

REVISTA ENERGETICA

26

Julio - Agosto/82
July - August/82



Organización Latinoamericana de Energía
Latin American Energy Organization

MOLINOS DE VIENTO PARA BOMBEO DE AGUA **olade** WINDMILLS
FOR PUMPING WATER **olade** ENERGIA ELECTRICA EN EL ECUADOR
ELECTRICITY POWER IN ECUADOR **olade** EL CARBON COMO IN-
TEGRANTE DE LA POLITICA ENERGETICA DE VENEZUELA **olade** COAL
AS A COMPONENT IN VENEZUELAN ENERGY POLICY.

ENERGIA ELECTRICA EN EL ECUADOR

Dirección de Planificación
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION (INECEL)

1. INTRODUCCION

La energía eléctrica es indispensable para el desarrollo socioeconómico de un país.

En la República del Ecuador, la demanda de energía eléctrica tiene una tasa anual de incremento del 10 o/o. En el año de 1976 la potencia instalada nacional fue de 477.8 MW, con una generación total de energía de 1676 GWh, para una población en todo el país de 6,9 millones de habitantes, siendo su consumo promedio anual de 243 KWh por habitante. Sin embargo, sólo el 35 o/o de la población fue atendida con el servicio eléctrico.

En el año de 1981 la potencia instalada total fue de 1 016,10 MW con una generación de 3326 GWh para una población de 8,64 millones de habitantes, con un consumo per cápita anual de 428 KWh/hab. Como se observa, en cinco años, la potencia instalada y la producción de energía se duplicaron. Se estima que el crecimiento del consumo en los años próximos estará alrededor del 8 o/o con lo que en el año 2000 se necesitará producir sobre 15 000 GWh y tener una potencia instalada sobre 3 400 MW.

Con el fin de satisfacer esta demanda energética, el Ecuador está impulsando un desarrollo intensivo de la hidroelectricidad pues cuenta con un potencial lineal bruto total de 93 400 MW aproximadamente.

El Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos es la Entidad que tiene bajo su responsabilidad el desarrollo de las diversas fuentes de energía y para la planificación y desarrollo de la electrificación cuenta con el Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL), creado en 1961 y que funciona como entidad adscrita.

El Instituto Ecuatoriano de Electrificación tiene como funciones principales:

- a. Formular y mantener actualizado el Plan Nacional de Electrificación.
- b. Ejecutar el Plan Nacional de Electrificación.

La generación de energía eléctrica y su transmisión a las diferentes regiones del País, son realizadas a través de las obras que constituyen el Sistema Nacional Interconectado (SNI). Para su distribución y comercialización, hasta ponerla al alcance del consumidor, se han creado diversas empresas eléctricas, con la calidad de sociedades anónimas en las cuales el Estado, a través de INECEL, es el mayor accionista.

Actualmente existen en el país 17 empresas y sistemas eléctricos que por su ubicación geográfica se han agrupado en 9 sistemas regionales.

Los sistemas regionales ya conformados y las empresas eléctricas, concentran la mayoría de sus esfuerzos en ampliar las redes de distribución, para atender el servicio eléctrico al mayor número

de la población y mejorar, permanentemente, el servicio al usuario.

Con miras a establecer un programa que satisfaga la demanda energética y que impulse sus planes de desarrollo, INECCEL ha realizado un inventario de los recursos hídricos existentes en el país, el mismo que permite definir varios proyectos hidroeléctricos que se estudiarán con más detalle y entrarán a ejecución si las condiciones técnicas y económicas lo justifican.

2. POTENCIAL HIDROELECTRICO DEL ECUADOR

El mayor potencial hidroeléctrico del país se encuentra entre los 300 y los 1500 m de altura. Al área comprendida entre estas dos cotas, son ligeras modificaciones por la influencia de los

otros factores, se le asignó prioridad para el estudio de planificación de desarrollo hidroeléctrico y la conformación de un inventario base de proyectos hidroeléctricos.

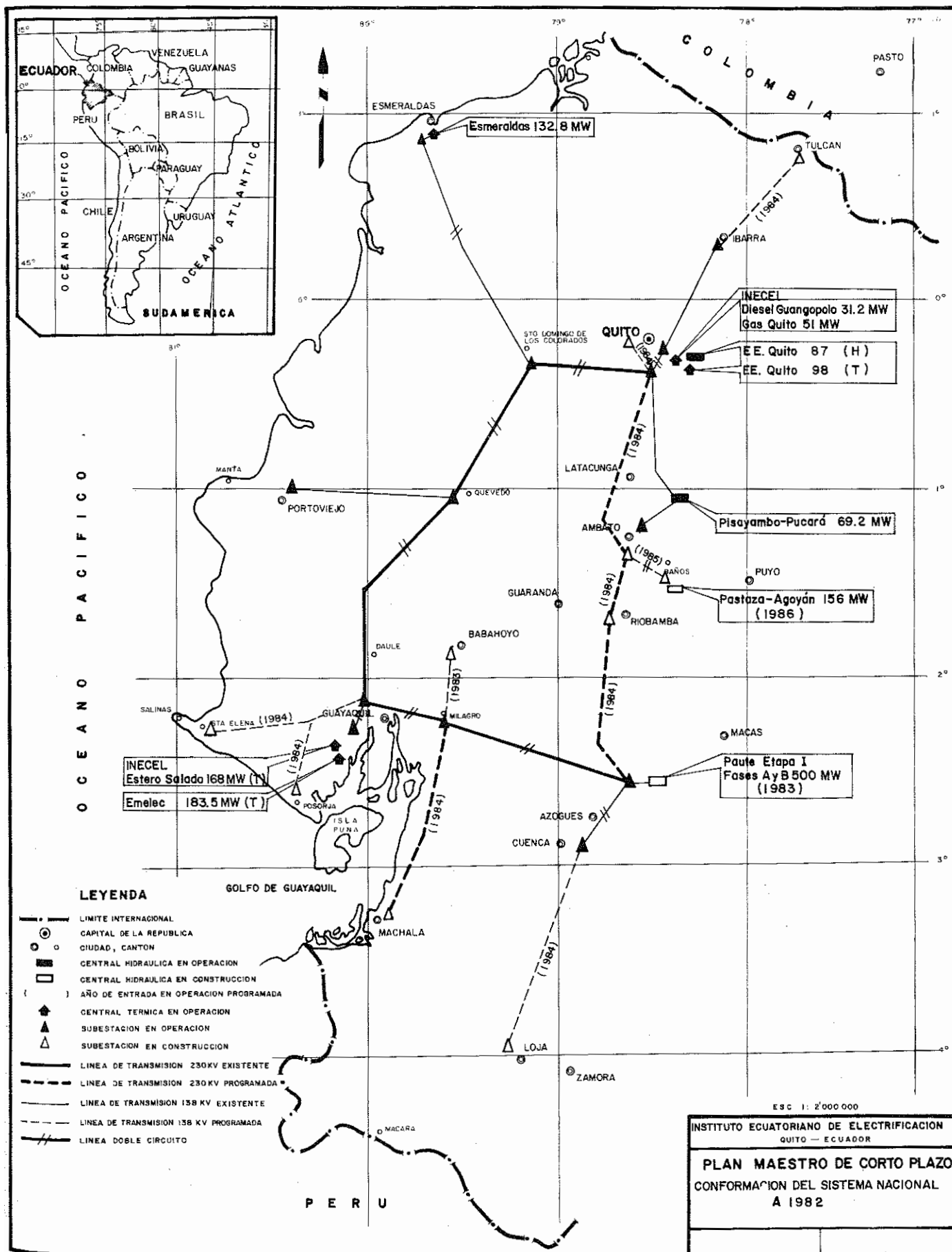
El área inventariada tiene 165 900 km² y un potencial lineal bruto de 73 400 MW. El inventario de proyectos, técnicamente factibles, comprende 118 centrales que suman una potencia instalada de 27 489 MW y una potencia continua de 19 399 MW.

La relación entre la potencia continua aprovechable de los proyectos (19 399 MW) y el potencial teórico es de 0,26.

En el Cuadro No. 1 se señalan las cuencas hidrográficas en las que se realizó el inventario, identificándose el número de centrales hidroeléctricas en cada cuenca, con su potencia instalada y garantizada correspondiente.

CUADRO No. 1
POTENCIAL HIDROELECTRICO INVENTARIADO EN EL ECUADOR

CUENCA HIDROGRAFICA	No. CENTRALES	POTENCIA INSTALADA	POTENCIA GARANTIZADA
		MW	MW/año
Mayo	4	859	465
Mira	10	489	435
Esmeraldas	15	1 920 6	1 532
Guayas Norte	1	119 7	88
Guayas Sur	2	85 5	52
Jubones	4	706 9	541
Puyango	2	311 4	137
Catamayo	5	480 6	272
Napo-Coca	15	6 242 1	4 223
Napo-Napo	20	5 999 8	4 344
Pastaza	11	1 455 9	1 200
Santiago-Paute	10	2 652 2	2 210
Santiago-Upano	9	1 072 4	934
Santiago-Zamora	10	5 093 6	2 966
TOTALES	118	27 488 9	19 399



PROYECTO HIDROELECTRICO PAUTE EN CONSTRUCCION
Potencia Total 1'650.000 KW



INECEL ha dividido su programa de realización de proyectos hidroeléctricos en tres fases denominadas de corto, mediano y largo plazo, para las décadas de 1980-1990, 1990-2000 y 2000-2010 respectivamente.

Los proyectos de corto plazo están decididos y en los casos de Agoyán y Daule-Peripa su construcción se ha iniciado. En el Cuadro No. 2 se presenta una lista de estos proyectos.

CUADRO No. 2

PROYECTOS HIDROELECTRICOS DE CORTO PLAZO

No.	PROYECTO	POTENCIA MW	FECHA DE ENTRADA DE OPERACION
1	Pastaza-Agoyán	156	Junio 1986
2	Paute I, Fase C	500	Junio 1988 y 1989
3	Daule — Peripa	130	Enero 1990
4	Toachi — Pilatón	300	Enero 1990
5	Paute — Mazar	174	Enero 1992
POTENCIA TOTAL		1 260	

Para los proyectos de mediano plazo se han seleccionado tentativamente aquellos que son los más atractivos desde el punto de vista energético y económico y que, además, tienen mejores condi-

ciones geológicas y de acceso, y un nivel más alto de estudios. Una lista de estos proyectos se presenta en el Cuadro No. 3.

CUADRO No. 3

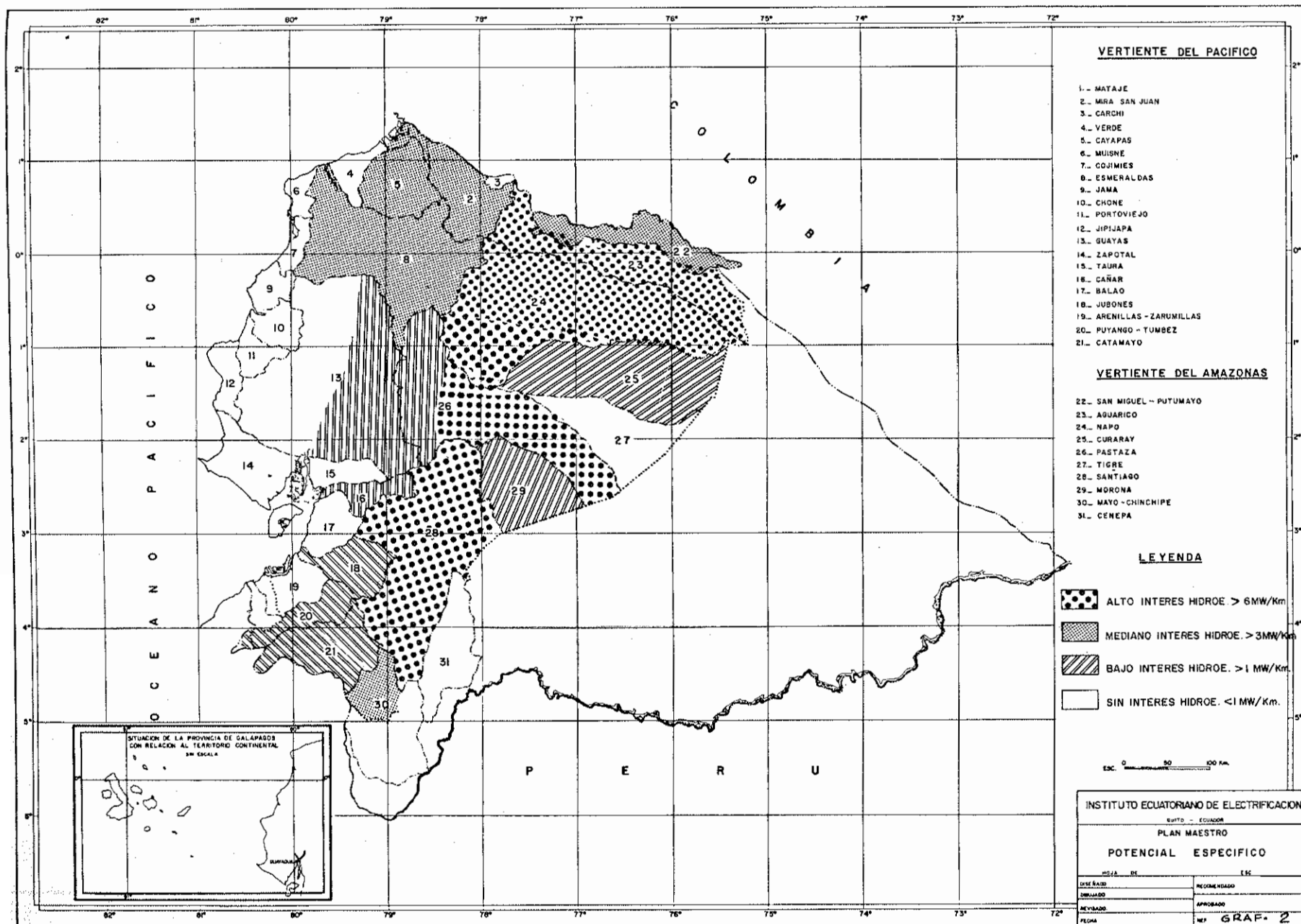
PROYECTOS HIDROELECTRICOS DE MEDIANO PLAZO

No.	PROYECTO	CUENCA HIDROGRAFICA	POTENCIA INSTALABLE MW
1	Codo Sinclair	Napo-Coca	2 719
2	San Antonio	Santiago-Zamora	2 527
3	San Miguel	Santiago-Zamora	1 990
4	Sopladora	Santiago-Paute	448
5	Cedroyacu	Napo-Napo	602
6	Verdeyacu	Napo-Napo	324
7	Gualaquiza	Santiago-Zamora	805
8	Naiza	Santiago-Namangoza	902
9	Yuragyacu	Napo-Napo	819
10	Salado	Napo-Coca	723
11	Minas	Jubones	374
12	Palma Real	Esmeraldas	279
13	Villadora	Esmeraldas	266
14	San Francisco	Pastaza	149
15	Topo	Pastaza	281
16	Muyo	Pastaza	127
17	Chespi	Esmeraldas	113
18	Chontal	Esmeraldas	85
19	Marcabelli	Puyango	229
20	Balsas	Napo-Coca	404

En las 11 cuencas prioritarias de los estudios del inventario se han seleccionado los mejores esquemas y dentro de estos los aprovechamientos con las mejores características económicas que deberán estudiarse en el programa de largo plazo. Una lista preliminar se presenta en el Cuadro No. 4.

CUADRO No. 4
PROYECTOS HIDROELECTRICOS DE LARGO PLAZO

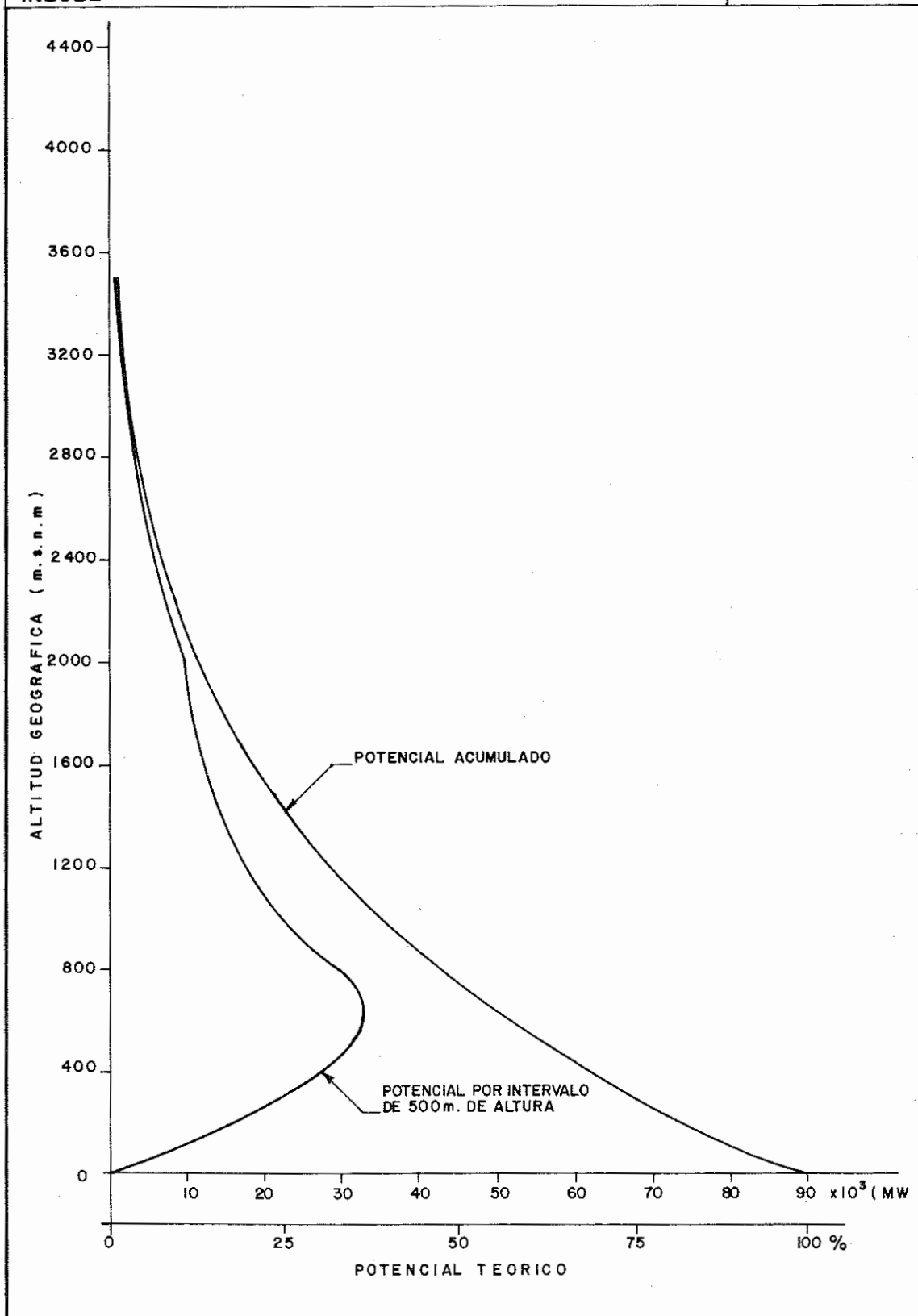
No.	PROYECTO	CUENCA HIDROGRAFICA	POTENCIA INSTALABLE MW
1	Cardenillo	Santiago-Paute	617
2	Verdechico	Napo-Napo	609
3	Cascabel	Santiago-Upano	573
4	Bomboiza	Santiago-Paute	598
5	Catachi	Napo-Napo	647
6	Vallevicioso	Napo-Napo	292
7	El Retorno	Santiago-Zamora	443
8	Huahuy	Napo-Napo	262
9	Coca	Napo-Coca	302
10	Chambo	Pastaza	197
11	Tigrayacu	Napo-Napo	201
12	Jondachi	Napo-Napo	207
13	Clavadero	Napo-Coca	284
14	Calpayacu	Napo-Napo	142
15	Chiguaza	Pastaza	147
16	Mulatos	Napo-Napo	137
17	Loyola	Mayo	235
18	Sade-Quinindé	Esmeraldas	137
19	Mendez	Santiago-Paute	271
20	Negro	Santiago-Paute	103
21	Soñaderos	Santiago-Zamora	99
22	Cascabel	Napo-Coca	79
23	Parcayacu	Napo-Napo	95
24	Langoa	Napo-Napo	106
25	Pescado	Santiago-Paute	93
26	San Pablo	Napo-Napo	184
27	Abitagua	Pastaza	74
28	El Chorro	Santiago-Paute	138
29	San Pedro	Esmeraldas	86
30	Lelia	Esmeraldas	76
31	Papallacta	Napo-Coca	66
32	Sizaplaya	Napo-Coca	58
33	Apaqui	Mira	54
34	Sucua	Santiago-Upano	56
35	Patos	Santiago-Paute	58
36	Palora	Pastaza	60
37	Parambas	Mira	46
38	Yantzatza	Santiago-Zamora	56
39	Mandariacu	Esmeraldas	53
40	Los Bancos	Esmeraldas	42
41	Caliche	Mira	39
42	Chota	Mira	44
43	Yacuambi	Santiago-Zamora	58
44	Sabanilla	Santiago-Zamora	43

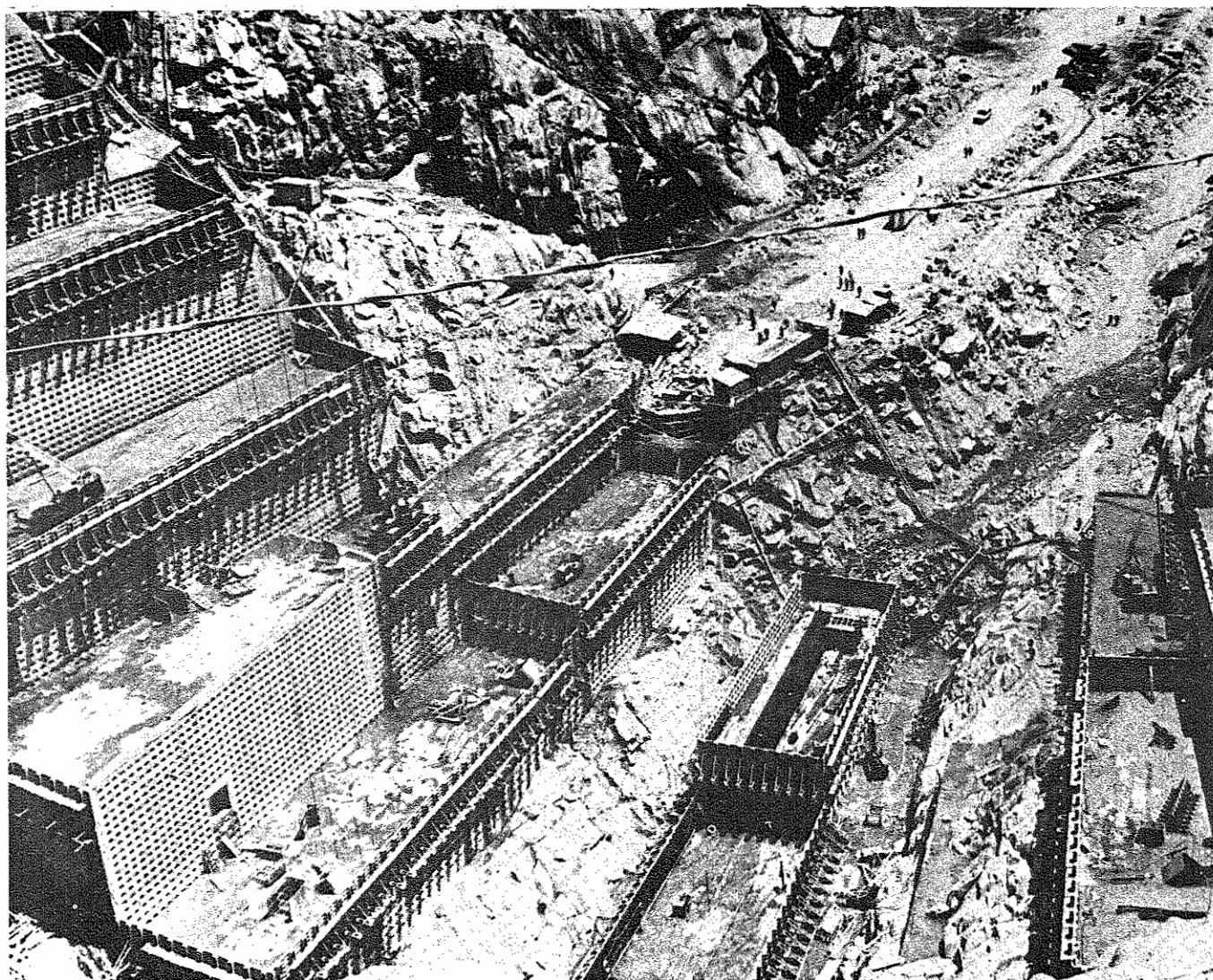




DISTRIBUCION ALTIMETRICA DEL POTENCIAL LINEAL TEORICO DEL ECUADOR

INECEL





En el Gráfico No. 2 aparece el mapa del Ecuador en el que se indica el potencial específico de varias áreas, señalándose su grado de interés en generación hidroeléctrica.

En el Gráfico No. 3 se presentan las curvas características de la distribución altimétrica del potencial lineal teórico del Ecuador.

Como una actividad del Plan Maestro de Electrificación, el país se encuentra llevando adelante un Programa de Electrificación Rural con importantes fines sociales y económicos que pueden resumirse en los siguientes:

a. Mejorar las condiciones de vida de la población rural y contribuir a la orientación adecuada de las corrientes migratorias del país.

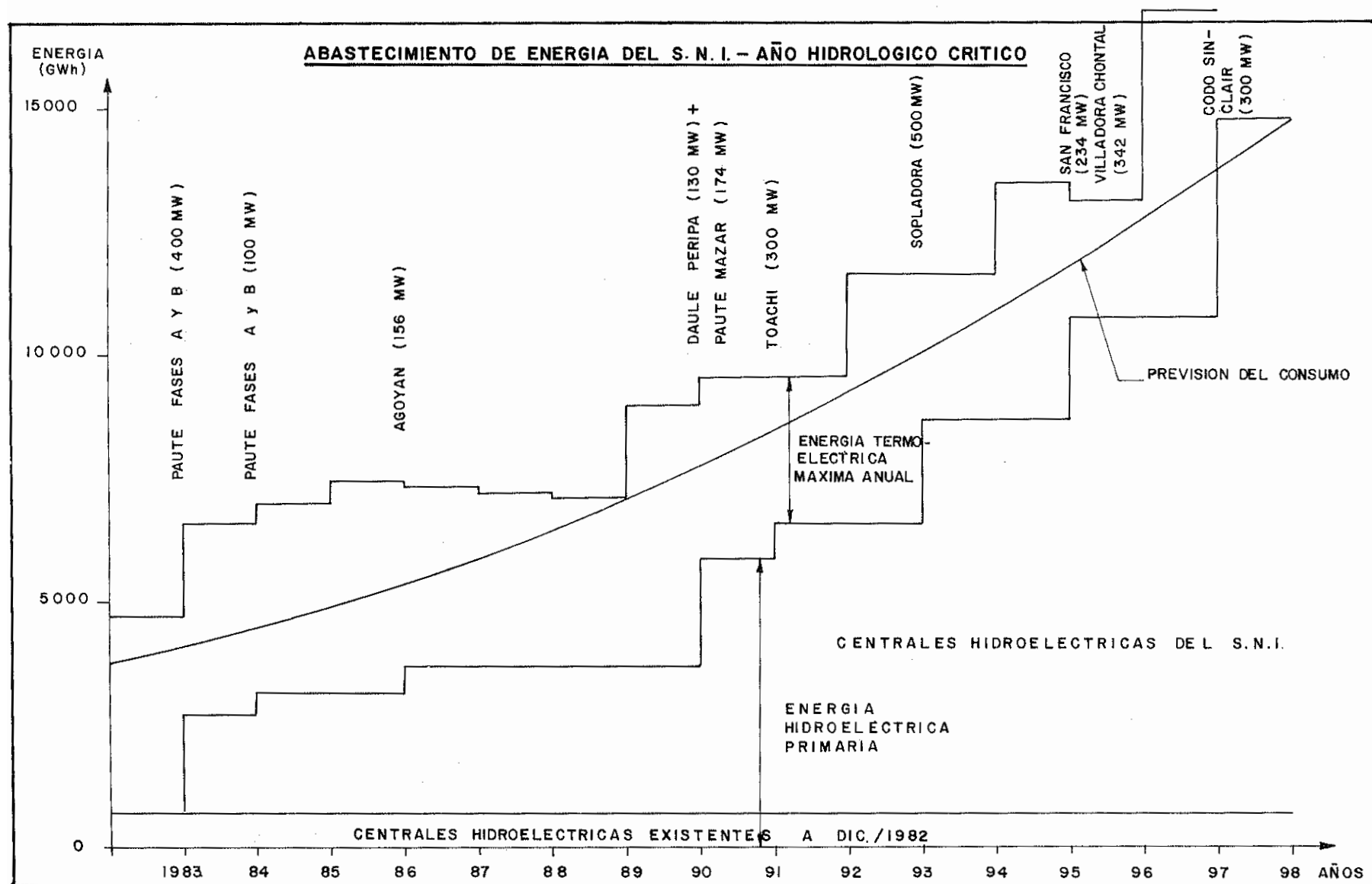
b. Propiciar el aumento de la productividad del sector agropecuario, estimulando el establecimiento de la agroindustria.

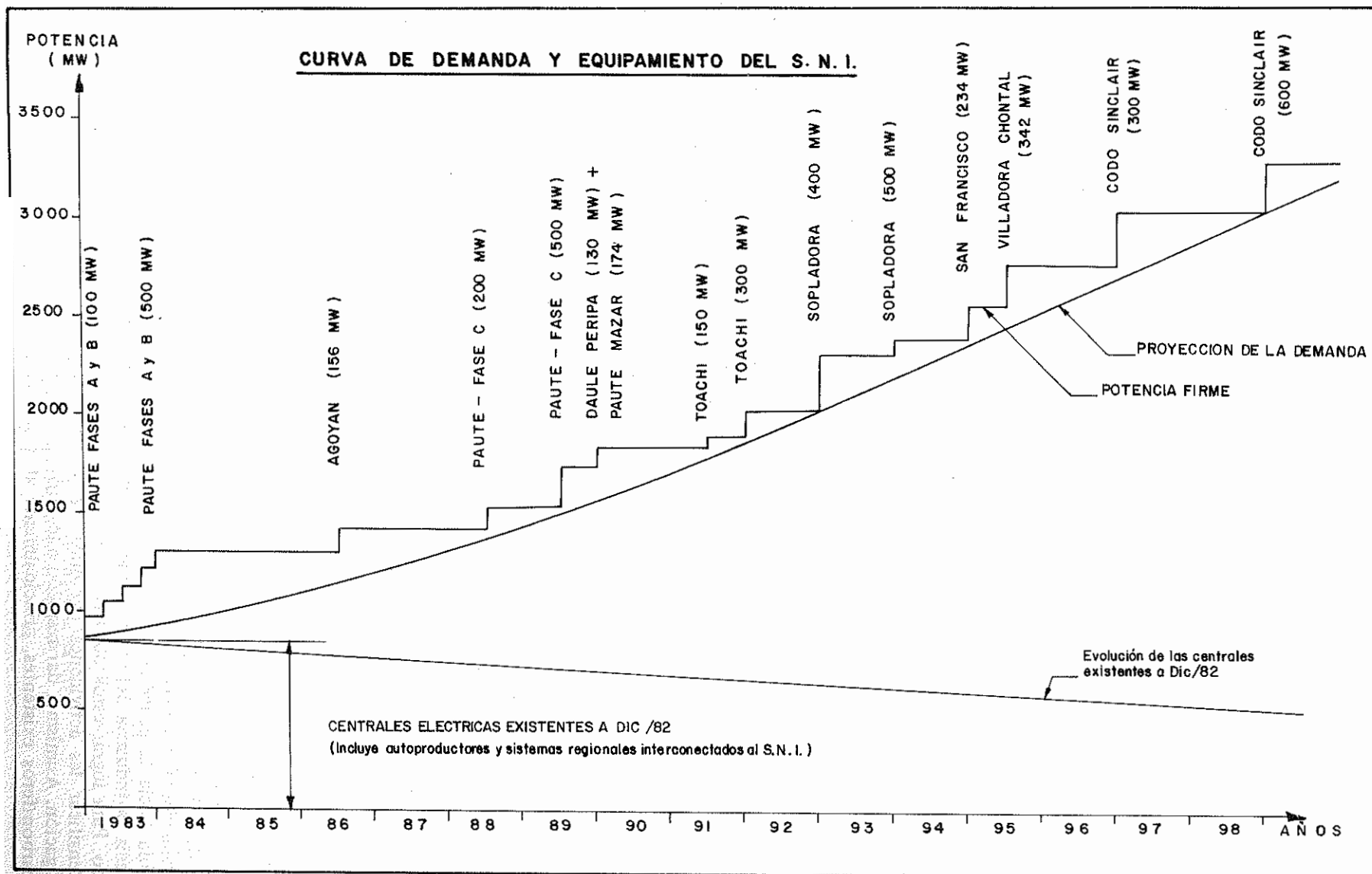
c. Sustituir por energía eléctrica, el consumo de ciertos recursos energéticos que actualmente se utilizan en el agro, con beneficio tanto para el usuario individual, como para el sistema en general.

Dentro de este programa se han preseleccionado aproximadamente 200 subproyectos constituidos básicamente por los centros poblados de más de 500 habitantes.

Al cumplir con el plan trazado para llevar adelante el programa de electrificación rural, el país realiza un desarrollo masivo de construcción de pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH).

3. DEMANDA Y ABASTECIMIENTO DE ENERGIA DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO





ELECTRIC POWER IN ECUADOR

Planning Division
ECUADORIAN INSTITUTE OF ELECTRIFICATION (INECEL)

1. INTRODUCTION

Electricity is indispensable for the socioeconomic development of a country.

In the Republic of Ecuador, the demand for electric power grows at an annual rate of 10 o/o. In 1976 the national installed power capacity was 477.8 MW, with a total energy generation of 1676 GWh, for a total population of 6.9 million inhabitants in the country as a whole, i.e., an average annual per capita consumption of 243 KWh. However, only 35 o/o of the population had access to electrical services.

In 1981 the installed power capacity totalled 1016.10 MW, with a generation of 3326 GWh for a population of 8.64 million inhabitants and a per capita annual consumption of 428 KWh. As can be observed, over a five-year period installed power capacity and energy production doubled. It is estimated that the growth in consumption over the next few years will be around 8 o/o, so that for the year 2000 it will be necessary to produce more than 15,000 GWh and to have an installed power capacity of more than 3400 MW.

In order to satisfy this energy demand and since it has available a total gross linear potential of approximately 93,400 MW, Ecuador is promoting intensive hydroelectric development.

The Ministry of Natural and Energy Resources is the institution responsible for developing the different sources of energy; and for planning and implementing electrification programs, it has the Ecuadorian Institute of Electrification (INECEL), created in 1961 as an affiliate organization.

INECEL has the following major functions:

- a. To formulate and keep up-to-date the National Plan of Electrification.
- b. To implement the National Plan of Electrification.

Electric power is generated and transmitted to the various regions of the country by means of the works that constitute the National Inter-connected System. For its distribution and commercialization, until it reaches the consumer, different light and power companies have been created, in which the State, through INECEL, is the major shareholder.

Currently, there are 17 electric power systems and companies in the country; and these have been grouped into 9 regional systems according to geographical location.

These regional systems and power companies concentrate most of their efforts on expanding distribution grids, in order to extend electric power service to a broader population while making continuous improvements in consumer services.

With a view to establishing a program that will satisfy energy demand and spur development plans, INECEL has undertaken an inventory of the hydro resources existing in the country. This will make it possible to define several hydro power projects which will be studied in greater detail, to determine if technical and economic conditions justify their implementation.

2. THE HYDROELECTRIC POTENTIAL OF ECUADOR

The major hydroelectric potential of the country is found between altitudes of 300 and 1500 meters. To the area included between these elevations — with slight modifications based on the influence of other factors — priority was assigned to hydro power development planning studies and to a preliminary inventory of hydro power projects.

The inventoried area covered 165,900 km² and a gross linear potential of 73,400 MW. The inventory of technically feasible projects was comprised by 118 stations yielding an installed power capacity of 27,489 MW and a continuous power capacity of 19,300 MW.

The relation between the projects' utilizable continuous power (19,399 MW) and their theoretical power capacity is 0.26.

Chart 1 indicates the hydrographic basins in which the inventory was taken and identifies the number of hydro power stations in each basin, with the corresponding figures on installed and guaranteed power capacity.

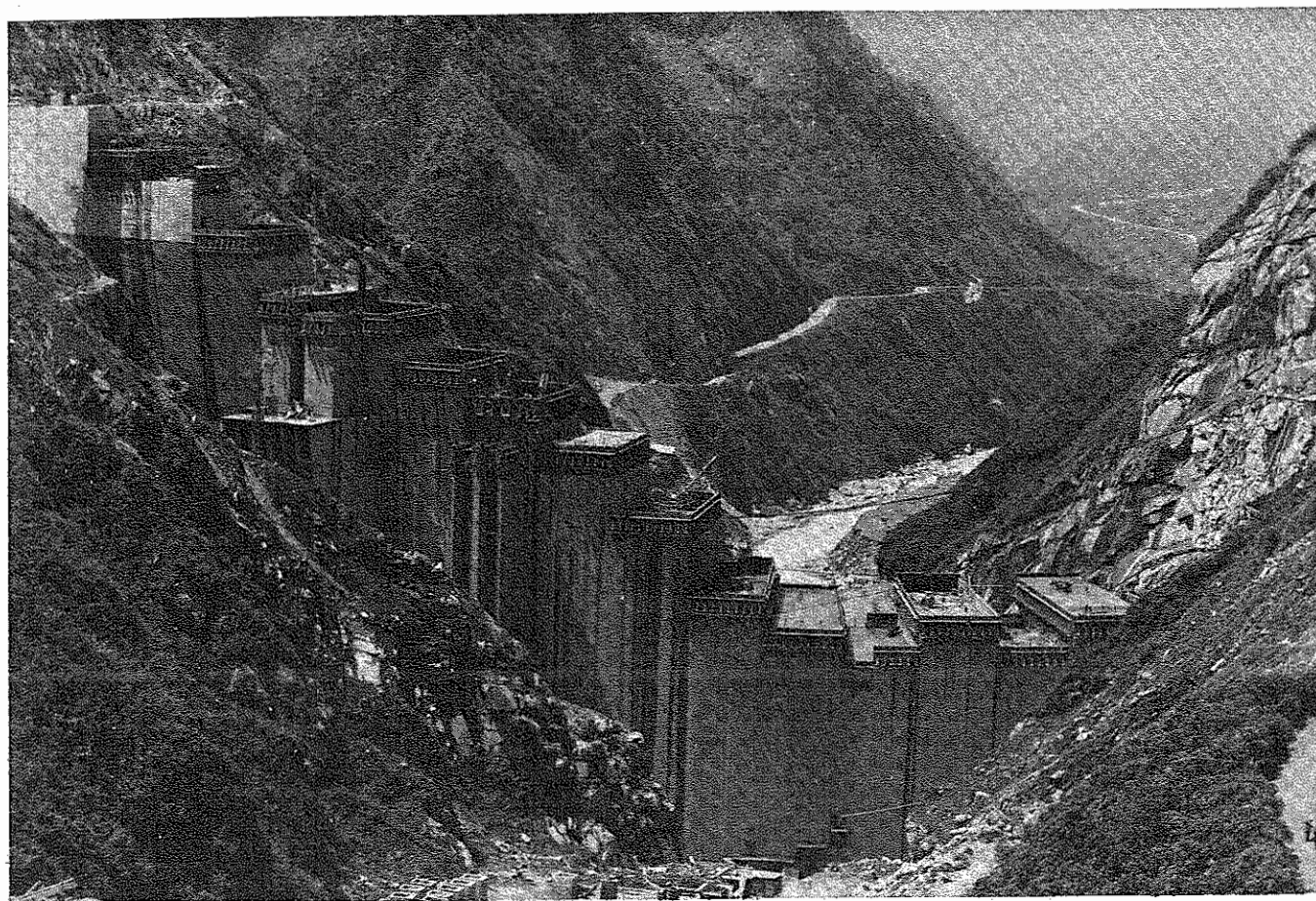
CHART 1

HYDROELECTRIC POTENTIAL INVENTORIED IN ECUADOR

HYDROGRAPHIC BASIN	No. OF STATIONS	INSTALLED POWER CAPACITY (MW)	GUARANTEED POWER MW/yr
Mayo	4	859	465
Mira	10	489	435
Esmeraldas	15	1 920 6	1 532
Guayas Norte	1	119 7	88
Guayas Sur	2	85 5	52
Jubones	4	706 9	541
Puyango	2	311 4	137
Catamayo	5	480 6	272
Napo-Coca	15	6 242 1	4 223
Napo-Napo	20	5 999 8	4 344
Pastaza	11	1 455 9	1 200
Santiago-Paute	10	2 652 2	2 210
Santiago-Upano	9	1 072 4	934
Santiago-Zamora	10	5 093 6	2 966
TOTALS	118	27 488 9	19 399

THE HYDRO POWER PROJECT OF PAUTE, UNDER CONSTRUCTION

Total Power Capacity: 1,650,000 kW



INECEL has divided its program of hydro-electric projects into three phases known as short-term, medium-term, and long-term, for the decades of 1980-90, 1990-2000 and 2000-2010, respectively.

The short-term projects have already been decided on; and in the cases of Agoyán and Daule-Peripa, their construction has begun. Chart 2 presents a comprehensive list of these projects.

CHART 2
SHORT-TERM HYDROELECTRIC PROJECTS

No.	PROJECT	POWER CAPACITY MW	START-UP DATE
1	Pastaza-Agoyán	156	June 1986
2	Paute I, Stage C	500	June 88 & June 89
3	Daule - Pereira	130	January 1990
4	Toachi - Pilatón	300	January 1992
5	Paute - Mazar	174	January 1990
TOTAL POWER		1 260	

For medium-term projects, the most attractive ones from the energy and economic standpoints have been tentatively selected, especially those

with better geological conditions and access and a greater degree of study. A list of these projects is presented in Chart 3.

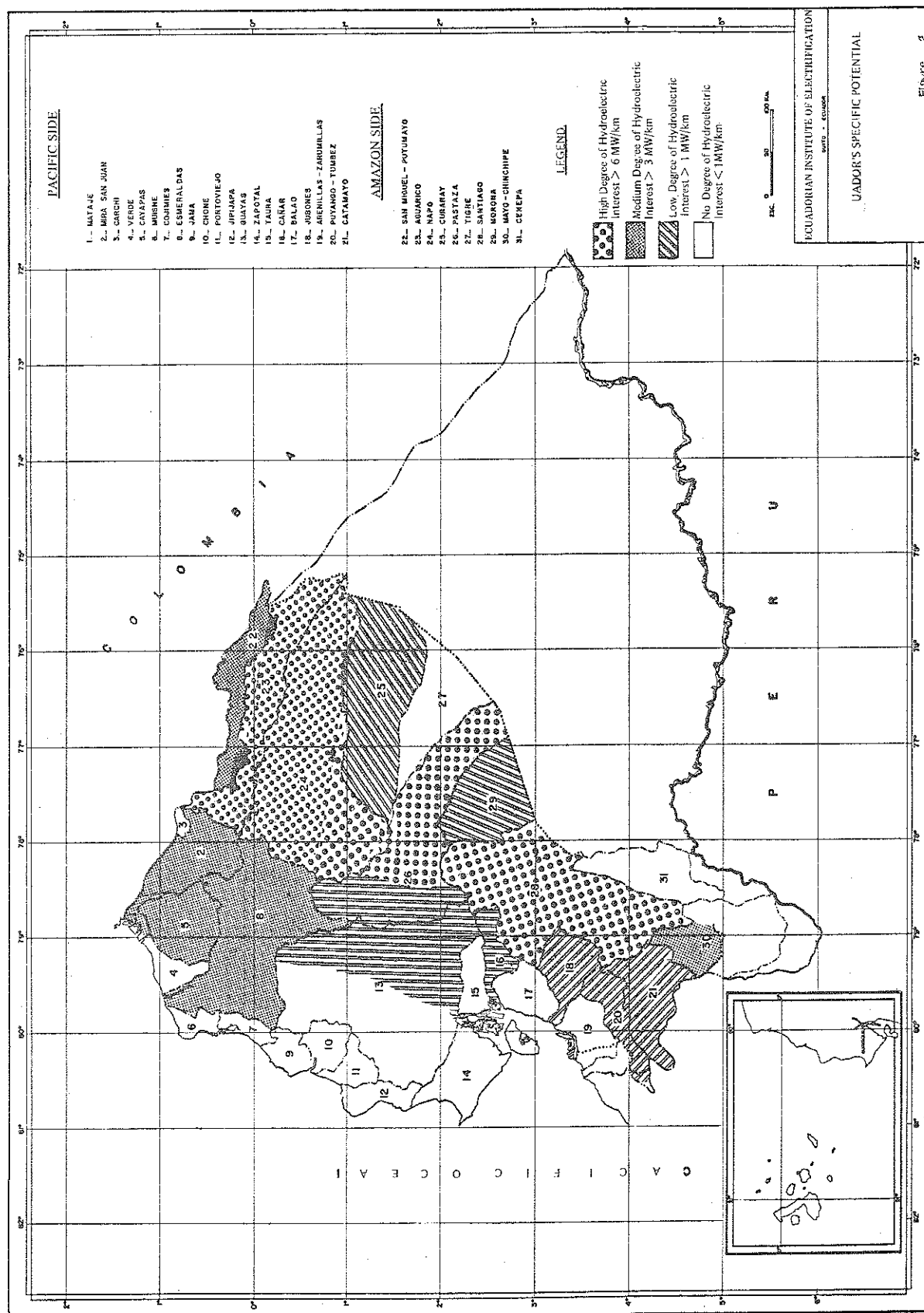
CHART 3
MEDIUM-TERM HYDROELECTRIC PROJECTS

No.	PROJECT	HYDROGRAPHIC BASIN	INSTALLABLE POWER CAPACITY MW
1	Codo Sinclair	Napo-Coca	2 719
2	San Antonio	Santiago-Zamora	2 527
3	San Miguel	Santiago-Zamora	1 990
4	Sopladora	Santiago-Paute	448
5	Cedroyacu	Napo-Napo	602
6	Verdeyacu	Napo-Napo	324
7	Gualaquiza	Santiago-Zamora	805
8	Naiza	Santiago-Namangoza	902
9	Yuragyacu	Napo-Napo	819
10	Salado	Napo-Coca	732
11	Minas	Jubones	374
12	Palma Real	Esmeraldas	279
13	Villadora	Esmeraldas	266
14	San Francisco	Pastaza	149
15	Topo	Pastaza	281
16	Muyo	Pastaza	127
17	Chespi	Esmeraldas	113
18	Chontal	Esmeraldas	85
19	Marcabeli	Puyango	229
20	Balsas	Napo-Coca	404

In the eleven priority basins of the inventory studies, the best schemes have been selected; and within these, the sites with the most favorable economic features, which should be studied in the long-term program. A preliminary list is presented in Chart 4.

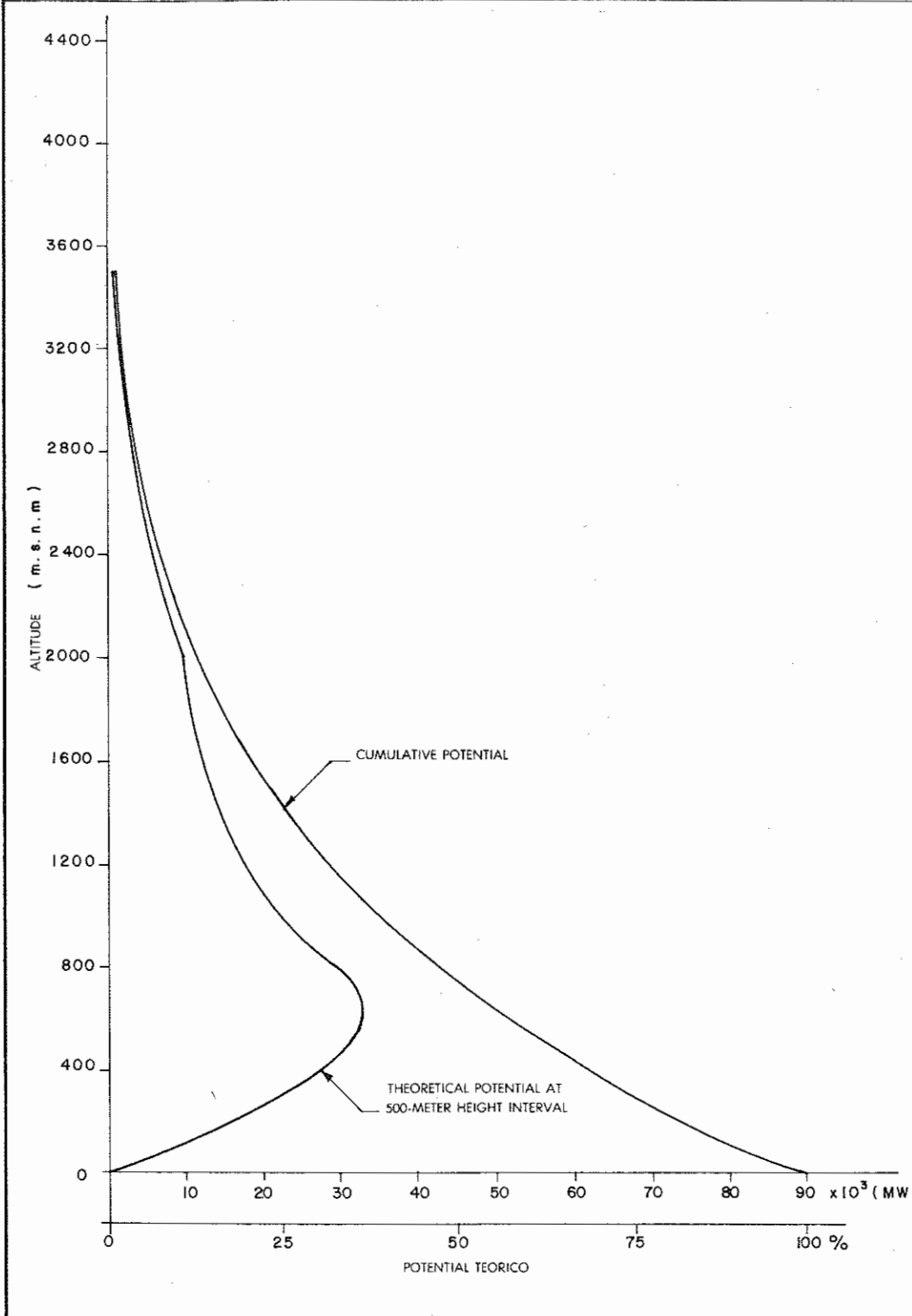
CHART 4
LONG-TERM HYDROELECTRIC PROJECTS

No.	PROJECT	HYDROGRAPHIC BASIN	INSTALLABLE POWER CAPACITY MW
1	Cardenillo	Santiago-Paute	617
2	Verdechico	Napo-Napo	609
3	Cascabel	Santiago-Upano	573
4	Bomboiza	Santiago-Paute	598
5	Catachi	Napo-Napo	647
6	Vallevicioso	Napo-Napo	292
7	El Retorno	Santiago-Zamora	443
8	Huahuy	Napo-Napo	262
9	Coca	Napo-Coca	302
10	Chambo	Pastaza	197
11	Tigrayacu	Napo-Napo	201
12	Jondachi	Napo-Napo	207
13	Clavadero	Napo-Coca	284
14	Calpayacu	Napo-Napo	142
15	Chiguaza	Pastaza	147
16	Mulatos	Napo-Napo	137
17	Loyola	Mayo	235
18	Sade-Quinindé	Esmeraldas	137
19	Mendez	Santiago-Paute	271
20	Negro	Santiago-Paute	103
21	Soñaderos	Santiago-Zamora	99
22	Cascabel	Napo-Coca	79
23	Parcayacu	Napo-Napo	95
24	Langoa	Napo-Napo	106
25	Pescado	Santiago-Paute	93
26	San Pablo	Napo-Napo	184
27	Abitagua	Pastaza	74
28	El Chorro	Santiago-Paute	138
29	San Pedro	Esmeraldas	86
30	Lelia	Esmeraldas	76
31	Papallacta	Napo-Coca	66
32	Sizaplaya	Napo-Coca	58
33	Apaqui	Mira	54
34	Sucua	Santiago-Upano	56
35	Patos	Santiago-Paute	58
36	Palora	Pastaza	60
37	Parambas	Mira	46
38	Yantzatza	Santiago-Zamora	56
39	Mandariacu	Esmeraldas	53
40	Los Bancos	Esmeraldas	42
41	Caliche	Mira	39
42	Chota	Mira	44
43	Yacuambi	Santiago-Zamora	58
44	Sabanilla	Santiago-Zamora	43





ALTIMETRIC DISTRIBUTION OF THE THEORETICAL LINEAR POTENTIAL OF ECUADOR



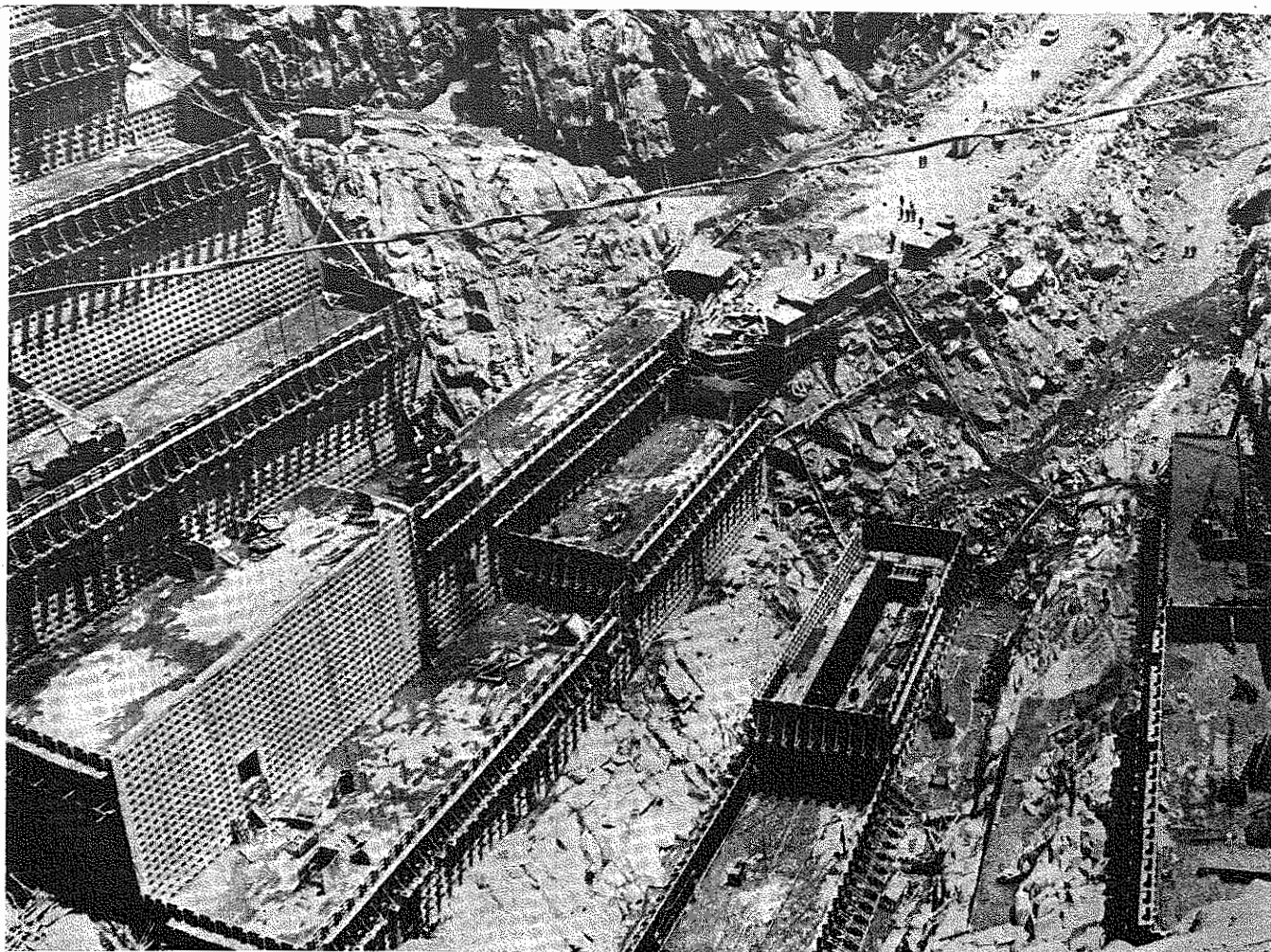


Figure 2 shows the map of Ecuador, which indicates the specific potential of several areas, as well as the amount of interest they hold for hydroelectric generation.

Figure 3 presents the characteristic altimetric distribution curves of the theoretical linear potential of Ecuador.

As one activity of the master plan for electrification, the country is carrying out a Rural Electrification Program, with important social and economic objectives which can be summarized as follows:

a. To improve the living conditions of rural populations and to contribute to a suitable orientation of the migratory currents in the country.

b. To foster increased productivity in the agricultural/livestock sector and to stimulate the establishment of agroindustry.

c. To substitute for electricity the consumption of certain energy sources which are currently used in agriculture, with benefits both for the individual consumer as well as for the system in general.

Within this program, some 200 sub-projects have been preselected; these are basically constituted by population centers of more than 500 inhabitants.

In carrying out the plan outlined for the implementation of the Rural Electrification Program, the country has undertaken the massive development of small hydro power station (SHPS) constructions.

