



2ej 11

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

EVALUACION GEOLOGICA DE SITIOS PARA APROVECHAMIENTO

HIDROELECTRICO EN EL RIO SAN PEDRO, NAY.

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de

INGENIERO GEOLOGO

P r e s e n t a

LUIS ESCAMILLA PASILLAS



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**"EVALUACION GEOLOGICA DE SITIOS PARA APROVECHAMIENTO
HIDROELECTRICO EN EL RIO SAN PEDRO, NAYARIT".**

	PAG.
RESUMEN	
I. GENERALIDADES	1
I.1. Introducción	1
I.2. Trabajos Previos	2
I.3. Método de Trabajo	4
I.4. Objetivos del Estudio	6
I.5. Localización y Extensión	7
I.6. Flora y Fauna	8
I.7. Población y Economía	9
II. FISIOGRAFIA	10
II.1. Climatología	10
II.2. Hidrología	10
II.2.1. Descripción de la Cuenca	10
II.2.2. Modelos de Drenaje	12
II.2.2a. Modelo Radial Divergente y Anular	12
II.2.2b. Modelo Dendrítico en Abanico....	12
II.2.2c. Modelo Dendrítico-Angular	13
II.2.3. Movimiento del Agua	15

II.3. Provincias Fisiográficas	18
II.3.1. Subprovincia de la Altiplanicie Lávica - Riolítica	18
II.3.2. Subprovincia de Estribaciones de Piamon- te	19
II.4. Geomorfología	19
III. GEOLOGIA REGIONAL	21
III.1. Estratigrafía	21
III.1.1. Rocas Metamórficas	23
III.1.2. Complejo Volcánico Inferior	24
III.1.2a. Areniscas Tobáceas	29
III.1.3. Supergrupo Volcánico Superior	30
III.1.3a. Ignimbritas Inclınadas	31
III.1.3b. Ignimbritas Horizontales...	34
III.1.3c. Lavas Riolíticas	35
III.1.4. Rocas Igneas Intrusivas	37
III.1.5. Conglomerados	39
III.1.6. Basalto	40
III.1.7. Suelos Residuales y Depósitos Fluvia- les	40
III.2. Geología Estructural	41
III.2.1. Caldera del Nayar	41
III.2.2. Fallas	43
III.2.3. Estructuras Subvolcánicas	45
III.2.4. Discordancias	47

III.3. Historia Geológica de la Región	47
III.4. Geología Económica	51
IV. GEOLOGIA APLICADA A PROBABLES SITIOS DE PROYECTOS HIDRO-ELECTRICOS	55
IV.1. Geodinámica Interna	55
IV.1.1. Vulcanismo	55
IV.1.2. Sismicidad	55
IV.1.3. Hidrotermalismo	55
IV.2. Geodinámica Externa	56
IV.2.1. Estabilidad de Taludes	56
IV.2.2. Intemperismo	58
IV.2.3. Erosión	60
IV.3. Geotecnia	60
IV.3.1. Porosidad y Permeabilidad	61
IV.3.2. Tenacidad y Densidad	62
IV.3.3. Discontinuidades	65
IV.3.3a. Fallas	66
IV.3.3b. Contactos	67
IV.3.3c. Facies	68
IV.3.3d. Juntas	68
IV.3.3e. Discordancias	69
IV.4. Consideraciones Acerca de Cada Uno de los Estrechamientos (Sitios)	69
IV.4.1. Estrechamiento Platanares	71

IV.4.1a.	Aspecto Topográfico	72
IV.4.1b.	Aspecto Geológico	73
IV.4.1c.	Geotécnia	76
IV.4.2.	Estrechamiento Pozolillo	77
IV.4.2a.	Aspecto Topográfico	77
IV.4.2b.	Aspecto Geológico	78
IV.4.2c.	Geotécnia	80
IV.4.3.	Estrechamiento El Limón	81
IV.4.3a.	Aspecto Topográfico	81
IV.4.3b.	Aspecto Geológico	81
IV.4.3c.	Geotécnia	82
IV.4.4.	Estrechamiento Cruces	83
IV.4.4a.	Aspecto Topográfico	83
IV.4.4b.	Aspecto Geológico	84
IV.4.4c.	Geotécnia	87
IV.4.5.	Estrechamiento Tecarita	89
IV.4.5a.	Aspecto Topográfico	89
IV.4.5b.	Aspecto Geológico	90
IV.4.5c.	Geotécnia	92
IV.5.	Jerarquización de los Estrechamientos	94
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95

BIBLIOGRAFIA

APENDICES

RESUMEN

La cuenca del Río San Pedro drena una área de - - - 303,000 Km², que representa el 1.5% del total del territorio nacional, con un potencial teórico de 1,157 MW y un potencial identificado de 177.9 MW y actualmente se están realizando los estudios básicos para su aprovechamiento hidroeléctrico.

En lo que respecta al contexto geológico, éste si bien es sencillo, presenta características que lo peculiarizan en una forma por demás interesante. Estratigráficamente existen dos grandes secuencias de rocas volcánicas. La primera y más antigua de ellas está compuesta por tobas, derrames y brechas de composición andesítica, con un paquete de rocas sedimentarias que representa la etapa final del depósito de esta secuencia a la que se ha estimado una edad que va del Cretácico Superior al Terciario Temprano (102 a 45 m.a.). La segunda secuencia de rocas volcánicas está compuesta por ignimbritas de composición riolítica que presentan varios grados de soldamiento, acentuándose hacia la parte basal. Esta secuencia se ha dividido en dos paquetes; uno de ignimbritas basculadas hacia el NE y otro de ignimbritas que se encuentran en su posición original, casi horizontal.

Los rasgos estructurales mayores del área que están afectando a las rocas andesíticas y riolíticas aflorantes y destacan entre ellos tres grandes estructuras que son: - la posible Caldera del Nayar que de llegar a corroborarse constituiría probablemente una de las más grandes del mundo. Una falla regional asociada a la estructura antes -- mencionada que se manifiesta por la alineación de dos - - grandes ríos (San Pedro y Santiago), abruptos contactos - entre rocas andesíticas del Complejo Volcánico Inferior y riolíticas del Super grupo Volcánico Superior y la alineación de varios manantiales termales y por último grandes - cuerpos subvolcánicos asociados a la falla y por consi- - guiente a la posible Caldera.

Se hace un análisis comparativo de los cinco estrechamientos estudiados con base en varias características geológicas, topográficas, de infraestructura, etc., el - cual arrojó como resultado el desechamiento de 3 de ellos y la jerarquización de los restantes para pasar a estu-- dios posteriores.

I. GENERALIDADES

I. GENERALIDADES.

I.1. Introducción.

A partir de la nacionalización de la Industria Eléctrica en el año de 1960, el sector eléctrico ha evolucionado de acuerdo a la demanda nacional, alcanzando para el año de 1982, un incremento de siete y media veces la capacidad del sector al pasar de 2.308 a 17.396 GW (Fig. 1). Es por esto que en la planeación de la Comisión Federal de Electricidad (1982) partiendo de una capacidad instalada de 17.396 GW y una producción de energía eléctrica de 68 GWH, se proyectó llegar al año 2000 con un consumo de energía eléctrica del orden de 400,000 GWH para lo que se requerirá contar con una capacidad instalada superior a los 100 GWH, lo que equivale a generar para ese año, ocho veces la energía requerida en 1981, para lo cual sería necesario ampliar en seis veces la capacidad generadora del país en un lapso de dieciocho años (Fig. 2). (González Villareal, 1978).

De los 400,000 GWH que serán necesarios en el año 2000, se estimó que aproximadamente un 15% corresponderá a hidroelectricidad, por lo que actualmente la Comisión Federal de Electricidad se ha abocado a la tarea de estudiar las principales cuencas hidrológicas potencialmente

* 1GWH = 10^6 KWH

CAPACIDAD INSTALADA EN EL SECTOR ELECTRICO NACIONAL (MW)

AÑO	HIDRO-ELECTRICA	TERMO-ELECTRICA	TOTAL
1960	1 200	1 108	2 308
1961	1 205	1 230	2 435
1962	1 436	1 176	2 612
1963	1 501	1 743	3 244
1964	1 746	1 918	3 644
1965	2 149	2 016	4 165
1966	2 482	2 033	4 515
1967	2 511	2 131	4 642
1968	2 509	2 228	4 797
1969	3 229	2 228	5 658
1970	3 228	2 840	6 068
1971	3 227	3 271	6 498
1972	3 228	3 685	6 913
1973	3 446	4 280	7 726
1974	3 521	4 850	8 371
1975	4 044	5 786	9 830
1976	4 541	6 918	11 459
1977	4 723	7 369	12 092
1978	5 225	8 767	13 992
1979	5 219	9 079	14 298
1980 (##)	5 992	8 633	14 625
1981 (##)	6 550	10 846	17 396

FTE. CFE. EVOLUCION DEL SECTOR ELECTRICO EN MEXICO, 1978.

(##) EN 1980 Y 1981 SE INDICA LA POTENCIA REAL INSTALADA AL 31 DE DICIEMBRE. EN LOS AÑOS ANTERIORES SE REPORTO LA SUMA DE LAS CAPACIDADES DE PLACA DE LAS UNIDADES GENERADORAS.

FIGURA 1

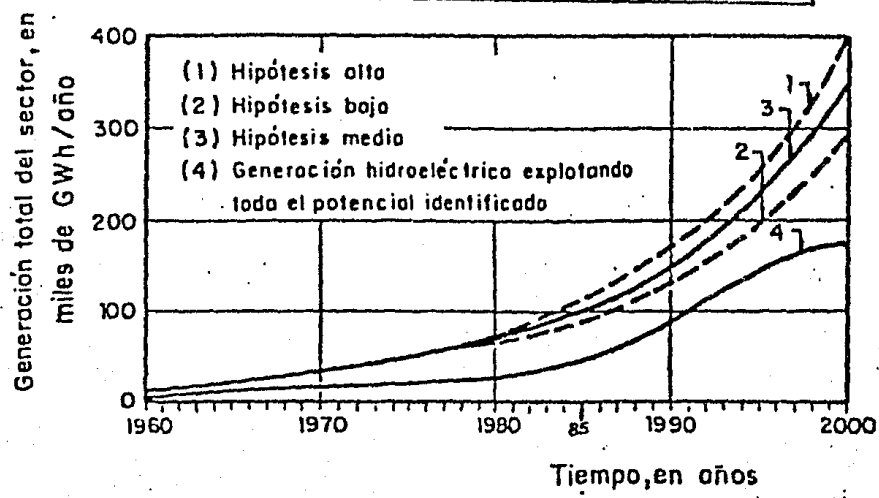


FIG. 2 Evolución probable de la demanda nacional de energía eléctrica

generadoras de energía hidroeléctrica, mediante estudios de factibilidad técnica y económica de los diferentes proyectos que se tienen en consideración. Una de las cuencas en estudio es la del Río San Pedro donde se planea la construcción de varias presas, y en la que actualmente se tienen varios sitios de probable aprovechamiento hidroeléctrico en estudio, de los cuales trata el presente trabajo. El cual es de carácter descriptivo, basado en datos y observaciones de campo y apoyado en análisis petrográficos.

I.2. Trabajos Previos.

A la fecha de inicio del estudio de la cuenca del Río San Pedro se conocían tres estudios, que en orden cronológico son:

El Boletín Hidrológico No. 30 sobre la Región Hidrológica No. 11, editado por la S.A.R.H. en octubre de 1969. En este boletín se describen todas las corrientes pertenecientes a la Región Hidrológica No. 11, que comprende a los Ríos: Presidio, Baluarte, Cañas, Acaponeta, Rosa Morada, Bejuco y San Pedro, proporcionando también datos hidrométricos generales.

El segundo estudio, lo elaboró la Compañía Consultores, S.A. para el departamento de Ingeniería Civil de la C.F.E., este trabajo se denominó "Estudio de Gran Visión: Cuencas del Pacífico, Río San Pedro, Acaponeta, Baluarte y Piaxtla", en el que se proponen varios sitios para aprovechamiento hidroeléctrico con base en las características geológicas de cada sitio, factibilidad técnica y datos hidrométricos, incluyendo además un análisis del funcionamiento de los vasos así como la probable generación hidroeléctrica.

En 1980, la Compañía Ingeo realizó un trabajo para C.F.E. denominado "Estudio Geohidrológico Preliminar sobre Posibles Sitios de Embalse en la Porción Inferior de la Cuenca del Río San Pedro en los Estados de Durango y Nayarit". Este trabajo incluye el estudio fotogeológico con verificación de campo, de unos 5,000 Km²: 16 cartas fotogeológicas escala 1:20,000 con la ubicación de los sitios adecuados de boquillas para construcción de presas hidroeléctricas; levantamientos directos de geología superficial con brújula, clinómetro y cadena con los que se definieron las características geotécnicas preliminares de las boquillas y se hace una descripción topográfica de cada una con los perfiles geológicos de los sitios.

Existe un cuarto informe denominado "Estado Actual de la Evaluación del Potencial Hidroeléctrico Nacional", en el que se propuso y adoptó una serie de etapas de estudios para analizar el potencial hidroeléctrico nacional, además de señalar la capacidad hidroeléctrica instalada, potenciales: brutos e identificados, en proceso de estudio y factibles, de donde se deduce que la cuenca del Río San Pedro tiene un potencial identificado de 1,558.4 GWH/año, lo que significa aproximadamente un 23% de potencial identificado para las cuencas de la vertiente del pacífico norte entre los Ríos Piaxtla y Mezquital que es de - - 6,807 GWH/año.

1.3. Método de Trabajo.

Para el estudio de proyectos hidroeléctricos se sigue un proceso continuo de trabajos que se realiza en cuatro etapas progresivas que son: Identificación, Gran Visión, Prefactibilidad y Factibilidad, que se describirán brevemente.

IDENTIFICACION.- Se hace una selección de proyectos sobre planos topográficos escala 1:50,000; se prevén impedimentos técnicos basándose en factores geológicos, topográficos, hidrológicos, sociales, etc.; se hacen estima

ciones de la potencia media, generación media anual y costo de la obra. Esta etapa se realiza en campo mediante reconocimientos aéreos de la zona, efectuados por ingenieros civiles y geólogos que por lo general, colaboran conjuntamente en el trabajo de gabinete.

GRAN VISION.- En esta etapa se obtienen datos topográficos más precisos (escalas 1:10,000 y 1:20,000), se realiza un reconocimiento geológico regional visitando en especial las zonas del vaso y la cortina. Se analizan los impedimentos técnicos por proyecto, dando una ubicación tentativa de las estructuras principales (vertedor, casa de máquinas, obras de desvío, etc.). Se localizan las zonas afectadas por el embalse observando la infraestructura y condiciones especiales de construcción.

También se detectan problemas específicos para planear el tipo de estudios que nos conduzcan a la obtención de soluciones adecuadas para atacar o prevenir dichos problemas.

PREFACTIBILIDAD.- Esta etapa consta de levantamientos geológicos a detalle ayudándose con los resultados de algunos estudios geofísicos, se hace topografía del vaso, los probables ejes de la cortina para determinar las cur-

vas elevaciones-áreas y elevaciones-volúmenes del vaso y la curva altura de la cortina-volumen de los niveles características de la presa (namo, namino, name) así como los beneficios por generación (energías de pico y base, potencia garantizada, etc.). Se hace el cálculo de la avenida de diseño para obras de excedencia y desvío, el diseño de obras y equipo electromecánico calculando así el costo de las partes de la obra, para obtener indicadores económicos y evaluar los proyectos, reclasificándolos y proponiendo un programa de estudios especiales que incluyen modelos hidráulicos y exploración geotécnica en el sitio.

FACTIBILIDAD.- Esta etapa comprende la realización de estudios definidos en prefactibilidad, haciendo además el diseño preliminar de las políticas de operación del proyecto. Se incluye un estudio geológico a detalle con barrenos y socavones, para hacer un dimensionamiento más aproximado de los principales componentes de la obra y la elaboración de un programa general en el que se defina el orden de ejecución de los diferentes proyectos.

I.4. Objetivos del Estudio.

El presente trabajo tiene dos objetivos principales que son: el proporcionar la información básica necesaria-

para realizar una evaluación geológica de los sitios de aprovechamiento hidroeléctrico seleccionados en el tercio inferior del Río San Pedro, cubriendo de esta forma la fase de Gran Visión contemplada en el proceso de estudios en el desarrollo de proyectos hidroeléctricos, estableciendo zonas de interés para planear los estudios a realizarse en la etapa posterior.

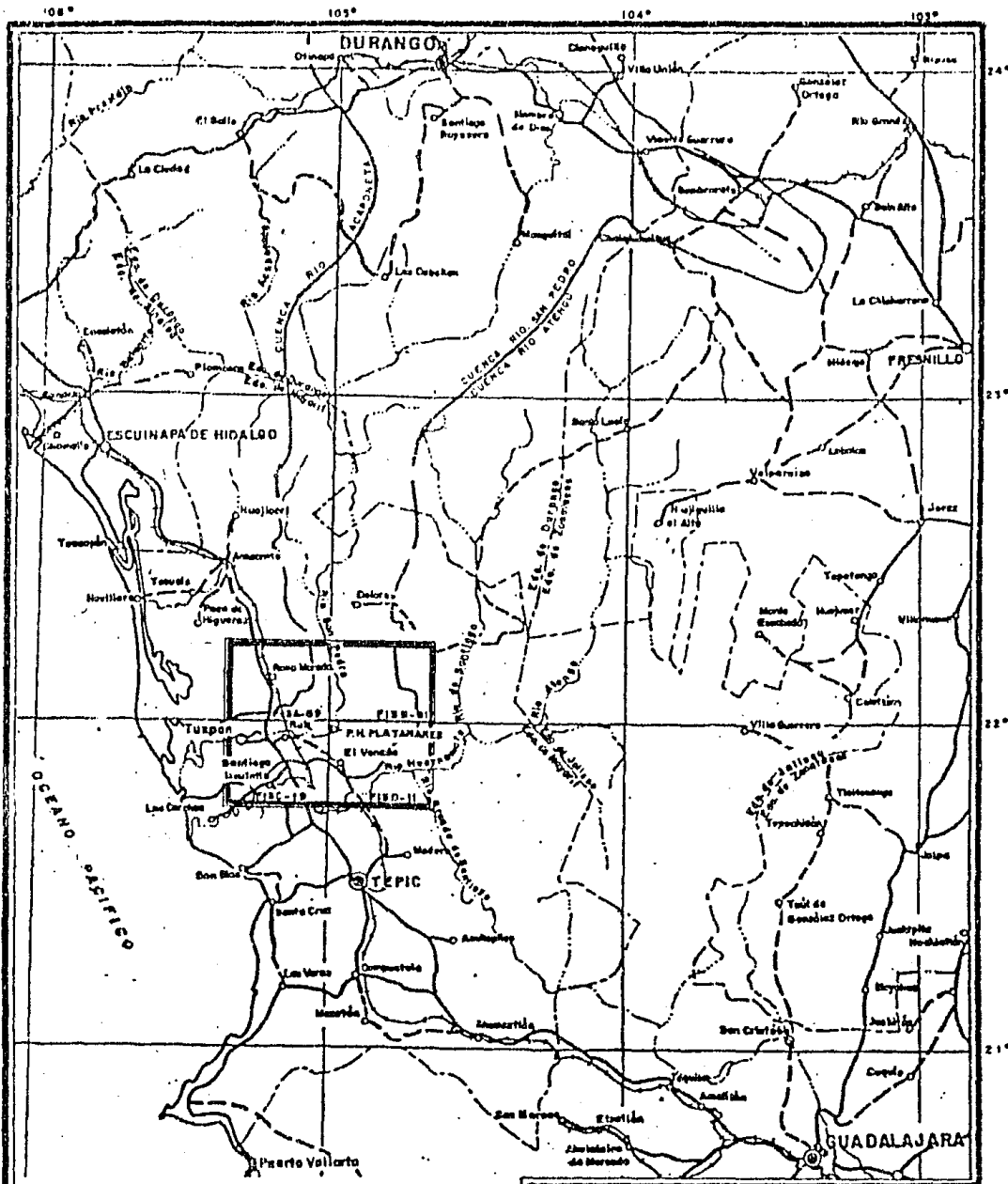
El segundo objetivo es el de presentar los resultados de este trabajo de Gran Visión como tesis profesional.

I.5. Localización y Extensión (Plano 1).

La zona de estudio se localiza en la porción centro norte del Estado de Nayarit y está comprendida entre los paralelos $21^{\circ}45'$ y $22^{\circ}15'$ de latitud norte y los meridianos $104^{\circ}40'$ y $105^{\circ}20'$ de longitud oeste, que ocupan una área aproximada de unos $3,816 \text{ Km}^2$ que corresponden a las hojas Detenal de la región:

Hoja F13D-11 (El Venado)	954.4 Km^2
Hoja F13C-19 (Santiago Ixcuintla)	955.9 Km^2
Hoja F13B-81 (San Pedro Ixcatán)	952.9 Km^2
Hoja F13A-89 (Rosa Morada)	952.9 Km^2

El acceso a los estrechamientos se consigue a partir de un entronque localizado a unos 60 Km de la Carrete



7132-11 HOJA DETENAL ESC. 1:50,000

AREA DE ESTUDIO

ESCALA GRAFICA
0 10 20 50 100 Km.

U
N
A
M

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

LUIS ESCAMILLA PASILLAS SEP/1984

ra Tepic-Mazatlán, llegando a Estación Ruiz, Nay. de la cual parte una terracería en buen estado de 43 Km de desarrollo llegando al poblado de San Pedro Ixcatán de donde por medio de veredas y caminos de herradura se alcanzan los cinco estrechamientos. Entre San Pedro Ixcatán y Agua Caliente, existe una pista de tierra para aviones abandonada. La margen izquierda del Sitio Tecarita (el más superior) es posible alcanzarla a partir de Rosa Morada, Nay., llegando a San Juan Bautista por una terracería de 12 Km y posteriormente por veredas tras un recorrido de 18 Km.

I.6. Flora y Fauna.

Considerando la nomenclatura utilizada por la S.P.P. la región tiene una vegetación de tipo selva media, representada en el área estudiada por: Guanacastes (*Enterolobium cyclorarpum*), Capomos (*Brosimum alicastrum*), Rosa Morada (*Tabebuia alicastrum*), Cedros (*cedrela sp*), Nanches (*Byrosonima sp*), Ceibas (*Ceiba petandra*), etc.

La fauna está compuesta por: Venado (*Ciervus elaphos*), Mapache (*Procyon Lotor*), Armadillo (*Dasybus*), Nutria (*Lutrolyotra*), Puma (*Felis concolor*), Caimán (*Caiman sclerops*) que está prácticamente extinto, además de estos

animales también hay algunas variedades de peces y aves - así como una gran cantidad de insectos.

I.7. Población y Economía.

La zona de estudio se ubica en los Municipios de Rosa Morada y Ruiz (principalmente), alcanzando entre ambos una población de 54,990 habitantes (censo 1980) de la cual tan sólo un 27.4% es económicamente activa, siendo su actividad principal la agricultura y la ganadería, destacando el cultivo de maíz, café, tabaco y el ganado caprino y porcino principalmente. Entre los poblados principales de la zona se encuentran además de Estación Ruiz y Rosa Morada, El Venado, El Zopilote, San Pedro Ixcatán, San Juan Corapan y San Juan Bautista.

II. F I S I O G R A F I A

II.- FISIOGRAFIA.

II.1. Climatología.

Considerando la clasificación de Köppen, en la región de la cuenca baja del Río San Pedro impera un clima de tipo cálido sub-húmedo AW_2 (W) con un rango de temperaturas que oscila entre los 21°C y los 22°C en el mes de febrero y entre 28°C y 29°C en el mes de agosto, siendo el más frío y el más caluroso respectivamente, teniendo una temperatura media anual superior a los 22°C .

La zona estudiada está comprendida entre las isoyetas 1,200 y 2,000 mm. de precipitación media anual, con escasa lluvia invernal.

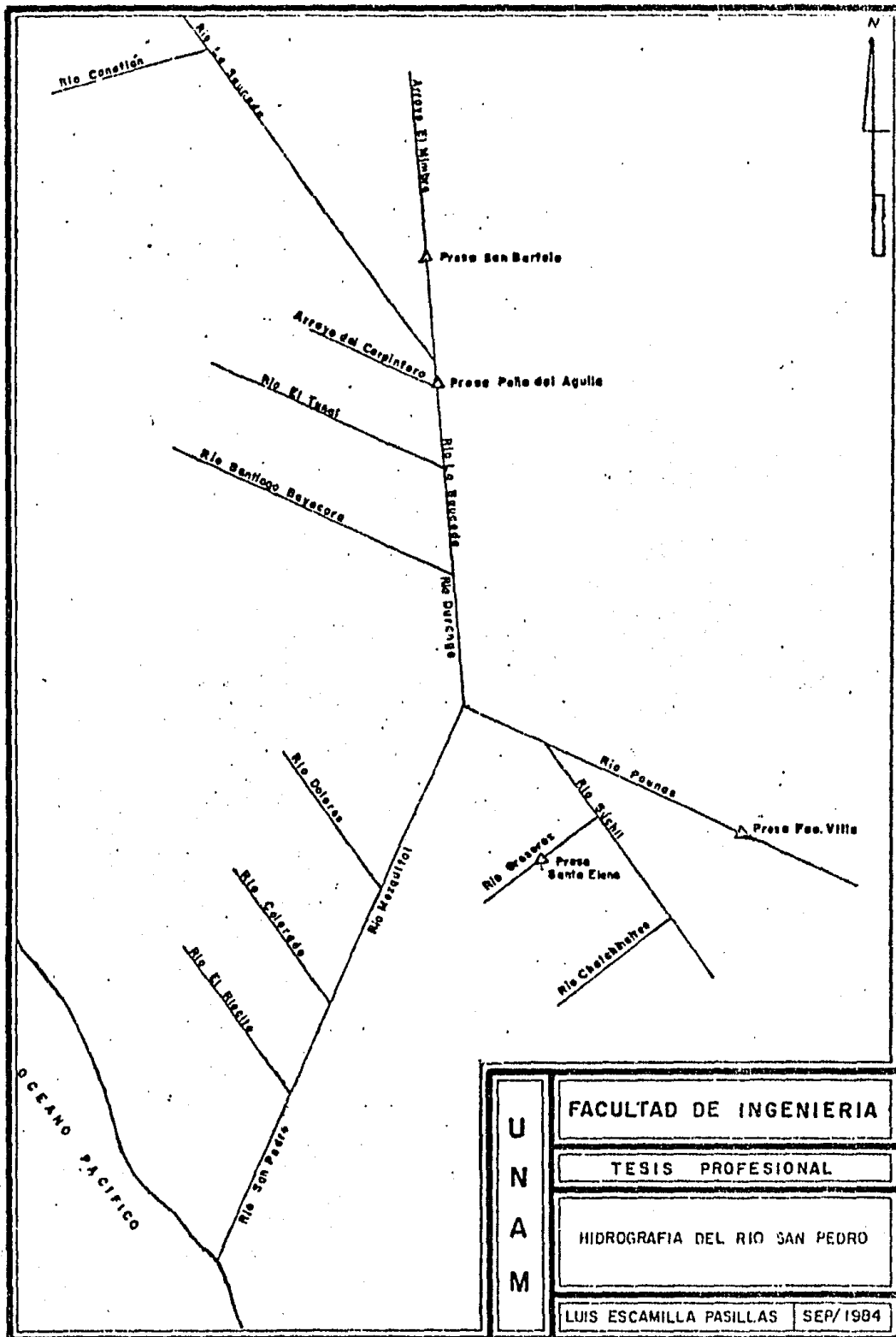
II.2. Hidrología.

II.2.1. Descripción de la Cuenca.

La cuenca del Río San Pedro se desarrolla en la porción media de la Vertiente del Pacífico, hacia la parte sur del Estado de Durango y al norte de Nayarit. Drena, juntamente con el Atengo, el Bolaños y el Juchipila, el extremo sur de la Sierra Madre Occidental y desemboca en las marismas de la Laguna Grande de Mexcaltitán en la Planicie Costera de Nayarit, habiendo drenado un área de - -

30,300 Km², aproximadamente el 1.5% del Territorio Nacional. Esta cuenca se encuentra confinada al norte por la del Río Nazas,; al sur por la del Río Santiago; al oriente por la de los Ríos Nazas, Atengo y Huaynamota y al occidente por las de los Ríos Presidio, Acaponeta, Cañas y el Océano Pacífico.

En una forma muy general, esta cuenca presenta la forma de una columna de vapor (Esquema 1), con su "tallo", de ascenso con dirección sur-norte y su "copa" con un eje NW-SE. En esta "copa" se encuentran los dos afluentes más explotados de la cuenca, La Sauceda - Durango y Súchil, -- pues están captados por las presas Peña del Aguila, Guadalupe Victoria, San Bartolo, Francisco Villa y Santa Elena. Con estas presas se irrigan alrededor de 10,000 Ha. y se abastecen de agua potable algunas de las poblaciones más importantes de la región. Esto origina un buen consumo de agua de la cuenca, por lo que cerca de Nombre de Dios, donde se unen estas dos corrientes para formar el Río Mezquital, el cauce lleva poca agua. Por otro lado, el Malpais de la Breña y áreas cercanas, con basaltos recientes y -- otras rocas permeables, al parecer subterráneamente drenan hacia el NE a la cuenca del Río Nazas, lo cual también parece contribuir a que esta gran área de la cuenca aporte -- poco caudal al Río San Pedro.



U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	HIDROGRAFIA DEL RIO SAN PEDRO
	LUIS ESCAMILLA PASILLAS SEP/1984

FIGURA 3

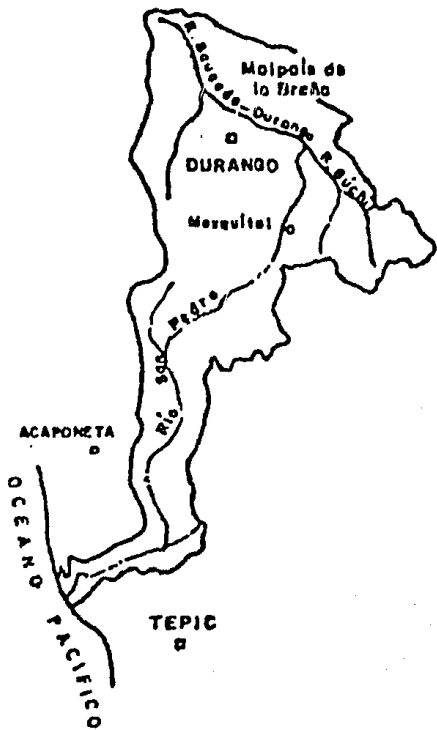
Aguas abajo, en el sitio denominado Xoconostle, el Río se encañona y no vuelve a presentarse ningún terreno plano susceptible a ser irrigado, hasta aguas abajo del Estrechamiento Platanares, cerca del pueblo El Venado. -- Por lo tanto, éste es el tramo del Río favorable para los estudios de Gran Visión que se vienen realizando, así como la porción de la cuenca que más caudal aportaría a algún futuro almacenamiento.

II.2.2. Modelos de Drenaje.

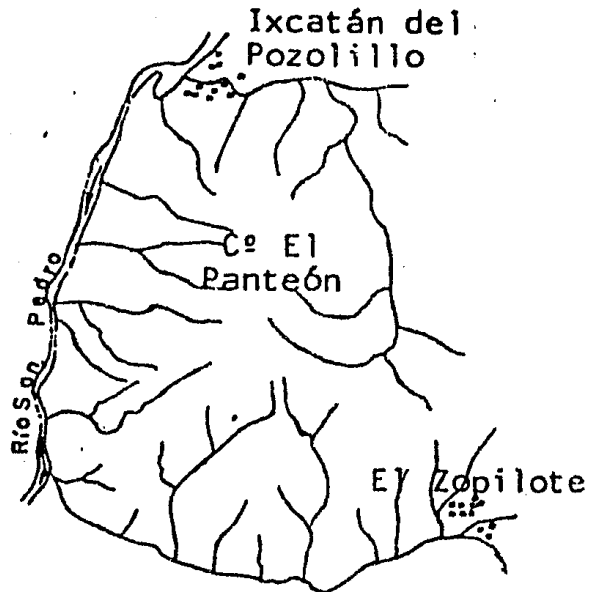
Con respecto a los arroyos, en el área estudiada se diferenciaron 3 tipos de modelos de drenaje.

II.2.2. a) Modelo Radial Divergente y Anular.- (Esquema 2). Es una unidad en donde los arroyuelos menores - parten de un centro común y escurren en direcciones radiales divergentes. Algunos son cauces únicos, otros se ramifican en modelos angulares o dendríticos; estos últimos -- con cierta frecuencia tienen ramas curvas en forma de pinzas o ganchos, lo cual sugiere la posible existencia de domos de exfoliación (por intemperismo).

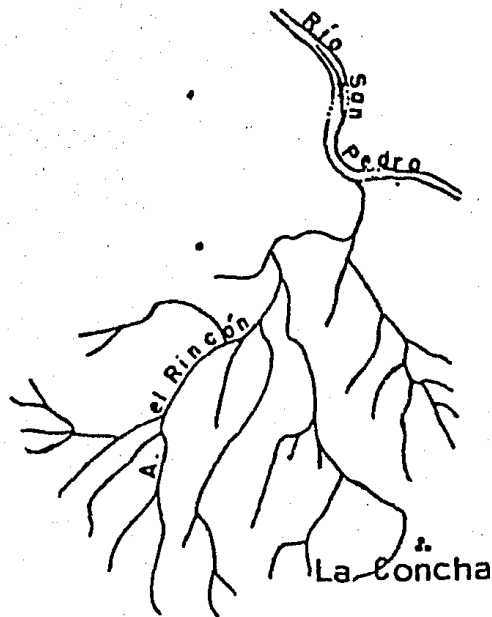
II.2.2. b) Modelo Dendrítico en Abanico.- (Esquema 3). Se desarrolla en la margen derecha del Río San Pedro, aguas arriba del Rancho Tecarita. Son arroyuelos numero--



Esquema 1.- Forma de la cuenca San Pedro, en planta.



Esquema 2.- Modelo de drenaje radial divergente y anular.



Esquema 3.- Modelo Dendrítico en Abasco.

sos que descienden en forma radial, concéntrica o subparalela, los cuales se unen para formar dos o tres corrientes principales, las que a su vez confluyen en una cortagarganta antes de desembocar en el Río San Pedro. Los arroyuelos de las cabeceras apenas se están encajando en la roca, lo cual indica que son de generación muy reciente. En estas partes, la forma de las laderas, cóncava hacia arriba, sugiere un origen por derrumbe de grandes masas rocosas inestables. Hoy en día, se interpreta que la ladera está estable, de lo contrario, no se hubieran desarrollado los canales fluviales, sin embargo es posible algunos derrumbes de peñascos, bloques y materiales de menor tamaño, que no impondrían altos riesgos a la futura cortina, pero sí, estos modelos pueden ser importantes productores de azolves.

II.2.2. c) Modelo Dendrítico-Angular.- (Esquema 4). Cubre la mayor parte del área estudiada y está caracterizada por una gran variedad de formas en el detalle, pero que arbitrariamente se han agrupado por mostrar arroyuelos que confluyen desde la forma angular aguda hasta la rectangular muchos son rectos, pocos son ondulados en planta; varios muestran meandros pequeños, pero de "vueltas" muy forzadas, anómalas. Si se toma como eje de simetría al arroyo principal de una cuenca tributaria menor,-

unos son simétricos pero la mayoría son asimétricos, por ejemplo la margen derecha puede tener una mayor cantidad de escurrideros por Km^2 que la izquierda pero que en ésta sean de mayor longitud que en aquélla.

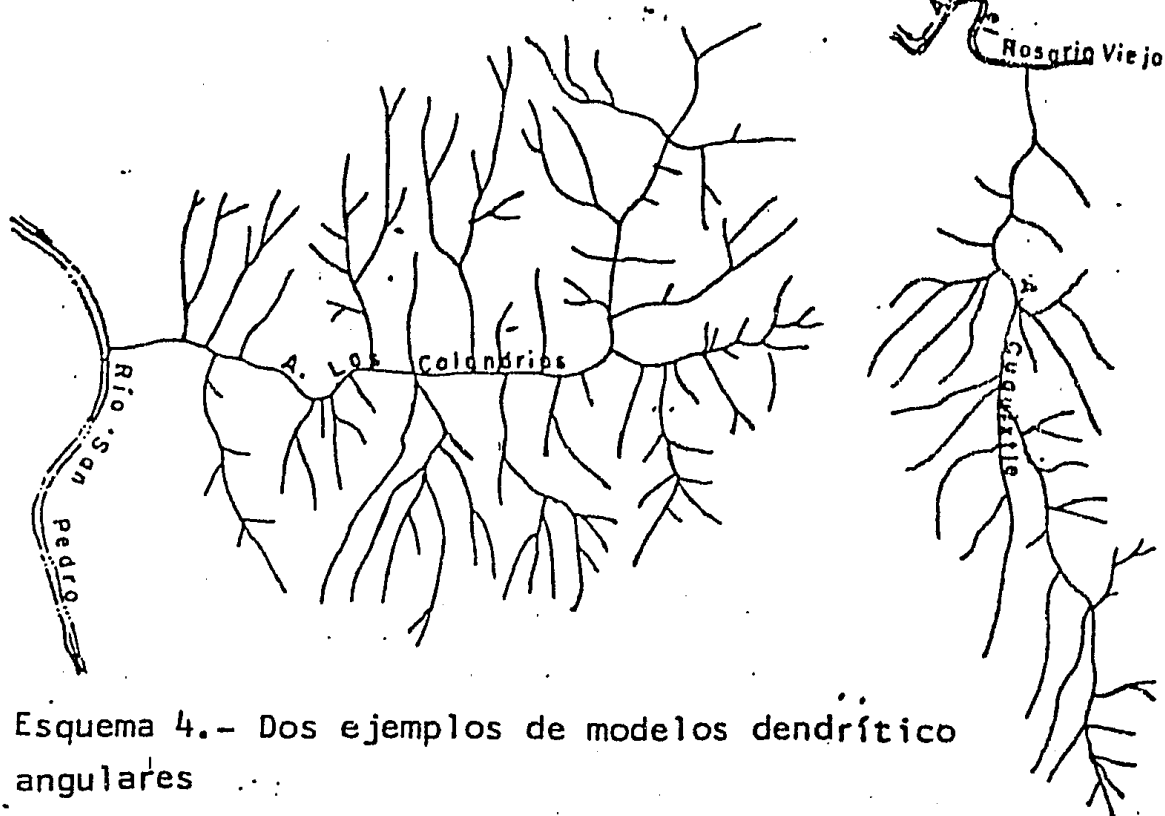
Como se alargaría demasiado la descripción, se darán algunos conceptos generales que probablemente ayuden en la interpretación de alguna microcuenca en particular.

Los arroyuelos cuando se encajan en suelo o roca generan una forma en planta y en perfiles transversales y longitudinales que están muy relacionadas con las propiedades físicas de dichos suelos y roca, así como de sus estructuras geológicas.

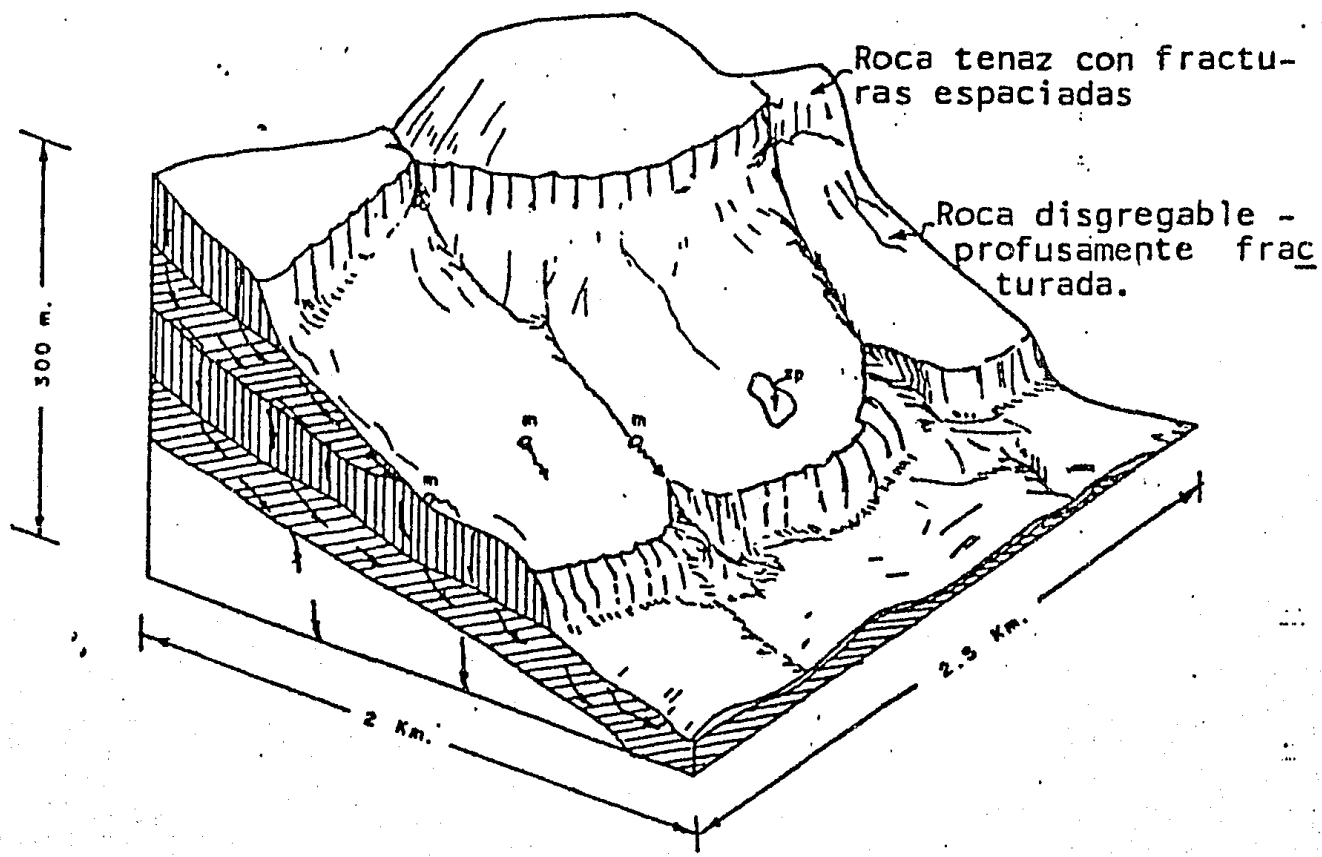
En estos modelos la palabra dendrítico manifiesta - que están desarrollándose en rocas más o menos homogéneas, pero el siguiente nombre ayuda a precisar la característica fisiográfica que lo está generando.

Las palabras angular y rectangular ponen de manifiesto el control del drenaje por fracturas, las cuales se cortan en ángulos desde agudos hasta rectos.

La diferente forma o densidad del drenaje tributario a un arroyo principal destaca la anisotropía a ambos lados de este eje de simetría. Por ejemplo, un lado más-



Esquema 4.- Dos ejemplos de modelos dendrítico angularés



Esquema No.5.- Muestra el sentido de la percolación del agua de lluvia, así como la formación de manantiales (m) y zonas pantanosas (zp).

denso (más escurrideros por Km²) que el opuesto, señala - que la roca es impermeable y más erosionable que en el -- otro.

II.2.3. Movimiento del Agua (Esquema No. 5).

El movimiento del agua de lluvia, al caer sobre la - región presenta tres formas de hacerlo: a.- escurrimiento rápido, b.- escurrimiento retardado y c.- retorno de aguas profundamente infiltradas.

II.2.3. a).- La región presenta desniveles nota - bles, los arroyos con rápidos y cascadas y el mismo Río - San Pedro con pilas, pozos y rápidos que manifiestan la - alta velocidad del escurrimiento, alternados con remansos por el bloqueo parcial que le ocasionan los muy gruesos - sedimentos aportados por los afluentes. Además, las abun - dantes áreas con rocas riolíticas sanas, presentan mucho - terreno desnudo, es decir roca aflorante, así como suelo - vegetal muy delgado, por lo común menor de 10 cm., excep - to al pie de acantilados donde se forma un talud grueso y en aislados depósitos de suelos rojizos, ésto hace supo - ner que la lluvia satura rápido la superficie e inicia su movimiento y entonces su tiempo de concentración debe ser corto.

II.2.3. b).- Con relación al escurrimiento retardado, éste seguramente toma lugar, pero no se sabe en que porcentaje, ni siquiera en términos cualitativos, como se describirá de acuerdo con lo que se ilustra en el Esquema No. 5, donde el paraje en que se presenta consiste en un terreno alto, constituido por rocas sanas, tenaces, que forman acantilados, tienen fracturas muy espaciadas, las cuales a veces forman toscas columnas a través de las cuales el agua se percola con facilidad. Debajo de esta roca, existe otra, con fracturas diminutas, a cada 2 ó 3 cm, casi cerradas, por lo cual su permeabilidad es baja, aunque su porosidad secundaria sea alta. La roca almacena el agua y su movimiento cambia, pues una parte tiende a formar un nivel estático muy local subparalelo a la superficie del terreno y en donde la topografía lo permite, se forma el manantial permanente. Después del primer mes de lluvias, dicho nivel estático se levanta, brotan manantiales a cotas superiores, desde efímeros hasta semipermanentes y en tramos aislados, planos, casi horizontales, se generan zonas pantanosas. Estratigráficamente abajo, se repite más o menos las características geohidrológicas -- arriba mencionadas, con la aparición de manantiales y zonas pantanosas a niveles topográficos inferiores. A esta etapa de percolación, almacenamiento semicolgado y lenta-

descarga se le ha denominado "escurrimiento retardado". - Al parecer ésto es lo que mantiene perennes a la mayoría de los afluentes pequeños y grandes del Río San Pedro.

II.2.3. c).- La última etapa, la del retorno de -- las aguas profundamente infiltradas, se refiere al hecho de haber encontrado tres manantiales calientes alineados, los cuales pueden ser cuatro cuando se localice otro más -- sobre la misma línea, ahora inundada por el Río San Pedro.

Los movimientos tectónicos que generaron fallas y -- fracturas mayores, también produjeron otras menores, con lo cual se integró una red intrincada de conductos subte-- rráneos, por los cuales desciende el agua de lluvia, has-- ta alcanzar el nivel de la roca caliente (antigua cámara-- magmática de donde salieron los materiales rocosos consti-- tutivos del Supergrupo Volcánico Superior). A esa profun-- didad el agua se calienta e incluso es posible que se -- transforme en vapor; así este fluído adquiere gran movili-- dad, desplazándose paralelamente al contacto roca calien-- te-roca fría. Las irregularidades de esta superficie de-- contacto son las que controlan el sentido del movimiento, favoreciéndolo o por el contrario bloqueándolo hacia de-- terminadas direcciones. Los conductos abiertos, como la-

falla que alinea los manantiales termales, facilita el ascenso del agua caliente o vapor a presión, venciendo la carga hidrostática del agua fría. Sin embargo, esta agua fría hace que el posible vapor generado se transforme en agua caliente y salga a una temperatura que quema los dedos.

Se considera que esta estructura abierta es potencialmente un factor muy riesgoso para el comportamiento del futuro almacenamiento, pues las cortinas altas que se han pensado construir, seguramente invertirán el flujo de los manantiales termales y las pérdidas por infiltración en el vaso podrían ser cuantiosas.

II.3. Provincias Fisiográficas (Plano 2).

De acuerdo con la clasificación de Provincias Fisiográficas de E. Raíz (1964), la zona se ubica en las subprovincias de la Altiplanicie Lávica Riolítica y las Es--tribaciones de Piamonte que corresponden a las provincias de la Sierra Madre Occidental y de las Serranías Sepultadas, respectivamente.

II.3.1. Subprovincias de la Altiplanicie Lávica -- Riolítica.

Constituye una larga franja riolítica de longitud -

cercana a los 500 Km, que se encuentra limitada al norte por los Estados Unidos de Norteamérica, al oriente por el Altiplano Mexicano, al sur por el Río Santiago y al occidente por las Serranías Supultadas. Las elevaciones alcanzadas varían entre los 1,830 y 3,050 m, formando altas mesetas con dirección N-S disectadas por valles profundos y paralelos, resultado de la erosión fluvial sobre los diversos tipos de roca volcánica ácida que componen la Sierra Madre Occidental.

II.3.2. Subprovincia de Estribaciones de Piamonte.

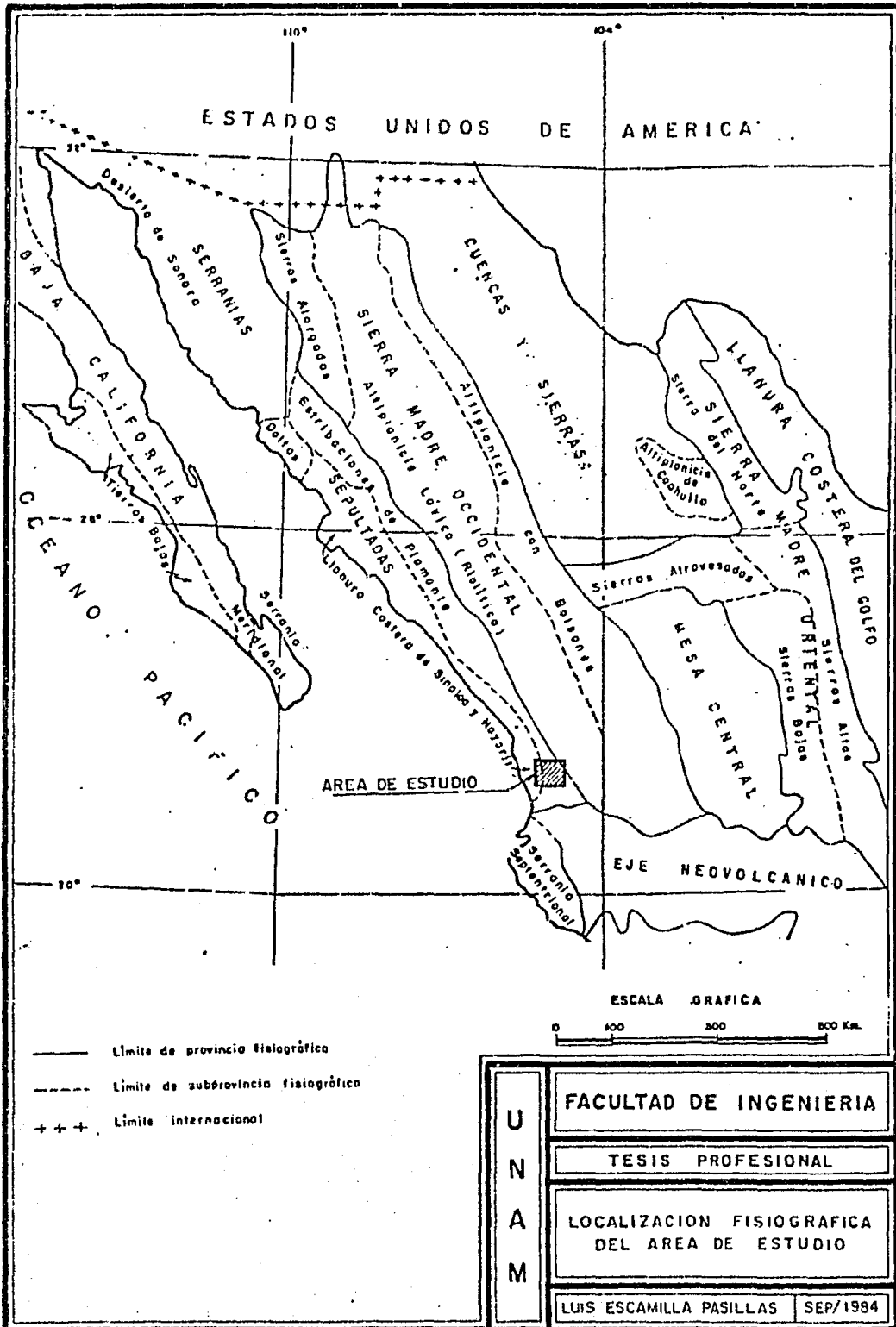
Esta subprovincia se extiende desde el sur del Estado de Sonora hasta la parte central de Nayarit, formando una angosta franja que colinda con la porción occidental de la Sierra Madre Occidental hacia el oriente y con la planicie costera de Sinaloa al poniente, se caracteriza por la presencia de Sierras y Lomeríos parcialmente cubiertos por material erosionado proveniente de la Sierra Madre Occidental, con elevaciones más pronunciadas hacia la porción oriental.

II.4. Geomorfología.

Las serranías que ocupan la vertiente derecha del Río San Pedro, entre El Venado y Tecarita son alargadas,

de forma aguda y perfil transversal asimétrico, con eje - NNW-SSE, en las que las laderas que dan al oeste están -- más inclinadas que las del oriente, mientras que por la - vertiente izquierda (al E de Tecarita) las largas y angostas mesas se encuentran inclinadas con ejes ondulados con direcciones que cambian de NNE-SSW a NNW-SSE.

El relieve característico se encuentra formado por agudos espinazos, mesas, explanadas y cuerpos dómicos que han sido causados por un levantamiento isostático y la -- erosión atacó principalmente al relieve original formado por un terreno riolítico. La región se encuentra en una - etapa geomórfica de madurez temprana en la cual la erosión comienza a ser lateral predominantemente comenzando a cambiar la forma del valle de "V" a "U". Desde el punto de vista geotécnico, ese estado significa que las fallas normales han tenido tiempo para sellarse y soldarse.



III. GEOLOGIA REGIONAL

III. GEOLOGIA REGIONAL.

En este capítulo se consignan los principales aspectos geológicos de la porción inferior de la cuenca del Río San Pedro. En el aspecto litológico, se observaron: una secuencia de rocas metamórficas tentativamente ubicadas en el Paleozóico y dos secuencias de rocas volcánicas una andesítica y otra riolítica, que corresponden al Cretácico superior-Terciario. En el contexto tectónico-estructural, presenta la característica de involucrar la existencia de una caldera, la Caldera del Nayar, que por sus dimensiones es observable en las imágenes de satélite escala 1:1,000,000 de la región y aparentemente está confirmada por la presencia de varios de los elementos superficiales que caracterizan a este tipo de estructuras.

III.1. Estratigrafía.

La distribución estratigráfica de las unidades litológicas observadas en la región se describirá en este subcapítulo, de acuerdo al orden cronológico en que se depositaron, de la unidad supuestamente más antigua a la más joven.

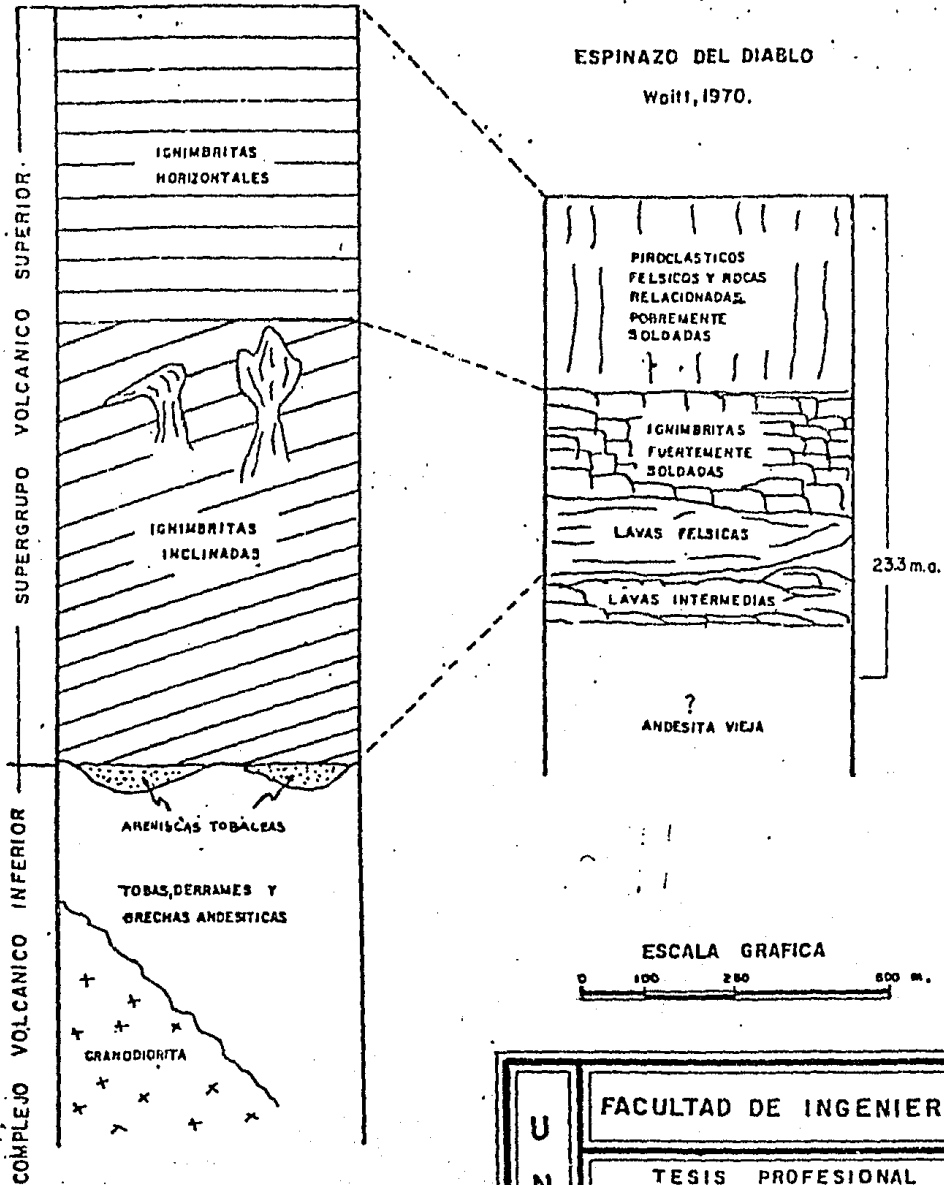
Del análisis de la información geológica previa se desprende que regionalmente para este estudio se encuentra

rán por lo menos tres unidades estratigráficas fácilmente diferenciables, la primera y más antigua son rocas metamórficas del Paleozóico (?) y dos secuencias volcánicas - que van desde el Cretácico Superior hasta el Oligo-Mioceno, que corresponden al Complejo Volcánico Inferior y al Supergrupo Volcánico Superior descritas por McDowell y Clabaugh en 1979.

La secuencia de rocas metamórficas está constituida por esquistos y filitas, que en la Residencia de Estudios Geológicos de los Ríos Baluarte y Presidio de la C.F.E. - la correlacionan con rocas metamórficas cartografiadas en el norte y noreste de Mazatlán, Sinaloa. (Instituto de Geología, 1978).

La primera de las secuencias volcánicas está representada por tobas, derrames y brechas de composición andesítica, completadas por un cuerpo de areniscas tobáceas, que corresponde a la etapa de erosión bajo la cual estuvieron sujetas las rocas andesíticas mencionadas. La segunda consta de ignimbritas riolíticas que descansan discordantemente sobre la anterior, la unidad riolítica se ha dividido para efecto de este trabajo en dos paquetes, ya que el primero de ellos se encuentra basculado hacia el NE mientras que el segundo está en la posición original con que se depositó, casi horizontal. (Ver tabla de correlación estratigráfica).

AREA DE ESTUDIO



ESPINAZO DEL DIABLO
Wolff, 1970.

ESCALA GRAFICA
0 100 200 300 m.

U
N
A
M

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

CORRELACION ESTRATIGRAFICA

LUIS ESCAMILLA PASILLAS | SEP/1984

La columna estratigráfica se complementa con la presencia de un intrusivo ígneo (granodiorita) que al parecer se encuentra subyaciendo, sin intrusionar a la secuencia andesítica del Cretácico Superior-Terciario; conglomerados referidos tentativamente al Plio-Cuaternario; intrusiones desde básicas hasta riolíticas, basaltos, suelos residuales y depósitos fluviales del Reciente.

III.1.1. Rocas Metamórficas.

Estas rocas son las más antiguas encontradas en la región y están representadas por esquistos de la facies - esquistos verdes y filitas. Estos esquistos y filitas presentan segregaciones de cuarzo, tienen esquistocidad, posiblemente corresponde a una secuencia sedimentaria de calizas y lutitas que fue afectada por un metamorfismo regional de bajo grado y quizá también por un metamorfismo de contacto producto de la etapa intrusiva del Cretácico-Tardío.

La expresión morfológica de esta unidad está representada por aisladas lomas de pendiente suave y susceptibles a la erosión y cuyo único afloramiento en el área, se localizó a 25 Km al noroeste de Acaponeta, Nayarit, en El Rancho Las Mulas, en las vecindades de la Estación de Microondas La Muralla.

El personal de la Residencia de Estudios Geológicos de los Ríos Baluarte y Presidio, ubican tentativamente a esta unidad en el Paleozóico, correlacionándola con los amplios afloramientos Paleozóicos mapeados por el Instituto de Geología de la UNAM en 1978.

III.1.2. Complejo Volcánico Inferior.

McDowell y Clabaugh (1979) señalan la existencia de dos episodios de actividad ígnea en la Sierra Madre Occidental entre los Estados de Sinaloa, Durango, Chihuahua y Sonora, pero por su continuidad existe la posibilidad de que se extiendan hacia el sur, por lo menos hasta el Eje Neovolcánico.

El primer episodio se caracteriza por cuerpos batolíticos y rocas volcánicas intermedias que McDowell y Keizer (1977) designaron como Complejo Volcánico Inferior. La estrecha relación de las rocas andesíticas con los intrusivos a lo largo del flanco occidental de la sierra sugiere, aún sin estar demostrado, un origen común. En localidades donde las rocas intrusivas están en contacto con las extrusivas andesíticas, estas últimas casi siempre son más jóvenes. Pero en una localidad al norte de Sinaloa, las andesitas están afectadas por un intrusivo

granodiorítico (Hisazumi, 1929, in McDowell y Clabaugh -- op. cit).

En el área, la secuencia andesítica en las localidades estudiadas comprende en orden decreciente de abundancia; tobas, derrames y brechas andesíticas y un cuerpo de rocas sedimentarias que representa la fase final en el emplazamiento del Complejo Volcánico Inferior.

Las tobas son litocristalinas de textura porfídica, poco consolidadas y deleznales; los líticos son de composición andesítica, de hasta 5 cm de tamaño, presentando un color gris oscuro; la matriz es vitrofídica, de color gris verdoso a morado, englobando a escasos fenocristales de plagioclasas y hornblendas. Generalmente presentan alteraciones tanto hidrotermales como meteóricas, como son la hematización, propilitización y argilitización (ver -- apéndice Petrográfico M5, M6).

Los derrames consisten en andesitas de hornblenda o piroxeno. Son de textura porfídica, con fenocristales de plagioclasas dentro de una matriz pilotaxítica, predominando los colores entre gris oscuro y negro, con colores al intemperizarse que van de café rojizo a violáceo. Es común la presencia de estructuras amigdaloides donde las-

vesículas se encuentran rellenas por calcedonia o minerales arcillosos. Los derrames también presentan alteraciones como la propilitización que está representada por la existencia de minerales como la epidota, clorita y sericita.

Las brechas están moderadamente consolidadas y formadas por fragmentos andesíticos mal clasificados con tamaños que varían desde 5 hasta 50 cm., son de subangulosos a subredondeados empotrados en una matriz tobácea de grano grueso a fino; la coloración varía de gris verdoso claro a oscuro en la muestra fresca y de café rojizo a verde al estar intemperizada; las alteraciones más frecuentes son la hematización y la argilitización.

Afloramientos y Espesores (Plano 3).

La secuencia andesítica se encuentra ampliamente expuesta hacia el sur y centro del área, cerca de los poblados El Venado y San Pedro Ixcatán, hacia la porción norte se restringen a esporádicos afloramientos como sucede al norte de Rosa Morada, noreste de San Miguel y Huajicori.

En los alrededores de El Venado, excepto en la porción oriental, se tiene el máximo espesor de la unidad, - estimado en más de 900 m, sin conocer su base, los aflora

EXPLICACION

SUELOS

- Al Aluvión
- Sr Suelo residual
- Sp Suelo palustre

ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS

- B Basalto

ROCAS SEDIMENTARIAS

- Cgl Conglomerado

SUPERGRUPO VOLCANICO SUPERIOR

- Rip Ignimbritas horizontales
- Rig Ignimbritas inclinadas
 - Lr Lavas riolíticas
 - Pr Proclásticos riolíticos

COMPLEJO VOLCANICO INFERIOR

- Vs Arenasas lávicas
- A Brechas, lapas y derrames de composición andesítica

ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS

- Gr Granodiorita

SIMBOLOS

- Contacto geológico
- Falla
- Fractura
- Rumbo y echado de la pseudoestratificación 10°-20°
- Carretera pavimentada
- Camino de terracería
- Vía de ferrocarril
- Poblado
- Río
- Estrechamiento
- Geología de semidetalle

ESCALA GRAFICA



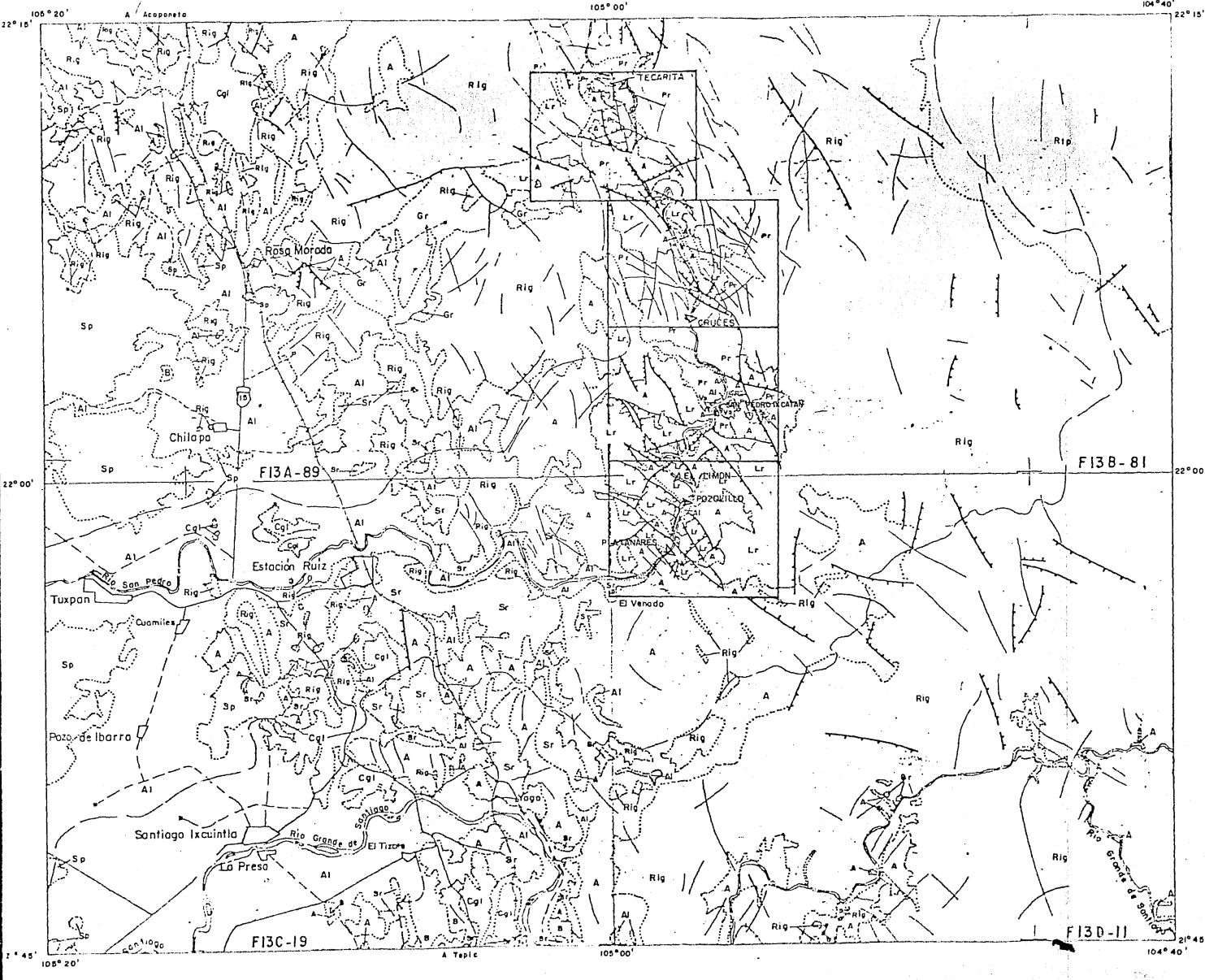
UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

GEOLOGIA REGIONAL
TERCIO INFERIOR RIO SAN PEDRO, NAY.

LUIS ESCAMILLA PASILLAS SEP/1984



mientos son masivos y pseudoestratificados: hacia el poblado de San Pedro Ixcatán se observa un espesor de unos 400 m. constituido por tobas y derrames interestratificados, con una inclinación de 18° hacia el NW que provoca que la secuencia desaparezca bajo la cubierta de ignimbritas ácidas en las cercanías del Sitio Tecarita. En los alrededores de Estación Yago, las brechas y tobas están afectadas por diques de cuarzo, formando lomas bajas que se extienden hacia el norte y noroeste hasta Estación Ruiz, donde ocupan 300 Km^2 de extensión con espesores que varían de 30 a 150 m.

A unos 10 Km al norte de Rosa Morada, las Tobas ocupan 40 Km^2 de extensión ubicadas en la parte baja de la sierra, con espesores de 100 m. sin estar expuesta su base. A 7 Km al oriente de Teponahuaxtla se localiza un afloramiento con una área de 6 Km^2 , a manera de ventana de erosión al ser removida la secuencia volcánica ácida que debió haberlas cubierto.

Contactos.

Existe incertidumbre para definir el contacto inferior debido a que en la mayoría de los afloramientos está oculto y en lugares donde probablemente está expuesto, --

las relaciones estratigráficas son inciertas. En contraste con el contacto inferior, el contacto superior está -- bien definido, observándose en varias localidades de la zona subyaciendo discordantemente a la secuencia ignimbrítica de composición ácida.

A unos 6 Km al oriente de Rosa Morada, se observan tobas y derrames andesíticos que aparentemente descansan sobre un cuerpo granodiorítico, el contacto está cubierto por una espesa vegetación y suelos residuales. Es probable que la granodiorita intrusionese a la secuencia andesítica, aún cuando no se ha observado aureola de metamorfismo alguna.

El contacto superior se observa en ambas márgenes -- del Río San Pedro y está representado por abruptos cambios de pendiente entre las altas lomas de topografía -- suave del Complejo Volcánico Inferior y los cantiles verticales formados por ignimbritas ácidas. Las rocas andesíticas también están cubiertas discordantemente por un conglomerado, en las cercanías de los poblados Mojarritas, -- Estación Yago y Rosa Morada.

III.1.2a Areniscas Tobáceas.

En el poblado de San Pedro Ixcatán, aflora en 1 Km² aproximadamente, un paquete de rocas sedimentarias en estratos de .5 a 3 m de espesor, con coloración verde claro en muestra fresca y grisácea oscura al intemperizarse, la textura es compacta, con estructuras de gradación y -- diastratificación.

Análisis petrográficos (M8), las clasifican como -- arenisca tobácea. Atravesando a estas areniscas, se observaron siete diques de composición andesítica y diabásica, de potencia variable, que probablemente se originaron durante la etapa de emplazamiento de un stock de gabro, localizado a 1 Km al norte de San Pedro Ixcatán. Otros depósitos similares, se observaron en la Ranchería de Mojarras y en La Concha (Estrechamiento Tecarita). Estas areniscas tobáceas, se depositaron en pequeñas cuencas durante un intenso período de denudación, bajo el cual estuvieron sujetas las rocas andesíticas preexistentes.

Edad.

Para las rocas batolíticas que intrusionan rocas -- volcánicas, se han hecho dataciones radiométricas que dieron resultados como: una edad de 65 m.a. cerca de Tayoltii

ta, Durango y 57 m.a. en Pánuco (Henry, 1975), 60 m.a. en Choix, Sinaloa (Clark, 1976) y las más jóvenes se localizaron en Tayoltita (Henry, 1975) con 45 m.a.

Con la extensa cronología mediante los métodos de U-Pb y K-Ar en rocas batolíticas en el sur de Sinaloa, se ha considerado un período de magmatismo continuo para el Complejo Volcánico Inferior, de 102 a 45 m.a. de edad (Henry, 1975), que lo sitúa en el Cretácico Superior y Terciario Inferior (Eoceno).

III.1.3. Supergrupo Volcánico Superior.

El segundo episodio señalado por McDowell y Claiborn (1979), está caracterizado por incluir ignimbritas de composición riolítica y riodacítica, acompañadas por derrames riolíticos y domos fluidales.

En el área, los gruesos paquetes de rocas volcánicas ácidas que constituyen el Supergrupo Volcánico Superior, incluye rocas ignimbríticas y derrames de composición riolítica que están ampliamente distribuidas en la región y que dadas sus características físicas y estructurales, es posible diferenciar dos paquetes denominados de la base a la cima, como ignimbritas inclinadas e ignimbritas horizontales, esta diferencia de posición estructural

nos indican dos eventos magmáticos del Supergrupo Volcánico Superior.

III.1.3a Ignimbritas Inclínadas.

Estas ignimbritas son de composición riolítica y riodacítica con aspecto masivo y columnar, presentando diversos grados de soldamiento y devitrificación, el color varía de gris claro a rosáceo e intemperizan a café rojizo, tienen un rumbo de echado de N25°E con 25° a 30° de inclinación.

Hacia la base de este paquete, se observan gran cantidad de fragmentos líticos de hasta 5 cm de tamaño, que consisten en ignimbritas y riolitas predominantemente y en algunos casos de andesitas. Hacia la cima, los líticos disminuyen y los fragmentos pumicíticos se incrementan en número, en general están colapsados con colores de gris oscuro a negro dando a las rocas, estructuras eutaxíticas y texturas vitroclásticas que indican soldamientos moderados a fuertes.

En sección delgada se observan como minerales esenciales a fenocristales de cuarzo, feldespatos alcalinos y oligoclasa, como accesorios a biotita y magnetita y como secundarios abundantes arcillas. La matriz consiste en es

quirilas de vidrio devitrificadas a feldespatos alcalinos-
con texturas axiolíticas como relictos (ver apéndice pe-
trográfico, M2, M3, M4).

Afloramientos y Espesores (Plano 3).

Esta unidad junto con las ignimbritas horizontales ocupan la mayor parte de la región, aflorando desde el extremo sur hasta el extremo norte en forma casi contí--
nua, habiendo algunos afloramientos aislados que ocupan las partes bajas y estribaciones de la sierra.

Al norte de San Pedro Ixcatán se observa una serie de ignimbritas escalonadas con un soldamiento fuerte y un espesor estimado de 1,100 m de la base a la cima; al oriente de San Miguel y en localidades cercanas a Teponahuaxtla, se estimó una potencia de aproximadamente 700 m de ignimbritas con soldamiento moderado.

En la porción occidental de la sierra, donde los afloramientos no presentan su espesor completo al faltar uno o ambos contactos, se observan espesores muy variables como en el Cerro de Las Peñas con 200 m; al norte del área estudiada, en las cercanías de Tierra Generosa y San Miguel, con 150 y 250 m respectivamente.

Contactos.

Para esta unidad, ambos contactos están bien definidos. El contacto inferior está marcado por un brusco cambio de pendiente entre las lomas de topografía suave formadas por rocas del Complejo Volcánico Inferior y los -- abruptos cantiles ignimbríticos del Supergrupo Volcánico-Superior. Este contacto se observa al sur de El Venado, -- al norte y oriente de Teponahuxtla. Al norte de la zona de estudio, en San Dieguito de Abajo y San Diego de Alcalá, donde se encontraron las ignimbritas moderadamente -- soldadas descansando discordantemente sobre tobas andesíticas.

Por otro lado, en la margen izquierda del Río San Juan cerca del poblado de San Juan Bautista, las ignimbritas parecen descansar discordantemente sobre un cuerpo -- gronodiorítico que aún cuando está oculto, en la margen derecha el contacto es provocado por una falla y está marcado por un enorme cantil de ignimbritas.

El contacto superior está bien definido, se observan a las ignimbritas horizontales suprayaciéndolas en -- discordancia angular, aún cuando en la mayoría de las localidades el contacto está cubierto por los taludes provo

cados al erosionarse las ignimbritas horizontales. Uno de estos contactos está expuesto al norte del área, entre -- los poblados Paloma Primera y San Pedro de Honor.

Por último, al norte de Santiago Ixcuintla y Rosa Mo rada se observaron conglomerados que cubren ocasionalmen- te tanto a las rocas andesíticas del Complejo Volcánico - Inferior, como a las ignimbríticas del Supergrupo Volcáni- co Superior.

III.1.3b Ignimbritas Horizontales.

Litológicamente, este paquete de rocas es similar - que el anterior descrito, salvo ciertas diferencias como- son el grado de soldamiento que en las ignimbritas hori- zontales son moderados a pobremente soldados. En una loca- lidad al norte del área de estudio se les encontró inte- restratificadas con pequeños horizontes de tobas arenosas, poco consolidadas, en capas de 5 a 10 cm de potencia, con un color que va de gris verdoso a rojizo.

Afloramientos y Espesores (Plano 3).

Los afloramientos de este paquete están restringi- dos a las partes altas de la sierra, formando planas mese- tas con cierta pseudoestratificación horizontal o levemen- te inclinada hacia el noroeste, es probable que la pseudo

estratificación indique diversas unidades de flujo.

Las ignimbritas horizontales afloran al noreste de San Pedro Ixcatán ocupando una extensión de 200 Km², que se prolongan hacia el norte y noreste de la zona de estudio. El espesor estimado en el área es de 500 m desde la base hasta la cima de la meseta más alta de la región.

Contactos.

Este paquete de rocas descansa en discordancia angular sobre las ignimbritas inclinadas y no están cubiertas por ninguna unidad litológica posterior, pero debido a su facilidad a erosionarse, localmente se encuentran cubiertas por suelos residuales.

III.1.3c Lavas Riolíticas.

En el trabajo de semidetalle se pudieron delimitar rocas de carácter lávico riolítico dentro de las cuales se observaron grandes cuerpos subvolcánicos.

La composición litológica de dichos cuerpos es sencilla. Son riolitas con pequeñas variaciones mineralógicas de una localidad a otra y con notables variaciones en cuanto a texturas y estructuras, dependiendo principalmente a zoneamientos producidos por enfriamiento. Las hay de

textura porfídica, con minerales accesorios característicos como la biotita, otras exhiben exclusivamente minerales esenciales como microclina o sanidino y otras de textura afanítica o afírica.

En todas ellas el cuarzo está presente, los líticos están ausentes o muy escasos.

La estructura más evidente la constituye la fluidez, la cual adopta todas las direcciones, desde la vertical hasta la horizontal o combinaciones de ellas y muy frecuentemente con micropliegues que señalan los movimientos relativos de los flujos. Sin embargo, se presentan cambios texturales producidos por enfriamientos relativamente bruscos a graduales, de tal forma que los cuerpos riolíticos presentan zoneamientos evidenciados por riolitas fluidales y masivas hacia el núcleo de los conductos de salida magmática hasta riolitas de aspecto tobáceo en las zonas marginales que frecuentemente alojan líticos de todos tamaños provenientes de las paredes de los conductos.

Edad.

En contraste con el largo intervalo durante el cual se depositó el Complejo Volcánico Inferior, el Supergrupo Volcánico Superior estuvo grandemente confinado a una du-

ración de 3 a 5 m.a. y un rango de edad entre 34 y 27 a.m. Sin embargo, algunos eventos magmáticos persistieron hasta los 23 m.a. (McDowell y Clabaugh, op. cit.).

Con base en todo esto, se considera un intervalo de depósito de las rocas ignimbríticas que va de 34 a 23 m.a. que lo sitúa en el Oligo-Mioceno.

III.1.4. Rocas Igneas Intrusivas.

Existen varios cuerpos intrusivos en la zona, de entre los cuales dos de ellos son los que destacan, el primero y más importante es un intrusivo de composición granodiorítica que se localiza en las vecindades de los poblados de San Juan Bautista y el Bálsamo, el afloramiento de este cuerpo ocupa unos 50 Km² de extensión; la granodiorita tiene textura holocristalina, equigranular de grano medio, con plagioclasas calco-sódicas, cuarzo y feldespatos potásicos como minerales esenciales.

Fisiográficamente, este cuerpo granodiorítico forma lomas bajas de contorno suave y constituye la planicie de inundación del Río San Juan, el cual fue el agente erosivo que provocó su exposición.

No existen evidencias estratigráficas y estructurales de que la granodiorita se encuentra afectando a las secuencias adyacentes y ya que es notable la ausencia de aureolas de metamorfismo tanto en andesitas como en ignimbritas ácidas y que los afloramientos del cuerpo intrusivo ocupan las partes topográficamente bajas, y aunado a todo esto, la carencia de dataciones radiométricas, es posible pensar que la granodiorita se encuentra subyaciendo a la secuencia andesítica e incluso hasta no tener más pruebas que pertenecer al Complejo Volcánico Inferior.

El otro intrusivo importante de la zona, es un stock de grabo (ver apéndice petrográfico, M1), localizado en la margen izquierda del Río San Pedro, a un kilómetro al norte de San Pedro Ixcatán. Topográficamente destaca entre las suaves lomas andesíticas, a las cuales se encuentran afectando.

Además del intrusivo anteriormente mencionado, se observaron otros 22 de ellos, de los cuales 16 son diabásicos, 3 andesíticos y 3 riolíticos. En la porción sur hay 7 diabásicos y 2 riolíticos afectando a rocas del Supergrupo Volcánico Superior; en la vecindad del Estrechamiento El Limón, hay uno diabásico afectando a andesitas; en el cuerpo de rocas sedimentarias hay 7 intrusivos dia-

básicos, poco más al norte a la altura del Estrechamiento Curces, hay 2 diabásicos afectando a ignimbritas ácidas.- Por último en la zona del Estrechamiento Tecarita existen 2 diques andesíticos y uno riolítico intrusionando rocas andesíticas y riolíticas.

La anchura promedio de los diques es de 2 mts. y -- longitudes entre 5 y 50 mts. con tendencia a la verticalidad y orientaciones que coinciden con los sistemas regionales de fallas y fracturas, las cuales son en orden de-- creciente de abundancia, NW-SE, NE-SW y N-S.

III.1.5. Conglomerados.

Estas rocas sedimentarias se piensa se depositaron en pequeñas cuencas y en forma de abanicos aluviales, se encuentran formadas por clastos de rocas ácidas y andesíticas, de tamaño hasta de 30 cm, bien redondeados en una matriz arenosa.

Afloramientos y Espesores (Plano 3).

Los afloramientos de estas rocas están confinados - a las zonas aledañas a los cauces de los ríos y a peque-- ñas cuencas, ocupan una extensión de 34 Km² en la porción occidental de la región; alcanzando al norte de Rosa Mora

da, una potencia de 100 m, pero en general presentan 50 m de espesor.

Contactos.

Estos conglomerados se encuentran cubriendo discordante e indistintamente a rocas andesíticas y ácidas, y están cubiertas por basaltos.

III.1.6. Basaltos.

Los basaltos son de color gris a negro con estructura vesicular y amigdaloides, son masivos y compactos.

Estas rocas ocupan una área de 8 Km² al oeste del poblado Mojarritas, presentando una potencia de 50 m.

Los basaltos se encuentran descansando sobre ignimbritas y conglomerados.

III.1.7. Suelos Residuales y Depósitos Fluviales.

Existen suelos residuales al este del poblado del Venado que están prácticamente convertidos en arcillas y representan la parte meteorizada de la corteza andesítica.

En algunos lugares del curso del Río San Pedro se reconocen dos tipos de depósitos fluviales confinados a las-

partes internas de meandros pronunciados y el otro en proceso de depósitos de aluviones.

III.2. Geología Estructural.

En la región se observaron grandes estructuras como una posible caldera (Caldera del Nayar), fallas regionales (Falla Rosario Viejo), estructuras subvolcánicas (El Naranjo, El Cora, etc.) y discordancias regionales, - - - así como fallas subsidiarias y fracturas.

III.2.1. Caldera del Nayar.

Aquí se postula la existencia de una gran estructura depresiva circular de 140 Km de diámetro, nombrada por la Residencia de Estudios Geológicos de los Ríos Baluarte y Presidio de la C.F.E. como Caldera del Nayar, la que de llegar a corroborarse constituiría una de las calderas -- más grandes en el mundo. Abarca la parte noreste de Nayarit, una pequeña porción del norte de Jalisco, la parte - occidental de Zacatecas y la porción sur de Durango.

A continuación se enlistarán los argumentos para - postular la existencia de esta estructura:

- 1.- El enorme rasgo circular observable en imáge-- nes de satélite escala 1:1,000,000 con los bordes -

norte y oriente bien definidos mientras que el borde sur-occidental está apenas insinuado.

2.- Desniveles topográficos entre elementos intra- y extra caldera, con la parte central presentando elevaciones máximas de 1,800 m y hacia las partes norte y oriente aumentan a 2,700 y 2,400 m respectivamente.

3.- Las fallas anulares limitantes de la caldera coinciden con los ríos y arroyos principales de la región.

4.- La presencia de una gran cantidad de fallas con tendencia a orientarse NW-SE, en la parte central de la estructura de colapso.

5.- En la región se localizaron varios domos riolíticos de grandes dimensiones, que al parecer, están asociados a las fallas limítrofes de la caldera en la porción occidental.

6.- La presencia de depósitos sedimentarios continentales aparentemente acumulados dentro de la depresión provocada por el colapso de la estructura.

7.- La disposición de algunos ríos de drenar radialmente hacia los bordes de la caldera.

8.- La presencia de varios manantiales termales asociados a grandes fallas.

Por otro lado, con la postulación de la Caldera del Nayar se explica de manera lógica el actual cauce del Río San Pedro-Mezquital, ya que ambos ríos constituían cauces y cuencas diferentes. Dada la importancia y magnitud de este evento geológico es recomendable que en estudios sucesivos se enfoque la atención a corroborar o desechar la postulación de esta enorme estructura denominada Caldera del Nayar.

III.2.2. Fallas (Plano 3).

En la región existen cuatro sistemas de fallas de acuerdo a su orientación y densidad de distribución. El sistema principal tiene dirección dominante entre 30 y 70° al NW y longitudes que van de 2 a 7 Km. Los demás sistemas son secundarios, pero en orden de abundancia decreciente son N-S, NE-SW y E-W; todas las fallas reportadas son de tipo gravitacional y una buena parte de ellas fueron interpretadas fotogeológicamente.

De entre las fallas reportadas, hay una que destaca por su carácter regional, la cual se denominó Falla Rosario Viejo. Tiene aproximadamente 80 Km de longitud con -- una orientación NW-SE y afecta por lo menos a cuatro de los cinco estrechamientos estudiados en este trabajo. Encaminamientos al norte del área de este estudio, realizados por Ingenieros Geólogos de la C.F.E., se corroboraron seis fallas en las veredas que comunican a los poblados - Mesa de Pedro con San Blasito y Paloma Primera con San Pedro de Honor.

Una de ellas a medio kilómetro al occidente de Mesa de Pedro, con una longitud de 2.5 Km y una orientación -- N-S; se identificó por el alineamiento de dos arroyos que corren en sentidos opuestos sobre la traza de la falla y esencialmente, por la discontinuidad de las ignimbritas horizontales al chocar con las ignimbritas inclinadas al mismo nivel topográfico. Otras dos se localizan al oriente del mismo poblado, con una dirección N-S y longitudes de 3.5 y 1 Km respectivamente; los desplazamientos están sugeridos por el desnivel topográfico entre los bloques y escarpes que interrumpen la continuidad de las capas ignimbríticas y el emplazamiento en ambas fallas, de diques de composición intermedia. Las tres restantes se locali--

zan a 1, 2.5 y 7 Km y orientación N45W; fueron identificadas por la posición de los bloques de falla, que las ignimbritas que los constituyen están inclinadas hacia el oriente poco más de 15° y éstas generalmente se depositan en pendientes no mayores de 3° de inclinación; la identificación de estas fallas está reforzada por la presencia de brechas en zonas próximas a sus trazas, constituídas por fragmentos ignimbríticos con espejos de fallas.

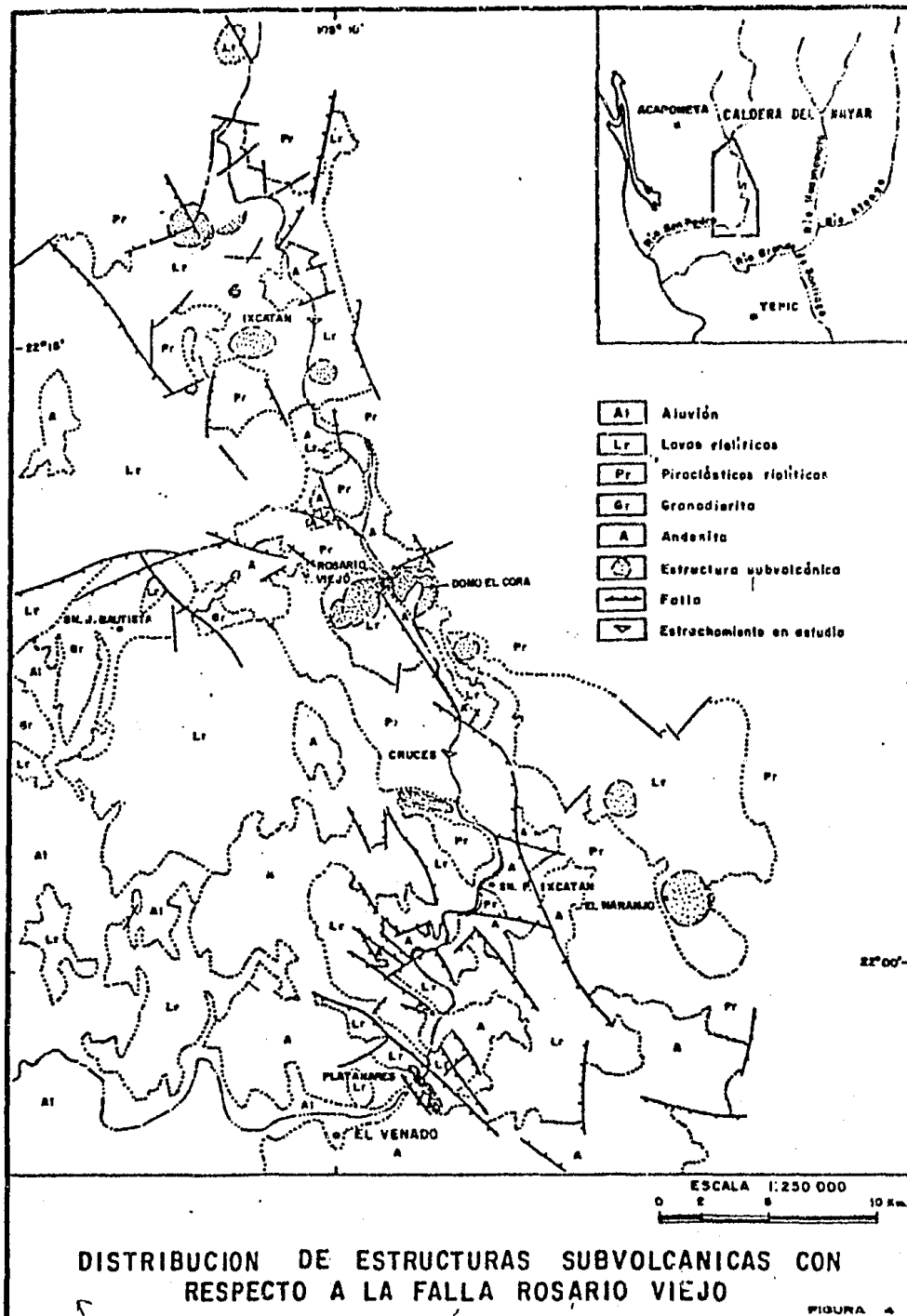
III.2.3. Estructuras Subvolcánicas (Fig.4).

A lo largo del tercio inferior de ambas márgenes -- del Río San Pedro en una superficie de unos 500 Km² y con formando una franja NW-SE de unos 45 Km de longitud, afloran materiales efusivos de carácter lávico riolítico. Dentro de estos afloramientos ocurren varios cuerpos prominentes de forma cupuliforme (en su mayoría truncados por la erosión) y de espinas, los cuales dadas sus particulares características estructurales y morfológicas sugieren cuerpos subvolcánicos, de configuración cómica, ya que -- aunque las bóvedas están erosionadas sus trazas en planta reflejan formas burdamente circulares con echados concéntricos de las laderas, proporcionados por la fluidez que las caracteriza.

En el caso de los cuerpos en forma de espigas, en ocasiones dispuestos a maneras de diques, sugieren también estructuras subvolcánicas en las que únicamente las partes superiores originalmente debieron aflorar a la superficie y ahora con los procesos de denudación han quedado expuestas las partes inferiores.

Se han identificado unas 12 de estas estructuras, cuyas dimensiones van desde 600 m a 2.3 y hasta 5 Km de longitud en sus ejes mayores; sus formas tienden a ser burdamente circulares en proyección horizontal.

Bajo un panorama general, fisiográficamente los cuerpos riolíticos que se tratan, presentan rasgos característicos que los diferencian de otros productos volcánicos. Forman cerros independientes o cordones montañosos prominentes que resaltan de las mesetas inclinadas compuestas de tobas e ignimbritas pseudoestratificadas. Sus cimas son de perfil dentado y sus laderas abruptas que llegan a formar paredones verticales. Con respecto a las áreas que les circundan, los hay de 300 m de altura, llegando a sobrepasar los 1,000 m los más prominentes y con respecto al nivel del mar estos últimos se sitúan en cotas hasta de 1,350 m.



Como ejemplos se mencionarán la presencia de los do mos El Cora, ubicado a 15 Km al oriente del poblado San - Juan Bautista; domo El Naranjo, ubicado a 8 Km al oriente de San Pedro Ixcatán; otra estructura subvolcánica se localiza en el arroyo Tenamanche, atravesando el Río San Pe dro en forma perpendicular. En este cuerpo subvolcánico - se localiza el Estrechamiento Platanares.

III.2.4. Discordancias.

Existen dos discordancias regionales claramente mar cadas, una de ellas es una discordancia de tipo erosional entre las rocas andesíticas del Complejo Volcánico Infe-- rior y las ignimbritas del Supergrupo Volcánico Superior. La otra discordancia es de tipo angular entre las ignim-- britas horizontales que descansan sobre las ignimbritas - inclinadas, ambas del Supergrupo Volcánico Superior.

III.3. Historia Geológica de la Región.

El evento geológico más antiguo registrado en la re gión, es un metamorfismo regional de bajo grado que actuó sobre una posible secuencia de calizas y lutitas dando co mo resultado, esquistos de bajo grado y filitas que están expuestas en el Rancho Las Mulas, Nayarit, asignándole en

la Residencia de Estudios Geológicos de los Ríos Baluarte y Presidio de la C.F.E. una edad tentativa referida al Paleozóico (?).

Para fines del Mesozoico se inició una actividad -- magmática intrusiva de tipo ácido. La edad de estos intrusivos es variable de una parte a otra, en el sur de Sinaloa se han hecho dataciones de rocas batolíticas que documentan un período continuo de magmatismo que va del Cretácico Tardío al Terciario Temprano (102 a 45 m.a.) (McDowell y Clabaugh, op. cit). Esta etapa intrusiva formó valles paralelos con un rumbo aproximado NNW-SSE, rumbo paralelo al que existía anteriormente, esto es, el patrón estructural durante el Terciario quedó controlado por las estructuras regionales preexistentes.

Conjuntamente con la etapa intrusiva, se inició una fase magmática expresada por extravasaciones de rocas andesíticas constituídas por derrames, brechas volcánicas - de composición variable y tobas, las cuales forman la mayor parte de esta secuencia. Tomando en cuenta la homogeneidad litológica así como su gran extensión, se hace difícil pensar en la presencia de pequeños aparatos volcánicos que les dieron origen; por lo que es más factible pensar que el mecanismo por el cual se extravasó este mate--

rial fue por medio de fisuras.

Aparentemente, las intrusiones de cuerpos graníticos a dioríticos continuó afectando así a las rocas andesíticas del Complejo Volcánico Inferior.

Posterior a esta actividad intrusiva, se presentó una reactivación tectónica expresada por el desarrollo de fosas y pilares orientados NW25°SE, que como consecuencia puso en contacto rocas de distintas edades incluyendo intrusivos con cualquier otra roca diferente de la secuencia (Instituto de Geología, 1978).

Para fines del Terciario Temprano, disminuyó notablemente la actividad volcánica y la región quedó sometida a los efectos de la erosión e intemperismo, produciendo depósitos de tipo continental en las zonas de depresiones (San Pedro Ixcatán y Mojarra); consecuencia de la actividad tectónica que estaba por finalizar.

El vulcanismo intenso que produjo las rocas andesíticas del Complejo Volcánico Inferior finalizó en el Terciario Temprano, hace 45 m.a. aproximadamente. A partir del cual comenzó una etapa de no depósito que duró aproximadamente hasta el Oligoceno. Durante esta etapa, las rocas preexistentes quedaron sujetas a una gran erosión que

se vió interrumpida por una reactivación del vulcanismo, - el cual se caracterizó por una serie continúa de erupciones plinianas que originaron las rocas piroclásticas de la Sierra Madre Occidental.

Estas erupciones ocuparon un espacio entre los 34 - y 23 m.a., originando dos grandes paquetes ignimbríticos, el primero de ellos sufrió un basculamiento hacia el NE, - producido por un fallamiento regional. Posterior al depósito de este primer paquete ignimbrítico, se produjo el depósito del otro paquete ignimbrítico, el cual se encuentra en la actualidad en su posición original, casi horizontal.

El fallamiento antes citado, produjo la discordancia angular entre ambos paquetes ignimbríticos del Supergrupo Volcánico Superior, que a su vez descansa discordantemente sobre las rocas andesíticas del Complejo Volcánico Inferior. El depósito de las ignimbritas fue entre 34 y 23 m.a., lo que lo sitúa en el Oligoceno Mioceno.

Durante el Plioceno y el Pleistoceno ocurrió otra etapa volcánica de proporciones ínfimas comparada con las anteriores. Esta etapa está expresada por la existencia de numerosos diques de composición variable que probable-

mente fueron producidos durante el emplazamiento de un -- stock de gabro, localizado al norte de San Pedro Ixcatán.

Para finalizar, ya en el Reciente se depositan pequeños espesores de conglomerados, hay pequeñas extravasaciones básicas y se forman suelos residuales producto del intemperismo. En los meandros formados por las corrientes - de la región, se acumulan depósitos fluviales.

III.4. Geología Económica.

La zona presenta entre sus posibilidades económicas más destacadas las hidroeléctricas, la geotérmica y la minería.

En lo que respecta al aprovechamiento hidroeléctrico, éste es quizá el principal uso que se le dé a la zona, ya que en la porción media del Río San Pedro el agua no - es utilizada debido a la ausencia de zonas de riego, por lo que todo el volumen de agua (2,900 millones de m³), es desaprovechado en su totalidad.

Al realizar este trabajo se identificaron cuatro manifestaciones geotérmicas en el cauce del Río San Pedro y seis más (Ing. Moreno G. comunicación personal) al norte del área, que coincidentemente se alínean con la falla -

Rosario Viejo. Sin duda los movimientos tectónicos que generaron esta falla, también produjeron otras menores que -formó una compleja red de conductos subterráneos por los -cuales descendió el agua hasta alcanzar el nivel de la roca caliente la que al aumentar su temperatura, se convir--tió en vapor, adquiriendo gran movilidad y desplazándose -en conductos abiertos como fallas y fracturas, lo que pro-vocó la presencia de las manifestaciones geotérmicas a lo largo de la falla.

Por lo antes mencionado, es recomendable hacer estudios del potencial geotérmico de la zona ya que la Falla Rosario Viejo conforma el borde suroccidental de la Caldera del Nayar y como sabemos el mayor potencial geotérmico en el país, esta asociado con este tipo de estructuras como -es el caso de Los Humeros, Veracruz - Puebla, La Primavera, Jalisco y Pathe, Hidalgo.

En lo que respecta al área de minería, también es notable la distribución de algunos yacimientos minerales que están al igual que las manifestaciones geotérmicas, alineados sobre la traza de la Falla Rosario Viejo y coincidente mente en las cercanías de cuerpos subvolcánicos. Los que posiblemente actuaron como intrusivos generadores de solu-ciones mineralizantes, en su etapa de consolidación o que

en la circulación de aguas hirvientes principalmente de -- origen meteórico que descendieron a profundidad, se calentaron y disolvieron metales alcalinos como cloruros y sulfuros regresando a la superficie por un sistema de fracturas, depositando el mineral como relleno de fracturas o -- diseminaciones (Tammekand y Figueroa, 1981).

Los yacimientos minerales encontrados en el área son del tipo Hidrotermal-epitermal, generalmente son vetas angostas emplazadas en rocas andesíticas del Complejo Volcánico Inferior. Que como se sabe, es la mejor roca huesped en este tipo de yacimientos.

La mena está caracterizada por sulfuros de plomo ricos en plata, en zinc y algunos valores de oro, en una ganga compuesta principalmente de cuarzo. En el apéndice se muestra una tabla con resultados de algunos ensayos de -- muestras de algunas manifestaciones superficiales de este tipo de yacimientos.

Ya Routhier (1963, in Cepeda D.) hablaba de que las lavas riolíticas estaban poco estimadas en la cuestión genética de los yacimientos hidrotermales, principalmente -- en los de baja temperatura (Epitermales) ya que en muchos depósitos de este tipo no se localizaba el intrusivo generador.

En México existen varios ejemplos de este tipo de ya
cimientos como son Guanajuato, Pachuca y Taxco que inclusi
ve es mesotermal, donde no se ha localizado aun el intrusi
vo generador y coincidentemente en sus cercanías afloran -
rocas volcánicas de composición riolítica.

IV. GEOLOGIA APLICADA A PROBABLES SITIOS
DE PROYECTOS HIDROELECTRICOS.

IV. GEOLOGIA APLICADA A PROBABLES SITIOS DE PROYECTOS HI DROELECTRICOS.

IV.1. Geodinámica Interna

IV.1.1. Vulcanismo

En el área estudiada no existen evidencias de vulcanismo reciente, el que se esperaría estuviera representada por derrames basálticos de los cuales no se observó ningún afloramiento. Cuenca arriba del área estudiada si se ha reportado este tipo de vulcanismo.

IV.1.2. Sismicidad

La porción inferior del Río San Pedro se encuentra - enclavado en la Zona Penesísmica (sismos poco frecuentes) - en la que no se han medido macrosismos pero si frecuentes - microsismos.

IV.1.3. Hidrotermalismo

Este fenómeno se manifiesta bajo dos aspectos, el -- primero corresponde a un hidrotermalismo relativamente viejo que afectó intensamente zonas del Complejo Volcánico Inferior, el ejemplo más claro del cual son los amplios aflo-

ramientos de andesita, "podrida" a tal grado, que hoy se utilizan como bancos de arcillas en las vecindades de El Zopilote, al oriente del Estrechamiento Platanares. Otra variante de este fenómeno es la silicificación de la andesita, con aporte de plata, plomo y oro, presente en cuerpos vetiformes en el Arroyo Las Mojarras, al norte del Estrechamiento Cruces [(Apéndice Mineralógico) Muestras Mojarras 1 y 2 y Caimán 3 y 4] en el Arroyo Tenamanche y en el camino de El Zopilote a San Pedro Excatán.

El otro aspecto del fenómeno que puede considerarse como hidrotermalismo reciente se presenta como manantialismo termal, ejemplo del cual es el asociado a la Falla Rosario Viejo, a lo largo de la que existen tres manantiales (que pueden aumentar a cuatro, al descender el agua del Río San Pedro). En el Rancho Aguacaliente, la roca muestra leve silicificación, mientras que en los dos restantes manantiales, no tiene alteración alguna.

IV.2. Geodinámica Externa

IV.2.1. Estabilidad de Taludes

Los estrechamientos elegidos a nivel de Gran Visión, son estables, lo que a continuación se describirá correspondiente a movimientos de masas en gran superficie y/o gran volu-

men.

En la parte de aguas arriba del Estrechamiento Tecarita y en la parte alta de la margen izquierda, muy por -- arriba del embalse, se produjo un reciente derrumbe de rocas riolíticas.

Sobre la margen derecha del Río San Pedro, aguas -- arriba del manantial termal El Caimanero, la Falla Rosario Viejo debilitó a las tobas riolíticas, al grado de que se derrumbaron. El volumen caído no debió haber sido de consideración, pues el río lo barrió y no quedaron huellas -- conspicuas de su presencia. Sin embargo, ladera arriba de éste derrumbe hay una faja de terreno en aparente equili -- brio inestable.

En los terrenos con pastizal inducido se ha observado que la cubierta de suelo vegetal muestra reptación ladera abajo y aunque el movimiento es muy lento y seguramente no representa peligro por generación de oleaje en el futuro vaso, pero si es importante aportador de azolve, ya que ocupa áreas extensas por toda la región estudiada, en especial en los terrenos del Complejo Volcánico Inferior.

IV.2.2. Intemperismo

En el Capítulo de Estratigrafía se mencionó que las rocas del Complejo Volcánico Inferior estaban muy alteradas a nivel macro-regional y que en las brechas riolíticas del Supergrupo Volcánico Superior, en las cercanías de San Juan Corapan, incluían fragmentos de andesitas con intemperismo esferoidal (alteraciones en capas ovoides concéntricas, como cebolla) lo cual lleva a interpretar que antes del depósito de las ignimbritas riolíticas, las rocas andesíticas del Complejo Volcánico Inferior, en el área de estudio, tenían ya una alteración profunda. A ésta se la han sumado el intemperismo actual de modo que en la bajada a San Pedro Ixcatán, en los alrededores de El Zopilote y cerca de la desviación a la Mina de Los Gringos, la roca está tan alterada que se usa como arcilla para elaborar tabiques, es decir se trata de una roca completamente intemperizada e hinchable. Sin embargo, a nivel algo mayor que el puntal, como para abrir un banco de arcilla se apreciaron cambios laterales a roca muy intemperizada con estructura de roca prensada, poco hinchable hasta medianamente intemperizada, donde la masa alterada rodea a núcleos de roca sana.

Lo anterior presenta ventajas en las excavaciones a cielo abierto como es el caso de la brecha El Venado-San Pe

dro Ixcatán-Santa Cruz del Guaibiel en donde hay cortes hasta de cinco metros de altura en el terreno natural con roca muy intemperizada o completamente intemperizada.

Con respecto a las excavaciones subterráneas la unidad se muestra de difícil predicción, ya que no se logro definir la profundidad del intemperismo, aunque tal vez podría suponerse que burdamente coincide con el nivel de los arroyos permanentes, pues en los arroyos El Naranjo, La Puerta y Mojarras, las rocas afloran inalteradas. Pero también mostraron cambios laterales y verticales de facies, con rocas tenaces, como los probables domos riolíticos (dacíticos y cuarzolatíticos), hasta las capas delgadas semidisgregables de tobas de matriz arcillosa, deformables en estado húmedo.

Las rocas riolíticas del Supergrupo Volcánico Supe -- rior, por lo general se presentan como un material sano o -- cuando mucho con un intemperismo tenue que afecta solo de 1 a 5 mm las paredes de las discontinuidades mayores. Esto generó en la brecha El Venado-San Pedro Ixcatán, que donde -- afloran estos macizos, fueron necesarios los diseños de voladuras de rocas, con el consiguiente incremento en tiempo y costo para su remoción.

En las excavaciones subterráneas no se esperan a nivel de Gran Visión, problemas serios en los sitios elegidos

para la construcción de las cortinas Platanares, Pozolillo, El Limón, Cruces y Tecarita, pues además de la casi ausencia de intemperismo, la roca tiene alta cohesión.

IV.2.3. Erosión

Las cuencas tributarias al Río San Pedro muestran varias modalidades de disección fluvial que no se trataron en el subcapítulo de Hidrología; sin embargo aquí se realiza el hecho de que el volumen de azolves es tan grande en varios afluentes, que el río no los puede remover y se han -- construido estrechas formas de abanico.

La presencia y tamaño de abanicos aluviales en el -- río permitirá jerarquizar las cuencas tributarias que ameriten estudios para la identificación de sitios que requieren obras hidráulicas para la detención de azolves.

IV.3. Geotecnia

En esta parte del trabajo se analizarán desde el punto de vista geotécnico, aquellas características de las rocas del área, que de algún modo tienen relación con la permeabilidad en los estrechamientos, así como las posibilidades de utilización de la roca como bancos de materiales de construcción.

IV.3.1. Porosidad y Permeabilidad

Lo que se mencionará en esta parte del subcapítulo - que es congruente con lo mencionado en el subcapítulo de Hidrología con respecto al "escurrimiento retardado", conviene aclarar que lo que aquí se describe está limitado a las partes que constituirán las boquillas y vasos, donde el intemperismo mecánico que abre fracturas primarias en las capas tiene una influencia mucho menor que en los parteaguas y zonas altas de las laderas. Por otro lado, el criterio - para el uso de la palabra impermeabilidad es similar al de Lugeon, es decir que al usar este calificativo, se quiere - significar que la roca puede permitir el paso de una cantidad de agua que no pone en peligro el almacenamiento.

Algunas ignimbritas riolíticas son muy porosas y -- otras masivas, en ambos casos, las gotas de lava y las es-- quirlas de pómez calientes, después de depositarse, se pe-- gan entre sí, con los cristales y con los fragmentos de roca, piroconsolidándose y cerrando los poros. Entonces, aun las capas más porosas presentan sellados los conductos en-- tre sí y con en exterior. Al enfriarse la masa rocosa, se-- contrae y produce juntas (fracturas con las paredes unidas) por donde el agua que se percola produjo cuando mucho una - película de oxidación y algunos milímetros de alteración --

incipiente cambiando el calor a la roca y disminuyendo levemente su tenacidad. Las capas de aspecto de lodos volcánicos, por su matriz arcillosa, también se consideran impermeables, a pesar de su prolífico fracturamiento diminuto.

Con respecto a las rocas del Complejo Volcánico Inferior, también se consideran impermeables por su alto grado de alteración que genera arcillas. Los escasos afloramientos sanos con fracturas superficialmente abiertas tienden a sellarse en el subsuelo, ya que el agua que se percola está en capacidad de arrastrar arcillas de las partes alteradas que la rodean, así como producirlas por intemperismo químico de los feldespatos, ferromagnesianos y matriz, pero aún las rocas riolíticas tienen bajo porcentaje de cuarzo con respecto al total de la roca y es el mineral que aportaría los elementos arenosos del relleno de las fracturas. La porosidad de estas rocas es muy baja.

En resumen, con respecto a las características primarias de las rocas de las dos unidades estratigráficas mayores que constituyen el contexto geológico regional, no existen temores con respecto a su impermeabilidad.

IV.3.2. Tenacidad y Densidad

En las rocas del Supergrupo Volcánico Superior se en

cuentran dos tipos de extremos con respecto a estas propiedades. El primero corresponde al de una roca sana; son -- aquellas ignimbritas riolíticas, generalmente de color -- blanco, de textura limosa, donde los tamaños de limo co -- rresponden a esquirlas de pómez, poco apretadas por su baja piroconsolidación. El aspecto superficial de las capas es muy engañoso, pues no presentan fracturas en afloramientos de veinte metros o un poco más de largo y parecen muy tenaces porque presentan una capa de 1 a 5 mm de espesor de silicificación superficial por intemperismo.

El segundo tipo corresponde al de una roca sana en los afloramientos cercanos al río y que probablemente sean lavados durante las máximas avenidas, a rocas intemperizadas microfracturadas y semidensas cuando se encuentran a cotas intermedias y cercanas al embalse. Generalmente corresponden a tobas riolíticas de colores rojos. A veces se presenta lajeada, en otras en capas medianas y otras -- más en capas muy gruesas homogéneas; en todos los casos está microfracturada. Estas tobas son tenaces en estado seco, pero disgregables en húmedo, con una densidad media.

Las ignimbritas y brechas riolíticas masivas de colores gris claro, rojo claro y mezclas incompletas de estos colores, generalmente son sanas con una fractura vertical

a cada diez a veinte metros aunque localmente pueden encontrarse a cada cinco metros. Son resistentes a la erosión y por eso constituyen la mayoría de las zonas acantiladas como en los sitios Platanares, El Limón y Tecarita. El calor elevado que conservaron después del depósito ha permitido una buena piroconsolidación y por lo mismo una densidad medianamente alta, lo cual permite que se obtenga de las excavaciones, se pudiera utilizar en las transiciones de la cortina.

Las rocas del Complejo Volcánico Inferior son muy variadas, por lo común de densidad alta, mayor que las del Supergrupo antes mencionado. Sin embargo, las rocas están sanas y tenaces solo en el río y sus afluentes; en las laderas, están tan profundamente alteradas que se han transformado en rocas friables. Los aislados afloramientos de roca sana se presentan como vetas, con un núcleo ancho y sano, en donde se podrían obtener, con adecuados diseños de voladuras, bloques y peñascos; pero hacia los lados, la roca está fracturada a cada 30 a 50 cm por lo que se obtendrá cascajo. Sin embargo, el conjunto es como se dijo, vetiforme y por lo mismo inapropiado para banco de materiales.

La vereda de San Pedro Ixcatán al Sitio Cruces, cor-

ta cerca de la desembocadura de Arroyo La Puerta en el río, un pequeño stock de gabro de color verde oscuro, sano por - cuya textura y elevado porcentaje de cristales de ferromag- nesianos debe tener una densidad muy alta. Las fracturas - forman poliedros irregulares y el intemperismo ha alterado levemente las paredes de la roca a los lados de la vereda. Este es un lugar apropiado para abrir un banco de préstamo que extraiga bloques y peñascos para el enrocamiento de la cortina.

IV.3.3. Discontinuidades

En el área existen cuando menos cinco tipos de estas estructuras: fallas, contactos, facies, juntas y discordan- cias, sin embargo, a nivel regional solo las fallas y frac- turas cartografiadas representan conductos potenciales por donde el agua por almacenar, puede infiltrarse o flanquear la cortina por construir y poner en peligro los almacena - mientos; por lo que se han tomado en consideración para el programa de exploración preliminar de la Residencia de Estu- dios Geológicos de los Ríos Baluarte y Presidio. Dentro de estas destaca con grave peligro real, no potencial, la Fa- lla Rosario Viejo y deberá ser la primera que se explore, - pues de los resultados depende la continuación de las explo- raciones preliminares, así como las modificaciones de la --

etapa de prefactibilidad.

IV.3.3a. Fallas

Las fallas normales Mojarras, Limón de Arriba, Agua Amarilla, San Nicolás, El Zopilote, Pozolillo, La Flecha, Platanares y Espinazo del Diablo, son planos lisos, de 5 a 10 km de largo, cuyos rumbos son de NW-SE a casi W-E. Su característica principal es que son fallas anteriores al Supergrupo Volcánico Superior y sirvieron de conducto de salida a los materiales riolíticos. Los planos presentan echados casi verticales; el respaldo del bajo está ocupado por una masa de roca alterada antigua que ha perdido su estructura original y está sustituida por un lamina_o paralelo a la falla pero soldado y recocado levemente por el material. El respaldo del alto está cubierto con las rocas riolíticas más jóvenes que la falla y la continuación de la falla el Limón de Arriba está insinuada por la alineación de domos armados en material tobáceo.

Las fallas no parecen representar un conducto potencial por donde el agua puede flanquear a la cortina por construir, aunque esta interpretación se deberá confirmar con exploraciones directas. Incluso estas estructuras -- quizá puedan funcionar como un enorme y profundo dente --

llón, como en el caso del Sitio Platanares.

La falla peligrosa es la denominada Rosario Viejo. Es un plano liso de unos 20 km recocidos, con rumbo NW-SE y echado de unos 45° en promedio hacia el SW. El desplazamiento de los bloques es oblicuo y parece haber generado fracturas de tensión abiertas, de rumbo NNE-SSW por donde brotan los manantiales termales Rosario Viejo. El Caimanero y Agua Caliente.

IV.3.3b. Contactos

El contacto stock de gabro-lava andesítica no se ve como una superficie de discontinuidad, es un cambio gradual de textura de la roca a lo largo de la vereda, asociado a cambio de cohesión, muy alta en el gabro y andesita a alta al alejarse del contacto mas de cinco metros.

El aglomerado andesítico y las lavas andesíticas -- alejadas del intrusivo y los afloramientos de aglomerados y lavas riolíticas, no muestran planos de estratificación continuos, solo planos de fluidez que desaparecen lateralmente a los pocos metros de donde se observan. Por lo tanto, tampoco son un peligro al paso de filtraciones.

IV.3.3c. Facies

Un caso especial de discontinuidad se observó en el Estrechamiento El Limón. La roca es una lava riolítica -- con cambios laterales de roca maciza o aglomerática. Presenta la particularidad de tener oquedades desde el tamaño de toronja hasta cuevas por donde un hombre cabe de pie, mismas que probablemente se generaron por el escape de gases cuando la lava fluía como un líquido muy viscoso. La observación se hizo en el mes de julio, ya dentro de la -- época de lluvias y de varias oquedades manaba agua en forma de diminutos arroyelos. Una interpretación positiva de este hecho, puede ser que estos conductos cierren a poca -- profundiad, por lo cual se saturaron con la lluvia y el -- agua escurría con poco retardo; pero la opuesta también es posible, que por haber tenido ya casi dos meses de lluvia, los conductos esten saturados, y por lo mismo, se está derramando el agua percolada.

IV.3.3d. Juntas

Las juntas de contracción por enfriamiento y los planos de flujo, fuera del Estrechamiento El Limón son superficies con sus paredes rocosas bien unidas no permiten el paso del agua dentro de ellas, incluso en El Espinazo del

Diablo del Sur, donde estas superficies son tan numerosas que le dan aspecto lajeado a la roca.

IV.3.3e Discordancias

El plano de discordancia que separa al Complejo Volcánico Inferior del Supergrupo Volcánico Superior es una discontinuidad que muestra a dos paquetes rocosos bien unidos, representando las antiguas elevaciones topográficas y tectónicas. Las partes bajas antiguas no afloran y estos son los lugares apropiados para que en la discordancia, -- existiera una capa, horizonte e incluso una formación de -- areniscas y conglomerados aluviales permeables confinados entre las dos unidades volcánicas. Estos lugares se interpretan suficientemente alejados de los estrechamientos y -- vasos, por lo cual no constituyen un importante paso de -- filtraciones.

IV.4. Consideraciones Acerca de Cada Uno de los Estrechamientos (Sitios).

La información concerniente a los datos generales de cada uno de los cinco estrechamientos, como son sus coordenadas, alturas de márgenes, longitudes de ejes, superficies -- de embalse y posibilidades de generación, están dadas

en las tablas 1, 2 y 3.

Los estrechamientos estudiados: Platanares, Pozolillo, El Limón, Cruces y Tecarita - del más inferior al más superior - se ubican sobre un tramo de unos 30 km del Río San Pedro, en el Estado de Nayarit y se pueden identificar en las Hojas editadas por Detenal, El Venado (F 13D11), -- los dos primeros y en la de San Pedro Ixcatán (F 13B81), - los tres últimos.

En cada estrechamiento se han manejado dos alternativas de altura, en las que excepto el de Tecarita, la mínima correspondería a una cortina sin obras accesorias y tiene lugar en un tramo del río que permite seleccionar va -- rias alternativas de eje, en tanto que la máxima se refie -- re a una cortina con obras accesorias como diques o bordos, en un solo sitio, sin presentar posibilidades de ejes al -- ternativos. En Tecarita ninguna de ambas posibilidades de altura implica obras accesorias. A continuación se da la localización de cada sitio.

ESTRECHAMIENTO	LONGITUD	LATITUD	ALTURA DEL CAUCE (SNM)
Platanares	104°57'42"	21°57'50"	45
Pozolillo	104°57'26"	21°58'51"	47
El Limón	104°57'30"	22°00'05"	52
Cruces	104°57'02"	22°05'15"	70
Tecarita	104°59'00"	22°12'25"	110

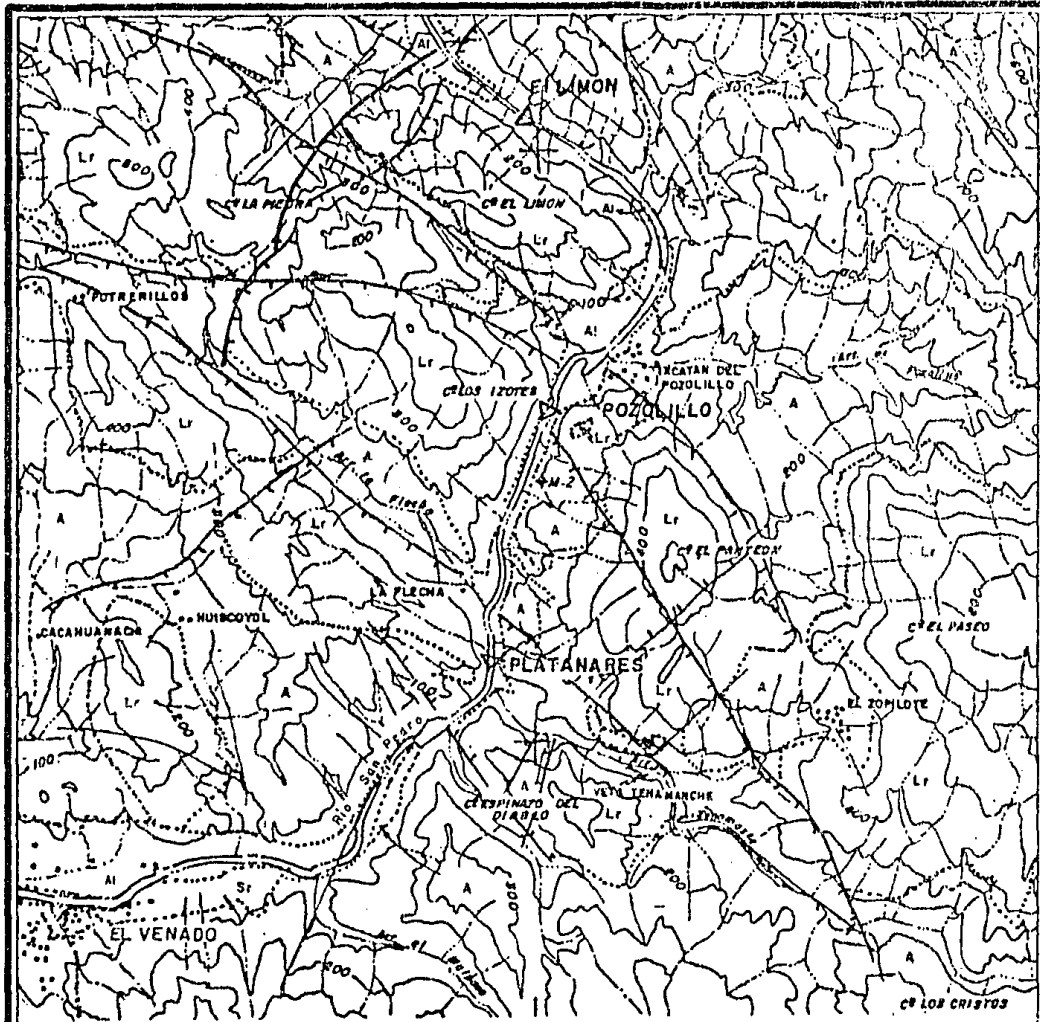
Tabla 1

IV.4.1. Estrechamiento Platanares (Plano 4)

Acceso e Infraestructura

El estrechamiento se encuentra a escasos 27 km de la Carretera Federal No. 15 y a solo 21 km del Ferrocarril -- Central del Pacífico. Está comunicado con Estación Ruíz - poblado que tiene todos los servicios - por una terracería transitable en toda época del año, de 21 km de desarrollo, de los cuales 16 km conducen al poblado de El Venado y los otros 5 km. bordeando la margen izquierda del Río San Pedro, a la desembocadura del Arroyo el Tenamanche, de donde pocos metros aguas arriba de su confluencia con el río, se ubica el estrechamiento.

104° 57' 30"



21° 00' 00"

21° 57' 30"

EXPLICACION

- Aluvión
- Suelo residual
- Lavas piroclásticas
- Brechas, tobos y derrames de composición andesítica
- Contacto geológico
- Falla
- Fractura
- Muestra
- Veta
- Río
- Estrechamiento

ESCALA GRAFICA



U
N
A
M

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

GEOLOGIA DE SEMIDETALLE
ESTRECHAMIENTOS PLATANARES
POZOLILLO Y EL LIMON

LUIS ESCAMILLA PASILLAS

SEP/1984

IV.4.1a. Aspecto Topográfico

Estrechamiento

El estrechamiento está ubicado en un cordón de aproximadamente 5 km de longitud, de los cuales cuatro corresponden a la margen derecha. El cordón está dispuesto perpendicularmente al río, tiene una topografía burdamente redondeada que se eleva gradualmente hacia el NW en donde algunos cantiles alcanzan hasta los 500 m.s.n.m. Longitudinalmente al río, el estrechamiento tiene una longitud cercana a los 300 metros que restringe la ubicación del eje a una sola alternativa.

Vaso

El posible vaso del Estrechamiento Platanares tendría una configuración sinuosa con tendencia a orientarse en dirección NE-SW en el tramo del estrechamiento a San Pedro - Ixcatán y en dirección NW-SE a partir de este poblado hacia aguas arriba.

En el primer tramo sus laderas son altas y abruptas, similares a las de los estrechamientos Pozolillo y El Limón, que se comportan, al igual que el Estrechamiento Platanares, a manera de cordones orientados NW-SE por los que

bajan arroyos perpendiculares al río que son de pendiente pronunciada y de amplia desembocadura, como son La Flecha, El Pozolillo, Agua Amarilla y El Naranjo.

Las laderas del segundo tramo, en forma general, se comportan de suave pendiente por la margen derecha y -- abrupta por la izquierda. Una mayor descripción se menciona en los aspectos topográficos del vaso del Estrechamiento Cruces.

IV.4.1b. Aspecto Geológico

Estrechamiento

El Estrechamiento Platanares está labrado en una -- riolita de textura porfídica y criptocristalina, con estructuras fluidal, esferulítica y amigdaloides, con un alto grado de tenacidad.

Esta riolita se encuentra a manera de dique que corta perpendicularmente al río, con una longitud de aproximadamente 5 km. de los cuales cuatro de ellos corresponden a la margen derecha del Río San Pedro; la anchura promedio de este "dique" es de 1 km, con dirección NW-SE.

La riolita esta controlada por dos fallas paralelas entre sí, una de ellas es la denominada Falla Espinazo --

del Diablo, que se localiza a unos 600 metros aguas abajo del estrechamiento, con una longitud de 3 km, la otra falla se denominó Falla La Flecha, localizada 200 metros -- aguas arriba del estrechamiento, con una longitud de aproximadamente 10 km. Ambas fallas ponen en contacto a las rocas andesíticas del Complejo Volcánico Inferior con las riolíticas del Supergrupo Volcánico Superior.

El estrechamiento presenta discontinuidades de orden menor, como son fracturas y diaclasas. Las fracturas predominantes son de dirección NW-SE y corresponden al -- sistema de fallas descritas y las diaclasas que corresponden a la etapa de enfriamiento de la lava, tienen dos sistemas principales, uno que es vertical de dirección combinada de NW-SE a NE-SW y otro que es paralelo al flujo original.

Vaso

En el tramo del estrechamiento hasta las cercanías de San Pedro Ixcatán, destaca la mayor concentración de -- rocas lávicas riolíticas así como la de piroclásticas y -- lávicas andesíticas, mientras que para el tramo de San Pedro Ixcatán hacia aguas arriba, las rocas piroclásticas -- riolíticas son las que predominan y las rocas andesíticas se ven considerablemente disminuidas y solo afloran por --

fallamientos.

En el embalse esta presente una discordancia regional, que representa una discontinuidad entre las rocas andesíticas del Complejo Volcánico Inferior y las riolíticas del Supergrupo Volcánico Superior. Esta discontinuidad -- consiste en una superficie irregular labrada en rocas andesíticas, representada por un brusco cambio de pendiente, que da idea del paleorelieve existente durante el depósito de las rocas riolíticas.

En la parte baja del posible embalse, desde el estrechamiento hasta San Pedro Ixcatán, esta afectada por abundantes fallas y que hacia la parte media del mismo, a la altura de la Ranchería Mojarras, solo una de dimensiones regionales resulta de otras menores.

Todas las fallas son de salto normal y generalizando, se puede decir que la mayoría tiene dirección NW-SE y que ponen en contacto a las rocas andesíticas del Complejo Volcánico Inferior con las riolíticas del Supergrupo Volcánico Superior. Hacia la parte baja del embalse, las fallas denominadas La Flecha, Pozolillo y Agua Amarilla, entre otras, cruzan el río perpendicularmente y sus longitudes van de 5 a unos 10 km, mientras que una falla de la parte media del vaso (denominada Falla Rosario Viejo) co--

rre por unos 7 km afectando longitudinalmente el río y -- por otros 13 km más a su margen izquierda de los cuales -- todavía 3 km alcanzan a afectar al embalse a la altura -- del Arroyo El Naranjo y de la Ranchería Agua Caliente.

Las fracturas en su mayor parte han sido interpretadas fotogeológicamente. Hacia la parte baja del vaso -- prácticamente están ausentes, obedeciendo tal vez al pre-dominio de las rocas lávicas riolíticas, ya que hacia la parte media y alta del embalse, en donde existen rocas piroclásticas riolíticas, si es notoria su existencia.

Forman tres sistemas que son, en orden de abundancia decreciente, NW-SE, N-S y E-W. Alcanzan longitudes de 1 a 5 km y en general solo afectan las partes altas de la - sierra.

IV.4.1c. Geotécnia

La roca que constituye el Estrechamiento Platanares, es de buena calidad, compacta y tenaz, con una tenue superficie de intemperismo. Su disposición perpendicular - al río a manera de dique, es ideal para la construcción - de una cortina.

Por otro lado, los sistemas de diaclasas, así como

algunas de las fallas que afectan al embalse, constituyen zonas de posible permeabilidad especialmente al Falla Rosario Viejo, ya que se trata de una falla de carácter regional. Además de tener en El Caimanero un manantial termal con flujo de agua todo el año; otro más, al sur de la Ranchería Rosario Viejo y un tercero en la Ranchería de Agua Caliente. Todas las zonas de posible permeabilidad, deberán ser consideradas en estudios futuros.

IV.4.2. Estrechamiento Pozolillo (Plano 4)

Acceso e Infraestructura

Ixcatán del Pozolillo un kilómetro al norte del estrechamiento, es el poblado más cercano, cuenta con energía eléctrica y esta enlazado con Estación Ruíz mediante un camino de terracería de 26 km, transitable todo el año.

IV.4.2a. Aspecto Topográfico

El estrechamiento se encuentra situado a 47 m.s.n.m. y con una separación de márgenes de 50 metros, siendo sus paredes asimétricas, teniendo la margen izquierda (Cerro El Panteón), una pendiente mayor que la margen derecha -- (Cerro Los Izotes). Ambas márgenes se levantan a una al-

tura de 500 y 520 m.s.n.m., respectivamente. En el Cerro El Panteón hay un promontorio que queda situado sobre el eje de la cortina, para la opción de la máxima altura (cota 200) se tendría que añadir un pequeño bordo en el puerto que se forma entre el Cerro El Panteón y el promontorio antes citado.

El vaso que se formaría tendría una forma alargada irregular.

IV.4.2b. Aspecto Geológico

En ambas márgenes del estrechamiento predomina una roca lávica, brechoide y tobácea de composición andesítica, color gris verdoso que intemperiza a gris oscuro, con fenocristales de plagioclasas en una matriz de grano fino y textura fanerítica. Tiene estructura masiva, con numerosas diaclasas en varias direcciones.

Hacia la parte media del Cerro El Panteón, cerca -- del NAME se encuentra en contacto entre la roca intermedia y la ácida, esta última es una roca de color gris rosado intemperizando a pardo oscuro; fanerítica con cristales de cuarzo, feldespatos y plagioclasas, alterada con estructura masiva y fracturada.

Un kilómetro al norte del estrechamiento en cada una de las márgenes del río confluyen sendos arroyos los cuales van formando amplias playas constituidas por gravas y arenas. En la desembocadura de uno de ellos, Arroyo el Pozolillo, se ha formado un abanico aluvial, lo que da idea de la gran cantidad de sedimentos que aporta este arroyo. Sobre el cauce del río se ha formado un islote de 100 metros de largo por 20 metros de ancho.

Estructuralmente el estrechamiento se encuentra dentro de una zona sumamente fallada, entre las cuales podemos citar las fallas Pozolillo, La Flecha, Panteón y algunas más que afectan los cerros El Panteón y Los Izotes.

Otro de los aspectos estructurales importantes son las estructuras cavernosas que se forman en la roca andesítica en la base de ambas márgenes, estas estructuras están acompañadas de numerosos diaclasas en varias direcciones y por las cuales se pudo observar circulación de agua por lo que es conveniente determinar el grado de permeabilidad de esta roca, ya que a este nivel de estudio, este sitio se considera con alta permeabilidad.

IV.4.2c. Geotécnia

Estabilidad de Taludes

En este aspecto anteriormente se había observado una gran cantidad de deslizamiento que afectaban exclusivamente a la roca andesítica a lo largo del camino que une El Venado con San Pedro Ixcatán, más sin embargo, en el último ciclo de lluvias, estas afectaron a la roca de composición ácida y se produjo un gran movimiento de masas en la margen derecha cerca de la cabecera del Arroyo El Pozolillo, el cual produjo bloques de hasta 3 a 4 metros de diámetro.

Bancos de Material

Tanto aguas arriba como aguas abajo del estrechamiento se tienen importantes depósitos aluviales constituidos por guijarros, gravas y arenas. Estos depósitos se encuentran en las desembocaduras de los arroyos El Pozolillo y La Flecha principalmente. Cerca del poblado El Venado, en el Cerro El Panteón existe un banco de material arcilloso.

IV.4.3. Estrechamiento El Limón (Plano 4)

Acceso e Infraestructura

El estrechamiento se comunica con una terracería de 28 km, a partir de Estación Ruíz, Nayarit donde se cuenta con todos los servicios, como por ejemplo agua potable, luz, correo, telégrafo, ferrocarril, etc.

IV.4.3a. Aspecto Topográfico

El lugar del estrechamiento conforma una boquilla casi simétrica flanqueado por dos cerros, el de la margen derecha, con altura máxima de 420 m.s.n.m., llamado El Limón y el de la margen izquierda con 340 metros sin nombre, lo que permite dos elevaciones de cortina, una de 145 metros y otra de 245 metros, que implica la construcción de dos bordos para evitar la fuga de agua. El vaso a la curva acotada 300 tiene una longitud aproximada de 80 km.

IV.4.3b. Aspecto Geológico

Estructuralmente el Cerro El Limón y el otro de la margen izquierda son cuerpos lávicos de riolita bastante tenaz y compacta, delimitados por fallas laterales y en el cauce, y a su vez en este, se observa un fracturamien-

to perpendicular abierto de donde brota manantiales, lo que indica una permeabilidad importante en este sitio.

El vaso está afectado por la Falla Rosario Viejo, de desarrollo regional y que en esta zona se manifiesta por manantialismo termal observado en el poblado de Agua Caliente, en Los Limos, y otro rumbo a Rosario Viejo.

IV.4.3c. Geotécnia

Bancos de Material

En el cauce del Río San Pedro son muy comunes gravas y arenas que se presentan como terrazas y playones aluviales, las primeras son depósitos de sedimentos actualmente abandonados por el río y que solamente durante las crecientes son invadidos por las aguas. Los segundos son sedimentos acarreados y depositados actualmente en el cauce del río, lo que significa que son sedimentos en movimiento. Existen arcillas en el camino El Venado-El Zopilote.

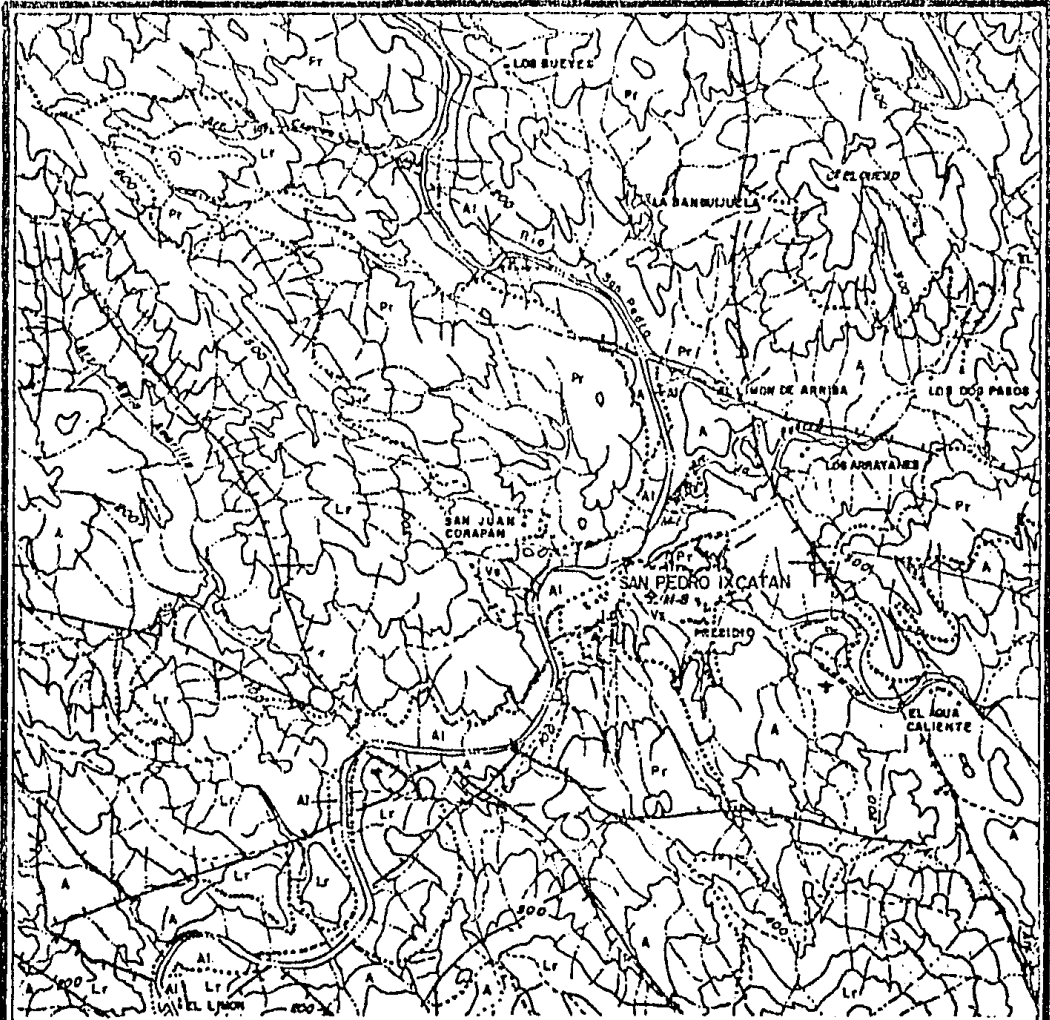
Para bancos de material rocoso se encuentra un afloramiento de gabra, a 1 km al norte de San Pedro Ixcatán de aproximadamente 300 metros de diámetro.

104° 47' 30"

104° 45' 00"

22° 04' 51"

22° 04' 30"



EXPLICACION

- AI Aluvión
- Lr Lavas riolíticas
- Pr Piroclásticos riolíticos
- Va sedimentaria
- A Brechas, lavas y derrames de composición andesítica
- Rocas ígneas intrusivas
- Contacto geológico
- Falla
- Fractura
- Muestra
- Río
- Estrechamiento

ESCALA GRAFICA



**U
N
A
M**

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

**GEOLOGIA DE SEMIDETALLE
SAN PEDRO IXCATAN, NAY.**

LUIS ESCAMILLA PASILLAS SEP/1984

IV.4.4. Estrechamiento Cruces (Plano 6)

Acceso e Infraestructura

A partir de Estación Ruíz, Nayarit, mediante una terracería de 40 km de desarrollo pasando por los poblados: El Venado y El Zopilote, llegando a San Pedro Ixcatán. Esta última población cuenta con energía eléctrica y agua entubada, servicios médicos, una corrida de camión diaria a Estación Ruíz, una pista aérea abandonada y varios lugares utilizables como helipuertos.

Existen dos formas de llegar al Estrechamiento Cruces, una es por el cauce del río, en partes por veredas y en otras por el cauce del río, mediante canoa. La otra forma es mediante un camino de herradura sobre la margen izquierda del Río San Pedro. En ambas formas, la distancia recorrida es de aproximadamente 8 km.

IV.4.4a. Aspecto Topográfico

Estrechamiento

El estrechamiento está labrado en una mesa inclinada hacia aguas arriba, prácticamente perpendicular al curso de río en ese tramo. La sección tiende a la simetría, pre

sentando paredes casi verticales separadas entre sí por -- una distancia de 40 metros.

La mesa tiene una inclinación de 24° , prolongandose hacia la margen derecha produciendo alturas mayores que en el estrechamiento mismo.

Vaso

Generalizando, el embalse del Estrechamiento Cruces tendría una configuración sinuosa con laderas de pendientes suaves en la margen derecha y pronunciadas pendientes e incluso cantiles en la margen izquierda. Las excepciones en ambos casos son los lugares de confluencia de los arroyos principales. Estos arroyos, junto con sus arroyos tributarios, han formado amplias desembocaduras que permitirían a las aguas del embalse penetrar y ocupar sus cauces.

IV.4.4b. Aspectos Geológicos

Estrechamiento

El Estrechamiento Cruces se encuentra localizado en una roca ignimbrítica de composición riolítica que tiene un alto grado de tenacidad.

La roca del estrechamiento es una ignimbrítica riolítica con un soldamiento mayor que moderado, de textura vitroclástica y de estructuras eutaxítica, vesicular y amigdaloides. La apariencia es masiva, pero tiene pseudoestratificación que buza hacia aguas arriba casi perpendicular al curso del río en ese tramo, que es favorable al emplazamiento de cortinas.

La ignimbrita presenta un sistema de diaclasas en varias direcciones, con longitudes variables desde unos centímetros hasta poco más de 20 metros.

Solo una fractura fue detectada en el estrechamiento. Es abierta y afecta a ambos márgenes del río, su disposición es casi perpendicular al curso del río, la longitud es de aproximadamente 500 metros con una separación de paredes de 2 metros, sin mostrar rasgos alguno de movimientos vertical u horizontal.

Vaso

El embalse está prácticamente constituido por rocas piroclásticas de composición riolítica, se encontraron rocas lávicas riolíticas en las rancharías Mojarras y Rosario Viejo y rocas andesíticas expuestas por fallamiento, por lo que están restringidas a pequeñas zonas longitudina

les al cauce del río.

Las rocas piroclásticas, a partir del estrechamiento hacia aguas arriba, están pseudoestratificadas, debido a la alteración cíclica de tobas e ignimbritas, que presentan buzamientos de 25° hacia el NE con rumbo de capas -- NW-SE.

En la zona del embalse se encontraron fallas y fracturas. Las fallas son normales, dos de ellas son de especial interés debido a sus características; las fracturas, en su mayor parte fueron interpretadas fotogeológicamente y se consideran no problemáticas.

Una de las fallas, la más importante del área de estudio, es la denominada Falla Rosario Viejo, que es de carácter regional; tiene longitud reconocida de poco más de 20 km (en el área estudiada), de los cuales siete de ellos afectan directamente el posible embalse del Estrechamiento Cruces, así como el de los estrechamientos, El Limón, Pozo lillo y Platanares. En la zona del vaso, esta falla es -- evidencia por su traza lineal, de dirección NW-SE que va desde la Ranchería Mojarras hasta poco más al norte de la Ranchería Rosario Viejo. Pone en contacto a rocas andesíticas del Complejo Volcánico Inferior con riolíticas del Supergrupo Volcánico Superior.

La otra falla de interés se ubica aguas arriba del estrechamiento, con dirección N-S y al igual que la Falla Rosario Viejo pone en contacto a rocas del Complejo Volcánico Inferior con rocas del Supergrupo Volcánico Superior.

IV.4.4c. Geotécnia

En la tabla 2 se señalan dos alturas de cortinas para cada uno de los estrechamientos. En el caso de Cruces, la altura de 130 metros está considerada para el estrechamiento natural, es decir se manejan las dos márgenes sin necesidad de recurrir a obras accesorias y para ganar una elevación de 15 metros más (altura de 145 metros), implica 250 metros más de corona y la construcción en la margen derecha, de un bordo de 15 metros de altura con longitud de 150 metros para cerrar un pequeño puerto.

Por otro lado, la ignimbrita que conforma el estrechamiento pese a las estructuras vesicular y amigdaloides en zonas restringidas, se le atribuye la calidad de impermeable, apoyándose en la observación de su fuerte soldamiento y de algunas cárcavas (pot-holes) formados en ella, que retienen el agua de lluvia o de las crecientes, hasta su evaporación en el tiempo de estiaje.

Se indicó en las características geológicas del va-

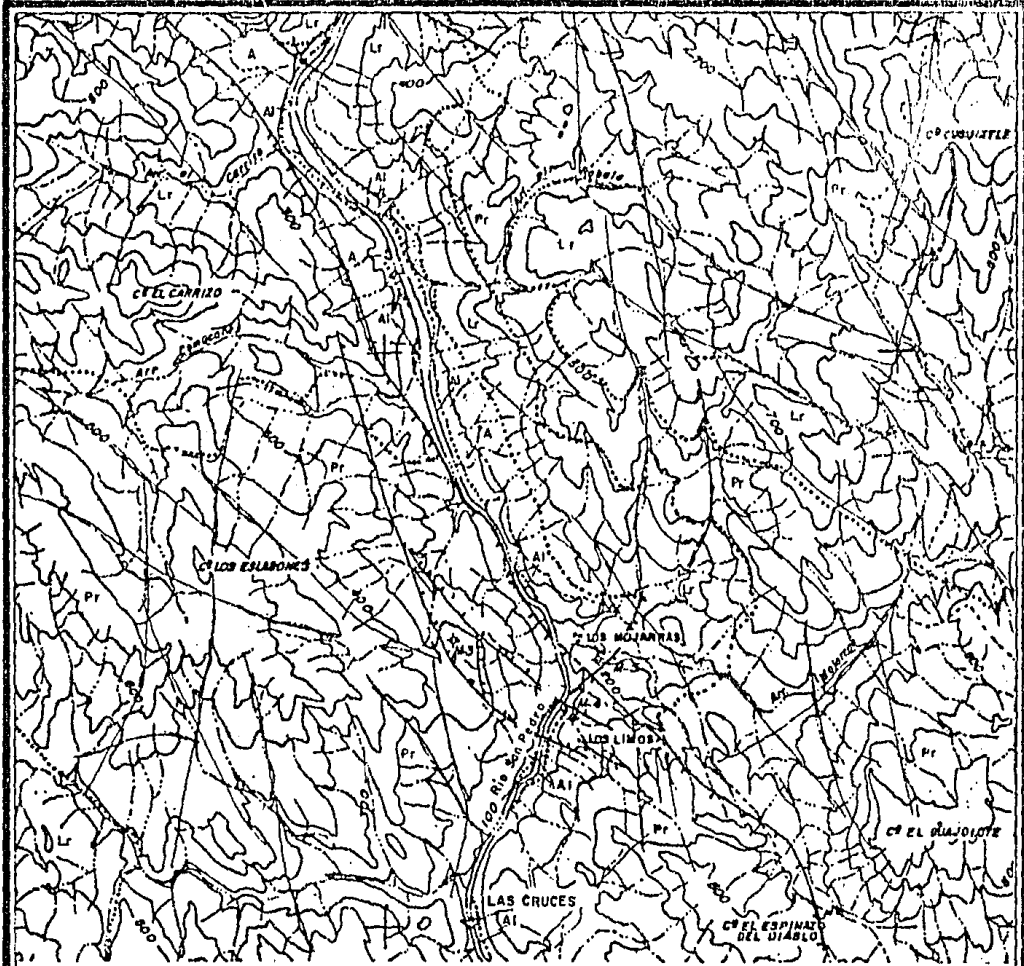
so que a partir del estrechamiento se inicia una alternancia cíclica de tobas e ignimbritas. Así la ignimbrita que conforma el estrechamiento es cubierta concordantemente -- por una toba, posiblemente de origen vulcanosedimentario -- de unos 16 metros de potencia, caracterizada por una intensa oxidación. Es de textura de grano fino a medio y contiene numerosos minerales secundarios. Esta toba tiene la propiedad de estar ávida de agua y con los cambios cíclicos del estado seco al húmedo se disgrega en pequeños fragmentos ovoides, de tal forma que va cavando cuevas y puede poner en inestabilidad las rocas suprayacentes. En caso de construcción de la cortina también hay que considerar a la toba, ya que existe la posibilidad de que al saturarse de agua aumente de volumen y actúe en forma de cuña, -- principalmente sobre la margen izquierda. Por la margen derecha, la toba aflora muy arriba de la posible cortina.

No cabe duda que si alguno de los cuatro estrechamientos, Cruces, El Limón, Pozolillo o Platanares, llegara a pasar a la etapa de prefactibilidad, el aspecto más importante que habrá que analizarse, con geofísica y pruebas de permeabilidad, es la Falla Agua Caliente.

Esta falla es un plano que representa posibilidades de que existan fugas importantes del agua por almacenar, -

104° 57' 30"

104° 55' 00"



22° 07' 30"

22° 05' 00"

EXPLICACION

- Aluvión
- Lavas riolíticas
- Piroclásticos riolíticos
- Brechas, lapas y derrames de composición andesítica
- Contacto geológico
- Falla
- Fractura
- Muestra
- Río
- Estrechamiento

ESCALA GRAFICA



U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	GEOLOGIA DE SEMIDETALLE ESTRECHAMIENTO LAS CRUCES
	LUIS ESCAMILLA PASILLAS SEP/1984

ya que se conoce sobre el río, a escaso un kilómetro abajo de la Ranchería Mojarras en donde la falla se intersecta con otras perpendiculares a ella, la existencia de un manantial caliente (El Caimanero) que en toda época del año tiene flujo, prueba suficiente de que existe permeabilidad. Resta saber cuanta carga hidrostática soporta el plano de falla y si el flujo no se invertiría.

IV.4.5. Estrechamiento Tecarita (Plano 7)

Acceso e Infraestructura

A partir del poblado de Rosa Morada, Nayarit (Km 100 carretera Tepic-Mazatlán), mediante una terracería de 17 km de desarrollo se llega al poblado de El Bálsamo, pasando por San Juan Bautista. Este último tramo es transitable solo en época de secas, partiendo de El Bálsamo, tras un recorrido de 18 km pasando por El Rosarito se llega a 1 km aguas arriba del estrechamiento Tecarita.

IV.4.5a. Aspecto Topográfico

El estrechamiento Tecarita está cerca de la salida de un cañón curvo de 3 km, con paredes muy inclinadas que parten desde el nivel río (110 m.s.n.m.) hasta los 400 --

m.s.n.m. en su parte más alta.

La margen izquierda es más abrupta, con una pendiente promedio de 57° , presentando bruscas variaciones de la base con 90° hasta la cima con 32° . La margen derecha es menos abrupta que la anterior, con una pendiente promedio de 40° con variaciones de hasta 51° casi en la cima y 30° en la cima misma.

Ambas márgenes forman un estrechamiento asimétrico - con la margen izquierda más inclinada que la derecha debido principalmente a que una de las laderas, ha sido más excavada debido al carácter curvo del cañón y a la inclinación de las rocas piroclásticas.

IV.4.5b. Aspecto Geológico

En la zona del estrechamiento, se encontraron derrames y tobas andesíticas interestratificadas presentando ambas, el mismo color y estructura. Los afloramientos de éstas rocas andesíticas, están restringidos a las partes bajas del río San Pedro, quedando cubiertas por ignimbritas riolíticas unos 100 metros aguas arriba del estrechamiento apareciendo nuevamente a 1.5 km aguas arriba por efecto de un fallamiento normal.

Como se mencionó anteriormente, la unidad andesítica esta cubierta por potentes espesores de rocas piroclásticas riolíticas, que forman los abruptos cantiles localizados en la margen derecha del río.

En las cercanías del estrechamiento se localizaron -- tres diques, dos de ellos de composición andesítica, uno -- de los cuales atraviesa el río, el tercer dique tiene una -- composición riolítica. Los tres diques se encuentran afectando a las tobas y lavas andesíticas del Complejo Volcánico Inferior y a las rocas piroclásticas del Supergrupo Volcánico Superior.

En lo que respecto a estructuras, existen dos de -- ellas que son importantes debido a su carácter regional, -- también existen fallas y fracturas de rumbo NW-SE que no es -- tán en las cercanías del estrechamiento, pero no por ésto -- dejan de ser importantes desde el punto de vista estructu-- ral.

La primera de las estructuras importantes, es una dis -- cordancia de tipo erosional entre las lavas y tobas andesí-- ticas del Complejo Volcánico Inferior y las ignimbritas rio -- líticas del Supergrupo Volcánico Superior. Esta discordan-- cia no se observó con claridad en el área del estrechamien-- to, debido a los peñascos rodados que la cubren, sin embar--

go ésta mejor expuesta aguas abajo del estrechamiento, donde aparentemente se trata de una superficie irregular que tiende a conservar un echado regional de 20° hacia el NE.

La otra estructura es una falla normal que pone en contacto a lavas y tobas andesíticas con rocas piroclásticas riolíticas. Esta falla se localiza a 1.5 km aguas arriba del estrechamiento, el cual no se encuentra afectando, pero es probable que afecte al vaso.

IV.4.5c. Geotécnia

El estrechamiento Tecarita presenta discontinuidades no penetrativas como es el caso de la discordancia, el fallamiento normal y los intrusivos que separan dos macizos rocosos con diferentes propiedades como la resistencia y la permeabilidad entre otras.

En el caso de la discordancia, dadas las características geométricas, existe la posibilidad de que fuera una zona de permeabilidad ya que separa dos grandes eventos volcánicos y forma una superficie irregular de erosión.

En lo que respecta a la falla, también existe la posibilidad de que sea una zona permeable.

Los planos de intrusión pueden ser ventajosos, principalmente el del dique riolítico que puede funcionar como una pantalla impermeable dadas las características litológicas del intrusivo.

Otro tipo de discontinuidades, las llamadas penetrativas, están presentes, siendo estas, las pseudoestratificación y el diaclasamiento en las rocas piroclásticas.

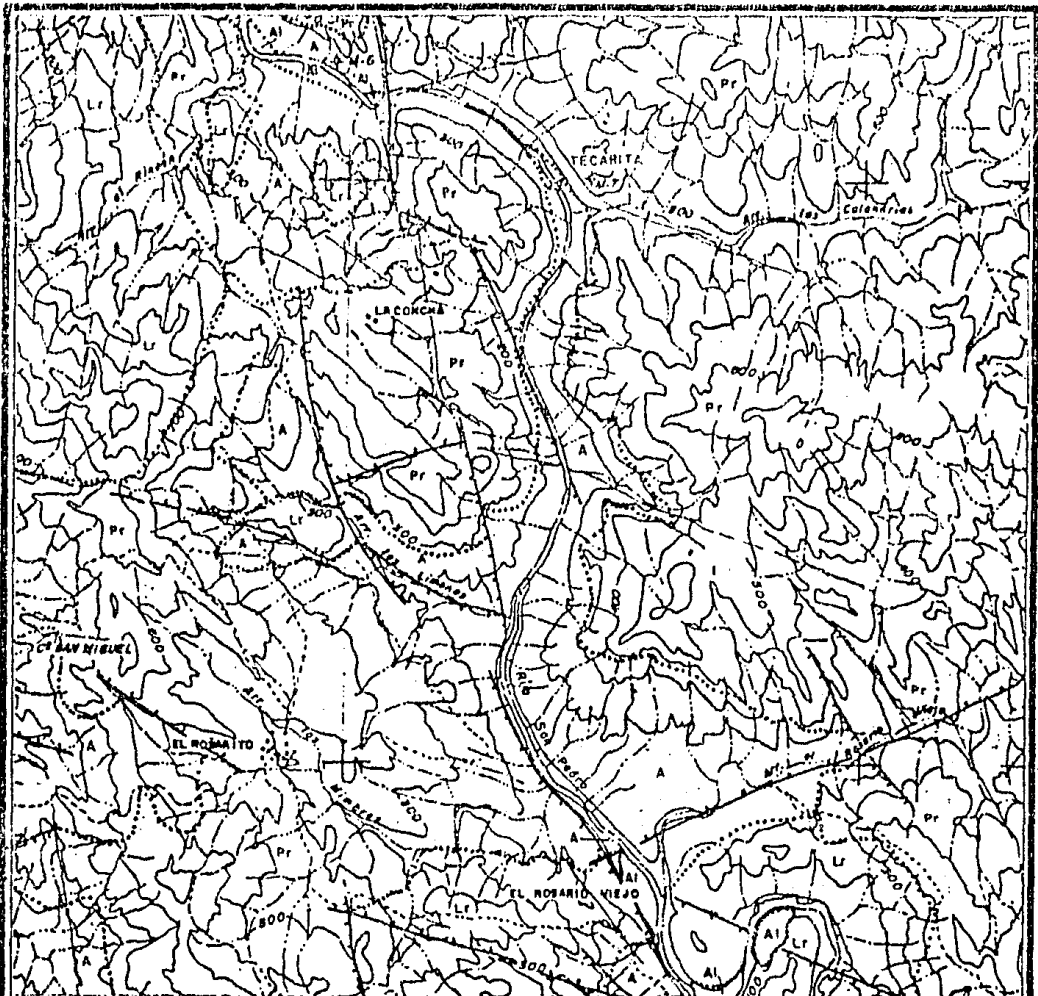
La pseudoestratificación, aunque no es notable, está presente en todo el paquete piroclástico, especialmente en la base y aparentemente no presenta ningún riesgo de permeabilidad.

Por último, el diaclasamiento vertical el cual posiblemente se formó por enfriamiento de la roca en la etapa de formación, no se ve que pudiera tener algún efecto negativo en la impermeabilidad de la roca, sin embargo puede existir otro diaclasamiento de tipo tectónico el cual pudiera formar fracturas abiertas.

Como una consecuencia del diaclasamiento y el efecto de la gravedad, existen varias zonas de inestabilidad de taludes a lo largo del cañón donde se encuentra el estrechamiento, sin embargo, estas zonas son muy pequeñas y no representan ningún problema de azolve.

103° 00' 00"

104° 00' 00"



22° 15' 30"

22° 10' 00"

EXPLICACION

- Al Aluvión
- Lr Lavas riolíticas
- Pr Piroclásticos riolíticos
- A Brechas, tabas y derrames de composición andesítica
- Contacto geológico
- Falla
- Fractura
- + Muestra
- | Río
- | Estrechamiento

ESCALA GRAFICA



U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	GEOLOGIA DE SEMIDETALLE ESTRECHAMIENTO TECARITA
	LUIS ESCAMILLA PASILLAS SEP/1984

TABLA 2.

CARACTERISTICAS MAS IMPORTANTES DE LOS 5 SITIOS ESTUDIADOS

SITIO	ESTRECHAMIENTO			V A S O		AFECTACIONES	INFRAESTRUCTURA
	ALTURA (m)	Long. de eje (m)	CARACTERISTICAS GEOLOGICAS	AREA (km ²)	CARACTERISTICAS GEOLOGICAS		
TECARITA	290*	800	Roca de buena calidad. Discordancia entre andesitas y riolitas, probable zona permeable	140	Algunas fallas y pequeñas zonas de inestabilidad de taludes.	Minimas poblado "San Blasito"	18 Km. de camino de herradura, terracería y a 34 Km. FF.CC.
	190**	400		63			
CRUCES	145*	650	Riolita de buena calidad con rumbo y echado favorable	25	Falla regional con manantialismo termal y discordancia entre andesitas y riolitas.	Mínimas. Sitio Tecarita y Poblado San Blasito	8 Km. de camino de herradura, terracería y a 40 Km. FF.CC.
	130**	400		20			
EL LIMON	245*	1150	Riolita fracturada con fallamiento en el cauce del río..	170	Idéntico al anterior, además con fallas longitudinales y transversales al cauce	Poblado: San Pedro Ixcatán, San Juan Corapan, Cajones, Agua Caliente, Sitios: Tecarita cruces.	6 Km. de brecha terracería, a 28 Km. FF.CC.
	145**	750		60			
POZOLILLO	153*	940	Andesita fracturada con estructuras cavernosas. Discordancia con riolita cerca del NAME.	64	Idéntico al anterior, con azolves.	Idéntico al anterior, más el poblado Ixcatán del Pozolillo y en sitio El Limón.	3 Km. de brecha terracería y a 25 Km. FF.CC.
	133**	500		58			
PLATANARES	105*	800	Riolita de buena calidad dispuesta a manera de dique, limitada por fallas perpendiculares al río.	50	Idéntico al anterior, con mayor cantidad de azolves.	Idéntico al anterior, más el sitio el Pozolillo.	Terracería hasta el sitio y FF.CC. a 20 Km.
	75**	270		40			

* Altura máxima con obras accesorias.

** Altura máxima sin obras accesorias.

IV.5. Jerarquización de los Estrechamientos

En las tablas 1, 2 y 3 están expuestas las características generales de cada uno de los estrechamientos estudiados. Con base en esto, se hacen comparaciones y se jerarquizan los estrechamientos, el resultado de estas comparaciones se muestra en la tabla 4.

PROYECTO	GENERACION MEDIA ANUAL	ALTURA Y LON GITUD DE COR TINA	AFECCIONES	ACCESO	LINEAS DE TRANSMISION	CARACTERISTICAS GEOLOGICAS
1	TECARITA	TECARITA	TECARITA	PLATANARES	PLATANARES	TECARITA
2	LIMON	CRUCES	CRUCES	POZOLILLO	POZOLILLO	CRUCES
3	POZOLILLO	POZOLILLO	LIMON	LIMON	LIMON	LIMON
4	CRUCES	PLATANARES	POZOLILLO	CRUCES	CRUCES	POZOLILLO
5	PLATANARES	LIMON	PLATANARES	TECARITA	TECARITA	PLATANARES

TABLA 4. JERARQUIZACION DE PROYECTOS DE ACUERDO A SUS CARACTERISTICAS.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El trabajo aquí presente cumplió con el objetivo inicial, cubrir la fase de Gran Visión.

Los dos mejores logros que se consiguieron al realizar el trabajo son:

1.- La detección de una gran estructura de carácter regional, la Falla Rosario Viejo, que conforma la porción suroccidental de la posible Caldera del Nayar. Esta falla afecta cuando menos a cuatro de los cinco estrechamientos en cuestión, por sus características representa un factor negativo muy riesgoso para cualquier almacenamiento hidráulico por establecer.

2.- La jerarquización de estrechamientos, con base en comparaciones de sus características generales como generación media anual (GWH), altura y longitud de la cortina, accesos, afectaciones, líneas de transmisión y características geológicas.

De estas comparaciones (Tabla 4) se deduce que el orden de importancia de los proyectos, hasta el nivel de Gran Visión, es como sigue: Tecarita, Cruces, El Limón, Pozolillo y Platanares.

Quizá la desventaja que presente el Sitio Tecarita - es la relativa inaccesibilidad, pero esto queda compensado por las características de ser la que mayor generación produciría, la altura y longitud de su cortina y el magnífico contexto geológico en que se emplaza.

Es factible la combinación de dos sitios: Tecarita y Platanares, ésta última tendría usos últimos además, tales como son: generación hidroeléctrica, riego, control de avenidas y turismo. Ambos sitios generarían 1288 GWH/año.

RECOMENDACIONES

1.- Es recomendable efectuar los estudios de detalle de los estrechamientos Tecarita y Cruces, principalmente del primero ya que como se ve en la Tabla 4, presenta la mayor generación media anual, así como las mejores condiciones geológicas.

2.- Desechar los estrechamientos Pozolillo y El Limón ya que además de afectar a los poblados de San Pedro - Ixcatán, Presidio y San Juan Corapan, están afectados por la falla regional Rosario Viejo y otras menores.

3.- Estudiar más detalladamente, la Falla Rosario -

Viejo, que como se mencionó en el texto, afecta cuando menos a cuatro de los cinco estrechamientos estudiados. Los estudios requeridos serían: geología detallada a lo largo de la traza de la falla, registros geofísicos tomados perpendicularmente a la falla, pruebas de permeabilidad, etc.

4.- Hacer un levantamiento geológico-estructural detallado de las zonas del eje y el vaso de los estrechamientos Tecarita y Cruces.

5.- Evaluar el potencial geotérmico de la zona, analizando los manantiales termales encontrados durante el -- trabajo de campo, así como su relación con la posible Caldera del Nayar.

6.- En lo que respecta a minería, hacer un estudio geológico-minero en las rocas andesíticas del Complejo Volcánico Inferior y realizar los estudios necesarios para -- corroborar o desechar la existencia de la Caldera del Nayar, porque no solo es interesante desde el punto de vista académico, ya que como sabemos existen yacimientos minerales asociados a este tipo de estructuras, como ejemplos tenemos: Caldera Chupaderos - Cerro de Mercado, Durango; Caldera San Marcos - Yacimientos de Uranio, Chihuahua; Caldera Kari - Kari - El Potosí y Cerro Rico, Bolivia; Caldera McDermitt - Yacimiento de Uranio, USA; Caldera Marysville-

Uranio, USA: Caldera Thomas - Berilio, Fluorita y Uranio,
USA; Caldera Bathurst - New Castle - Sulfuros Masivos, Ca
nada.

BIBLIOGRAFIA

B I B L I O G R A F I A

Cepeda Dávila, 1975

Apuntes de Yacimientos Minerales
Facultad de Ingeniería, UNAM.

Comisión Federal de Electricidad e Instituto de Investigaciones Eléctricas, 1980
Manual de Diseño de Obras Civiles

De Buen Lozano, O., 1982

El Sector Eléctrico Mexicano
Revista de Ingeniería, Vol. LII No. 4

Consultores, S.A.

Estudio de Gran Visión, Cuencas Vertientes del Pacífico. Ríos San Pedro, Aca-
poneta, Baluarte y Piaxtla. Estudio pa-
ra la C.F.E.

Gastil, Krummenager and Jensky, 1979

Recoignnaissance geological of west-cen-
tral Nayarit, México. Departament of -
Geological Sciences, San Diego State --
University.

González Villarreal, 1978.

Estado Actual de la Evaluación del Po-
tencial Hidroeléctrico Nacional. C.F.E.
Gerencia de Estudios e Ingeniería Preli-
minar.

Ingeo, S.C., 1980

Estudio geohidrológico preliminar sobre posibles sitios de embalse en la porción inferior de la cuenta del Río Mezquital - San Pedro, estados de Durango y Nayarit. Estudio para la -- C.F.E.

Instituto de Geología, UNAM, 1978

Atlas geológico y evaluación geológico - minera del Estado de Sinaloa.

Intual, S.A., 1983

Estudios a nivel factibilidad para el aprovechamiento hidroeléctrico del -- Río San Pedro. Estudio para la -- C.F.E.

Mc Dowell and Clabaugh, 1979

Ignimbrites of the Sierra Madre Occidental and their relation to the tectonic history of western México. Geological Society of America, Special Paper 180, p. 113-124.

Raisz. 1959

Landforms of México, Prepared for the Geography Branch of Office of Navon - Research. Cambridge, Mass EE.UU.

Ross and Smith, 1961

Ash-Flow Tuffs: Their Origin, Geologic relations and Identification. Geological Survey Profesional Paper - 366.

Secretaría de Programación y Presupuesto, 1981

Síntesis Geográfica del Estado de Nayarit. Coordinación General de los servicios nacionales de Estadística, geografía e informática.

Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1969

Boletín Hidrológico No. 30 sobre la Región Hidrológica No. 11
Irrigación y control de ríos. Dirección de Hidrología.

Smith and Bayley,

Resurgent Cauldrons
Geological Society of America. Memory
16 p. 613 - 662.

Soto y Ortega, 1981

Geología del Río Santiago en los estados de Jalisco y Nayarit, México.
Departamento de Geología y Minería de la C.F.E.

Swanson, Keizer, Lyons and Clabaugh, 1978

Tertiary volcanism and caldera development. Near Durango City, Sierra Madre Occidental, México; Geological Society of America Bulletin Vol. 89 p. 1000 -- 1012.

Tammekand y Figueroa, 1981

Mineralización de Oro diseminado (Pórfido Aurífero) y Guías para exploración. Consejo de Recursos Minerales.

A P E N D I C E S

VETA	gramos por tonelada		%		
	Au	Ag	Pb	Zn	Cu
MOJARRAS 1	.10	21	.30	14.29	--
MOJARRAS 2	1.20	23	.20	8.70	.03
CAIMAN 3	.15	15	.10	6.67	--
CAIMAN 4	.50	67	.20	2.99	.04
TENAMANCHE	--	380	38.9	--	--

Tabla de ensayos de algunas muestras superficiales.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DATOS DE CAMPO

Muestra # MI (Plano 5)

Localidad: 1 Km al N de San Pedro Ixcatán, Nay.

DESCRIPCION MACROSCOPICA.

Color: Gris oscuro

Estructura y Textura: compacta, fanerítica de grano medio

Minerales observables: feldespatos y máficos

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Holocristalina, equigranular, hipidiomórfica

Mineralogía:

Minerales esenciales:

Labradorita

Andesina.

c) Minerales secundarios:

Epidota

Arcillas

Serpentinas

Minerales accesorios

Augita

Olivino

Magnetita

d) Matriz o cementante:

Caracteres especiales:

ORIGEN DE LA ROCA. Igneo intrusivo

CLASIFICACION GABRO DE AUGITA Y OLIVINO.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

DATOS DEL CAMPO

Muestra # M2 (Plano 4)
Localidad: 1 Km aguas abajo, Margen Derecha, Estrechamiento
Pozolillo

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Rosa
Estructura y Textura: Compacta, piroclástica, eutaxítica
Minerales observables: feldespatos y fragmentos de rocas

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Piroclástica, eutaxítica

Mineralogía:

Minerales esenciales:

Feldespato alcalino
Oligoclasa
Cuarzo

c) Minerales secundarios:

Hematita
Sericita
Calcita

Minerales accesorios

Fragmentos de rocas
(riditas, pómez y andesitas)
Magnetita.

d) Matriz o cementante:

Esquirlas orientadas de
vidrio ácido parcialmen
te devitrificadas a feI
despato alcalino y cuar
zo.

Caracteres especiales:

ORIGEN DE LA ROCA. Piroclástico

CLASIFICACION

IGNIMBRITA RIOLITICA

Luis Escamilla Pasillas.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

DATOS DEL CAMPO

Muestra # M2 (Plano 4)
Localidad: 1 Km aguas abajo, Margen Derecha, Estrechamiento
Pozolillo

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Rosa
Estructura y Textura: Compacta, piroclástica, eutaxítica
Minerales observables: feldespatos y fragmentos de rocas

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Piroclástica, eutaxítica

Mineralogía:

Minerales esenciales:

Feldespato alcalino
Oligoclasa
Cuarzo

c) Minerales secundarios:

Hematita
Sericita
Calcita

Minerales accesorios

Fragmentos de rocas
(riditas, pómez y andesitas)
Magnetita.

d) Matriz o cementante:

Esquirlas orientadas de
vidrio ácido parcialmen
te devitrificadas a fe
ldespato alcalino y cuar
zo.

Caracteres especiales:

ORIGEN DE LA ROCA. Piroclástico

CLASIFICACION

IGNIMBRITA RIOLITICA

Luis Escamilla Pasillas.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DATOS DE CAMPO

Muestra No: M3 (Plano 6)
Localidad: Norte de San Pedro Ixcatán, Nay.
2 Km Aguas arriba, Margen derecha, Estrechamiento
Cruces.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Rosa
Estructura y Textura: Compacta, piroclástica, eutaxítica
Minerales observables: Feldespatos y fragmentos de rocas

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Piroclástica, eutaxítica, devitrificada

Mineralogía:

Minerales esenciales:

Feldespato alcalino
Cuarzo
Oligoclasa

c) Minerales secundarios:

Hematita
Clorita
Arcillas

Minerales accesorios

Fragmentos de rocas
(andesitas, riolitas y pómez)
Biotita
Magnetita

d) Matriz o cementante:

Esquirlas de vidrio ácido
transformadas por devitri-
ficación a un mosaico crip-
tocristalino de feldespato
y cuarzo.

Caracteres especiales:

ORIGEN DE LA ROCA.

Piroclástico

CLASIFICACION

IGNIMBRITA RIOLITICA

Luis Escamilla Pasillas.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DATOS DE CAMPO

Muestra # M4 (Plano 6)
Localidad: Ranchería Los Limos,
Norte Estrechamiento
Cruces.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Pardo rojizo
Estructura y Textura: compacta, eutaxítica
Minerales observables: feldespato, pómez alargado y hematita

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Piroclástica, eutaxítica, devitrificada

Mineralogía:

Minerales esenciales:

Feldespato alcalino
Cuarzo

c) Minerales secundarios
Hematita

Minerales accesorios

d) Matriz o cementante:

Oligoclasa
Magnetita

Caracteres especiales:

La roca consiste esencialmente en un mosaico criptocristalino de feldespato alcalino y cuarzo, proveniente de la devitrificación de esquiras orientados de vidrio félsico.

ORIGEN DE LA ROCA: Piroclástico

CLASIFICACION: IGMIMBRITA RIOLITICA

Luis Escamilla Pasillas.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA.

DATOS DE CAMPO

Muestra No. M5 (Plano 5)

Localidad: Rancharía Las Mojarras, Aguas arriba (Margen derecha Estrechamiento Cruces).

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Pardo rojizo

Estructura y Textura: compacta, brechoide

Minerales observables: fragmentos de roca, óxidos de hierro, calcita, cuarzo.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Porfídica en matriz pilotaxítica (brechoide)

Mineralogía:

Minerales esenciales:
Plagioclasas (oligoclasa)

Minerales secundarios
Calcita
Óxidos de hierro
Sericita
Epidota
Clorita, cuarzo

Minerales accesorios

Sanidino
Máficos alterados
Apatita
Magnetita

Caracteres especiales:

Matriz o cementante:

Matriz suborientada de plagioclasas con material criptocristalino intersticial

ORIGEN DE LA ROCA

Igneo Extrusivo

CLASIFICACION

ANDESITA BRECHOIDE ALTERADA

Luis Escamilla Pasillas.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA.

DATOS DE CAMPO

Muestra No.: M6 (Plano 7)

Localidad: Estrechamiento tecarita, Nay.
2 Km Aguas arriba, Margen izquierda, Estrechamiento Tecarita

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: Violeta Pardusco

Estructura y Textura: Compacta, porfiritica en matriz afanítica

Minerales observables: Feldepatos y maficos.

DESCRIPCION MICROSCOPICA.

Textura: Porfiritica en matriz pilotaxitica

Mineralogía:

Minerales esenciales:

Oligoclasa
Andesina

c) Minerales secundarios:

Hematita
Zeolitas

Minerales accesorios

augita
magnetita

d) Matriz o cementante:

Caracteres especiales:

ORIGEN DE LA ROCA

IGNEO EXTRUSIVO

CLASIFICACION

ANDESITA PORFIRITICA DE AUGITA

Luis Escamilla Pasillas.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DATOS DE CAMPO.

Muestra No. M8 (Plano 5)

Localidad: San Pedro Ixcatán, Nay.

DESCRIPCION MACROSCOPICA

Color: rojizo

Estructura y Textura: compacta, pseudoestratificada

Minerales observables: fragmentos de roca, óxidos de hierro

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura: Epiclástica

Mineralogía:

Minerales esenciales:

Fragmentos de roca

Plagioclasas

Feldespatos alcalinos

c) Minerales secundarios:

Clorita

Hematita

Sericita

Minerales accesorios

Cuarzo

Magnetita

d) Matriz o cementante:

Matriz de hematita

y clorita

Caracteres especiales:

Los fragmentos de roca están constituidos principalmente por andesitas, también hay ignimbritas y pómez.

ORIGEN DE LA ROCA

Vulcano-sedimentario

CLASIFICACION

ARENISCA TOBACEA O ARENITA VOLCANICA

Luis Escamilla Pasillas.