

NACIONES UNIDAS

CONSEJO  
ECONOMICO  
Y SOCIAL



CEPAL/MEX/74/2  
TAO/LAT/133  
Enero de 1974

COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA

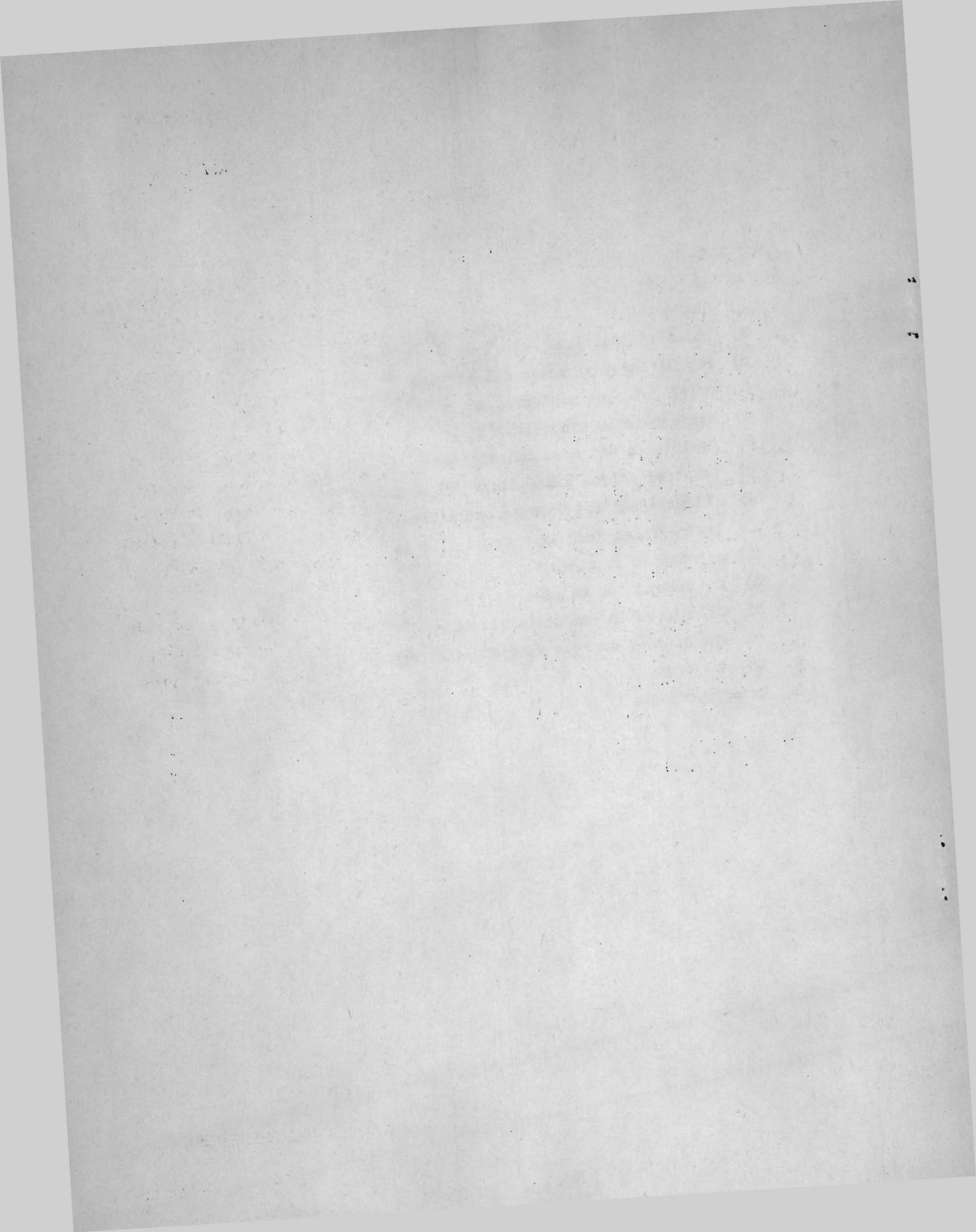
DISPONIBILIDAD DE AGUA SUBTERRANEA PARA RIEGO EN LOS  
VALLES DE NACAOME Y ALIANZA, HONDURAS

Documento elaborado para el Banco Centroamericano de Integración Económica por el señor J. Roberto Jovel, Asesor Regional en Recursos Hidráulicos de las Naciones Unidas, asignado a la Subse de la CEPAL en México e integrante de la Misión Centroamericana de Electrificación y Recursos Hidráulicos.

Este informe no ha sido aprobado oficialmente por la Oficina de Cooperación Técnica de las Naciones Unidas, la que no comparte necesariamente las opiniones aquí expresadas.

INDICE

	<u>Página</u>
Presentación	1
1. Introducción	3
a) Antecedentes	3
b) Ubicación del área estudiada	3
c) Propósitos y alcances del estudio	4
2. Potencial del agua subterránea	4
a) Hidrogeología generalizada	4
b) Movimiento del agua subterránea	4
c) Características hidráulicas del acuífero	5
d) Estimaciones del volumen extraíble	6
e) Estimaciones para la zona de Alianza	8
3. Requerimientos de riego	8
a) Calendario de cultivo	8
b) Cálculo de la evapotranspiración	9
c) Necesidades de agua y superficie regable	11
4. Conclusiones	11
5. Recomendaciones	12





## PRESENTACION

El Gobierno de la República de Honduras desea emprender un importante programa de desarrollo agropecuario a base de riego en los valles de Nacaome y Alianza, ubicados en la costa del Pacífico. Actualmente está realizando los estudios de preinversión que incluyen, entre otros, la investigación del potencial de agua subterránea. Se cuenta para ello con la asistencia financiera del Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE) y con los servicios técnicos de la firma consultora suiza Motor Columbus.

Con las investigaciones hidrogeológicas realizadas hasta la fecha se dispone de la información suficiente para efectuar una primera estimación del potencial de agua subterránea, y para definir los pasos a seguir en el futuro. En vista del alto costo de estas investigaciones, el BCIE solicitó la colaboración de la CEPAL para que estudiase la conveniencia de continuar el financiamiento de estos trabajos.

La Subsede de la CEPAL en México encomendó la colaboración solicitada a su Asesor Regional en Recursos Hidráulicos, ingeniero J. Roberto Jovel, quien en este documento analiza en detalle la situación al respecto y presenta recomendaciones específicas sobre el camino a seguir.

1911

The first part of the report deals with the general situation of the country and the progress of the work during the year. It is followed by a detailed account of the various expeditions and the results obtained. The second part of the report is devoted to the study of the flora and fauna of the country, and the third part to the study of the geology and the physical features of the country. The fourth part of the report is devoted to the study of the history and the civilization of the country, and the fifth part to the study of the social and economic conditions of the country. The sixth part of the report is devoted to the study of the climate and the weather of the country, and the seventh part to the study of the diseases and the health of the people of the country. The eighth part of the report is devoted to the study of the education and the culture of the people of the country, and the ninth part to the study of the religion and the customs of the people of the country. The tenth part of the report is devoted to the study of the language and the literature of the people of the country, and the eleventh part to the study of the art and the architecture of the people of the country. The twelfth part of the report is devoted to the study of the music and the drama of the people of the country, and the thirteenth part to the study of the sports and the games of the people of the country. The fourteenth part of the report is devoted to the study of the games and the sports of the people of the country, and the fifteenth part to the study of the games and the sports of the people of the country.

1911

## 1. Introducción

### a) Antecedentes

El Gobierno de la República de Honduras está llevando a cabo un estudio sobre desarrollo agrícola con riego en el valle del río Nacaome y una investigación de aguas subterráneas en el valle de Alianza. Para ello cuenta con la asistencia financiera del Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE), y ha contratado a la firma consultora suiza Motor Columbus.

Los estudios en proceso incluyen la identificación y cuantificación de las disponibilidades de agua superficial y del subsuelo con las que se realizaría el riego. Particular atención se ha prestado a la posibilidad de aprovechamiento en gran escala de las aguas subterráneas con estos propósitos.

En ambas zonas de estudio está llevándose a cabo un programa de inventario de aguas subterráneas. Como parte de ello, en la región de Nacaome se ha perforado una serie de pozos exploratorios que están siendo objeto de ensayos controlados de bombeo con miras a determinar las características hidráulicas de los mantos acuíferos existentes. Un programa similar de perforación será iniciado en breve para el valle de Alianza.

Se cuenta ya con información suficiente al respecto para permitir una primera evaluación sobre la disponibilidad de agua subterránea en el valle de Nacaome --y por analogía hidrogeológica para la zona de Alianza-- que señale los pasos a seguir en el futuro con relación a estas investigaciones.

### b) Ubicación del área estudiada

Los valles de Nacaome y Alianza se encuentran ubicados en las partes bajas de las cuencas hidrográficas de los ríos Nacaome y Goascorán, respectivamente, en el extremo sur de Honduras.

Ambos ríos descargan sus aguas hacia la vertiente del océano Pacífico, desembocando en el Golfo de Fonseca.

Las dos zonas bajo referencia son casi adyacentes y se encuentran a relativamente corta distancia de la capital del país, Tegucigalpa, a la que están unidas mediante una excelente carretera.

### /c) Propósitos



c) Propósitos y alcances del estudio

El presente estudio tiene por objeto analizar la información disponible y definir la conveniencia de continuar los trabajos de campo que se tenían originalmente previstos, cuyo costo --debido a la naturaleza especial de los mismos-- resulta elevado. A tal efecto comprende: un análisis preliminar de los caudales subterráneos disponibles; una estimación de los requerimientos de agua para riego; una comparación entre ambas cifras, y recomendaciones sobre el camino a seguir en el futuro inmediato.

2. Potencial del agua subterránea

El análisis de datos que se presentará enseguida se refiere al valle del río Nacaome. Las conclusiones que se derivan de dicho análisis se extrapolan a la región de Alianza con base en las características hidrogeológicas de ambas regiones.

a) Hidrogeología generalizada<sup>1/</sup>

Los valles de Nacaome y Alianza están formados por deposiciones de material aluvional de varias decenas (¿a centenas?) de metros de espesor. Se trata de materiales de moderada permeabilidad que se encuentran saturados como resultado de la infiltración de la precipitación.

Las formaciones geológicas que constituyen las montañas ubicadas al norte de los valles de referencia, pertenecen al período Terciario, y poseen características adversas para la infiltración, el almacenamiento y la transmisión del agua precipitada.

b) Movimiento del agua subterránea

La dirección general de movimiento del agua subterránea es de norte a sur, correspondiendo en términos generales con la del drenaje superficial. No obstante, localmente se producen alteraciones al flujo en correspondencia

1/ Véase el documento: Evaluación de los recursos hidráulicos en el Istmo Centroamericano; IV. Honduras (E/CN.12/CCE/SC.5/73; TAO/LAT/104), México, D. F., 1972.



a cambios en la permeabilidad o a modificaciones notables del drenaje superficial.

La pendiente que acusa la tabla freática, de acuerdo con los datos y mapas disponibles, tiene un valor promedio del uno por mil, oscilando entre extremos de 0.6 y 1.3 por mil.

La elevación de la napa, en la zona de Nacaome que ha sido investigada, va desde los siete hasta menos de los dos metros sobre el nivel del mar, acusando un valor promedio de entre 3 y 4 metros.

El mapa de curvas freáticas para la zona de Nacaome indica que existe conexión hidráulica entre la napa y el río Nacaome, ocurriendo recarga desde el segundo hacia la primera.

De acuerdo con los datos obtenidos, se ha determinado que existe conexión hidráulica también entre el acuífero y las aguas del Golfo de Fonseca, existiendo la clásica cuña de agua salada por debajo del cuerpo de agua dulce subterránea.

#### c) Características hidráulicas del acuífero

Los coeficientes o características hidráulicas del acuífero del valle de Nacaome se han estimado con base en los datos de los ensayos de bombeo realizados en cuatro pozos exploratorios.

Se trata de los pozos 6, 7, 8 y 10 cuyas capacidades específicas oscilan entre 12 y 77 GPM/pie. A dichas cifras corresponderían coeficientes hidráulicos no corregidos de transmisibilidad de entre 10 000 y 75 000 GPD/pie, con un valor promedio de alrededor de 40 000 GPD/pie.<sup>2/</sup>

Como se trata de acuíferos libres, se estima que el coeficiente de almacenamiento podría alcanzar un valor de 0.15 una vez alcanzado el drenaje gravitacional completo de los intersticios.

2/ Para el procedimiento de cálculo, véase el documento: J. Roberto Jovel, Compendio de métodos para la determinación de coeficientes hidráulicos de acuíferos y pozos. Dirección General de Obras de Riego, San Salvador, 1966.

d) Estimaciones del volumen extraíble

El volumen de agua subterránea que podría extraerse del acuífero de la zona bajo estudio, está condicionado por la magnitud de la recarga anual procedente de la precipitación; la posibilidad de inducir una intrusión de agua salada hacia el acuífero, y la capacidad de transmisión de las formaciones saturadas.

A continuación se describen los cálculos preliminares efectuados que toman en cuenta estos tres factores limitantes, para lograr una primera estimación del rendimiento seguro del agua subterránea para el valle de Nacaome.

1) Recarga anual de precipitación. Una porción de la precipitación que se infiltra hacia los depósitos existentes puede recuperarse en un año dado. Esta puede estimarse con base en la suma de sus tres componentes principales: el caudal base de los ríos, el deflujo subterráneo al océano, y la evapotranspiración directa del agua subterránea.

Las estimaciones se presentan enseguida para el caso de la cuenta total del río Nacaome (1 800 km<sup>2</sup>), y posteriormente se aplican exclusivamente al valle que se desea regar.

La recarga anual total para la cuenca se estima en 255 millones de metros cúbicos, o sea un 11 por ciento de la precipitación media. Dicho volumen es la suma de 65 millones de metros cúbicos de caudal base,<sup>3/</sup> 7 millones de deflujo subterráneo al océano,<sup>4/</sup> y 183 millones de evapotranspiración de agua subterránea.<sup>5/</sup>

Con base en las características físicas e hidráulicas de los mantos acuíferos se estima factible que, con un eficiente sistema de pozos, pueden recuperarse no más de 65 millones de metros cúbicos por año, que representan,

3/ Con base en los registros fluviométricos de la estación Las Mercedes durante el período 1965-71.

4/ El cálculo se basa en una transmisibilidad estimada en 80 000 GPD/pie para todo el espesor saturado, un gradiente hidráulico de uno por mil, y un ancho de sección de 20 kilómetros.

5/ El método de cálculo es el de Blaney-Criddle y toma en cuenta las zonas donde la tabla freática se encuentra a escasa profundidad de la superficie del terreno.



el 26 por ciento de la recarga estimada para toda la cuenca del Nacaome.<sup>6/</sup>

Para el caso del área estudiada (valle de Nacaome), que abarca solamente unos 45 kilómetros cuadrados, sin embargo, el volumen extraíble de los depósitos subterráneos sería escaso pues no excedería de los 2 millones de metros cúbicos por año.<sup>7/</sup>

ii) Posibilidades de intrusión salina. Considerando que el acuífero del valle de Nacaome se encuentra conectado hidráulicamente con las aguas del Golfo de Fonseca, existe la posibilidad de que ante una extracción de agua subterránea para riego, ocurra intrusión del agua salada en el acuífero al descender la tabla freática hasta niveles cercanos o inferiores al del mar.

La extracción deberá planearse, por lo tanto, de manera que los abatimientos en los pozos que se perforen no excedan de la elevación actual de la tabla freática, o sea un promedio de tres metros.

El valor arriba citado permite señalar que para lograr un desarrollo completo del acuífero de la región de Nacaome habría que perforar y operar pozos con caudales que no excedan de los 175 GPM (11 l/s).<sup>8/</sup>

iii) Capacidad hidráulica del acuífero. La limitación final al volumen de agua subterránea que podría extraerse está impuesta por la capacidad misma del acuífero para transmitir agua hacia los pozos que se perforan, tomando en cuenta el abatimiento máximo permisible ya citado.

Con base en las características físicas e hidráulicas del acuífero y teniendo en cuenta el abatimiento máximo permisible, se estima que sería

<sup>6/</sup> Se estima posible recuperar un 10 por ciento del caudal base, un 50 por ciento del deflujo subterráneo al Golfo de Fonseca, y un 30 por ciento de la evapotranspiración directa.

<sup>7/</sup> Para este cálculo se supone homogeneidad hidrogeológica en toda la cuenca, y se emplea una proporción directa entre superficies.

<sup>8/</sup> El cálculo se basa en los coeficientes hidráulicos del acuífero, supone un período de operación de 150 días en los pozos, y emplea el método del no-equilibrio. Para el procedimiento de cálculo véase: J. Roberto Jovel, Compendio de métodos para el cálculo del comportamiento futuro de acuíferos y pozos. Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano, San José de Costa Rica, 1967.

factible extraer un volumen anual de 1.8 millones de metros cúbicos para la región considerada en el estudio.<sup>9/</sup>

iv) Valor adoptado. Con base en las estimaciones anteriores puede señalarse que el volumen extraíble del acuífero del valle de Nacaome es de 1.8 millones de metros cúbicos anuales.

Dicha cifra es muy parecida a la estimada por Motor Columbus mediante procedimientos distintos.<sup>10/</sup>

e) Estimaciones para la zona de Alianza

Dado que la zona de Alianza posee características hidrogeológicas muy parecidas a las de Nacaome, y teniendo en cuenta alguna información disponible, puede aseverarse confiablemente que el potencial de agua subterránea será del mismo orden de magnitud que el ya citado para el valle de Nacaome.

### 3. Requerimientos de riego

Se presenta enseguida una comparación entre la precipitación y las necesidades de agua para el cultivo de cosechas durante el período comprendido entre diciembre y abril.

a) Calendario de cultivo

Para propósitos del presente estudio y con base en los datos proporcionados por el BCIE se ha adoptado el siguiente calendario de cultivos

<u>Primer ciclo</u>			<u>Segundo ciclo</u>		
<u>Cultivo</u>	<u>Siembra</u>	<u>Cosecha</u>	<u>Cultivo</u>	<u>Siembra</u>	<u>Cosecha</u>
Arroz	junio	octubre	Arroz	diciembre	abril
maíz	mayo	octubre	Sorgo	diciembre	marzo
			Tomate	diciembre	marzo

<sup>9/</sup> El cálculo supone un coeficiente de transmisibilidad de 40 000 GPD/pie, un gradiente hidráulico incrementado hasta 1.3 por mil como resultado de la extracción, y una sección de 7.5 kilómetros a través de la cual ocurriría el flujo.

<sup>10/</sup> Dicha estimación aparece en una comunicación del 27 de noviembre de 1973 dirigida por la Dirección General de Irrigación al Departamento Agropecuario del BCIE.



El período de riego suplementario se referiría a los meses de diciembre a abril inclusive; una vez establecidos los sistemas de riego, podría proporcionarse riego de auxilio en otras épocas del año en caso de resultar escasas las lluvias durante años secos como 1972.<sup>11/</sup>

b) Cálculo de la evapotranspiración

El cálculo del consumo de agua por los cultivos se ha realizado aplicando el método de Blaney-Criddle<sup>12/</sup> y tomando los valores de temperatura, evaporación y precipitación de la estación meteorológica de Nacaome.<sup>13/</sup> No se han aplicado métodos más precisos para el cálculo del consumo por ser éste un estudio de carácter preliminar, pero los resultados obtenidos por el método señalado se consideran representativos del orden de magnitud del consumo real.

Con base en la temperatura media anual se estimó que la evapotranspiración potencial se aproxima a los 2 110 milímetros por año, y se estimó su distribución mensual utilizando la correspondiente a la evaporación de tanque medida en la estación de Nacaome. Los valores obtenidos se indican en el cuadro 1.

Los coeficientes de consumo se calcularon con base en la temperatura media mensual y en las características propias de cada cultivo.

El consumo propiamente dicho se obtuvo como el producto de la evapotranspiración potencial y el coeficiente de consumo, para todo el período del crecimiento de los cultivos. (Véase de nuevo el cuadro 1.)

11/ Véase: Variabilidad de la precipitación pluvial en Nicaragua y regularización de las disponibilidades hídricas para el sector agropecuario (CEPAL/MEX/73/Nic.4; TAO/LAT/129), México, D. F., 1973.

12/ Véase, J. Roberto Jovel, El cálculo de los requerimientos de agua para la irrigación en Costa Rica. Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano, 1968.

13/ Comité Coordinador de Recursos Hidráulicos, Anuario meteorológico, 1970. Tegucigalpa, D. F., 1971.

Cuadro 1

VALLE DE NACHOME. CALCULO DEL CONSUMO DE CULTIVOS Y REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA RIEGO SUPLEMENTARIO DE COSECHAS

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Año
Precipitación media, mm <sup>a/</sup>	-	-	-	13	215	173	314	286	472	231	57	15	1 777
Precipitación efectiva, PE, mm	-	-	-	10	172	138	252	229	378	185	46	12	1 478
Temperatura media, °C	28.7	30.2	30.5	31.9	30.1	29.1	28.2	27.7	27.4	27.6	26.9	28.2	28.9
Evaporación tanque, mm	363	320	299	308	209	157	156	128	181	141	78	240	2 580
Evapotranspiración potencial, f, mm <sup>b/</sup>	300	263	245	251	171	129	128	103	147	114	63	196	2 110
kc	1.13	1.17	1.18	1.26	1.17	1.14	1.11	1.10	1.10	1.10	1.08	1.11	
<u>kc</u>													
Sorgo	0.77	0.81	0.70										0.39
Arroz	0.95	1.07	1.07	1.03									0.79
Tomate	0.59	0.90	0.73										0.39
<u>k = kf x ke</u>													
Sorgo	0.87	0.95	0.83										0.43
Arroz	1.07	1.25	1.28	1.29									0.88
Tomate	0.67	1.05	0.86										0.43
<u>Uso consuntivo, u = kf, mm</u>													
Sorgo	252	250	204										84
Arroz	321	328	315	323									172
Tomate	200	275	213										84
<u>Requerimientos de riego</u>													
<u>RR = u - PE, mm</u>													
Sorgo	252	250	204										72
Arroz	321	328	315	313									160
Tomate	200	275	213										72
<u>Requerimientos de agua</u>													
<u>RA = (u-PE)/Ef, mm c/</u>													
Sorgo	420	416	340										120
Arroz	534	546	524	521									267
Tomate	333	458	355										120
<u>Dotación de agua, l/s/ha <sup>d/</sup></u>													
Sorgo	1.54	1.69	1.25										0.44
Arroz	1.98	2.22	1.99	1.98									0.98
Tomate	1.22	1.87	1.30										0.44

a/ Representa el 80 por ciento de la precipitación media.  
b/ La distribución mensual corresponde a la de la evaporación de tanque.  
c/ Supone una eficiencia del 60 por ciento al regarse por gravedad.  
d/ Calculado con la ecuación  $q = (.114 RA) / \text{número de días en el mes}$ .

c) Necesidades de agua y superficie regable

Suponiendo que se regará por el sistema de gravedad, se calcula que se requeriría aplicar unos 1 300 milímetros ( $13\ 000\ m^3/ha$ ) de agua para el caso del sorgo y del tomate, y unos 2 400 milímetros ( $24\ 000\ m^3/ha$ ) para el arroz. (Véase de nuevo el cuadro 1.) Si se cultivasen superficies iguales de estos tres cultivos, el requerimiento promedio de agua para el riego sería de unos 16 500 metros cúbicos por hectárea. Al tener en cuenta que el rendimiento seguro del depósito de agua subterránea de la zona de Nacaome es de alrededor de 1.8 millones de metros cúbicos anuales, podría entonces regarse solamente unas 110 hectáreas a base de este recurso.

Dicha superficie representaría una muy limitada fracción del total de tierras regables en la zona de Nacaome (3 500 hectáreas), por lo que habrá de recurrirse a los recursos hídricos superficiales.

La conclusión anterior es directamente aplicable también para la zona de Alianza, ya que se anticipa un potencial de agua subterránea del mismo orden de magnitud que el correspondiente al valle de Nacaome.

4. Conclusiones

Como resultado del análisis preliminar de la información disponible para el valle de Nacaome, se ha arribado a las siguientes conclusiones:

1. La región de Nacaome cuenta con limitados recursos de agua subterránea, del orden de los 1.8 millones de metros cúbicos anuales. Tan bajo rendimiento se explica por la reducida capacidad de recarga y la moderada capacidad de transmisión del acuífero, sumado a la limitación impuesta por el peligro de que ocurra una intrusión de agua de mar en respuesta a extracciones de agua subterránea.

2. Los requerimientos de agua para el riego de cosechas en el valle de referencia serían del orden de 16 500 metros cúbicos anuales por hectárea, por lo que podrían regarse únicamente unas 110 hectáreas con agua subterránea, cifra sumamente baja ya que ello representa solamente un 3 por ciento del área total regable.



3. Por otro lado, las características especiales del acuífero de Nacaome son tales que los aprovechamientos que se lleven a cabo habrán de hacerse mediante pozos individuales con caudales que no excedan de los 175 GPM (11 l/s), y sin que el volumen total extraído exceda de la cifra indicada en el punto uno. El agua subterránea, en consecuencia, no puede ser empleada para sostener aprovechamientos hídricos de gran escala.

4. Las conclusiones anteriores pueden aplicarse directamente al caso del valle de Alianza, en vista de la similitud en características hidrogeológicas con la zona de Nacaome.

#### 5. Recomendaciones

De acuerdo con las conclusiones anteriores, convendría adoptar las siguientes recomendaciones:

1. Descontinuar los programas de perforación exploratoria en el valle de Nacaome, y únicamente completar el programa de ensayos de bombeo en los pozos ya disponibles.
2. Recurrir al aprovechamiento de las aguas superficiales para el diseño del sistema de riego de los valles de Nacaome y Alianza.
3. Emplear los recursos de agua subterránea solamente para satisfacer demandas domésticas, de abrevadero y de industria en pequeño.
4. Perforar únicamente un pozo exploratorio en un punto representativo del valle de Alianza y realizar el correspondiente ensayo de bombeo, para verificar las conclusiones de este estudio y con objeto de contar con los elementos de juicio necesarios para planear los aprovechamientos indicados en el punto 3.





