COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA
COMITE DE COOPERACION ECONOMICA
DEL ISTMO CENTROAMERICANO
SUBCOMITE CENTROAMERICANO DE ELECTRIFICACION

CCE/SC.5/I/DT.12
21 de noviembre de 1959

Primera Reunión
San Salvador, El Salvador, 23 de noviembre de 1959

LA INVESTIGACION DE RECURSOS HIDRAULICOS EN EL SALVADOR

Documento preparado por el Ing. Atilio García Prieto h.

INVESTIGACION DE RECURSOS HIDRAULICOS EN EL SALVADOR

Al hablar de investigación de recursos hidráulicos podemos distinguir dos tipos de investigación: (1) la recolección de la información hidrológica básica y (2) los estudios de ingeniería que interpretan y correlacionan los datos hidrológicos y estudian la factibilidad técnica y económica de los proyectos de aprovechamiento de dichos recursos. Se pretende aquí examinar brevemente lo que en El Salvador se ha hecho y lo que se está haciendo en cada uno de estos campos.

1. - INFORMACION HIDROLOGICA

Precipitación

El Observatorio Nacional llevaba registros de lluvia en varias estaciones desde 1927. Muchas de dichas estaciones han sido mantenidas y operadas por personas o empresas privadas, principalmente las compañías de ferrocarriles. Los datos disponibles hasta 1951 son unicamente las cantidades de lluvia diarias. Desde 1951 el Departamento de Meteorología del Ministerio de Defensa se hizo cargo del trabajo meteorológico que realizaba el Observatorio Nacional y principió a llevar registros por medio de pluviógrafos en las estaciones de Guayabo (Río Lempa), San Salvador (ITIC) e Ilopango (Aeropuerto).

Los Instrumentos usados y los reglamentos técnicos de operación son los recomendados por la Organización Meteorológica Mun-

dial. Las Estaciones que opera en la actualidad son 95 (19 de ellas con pluviógrafos) repartidas en todo el territorio nacional. Mayores datos sobre dichas estaciones pueden verse en el Anexo 1.

Temperatura y humedad

El Departamento de Meteorología del Ministerio de Defensa tiene estaciones para registro de temperatura y humedad en los siguientes lugares:

Santa Ana	1958 *	San Salvador (Ilopango)	1953
Acajutla	1954	Santa Cruz Porrillo	1949
Izalco (Posta Ganadera)	1955	Guayabo	1955
San Andrés (C. N. de A.)	1949	Santiago de María	1958
Santa Tecla (CNA-1C)	1948	San Miguel	1950
San Salvador (ITIC y OBS)	1952		

Viento

El mismo Departamento de Meteorología opera las siguientes estaciones para medición del viento:

Santa Ana	1958 *	San Andrés	1954
San Salvador	1952	Ilopango	1956

---

*) Los números se refieren al año en que comenzó a operar.

Evaporación de la superficie del agua

Hay siete evaporímetros tipo Piche en operación en diversos lugares del territorio y un evaporímetro de tanque Clase A en la Chorrera del Guayabo.

Proyectos futuros

En el futuro el Departamento de Meteorología se propone instalar varias estaciones pluviométricas y dos o tres pluviográficas en dos zonas: las regiones costeras y cerca de la frontera norte del país. También estudian planes para el establecimiento de estaciones principales con registro de Viento, Temperatura y Humedad en La Palma y Osicala.

Aforos de corrientes

Los primeros aforos sistemáticos de corrientes, que registran las fluctuaciones totales del caudal, fueron ejecutados en el sitio de La Pintada, sobre el Río Lempa, por la Comisión Nacional de Electricidad en 1942. Antes de esa fecha los ingenieros de la Compañía de Alumbrado Eléctrico de San Salvador y los de la Compañía Eléctrica de Cucumacayán habían ejecutado mediciones de caudales mínimos en 11 lugares distintos del territorio nacional.

En el período comprendido entre septiembre de 1952 a diciembre de 1953 el Centro Nacional de Agronomía hizo aforos intermiten-

tes del caudal de 16 ríos en distintas regiones costeras. En 1956 el Dr. Jean Burz del Instituto Tropical de Investigaciones Científicas de la Universidad Nacional continuó este trabajo. Desgraciadamente muy pocas de las medidas fueron tomadas en tiempo de crecidas. Desde 1957 el Departamento de Ingeniería Agrícola del Ministerio de Agricultura ha emprendido un meritorio programa de investigaciones hidrológicas por medio de su Departamento de Estudios Hidrológicos y Meteorología. En la actualidad opera 6 estaciones con limnígrafos de tipo horizontal que marcan variaciones de nivel hasta de 5 m. en cuatro de dichas estaciones y hasta 10 m. en una de ellas. Los tiempos de registro son variables entre 35 y 5 días y las escalas entre 1:10 y 1:20. La localización de dichas estaciones es la siguiente:

Río Grande de San Miguel (Puente Moscoso)

" " " " " (Vado Marín)

Río Sucio (Puente Carretera Panamericana)

Río Angue (Hacienda Ostúa)

Río Sensunapán (Acajutla)

Río Jiboa (2 Km. arriba puente Carretera Litoral)

El programa del año en curso contempla la instalación de dos estaciones iguales a las anteriores en los siguientes lugares:

Río Lempa (Puente del Litoral)

Río Desagüe (Ilopango)

En el plan de trabajo para 1960 se propone instalar doce estaciones más del mismo tipo en los sitios siguientes:

Ostúa
Goascorán
Sirama
Talnique
Banderas
Paz
Acahuapa
Aguacaliente
Acelhuate
Suquiapa
Coatepeque
Olomega

Además de operar las estaciones con registros automáticos se efectúan aforos mensuales en un total de 48 corrientes de importancia de las cuales 28 tienen control permanente. El número de aforos se aumenta a 2 mensuales durante la época de lluvias. En las estaciones con equipo registrador se llevan a cabo "muestreos de circulación" intensivos verificando aforos a diferentes alturas de mira para corregir las curvas de caudal. Se usan molinetes marca "Ott" utilizando el método de área-velocidad para los aforos. Mayores detalles pueden verse en el Anexo 2.

La Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL) opera estaciones de aforo en los siguientes lugares:

Guajoyo
Río Desagüe (Güija)
Río Lempa (Masahuat)
Río Lempa (Zapotillo)

Río Lempa (Paso del Oso)
Río Lempa (Guayabo)
Río Grande (San Miguel)

(Ver detalles en Anexo 3)

Capacidad de Infiltración

No se ha hecho ni se planea hacer en el próximo futuro determinaciones de capacidad de infiltración de los varios suelos bajo diferentes coberturas vegetales.

Agua subterránea

Unicamente se han ejecutado observaciones de nivel del agua subterránea esporádicamente en relación a proyectos específicos. No se conoce ningún programa nacional o regional de observación de niveles del agua subterránea. Sin especificar la fecha de su comienzo, la Sección de Estudios Hidrológicos y Meteorológicos del Departamento de Ingeniería Agrícola del Ministerio de Agricultura menciona dicho programa nacional entre los objetivos a realizar.

Calidad del agua

La Dirección General de Obras Hidráulicas y la Dirección General de Sanidad tienen registros de análisis de calidad del agua de algunas fuentes estudiadas para abastecimiento de agua potable a poblaciones o caseríos. No todas las fuentes han sido analizadas ni existe un programa para un estudio sistemático de calidad del agua.

Se hicieron análisis de calidad en relación a pequeños proyectos de riego por el Departamento de Ingeniería del Ministerio de Agricultura y también al ejecutarse el estudio de los principales ríos del país, en el "Estudio Preliminar de Proyectos de Riego, Desagüe y Regulación de Crecidas en El Salvador", Sept. 1957, por Tippets, Abbett, McCarthy, Stratton para el Ministerio de Obras Públicas.

2.- ESTUDIOS DE INGENIERIA

En relación con los recursos hidráulicos se han efectuado en el país tres clases principales de estudios de ingeniería: (1) Aprovechamientos para consumo humano (2) Aprovechamientos para generar energía eléctrica (3) Aprovechamientos para riego (4) Aprovechamientos mixtos.

(1) Aprovechamientos para consumo humano

La Dirección General de Obras Hidráulicas, dependencia del Ministerio de Obras Públicas, como organismo encargado de dotar de agua potable a las poblaciones del país, ha llevado a cabo con el nombre de Censo Hidráulico, una investigación general en todos los municipios del país. Dicha investigación comprende la ubicación de las posibles fuentes de abastecimiento, su caudal, la calidad del agua, la diferencia de elevación y distancia con respecto a las poblaciones más cercanas y cualquiera otro dato que pueda ser útil en la elaboración de los respectivos proyectos. Desgraciadamente en muchos ca

sos las informaciones no son completas y en la mayoría de ellos los aforos de caudal se hicieron sólo una vez o no cubren períodos de tiempo suficientemente largos. Más detalles sobre estas investigaciones pueden verse en el Anexo 4.

La misma Dirección General de Obras Hidráulicas ha hecho estudios y proyectos específicos para dotación de agua de muchas poblaciones del país, incluyendo la ciudad capital y realiza un programa contínuo de estudios para dotar de este servicio a todas las poblaciones, programa que se desarrolla de año en año de acuerdo con las disponibilidades presupuestarias.

La Dirección General de Sanidad, dependiente del Ministerio de Salud Pública, por medio de su Departamento de Ingeniería Sanitaria, lleva a cabo, en su programa de sanidad rural, los estudios e investigaciones, así como la ejecución de los proyectos para dotar de servicios de agua los caseríos y pequeñas comunidades rurales. Desde el año de 1953 ha efectuado estudios y realizado obras de aprovechamiento de agua en 163 lugares del territorio nacional, sirviendo en conjunto unos 97,000 habitantes.

(2) Aprovechamientos para generar energía eléctrica

Los primeros estudios para la generación de energía eléctrica utilizando los recursos hidráulicos de que se tiene noticia fueron efec

tuados por las empresas privadas después de 1900. Un número considerable de plantas privadas actualmente en operación fueron construidas entre 1916 y 1924. La planta de Cucumacayán fué concluida en 1933. En el año de 1936 se dictó la Ley de Servicios Eléctricos que creaba la Comisión Nacional de Electricidad, estableciendo el principio de la regulación estatal en la generación y distribución de la energía eléctrica. En 1945 fué creada la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL) con el fin principal de desarrollar los recursos de este río. A solicitud de dicha Comisión el ingeniero George A. Fleming del Bureau of Reclamation, Department of the Interior, de los Estados Unidos de América, actuando como consultor, preparó un informe sobre aspectos generales del desarrollo del río. La misma Comisión empleó a la Harza Engineering Company de Chicago, Estados Unidos de América, para preparar un estudio sobre los posibles sitios de Poza del Silencio y Chorrera del Guayabo.

Como resultado de los estudios anteriores se construyó la planta "5 de Noviembre" en la Chorrera del Guayabo con una capacidad instalada de 30,000 kilovatios, en dos unidades de 15,000 Kw. cada una. Se previó la instalación de futuras unidades hasta 75,000 kilovatios. La planta fué puesta en servicio en 1953.

En 1952 la capacidad generadora instalada en centrales hidroeléctricas en el país era de 9,120 Kw.

Con posterioridad a 1952 se han construido, aparte de la central "5 de Noviembre" de la CEL, tres centrales hidroeléctricas de propiedad privada con 2,290 Kw.

Otras plantas estudiadas por empresas privadas

Se han efectuado estudios para una planta de 2000 Kw en el Río Grande de San Miguel, de 4000 Kw en el Río Jiboa, de 2000 Kw en Cucumacayán, de 400 Kw en La Calera y de 1800 Kw en Mirazalcos. Total estudiado en ríos menores: 10,200 Kw.

Estudios efectuados por la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL).

La CEL ha mantenido un interés continuado en el desarrollo de los recursos hidráulicos del país y ha hecho ejecutar varios estudios de ingeniería sobre posibles aprovechamientos de dichos recursos. Los principales son:

a) "Desarrollo hidroeléctrico propuesto para el Río Lempa, Chorrera del Guayabo y Poza del Silencio", 1947, por Harza Engineering Company.

Este estudio tenía por objeto seleccionar un sitio para construir una presa que constituyera un comienzo adecuado en el desarrollo a largo plazo de las potencialidades del Río Lempa. Dos sitios fueron estudiados: Chorrera del Guayabo y Poza del Silencio. La Planta "5 de Noviembre", en la Chorrera del Guayabo y las obras

de control del Lago de Güija fueron construidas como resultado de este estudio.

b) Estudio sobre las posibilidades de generar energía utilizando las obras de control del Lago de Güija por el Ingeniero Carlos Ramírez Ulloa, Director de la Comisión Federal de Electricidad de México. Este estudio, muy preliminar, mostraba cifras optimistas sobre la energía que podría desarrollarse utilizando la caída entre los niveles del lago y el Río Desagüe.

c) Anteproyecto de aprovechamiento hidroeléctrico del Río Desagüe por el Ingeniero André Pfaff y el geólogo Nicolás Linnikoff de la sección de Estudios y Proyectos de Electricité de France. Este anteproyecto recomendaba un aprovechamiento en dos etapas sucesivas. La primera con una planta situada a 400 m. aguas abajo de la presa de Puente Viejo con dos unidades de 12,500 Kw cada una y la segunda con otra central, aguas abajo de la primera, con una unidad de 15,000 Kw de capacidad. También recomendaba que tanto la cuarta como la quinta unidad de la planta del Guayabo tuviesen una capacidad de 17,500 Kw en vez de los 15,000 Kw originalmente planeados.

d) "Programa de desarrollo eléctrico 1957-1967. Expansión de la central "5 de Noviembre". Proyecto hidroeléctrico de Guajoyo" por Harza Engineering Company. Este estudio tenía por objeto hacer un pronóstico de demanda de fuerza eléctrica por un período de diez años y recomendar nuevos medios de generación y transmisión para servir lo más económicamente posible el aumento de la demanda. Comprende también un estudio hidráulico de los sistemas de fuerza del Lago de Güija-Río Lempa; planos y cálculos del costo de la expansión de la central "5 de Noviembre", mejoras del Lago de Güija como embalse de almacenamiento, construcción del proyecto hidroeléctrico de Guajoyo y expansión del sistema de transmisión de El Salvador así como recomendaciones para futuros desarrollos hidroeléctricos del país.

e) "Informe evaluativo sobre el desarrollo del Alto Lempa", por Harza Engineering Company International y Prieto y Perla Ingenieros. Este estudio, que se encuentra en proceso de ejecución, cubrirá los siguientes puntos:

e.1) Estudio hidrológico del Alto Lempa y estimación de los caudales regulados disponibles en cada sitio de presa.

e. 2) Estudio preliminar de potencia eléctrica de cada proyecto y su efecto sobre el sistema eléctrico existente de la CEL.

e. 3) Investigación preliminar de las condiciones hidrológicas, geológicas y topográficas de cada sitio de presa, incluyendo la localización de las perforaciones exploratorias y la supervigilancia de las operaciones de perforación.

e. 4) Disposición preliminar de los proyectos en cada uno de los sitios de presa.

e. 5) Estimación preliminar de los costos de cada uno de los proyectos.

e. 6) Estimación de la cantidad de potencia y energía producidas por cada uno de los proyectos.

e. 7) Estimación preliminar del costo de la potencia y energía entregada a los centros de consumo en El Salvador.

e. 8) Estimación del costo de la potencia y energía procedente de posibles plantas térmicas integradas con proyectos hidroeléctricos, incluyendo la quinta unidad en Guayabo.

e. 9) Estudio preliminar de integración del sistema de

la CEL con el Proyecto del Río Lindo en Honduras.

e.10) Estudio preliminar de integración del sistema de la CEL con el Proyecto del Río Grande de San Miguel.

e.11) Comparación de las estimaciones cubiertas por los numerales 7, 8, 9 y 10 arriba mencionados con la alternativa de plantas térmicas.

e.12) Recomendación del orden de urgencia para la construcción de los distintos proyectos, indicando las fechas aproximadas en que estos proyectos serán necesarios para satisfacer la demanda de energía eléctrica prevista.

Como resultado de estos estudios se ha calculado que el máximo desarrollo en los posibles sitios para presas del Río Lempa es de 836,400 kilovatios según se muestra en el siguiente cuadro:

POSIBLES PRESAS EN EL RIO LEMPA
DESARROLLO MAXIMO

Sitio	CARGA Máxima[1]	CARGA Promedio[2]	Embalse MMC	Caudal Regulado[3] m2/seg.	Capacidad[4] Kw.
Citalá	,50	-	100	10	Ninguna
Cimarrón	85	85	-	10	6,800
Zapotillo	100	91	920	69	50,200
Paso del Oso	35	35	-	69	19,300
Astillero	25	25	-	69	13,800
Silencio	55	50	600	113	45,200
Sumpul	60	-	150	-	Ninguna
Guayabo	56	50	133	132	52,900
La Pintada	99	89	3,100	323	230,000
		Total	5,003		418,200
		A 50% de factor de carga:			836,400

1) Carga necesaria para alcanzar hasta la siguiente planta aguas arriba
2) Carga promedio usada para calcular la capacidad
3) Calculado incluyendo los embalses aguas arriba
4) A 100% factor de carga, en un año seco.

Potencial hidroeléctrico nacional

Basados en los datos anteriores y en los del estudio sobre desarrollo hidroeléctrico del Río Grande de San Miguel ejecutado por Tippetts, Abbett, McCarthy, Stratton, podemos calcular el potencial hidroeléctrico de los ríos que corren en el territorio nacional, como sigue:

Aprovechamiento	Kw
Río Lempa (incluso planta "5 de Noviembre)	836,400
Río Grande de San Miguel	22,500
Río Paz (estimación aproximada)	20,000
Río Goascorán (estimación aproximada)	10,000
Río Jiboa	4,000
Cucumacayán	2,000
Mirazalcos	1,800
La Calera	400
Plantas existentes de propiedad privada	11,411
Total	908,511

(3) Aprovechamientos para Riego

3.1) El primer estudio para riego de un área de considerable extensión en el país fué ejecutado para la CEL por Harza Engineering Company en 1953 bajo el título de "Plan for Agricultural Development of the Río Lempa Basin". Este informe consideraba el uso del caudal del Lempa regulado por las presas de Guayabo y Güija para ser usado, mediante una presa de toma, en el riego de 38,400 Ha. de tierras planas de la costa. De esta superficie 23,700 Ha.

necesitaban también obras adicionales de drenaje y protección contra inundaciones. Los cargos anuales del proyecto, (₡ 235 por hectárea) fueron considerados demasiado altos y el proyecto no se realizó.

3.2) "Estudio preliminar de proyectos de riego, desagüe y regulación de crecidas en El Salvador" por Tippetts-Abbett-McCarthy-Stratton of Panama, Inc. Este estudio fué ordenado por el Ministerio de Obras Públicas en 1956. El objeto era hacer una evaluación de las posibilidades de riego en gran escala en el país, considerar y definir proyectos alternativos para riego, desagüe y regulación de crecidas que parecieran factibles, incluyendo cálculos preliminares de costo de construcción y beneficios y, finalmente, seleccionar y asignar prioridades a los proyectos que merecieran una investigación más completa en el futuro. En el estudio se dividía al país en cuatro regiones de estudio numeradas del I al VI como sigue:

Area I - La llanura costera limitada por el Río Paz y la frontera de Guatemala al Oeste y por el Río Grande de Sonsonate al Este.

Area II - La llanura costera limitada al Oeste por la carretera San Salvador-La Libertad y al Este por el Río Tres Amates, en el Departamento de San Vicente, con miras a la utilización del Lago de Ilopango.

Area III - El valle del Bajo Lempa, desde la Presa del Guayabo río abajo a su desembocadura, incluyendo la zona costera limitada por el Río Tres Amates, al Oeste y el Río La Poza, cerca de Usulután, al Este.

Area IV - El valle del Río Grande de San Miguel, desde arriba de la ciudad de San Miguel hasta el mar, con miras a la utilización de la Laguna de Olomega.

Area V - El valle del Río Sirama en el Departamento de La Unión.

Area VI - El valle del Río Sucio, incluyendo el valle de San Andrés.

La prioridad No. 1 fué asignada, según los resultados de este estudio, al área IV, la cuenca del Río Grande de San Miguel.

3.3) "Informe de reconocimiento sobre los recursos de Agua subterránea en el valle del Bajo Río Grande de San Mi-

guel" por Tippetts-Abbett-McCarthy-Stratton.

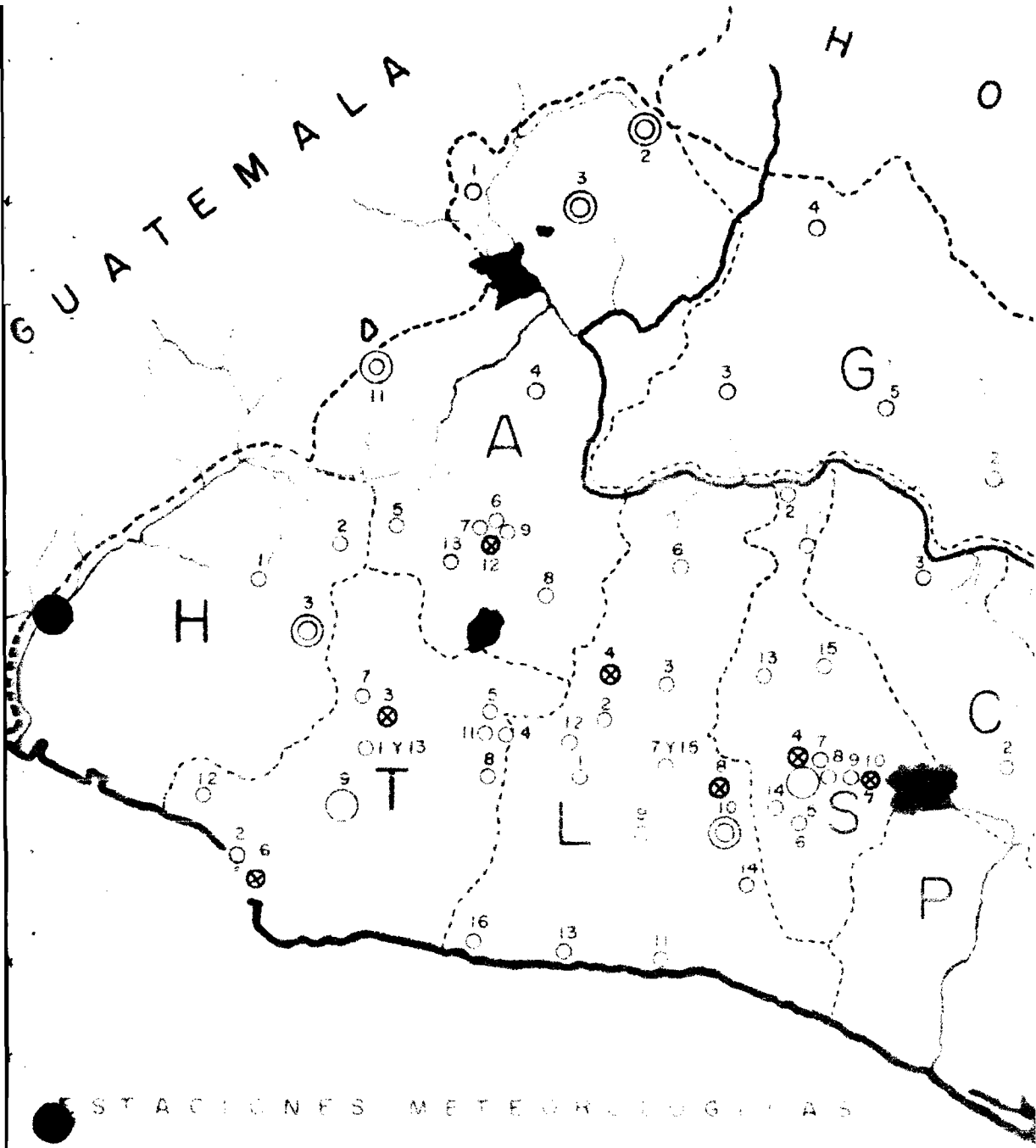
Este estudio ejecutado para la CEL, tenía por objeto evaluar las posibilidades del riego por medio de Pozos en el valle del Bajo Río Grande, formular un programa de investigaciones más completas sobre el agua subterránea y comparar los costos del riego por medio de pozos con los del riego, usando las corrientes superficiales. El estudio mostró las grandes posibilidades de encontrar agua subterránea en cantidades suficientes para el riego y a costos anuales menores de los calculados para el riego con aguas de superficie en dicha zona.

(4) Aprovechamientos Mixtos

La CEL encomendó a Tippetts-Abbett-McCarthy-Stratton la elaboración de un informe sobre el desarrollo de la cuenca del Río Grande de San Miguel, para riego y energía eléctrica.

El informe recomendó la creación de dos embalses con una capacidad útil conjunta de 526 millones de metros cúbicos, una planta hidroeléctrica en El Delirio de 15,000 Kw y otra planta hidroeléctrica cerca de la laguna de San Juan de 7,500 kw, o sea un total de 22,500 kilovatios. El proyecto recomendaba el riego de 22,500 Ha. de tierra aguas abajo de la ciudad de San Miguel. El costo calculado para el kilovatio-hora fué de 3.05 centavos de colón, y los cargos anuales para el riego de ₡182.50 por Ha.

A N E X O I

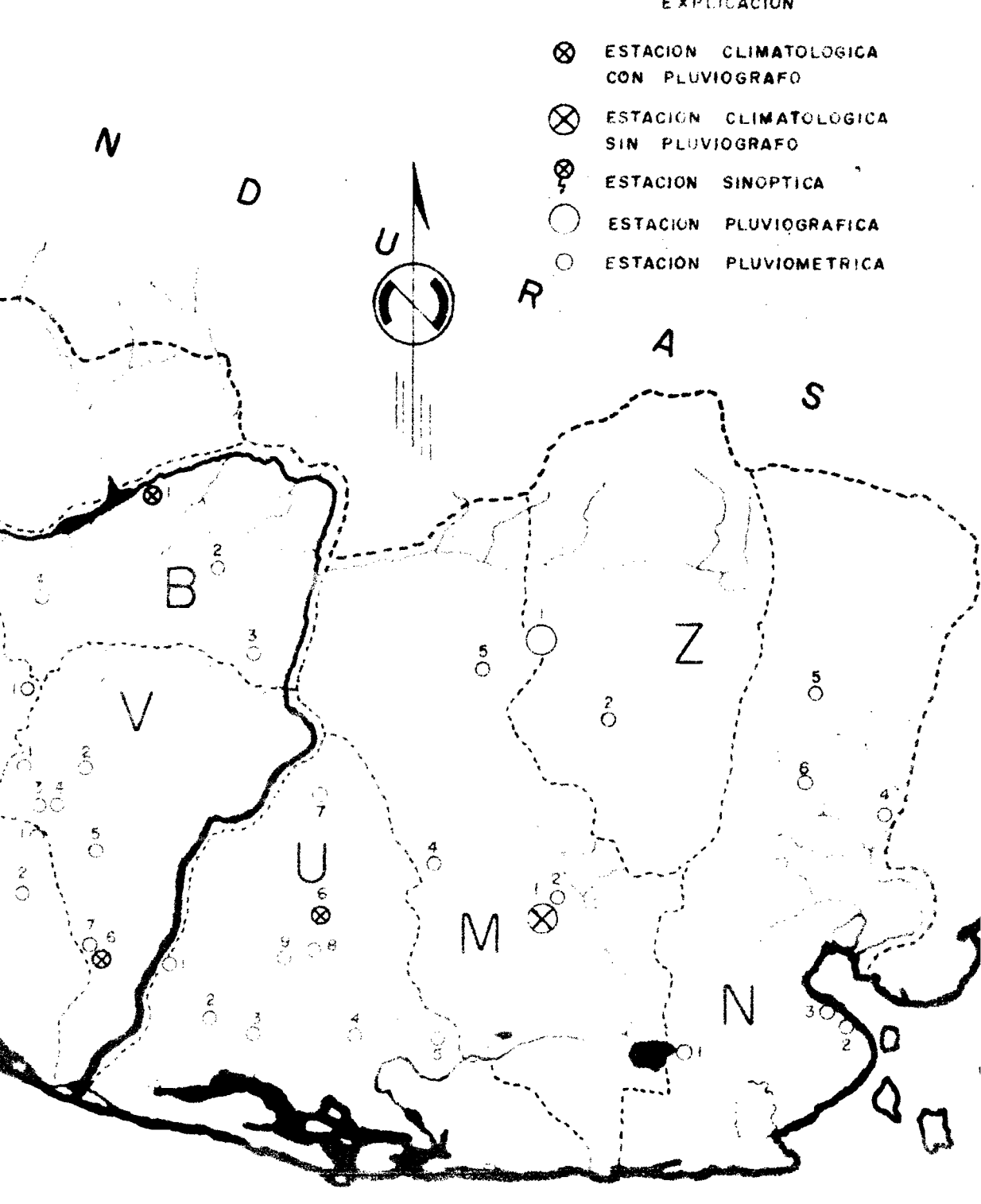


ESTACIONES METEOROLOGICAS

DE

EL SALVADOR

(1o DE AGOSTO DE 1959)


EXPLICACION
ESTACION CLIMATOLOGICA CON PLUVIOGRAFO
ESTACION CLIMATOLOGICA SIN PLUVIOGRAFO
ESTACION SINOPTICA
ESTACION PLUVIOGRAFICA
ESTACION PLUVIOMETRICA
N
D
U
R
A
S
B
V
U
M
Z
N

EL SALVADOR — LISTA DE LAS ESTACIONES PLUVIOMETRICAS — 1o. de Agosto de 1959.

Estación	Indice	Latitud N	Longitud W	Elevación m	Observac. desde	Con Pluviógrafo (pg).
San Jerónimo FICA	A 1	14° 22′	89° 34′	490	1931	
Hacienda Montecristo	A 2	14 24	89 21	2210	1952	Pg
Metapán FICA	A 3	14 20	89 28	465	1931	Pg
Texis Junction FICA	A 4	14 06	89 31	400	1932	
Chalchuapa FICA	A 5	13 59	89 41	705	1928	
Santa Ana, Santa Lucía FICA	A 6	13 59	89 34	640	1927	
Santa Ana FES	A 7	13 59	89 34	645	1912	
El Congo (Coatepeque) FES	A 8	13 54	89 30	840	1914	
Santa Ana CLESA	A 9	13 59	89 33	645	1955	
San Cristóbal	A 11	14 12	89 40	655	1958	Pg
Santa Ana, EL PALMAR	A 12	13 58	89 34	725	1958	Pg
Finca Novi (Las Cruces)	A 13	13 55	89 37	1040	1957	
Ahuachapán FICA	H 1	13° 55′	89° 51′	755	1928	
Atiquizaya FICA	H 2	13 58	89 45	625	1928	
Apaneca	H 3	13 52	89 48	1320	1955	Pg
Sonsonate FES	T 1	13° 43′	89° 44′	225	1916	
Acajutla FES	T 2	13 36	89 50	5	1914	
Izalco, La Posta	T 3	13 47	89 42	380	1953	Pg
El Sunza (Armenia)	T 4	13 45	89 33	585	1953	
Finca San Luis (Izalco)	T 5	13 46	89 34	725	1953	
Acajutla, Puerto Nuevo	T 6	13 35	89 50	10	1954	Pg
Cucumacayán CAE	T 7	13 47	89 43	420	1954	
Finca El Triunfo (San Julián)	T 8	13 42	89 34	560	1954	
Hacienda El Jobo (San Antonio)	T 9	13 40	89 45	180	1955	Pg
Metalío	T 12	13 40	89 55	20	1958	
Sonsonate CAE	T 13	13 43	89 44	225	1958	
Los Lagartos	T 11	13 45	89 34	530	1957	

Estación	Indice	Latitud N	Longitud W	Elevación m	Observac. desde	Con Pluviógrafo (Pg.)
Finca San Antonio (Tepecoyo)	L 1	13° 43′	89° 29′	960	1949	
Ateos FES	L 2	13 45	89 26	470	1937	
Sitio del Niño FES	L 3	13 49	89 22	450	1937	
San Andrés CNA	L 4	13 49	89 24	475	1947	Pg
Talcualhuya	L 6	13 56	89 20	330	1948	
Finca Casa Blanca (Colón)	L 7	13 42	89 21	810	1949	
Santa Tecla CNA	L 8	13 41	89 17	955	1942	Pg
Finca eEl Rosario (Comasagua)	L 9	13 38	89 21	1040	1949	
Ayagualo	L 10	13 38	89 17	900	1955	Pg
La Libertad, Conchalío	L 11	13 29	89 21	5	1957	
Sacacoyo CAE	L 12	13 45	89 29	660	1957	
Hacienda El Taquío (antes El Zonte)	L 13	13 30	89 29	60	1958	
Hacienda Amaquilco (San José Villanueva)	L 14	13 35	89 15	620	1959	
Colón CAE	L 15	13 42	89 21	650	1958	
Mizata	L 16	13 31	89 35	10	1959	
La Toma (Aguilares) FICA	S 1	13° 58′	89° 11′	305	1931	
La Cabaña	S 2	14 01	89 11	270	1944	
El Salvador ITIC	S 4	13 43	89 12	700	1952	Pg
San Salvador Observatorio	S 5	13 42	89 11	680	1912	Pg
" " Colonia Suay	S 6	13 40	89 12	805	1954	
" " FES	S 7	13 43	89 10	635	1912	
" " FICA	S 8	13 43	89 10	635	1912	
Soyapango FICA	S 9	13 42	89 08	620	1929	
Ilopango, Aeropuerto	S 10	13 42	89 07	615	1953	Pg
Nejapa	S 13	13 49	89 14	420	1956	
San Salvador, Col. Cucumacayán CAE	S 14	13 42	89 12	680	1958	
Apopa, FICA	S 15	13 48	89 11	435	1928	
San Rafael Cedros, FICA	C 11	13° 44′	88° 53′	725	1932	
Cojutepeque FICA	C 2	13 43	88° 56	800	1927	
Suchitoto	C 3	13 56	89 02	400	1956	
Finca El Verde	P 1	13° 35′	88° 51′	500	1951	
Zacatecoluca, FICA	P 2	13 30	88 52	170	1927	
Molineros, FICA	V 1	13° 39′	88° 52′	595	1936	
San Vicente, FICA	V 2	13 39	88 47	425	1927	
Finca San Jacinto (Guadalupe)	V 3	13 36	88 51	850	1951	

Estación	Indice	Latitud N	Longitud W	Elevación m	Observac. desde	Con Pluviógrafo (Pg)
Finca El Carmen (Tepetitán)	V 4	13° 36′	88° 50′	1320	1951	
Tehuacán, FICA	V 5	13 33	88 47	350	1932	
Santa Cruz Porrillo, CNA	V 6	13 26	88 49	30	1949	Pg
Santa Cruz, FICA	V 7	13 26	88 49	30	1932	
Chorrera del Guayabo	B 1	13° 59′	88° 46′	130	1953	Pg
Sensuntepeque	B 2	13 53	88 38	755	1957	
Villa Dolores	B 3	13 47	88 34	115	1957	
Ilobasco	B 4	13 51	88 51	735	1957	
Chalatenango	G 2	14° 02′	88° 57′	385	1956	
Nueva Concepción	G 3	14 08	89 17	320	1956	
La Palma	G 4	14 19	89 10	995	1956	
El Paraíso	G 5	14 07	89 04	270	1956	
San Marcos Lempa, FICA	U 1	13° 25′	88° 42′	20	1927	
Valle San Juan, FICA	U 2	13 21	88 37	50	1931	
Jiquilisco, FICA	U 3	13 20	88 34	50	1935	
Usulután, FICA	U 4	13 20	88 26	70	1928	
Batres, FICA	U 5	13 21	88 17	50	1941	
Santiago de María	U 6	13 29	88 28	930	1957	Pg
Estanzuelas	U 7	13 39	88 30	220	1957	
Beneficio San Mauricio	U 8	13 27	88 29	550	1910	
Finca el Taburete	U 9	13 27	88 32	660	1959	
San Miguel SMN	M 1	13° 29′	88° 11′	105	1950	
San Miguel, FICA	M 2	13 29	88 11	100	1927	
Lolotique	M 4	13 34	88 21	725	1954	
Ciudad Barrios	M 5	13 46	88 17	845	1956	
Finca San Carlos (Osicala)	Z 1	13° 48′	88° 11′	1390	1955	Pg
San Francisco Gotera	Z 2	13 43	88 06	225	1949	
Olomega FICA	N 1	13° 18′	88° 02′	65	1927	
Cutuco FICA	N 2	13 20	87 49	5	1927	
La Unión FICA	N 3	13 20	87 50	5	1947	
Puente Goascorán (El Amatillo)	N 4	13 35	87 46	55	1955	
Anamorós	N 5	13 44	87 52	160	1956	
Santa Rosa de Lima	N 6	13 38	87 54	70	1956	

Explicación de las abreviaciones:

SMN = Servicio Meteorológico Nacional
FICA = Ferrocarriles Internacionales de Centro América
FES = Ferrocarril de El Salvador
CLESA = Compañía Luz Eléctrica Santa Ana
CAE = Compañía de Alumbrado Eléctrico de Sonsonate
CNA = Centro Nacional de Agronomía
ITIC = Instituto Tropical de Investigaciones Científicas

A N E X O 2

RESUMEN DE LOS TRABAJOS HIDROLOGICOS LLEVADOS A CABO POR LA SECCION DE ESTUDIOS HIDROLOGICOS Y METEOROLOGIA DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA DURANTE LOS AÑOS DE 1957 A JULIO DE 1959.

I).- Hasta la fecha se han instalado las siguientes Estaciones Hidrométricas de primer orden con registradores automáticos de nivel.

1) Río Grande de San Miguel, Puente Luis de Moscoso, en funcionamiento desde el 27 de Julio de 1958.
2) Río Sucio, puente carretera Panamericana, desde el 9 de abril de 1959.
3) Río Grande de San Miguel, (localidad Vado Marín) desde el 25 de abril de 1959.
4) Río Angüe (localidad Hacienda Ostúa) desde el 30 de mayo de 1959.
5) Río Sensunapán (localidad Acajutla) desde el 3 de junio de 1959.
6) Río Jiboa (localidad 2 kilómetros aguas arriba puente Carretera Litoral) desde el 6 de junio de 1959.

La localidad de estas estaciones puede verse en cuadro adjunto y las características de los aparatos son:

Tipo de limnígrafo:horizontal.
Oscilación máxima de nivel: 5 metros.
Tiempo de registro: variable 35 días y 8 días.
Escalas de registro: 1:10 y 1:20.

Con excepción de la estación Moscoso que registra oscilaciones máximas de nivel de 10 metros. La marca de los aparatos es R. Fuess de manufactura Alemana.

Durante el presente año se piensa instalar dos estaciones más en los siguientes ríos y lagos:

Río Lempa (Puente de Oro)
Río Desagüe (Laguna de Ilopango)

El plan de trabajo para el año 1960, comprende la instalación de doce estaciones más de primer orden y con el mismo tipo de limnígrafo en los siguientes ríos y lagos:

Ostúa, Goascorán, Sirama, Talnique, Banderas, Paz, Acahuapa, Aguacaliente, Acelhuate, Suquiapa, Lago Coatepeque y Laguna de Olomega.

II) Topografía de los ríos:

Se han hecho levantamientos topográficos de varios ríos, persiguiendo determinados fines, como ser:

1o.) Control de secciones para verificar los efectos de sedimentación y erosión del lecho.

2º) Para localizar las estaciones de control de los mismos.

3º) Control de crecidas.

4º) Con fines de producción de energía eléctrica. Además se han limitado áreas de riego en las restituciones aerofotogramétricas del país.

Los trabajos topográficos comprenden los siguientes ríos:

1) Río Lempa (Puente de Oro).
2) Río Grande de San Miguel (Luis de Mosooso).
3) Río Grande de San Miguel (Vado Marín).
4) Río Calentura.
5) Río Angüe.
6) Río Ostúa.
7) Río Sucio.
8) Río Aguacaliente.
9) Río Sirama.

III) Limitaciones de Cuencas Hidrográficas:

Por ser de necesidad para la evaluación de los recursos hidráulicos del país se han limitado las cuencas de los siguientes ríos y sus afluentes:

1º) Río Sucio.
2º) Río Acelhuate.
3º) Río Grande de San Miguel (parcial)
4º) Río Acahuapa.
5º) Río Sensunapán.

Además, para el presente año está programado la continuación de estas limitaciones hidrométricas, que se detallan en el cuadro adjunto. Este trabajo se dará por concluido al tener todo el país con sus limitaciones de sus cuencas.

Hasta el presente se han llevado a cabo evaluaciones hidrométricas completas en los ríos: Grande de San Miguel, Angüe, Ostúa, Goascorán y Sucio, este último está siendo objeto de estudio especial dado a la importancia agrícola de la zona. Adjuntamos trabajo especial de tesis al respecto.

Como parte de nuestro programa están las determinaciones de las cuencas parciales de la zona costera; este

trabajo tiene como finalidad la solución correcta de los trabajos de conservación de suelos, drenajes, etc., de la zona en mención. En este trabajo se toman en consideración las características fisiográficas del área limitada y los valores meteorológicos de la zona, necesarios para la ejecución futura de los mencionados trabajos.

IV Aforos de los ríos:

Nuestra red hidrométrica, comprende aforos mensuales de aproximadamente 48 ríos de importancia, de los cuales 28 son los que tienen un control permanente. Durante la época lluviosa se aumenta el número de aforos a 2 mensuales por curso de agua; en las estaciones con equipo registrador se llevan a cabo "muestreos de circulación" intensivos, verificando aforos consecutivos a diferentes lecturas de mira pluviométrica para corregir las curvas de caudal.

Los métodos de aforo utilizados son los de área-velocidad, utilizando molinetes suspendidos y de barra fija marca (Ott"). En algunas oportunidades se han hecho estimaciones de aforos por el método de sección pendiente hidráulica.

No se han hecho estudios en lagos, de ninguna naturaleza, lo mismo se puede decir de estudios de aguas subterráneas; en este último aspecto solamente se han llevado "records" en algunas localidades, de la calidad de las aguas ya sea para riego o para abastecimiento de agua potable.

PLANES FUTUROS

Adjunto al presente resumen el plan que esta Sección ha trazado para su desarrollo en los estudios hidrológicos:

I) RIOS:

1) Instalación de limnígrafos y limnímetros.
2) Observaciones de nivel.
3) Mediciones de caudal.
4) Ecuaciones de las mediciones de caudal.
5) Medición de material suspendido.
6) Determinaciones de acarreo.
7) Topografía de los ríos.

II) CUENCAS:

1) Area de drenaje.
2) Precipitación atmosférica.
3) Escurrimiento superficial.
4) Rendimiento de la cuenca.
5) Evaporación y evapotranspiración.
6) Equilibrio Hidrológico.

III) ESTADISTICA HIDROLOGICA.

IV) TRABAJOS ESPECIALES:

1) Curvas de caudal.
2) Curvas de duración.
3) Curvas de remanso y depresión.
4) Coeficientes de velocidad.
5) Coeficiente de rozamiento.
6) Energía de los ríos.
7) Presión Tangencial.
8) Corrección de ríos.

V) HIDROGRAFIA:

1) Descripción de las cuencas del país.
2) Comparación de características Hidrológicas.
3) Cuencas Hidrográficas de interés Agrícola.
4) Soluciones Hidrológicas a los proyectos Agrícolas de Conservación de Suelo, Drenaje y Riego.

VI) AGUAS SUBTERRANEAS:

1) Observaciones de nivel.
2) Velocidades de filtración.
3) Características químicas del agua subterránea.
4) Estudio de Pozos.

VII) LAGOS:

1) Observaciones de nivel.
2) Determinación de volúmenes.
3) Sondeos de temperatura y profundidad.
4) Determinaciones Químicas.
5) Ecuación del equilibrio del agua.

A N E X O 3

COMISION EJECUTIVA HIDROELECTRICA DEL RIO LEMPA

Agosto 17, 1959

Sr. Ing. Atilio García Prieto h.,
Presente.

Muy señor nuestro:

Tengo el agrado de darle a continuación la lista de las estaciones de aforo controladas por la CEL:

Guajoyo -	En puente en Construcción, carretera Sta. Ana - Metapán. 1 Mira - Leída a las 6:00 a.m. todos los días desde Agosto 1957.
Río Desagüe (Güija) -	2 KM arriba de Confluencia de Río Desagüe con Río Lempa. 1 Mira - Leída a las 6:00 a.m. todos los días desde Junio 1957.
Río Lempa (Masahuat) -	1 KM arriba del pueblo de Masahuat. 1 Mira - Leída a las 6:00 a.m. todos los días desde Junio 1957.
Río Lempa (Zapotillo) -	En sitio del Proyecto Zapotillo. 1 Mira - Leída a las 6:00 a.m. todos los días desde Junio 1959. 2 Aforos (con molinete) por semana, martes y jueves, para establecer curva de gastos. A la misma hora en que se efectúan estos aforos se toman lecturas de miras adicionales en Río Desagüe (Güija) y Río Lempa (Masahuat).
Río Lempa (Paso del Oso) -	1 KM río abajo del sitio del proyecto de Paso del Oso. 1 Mira - Leída a las 6:00 a.m. todos los días desde Junio 1959. 2 Aforos (con molinete) por semana, lunes y miércoles, para establecer curva de gastos.

Río Lempa (Guayabo) - Determinación de los caudales promedios diarios que pasan por las compuertas y por las turbinas desde Junio 1954. Anteriormente 1 Mira desde 1949.

Río Grande (San Miguel) - 1 Limnígrafo registrador desde Julio 1958. 2 Aforos mensuales con molinete para comprobar curva de gastos.

CEL controla además 2 veces diarias, estaciones provistas de vertederos en los sitios denominados Verbena y Apuzunga en el área del lago de Güija para determinar la magnitud de las filtraciones del lago de Güija. CEL, controla también, 2 veces diarias, 4 estaciones provistas de miras en la misma área y con el mismo fin.

Atentos y Seguros Servidores,

COMISION EJECUTIVA HIDROELECTRICA
DEL RIO LEMPA,

Enrique R. Lima,
Director Ejecutivo.

A N E X O 4

DIRECCION GENERAL DE OBRAS HIDRAULICAS

San Salvador, Agosto 10 de 1959.

Sr. Ing. Atilio García Prieto,
Presente.

De acuerdo a la conversación del día lunes 3 del corriente, atentamente le proporciono las informaciones referentes al Censo Hidráulico, que fué efectuado por la Dirección General de Obras Hidráulicas empezando en Enero de 1950.

En aquel tiempo se fundó un Departamento del Censo que trabajaba a las órdenes del Ingeniero Carlos Alvarado.

En los primeros dos años se efectuó la mayor parte del trabajo; después, por motivos de economía, se redujo el personal y cuando el Ingeniero Alvarado falleció, se suspendieron las actividades en el campo y se continuó solamente el trabajo de Oficina, que consistió en la recopilación y poner en orden todos los datos obtenidos.

El Censo Hidráulico se limitó a aforar las fuentes existentes en vista de la posibilidad de aprovecharlas para dar agua a los poblados, así que no se hizo nada en absoluto, por lo que se refiere a aforos de ríos.

De las fuentes estudiadas se determinó la distancia y el desnivel con respecto al poblado, el aforo (generalmente tomado una sola vez) y algunas veces se tomaron muestras de agua para análisis Físico-Químico, practicados por la Dirección General de Sanidad. Además, aparece el nombre de la fuente y el nombre del propietario donde ésta se encuentra.

Otros datos que tomó el Censo Hidráulico aparecen en los formularios adjuntos (unos para poblaciones urbanas y otros para rurales) (cantones).

El trabajo del Censo que se extiende a toda la República, actualmente está a más del noventa por ciento.

De las 260 poblaciones urbanas (o sea, las que tienen Alcaldía), se han estudiado 259, faltando (en parte) el es-

tudio de una sola población (San Salvador).

De los 1.996 cantones de la República faltan los estudios de campo de sólo 340.

Antes de terminar, quiero aclarar que los datos del Censo Hidráulico se refieren a aquellas fuentes señaladas a los Encargados del Censo cuando efectuaron las inspecciones.

Si por cualquier motivo los moradores no señalaron la existencia de algunas fuentes, éstas no aparecen en los datos del Censo.

Usted entiende que muchas veces hay intereses de no señalar la existencia de nacimientos de agua, lo que queda comprobado por el hecho de las poblaciones de Tamanique, Santiago Nonualco, El Sauce y Tejutla, que actualmente están en curso de estudio y que se abastecerán por fuentes que no se visitaron de parte del Censo Hidráulico.

Creo que por medio de los formularios adjuntos, usted podrá darse cuenta de todas las actividades desarrolladas por dicho Departamento.

De usted atento y seguro servidor,

Ing. Leopoldo Notarbartolo.