
NAZARENO	280	0,018
ORIENTE AGUANAVAL	300	0,011
LA FLOR DE JIMULCO	260	0,012

Por lo actual, se nota que la densidad de presones crece con la pluviometría. Existe una relación entre P (pluviometría anual en mm) y la Densidad de presones (número de presones por km²): se escribe:

$$D = 0,0005 P - 0,12$$

con $R^2 = 0,87$

P = pluviometría anual media en mm

D = densidad de presones por km²

Esta relación puede parecer ilógica, puesto que donde más falta el agua, más se debe trabajar para almacenarla. Pero es finalmente normal, pues un presón es una inversión, que se justifica cuando se conozca lo que se va a almacenar. La débil densidad de presones en las zonas más secas (La Flor, Oriente, Nazareno) también se debe al relieve, que limita la carga ganadera, y de hecho, las necesidades de agua (fig. 9).

A pesar de esto, se nota que los presones se ubican en mayor número en las bajadas (65%), donde son menos profundos y más extensos, y, de hecho, mucho más influenciados por la evaporación.

Las densidades recomendables son, para las zonas más húmedas, más o menos los valores del rancho Atotonilco: 0,11 presón por km^2 , lo que permite estar seguro que ningún punto se ubique a más de 2 km de un abrevadero, en promedio. Pero es obvio que hay que tomar en cuenta la litología y las pendientes: en muchos lugares (cuando no traen costra superficial) es inútil instalar presones en los conglomerados, estos siendo demasiado permeables.

Una densidad de 0,02 a 0,03 presón por km^2 parece posible en las zonas más secas (hay que preveer a lo menos 10 a 50 km^2 de impluvium por presón por falta de escurrimientos) con pluviometría de 250 a 300 mm, pero en estas se debe saber que la alimentación es muy aleatoria (problemática) y la inversión peligrosa, por la irregularidad temporal y espacial de las lluvias.

La ubicación de los presones también tiene una gran importancia: las partes más altas de las cuencas son más interesantes:

- los gastos escurridos no son tan importantes para impedir la construcción de un presón;

- el coeficiente K de escurrimiento es mucho más elevado, pues:

- * la pluviometría es más elevada

- * las pendientes son más fuertes

- * la roca madre es más impermeable y los suelos poco profundos

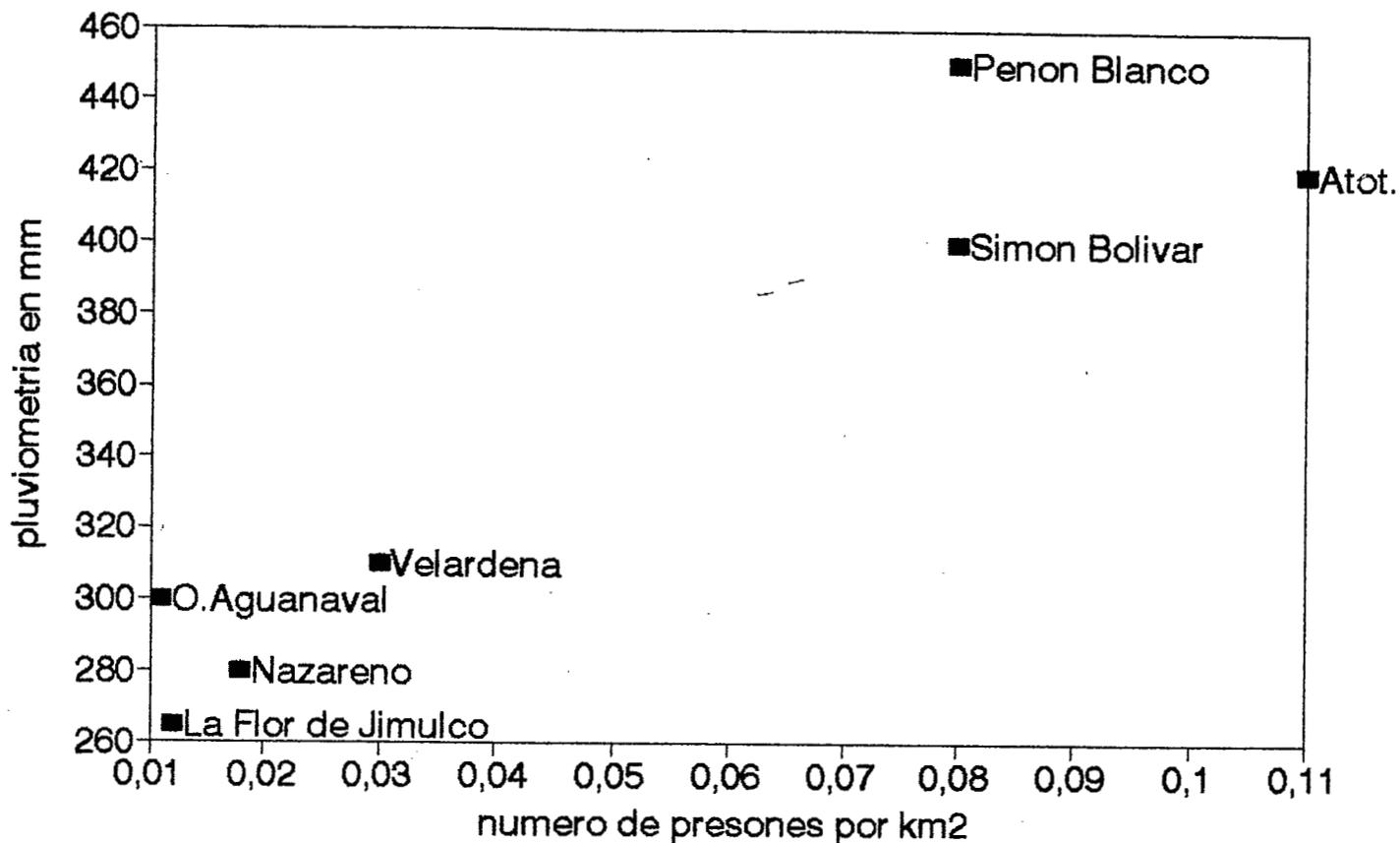
- los valles de las sierras y lomas son sitios mucho más interesantes para construir un presón: el volumen de rocas y tierra que se debe manejar es muy débil en relación con el volumen de agua almacenado, y estos sitios permiten conseguir vasos profundos. Al contrario, en las bajadas, los bordos son muy largos y constituyen vasos muy amplios pero poco profundos, muy expuestos a la evaporación.

También hay que tomar en cuenta desde un principio el azolve, y preveerlo al calcular la profundidad del vaso, para que no se llene de sedimentos los primeros años. Para eso, puede ser útil construir otro bordo aguas arriba del principal, para constituir una trampa de sedimentos. Es obvio que también hay que evitar la instalación de un bordo en una cuenca muy erosionada o de materiales muy erosionables.

Pero la ubicación de un presón también depende del uso del agua que se espera: si es para mejorar los cultivos de temporal, la mejor ubicación es aguas abajo, en las bajadas. Pero para el uso ganadero, las partes altas son más rentables. Lo ideal es de manejarlo como se ve en el rancho de Atotonilco: poner el mayor número de presones en las sierras y lomeríos, y en el piedemonte. Y de ahí, alimentar con mangueras unos abrevaderos ubicados en las bajadas.

FIGURA 9

densidad de presones segun la pluviometria



B) CALIDAD Y USO DEL AGUA DE LOS PRESONES

La mayoría de las aguas de los presones de la cuenca de Atotonilco podrían ser utilizadas para el riego:

Su salinidad débil, a veces media ($500 \text{ microS.cm}^{-1}$), no debe conducir a una degradación de los suelos. Un mínimo de drenaje debe ser asegurado, sobre todo en suelos arcillosos, y también un control de su salinidad al final de la temporada.

Los riesgos de alcalinización son débiles. Los valores de la Relación de Adsorción de Sodio (RAS) son menores de 1.0, excepto para las aguas del presón Zapata, alimentado por un manantial, en donde el pH sobrepasa de 9.0 y la alcalinidad residual es positiva del orden de 2.0 meq.L^{-1} , es decir al límite de aceptabilidad; esto se debe probablemente a una concentración progresiva del agua de este presón que nunca se vacía. Su concentración en los suelos favorecería una elevación de su pH y RAS después de la precipitación de la calcita por lo que significa un factor de riesgo que debe tomarse en cuenta. Se trata de un caso extremo en la cuenca de Atotonilco, pero pudo encontrarse en algunos otros presones de la parte semiárida en donde ciertas aguas de algunos arroyos presentan un alto riesgo de salinización (Loyer y Plenecassagne, in INIFAP, Cenid Raspa y ORSTOM, 1993).

La Conductividad Eléctrica de las aguas del presón El Salitral (en Simón Bolívar, Dgo.) derivadas del arroyo Santa Clara pueden alcanzar los $2000 \text{ microScm}^{-1}$ en etapa final y presentar los riegos mencionados.

La utilización de las aguas de este tipo de obras de almacenamiento hasta su agotamiento año con año, ya sea para consumo humano, el abrevar del ganado o riego, impide una concentración acumulada de sales al inicio de cada temporada de lluvias por lo que el uso y manejo es importante para mantener una buena calidad de agua y disminuir riesgos de salinización de suelos irrigados con estas aguas. Lógicamente es también conveniente tomar en cuenta las características fisicoquímicas de estos suelos.

Morfométricamente hablando, resultan de especial interés aquellas obras que tienden a la oligotrofia, relativamente profundas y poco extensas, para consumo humano, riego o abrevadero, que además tienen una mayor temporalidad. Mientras que obras tendientes a la eutroficación poco profundas y extensas (lo que permite un amplio espejo de agua captador de energía solar), como la mayor parte de las obras estudiadas de la zona semiárida, pueden además ser adecuadas para el desarrollo de proyectos acuícolas, aunque muchos de estos presentan una baja temporalidad y una etapa inicial crítica o de riesgo que debe ser valorada en función del oxígeno disuelto para el cultivo de organismos acuáticos (Ramirez Martinez, in INIFAP, Cenid Raspa y ORSTOM, 1993).

CONCLUSIÓN

En resumen, la mejor ubicación para un presón es:

- las altas cuencas en rocas impermeables, para aprovechar:
 - * la mayor pluviometría
 - * los mejores coeficientes K de escurrimiento
 - * la poca infiltración (estos parámetros también se deben a pendientes fuertes y suelos poco profundos)
 - * la facilidad de instalar presones profundos con poco desplazamiento de materiales.

En cuanto a la ubicación de los presones, el Sistema de Información Geográfica permite determinar las mejores condiciones de alimentación y almacenamiento en relación con la pluviometría, la litología, las pendientes, los suelos, y las posibilidades de construir un vaso profundo: a sobreponer estas informaciones se destacan las zonas más adecuadas.

Este tipo de caracterización que involucra aspectos cuantitativos (hidrométricos) y cualitativos (características fisicoquímicas y biológicas) de las aguas de los presones y su área de drenaje, vistos como una unidad ecológica funcional (Likens, 1985, Odum, 1985) permite ampliar las perspectivas del uso del agua, siempre y cuando sean considerados los requerimientos de cantidad y calidad para cada sistema de producción y la jerarquización en el uso, sobre todo cuando se trata de cuencas sometidas a diferentes tipos y grados de explotación.

BIBLIOGRAFIA.

- Alcocer Duran J. y col. 1993. La limnología en México (Historia y perspectiva futura de las investigaciones limnológicas). *Ciencia* (1993) 44, pags. 441-453.
- Descroix L, Estrada J. y Loyer JY: Modelación de los escurrimientos superficiales para el uso del agua en las grandes cuencas del Norte de Mexico. Proc. of the First International Seminar of Watershed Management, Universidad de Sonora-University of Arizona, Hermosillo, Son. Mexico, April 1993, pp.42-51.
- Descroix L., Loyer JY., Estrada J.: Water ressource in arid zones: the hydrological region 36 in Northern Mexico. Conferencia internacional para el desarrollo de las zonas áridas, "Sustainable development for our common future", Mexico City, July 25-30, 1993.
- Guzman, A. M. 1994. Pesca y recreación. Memoria del curso de limnología aplicada. Boletín informativo del Consejo de la Cuenca Lerma-Chapala. Numero especial Enero 94. ps 11-22.
- INIFAP Cenid Raspa y ORSTOM: Estudio de los factores que influyen los escurrimientos y el uso del agua en la Región Hidrológica 36, 367p., Gomez Palacio, DGO, Mexico, 1993;
- Likens E. G. 1985. An ecosystem Approach to aquatic ecology (Mirror Lake and its enviromental. Ed. Gene E. Likens. New York, U. S. A.
- Loyer JY., Estrada J., Descroix L.: Disponibilidad y calidad del agua para la agricultura en la cuenca Nazas. 2ndo simposium nacional de captación (in situ) del agua de lluvia y manejo de escurrimientos superficiales a nivel parcela, URUZA, Bermejillo, DGO, 19-20 de mayo de 1993.
- Margalef, R. 1977. Ecología. Segunda edición. Ed. Omega, S. A., Barcelona, Esp. 639 ps.
- Molle F. y Cadier E.: Manual do pequeno açude"; SUDENE-TAPI-ORSTOM, Recife, Brasil, 1992, 420pp..
- Odum, E. P. 1985, Ecología. Tercera edición. Ed. Interamericana Méx. 639 ps.
- Salas G. 1987. Suelo y ecosistemas forestales. Cap. 14 "El suelo y el manejo de cuencas hidrográficas. ps 405-429.
- Sánchez Cohen.I. 1985. Obtención de un modelo matemático para la optimización de la relación área de siembra área de escurrimiento en el principio de cosecha de agua de lluvia "in situ". Tesis de maestría. Inst. Tec. y de Estudios Superiores de Monterrey. 85 ps.
- Wetzel, R. G. 1981. Limnología. Ed. Omega, Barcelona, Esp. 678 ps.

Instituciones Participantes

- Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa
- Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. -
- Programa de Aprovechamiento Integral de Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, UNAM.
- Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN.
- Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.
- Investigación y Desarrollo de Estudios de Calidad del Agua, S. A. de C. V.
- Comisión Nacional del Agua.
- UNAM, Campus Iztacala.
- Baylor University.
- Centro Regional de Investigaciones Pesqueras - Michoacán, SEPESCA.
- Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Proyecto CENID, RASPA, ORSTOM.
- ORSTOM, Representación México.
- Centro de Investigación Científica y Humanística, UNAM.

Organizadores:

José Luis García Calderón (UAM-I).
Roberto E. Torres-Orozco B. (UAM-I).
J. Salvador Hernández Avilés (FES-Z, UNAM).
Carlos Ramírez Martínez (PAIR, UNAM)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA.
DIVISIÓN CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPTO. DE HIDROBIOLOGÍA
LABORATORIO DE GEOLOGÍA Y LIMNOLOGÍA.
AV. MICHOACÁN Y LA PURÍSIMA S/N.
COL. VICENTINA. A. P. 55-535. C. P. 09340.
MÉXICO, D. F.
TELS. 7 24 47 44 Y 7 24 47 38 (FAX).



REUNION ACADÉMICA DE LIMNOLOGIA

8 y 9 de diciembre de 1994
UAM IZTAPALAPA
Sala Culcacalli

18 JUL. 1995

ORSTOM Fonds Documentaire
N° 49.077 exp 1
Cote: B

Luc. JESCHROIX
Victor SANCHEZ
Jean Yves LOYER
Juan ESTRAGUAYABOS



ORSTOM Documentation

010000576