

291
Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA



ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA CUENCA
DE SAN HILARIO, ESTADO DE BAJA
CALIFORNIA SUR.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO GEOLOGO
P R E S E N T A

MANUEL JACINTO RAMON

México, D. F.

1979



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.

I N D I C E

CAPITULO	PAGINA
I. - INTRODUCCION	1
I.1. - Antecedentes	3
I.2. - Objeto del Estudio	4
I.3. - Método del Trabajo	4
I.4. - Agradecimientos	6
II. - GEOGRAFIA	
II.1. - Localización y Vías de Comunicación	7
II.2. - Fisiografía	8
II.2.1. - Orografía e Hidrografía	10
II.3. - Clima y Vegetación	11
II.4. - Economía de la Región	12
III. - CLIMATOLOGIA	
III.1. - Precipitación	15
III.2. - Temperatura	16
III.3. - Evaporación Potencial	18
IV. - GEOLOGIA	
IV.1. - Geología Regional	20
IV.2. - Estratigrafía	22
IV.3. - Geología Estructural	28
IV.4. - Geología Histórica	34
IV.5. - Tectónica de Placas	36
IV.5.1. - Fundamentos de la Teoría	38
IV.5.2. - Influencia del Movimiento de las placas tectónicas Pacíficas y Norteamericana, en la configuración del marco geológico-estructural de la Península de Baja California	49
IV.5.3. - Mecanismos de Movimientos	56
V. - HIDROGEOLOGIA	
V.1. - Diferenciación entre el uso del término Hidrogeología y Geohidrología	59
V.2. - Factores que propician la infiltración, circulación y almacenamiento del agua de lluvia	60

V. 2.1.-	Porosidad	60
V. 2.2.-	Permeabilidad	61
V. 2.3.-	Fracturamiento	63
V. 2.4.-	Fallas	65
V. 2.5.-	Disolución	65
V. 3.-	Características hidrogeológicas de las formaciones expuestas	66
V. 3.1.-	Tectónica y sus relaciones hidrogeológicas	71
V. 3.2.-	Aprovechamientos de agua subterránea en el Valle	72
V. 4.-	Geoquímica	73
VI. -	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
VI. 1.-	Conclusiones	76
VI. 2.-	Recomendaciones	77
	BIBLIOGRAFIA	78

I. - INTRODUCCION

La cuenca de San Hilario ubicada en la porción Suroeste del Estado de Baja California Sur, sobre la vertiente del Océano Pacífico, en la porción más angosta de la Península; ha venido contemplando últimamente posibilidades de explotación de roca fosfórica, esta posibilidad ha sido comprobada por los informes obtenidos del Consejo de Recursos Naturales No Renovables; el cual cuantificó una reserva de ----- 406,330,531 toneladas, para una profundidad máxima de 80 metros (Tesis Profesional Alatorre Campos A. E., 1977).

La explotación de este recurso requiere de ciertos instrumentos, en la cual el uso del agua es primordial en algunos aspectos de la explotación y del tratamiento.- Además de este recurso existen comunidades en las que las demandas son cada vez mayores, debido al crecimiento demográfico y diversificación de actividades.

Por si ello fuera poco, se cuenta además dentro del área con bellezas naturales, que los Gobiernos Federales y Estatales han pensado en convertirlos en Polos de desarrollo turístico.

Obviamente todas las alternativas de desarrollo económico y dotaciones de agua a centros de población establecidos, requieren del líquido vital; como piedra de toque para su desenvolvimiento.

Ante esta necesidad la Secretaría de Agricultura y Recursos Hi

dráulicos realizó un estudio, a través del cual se pretendía delimitar las áreas más favorables desde el punto de vista hidrogeológico, para la explotación del agua subterránea.

Este estudio fué elaborado por la compañía Técnicas Modernas- de Ingeniería, S. A. y en la cual el autor laboró como geólogo encargado de las investigaciones de campo.

Por otra parte, el Ing. Héctor L. Macías G. sugirió al autor, - que dentro del apartado a tectónica, realizara una compilación sobre - la literatura existente referente a tectónica de placas, tan importante - para la región y sobre la cual la literatura en Español es casi inexistente. Con esto, se pretende ofrecer una aportación a las numerosas - investigaciones geológicas realizadas sobre la Península de Baja California; referente a esto, se realizó una exhaustiva recopilación de artículos sobre el tema, habiendo traducido la mayoría de ellos del Inglés - al Español. - En esta recopilación, se describen los inicios de la teoría y algunas discusiones de gran interés acompañadas de ilustraciones, -- que se consideran pueden ser de gran utilidad.

El autor agradece a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, la autorización dada para poder utilizar como tema de Tesis Recepcional, la descripción de las actividades de campo realizadas y - la discusión de las características hidrogeológicas que prevalecen en la región, acompañada de la clásica descripción de los diferentes aspectos

que comprenden los trabajos geológicos.

Obviamente algunos datos sobre disponibilidades hidráulicas no pueden ser publicadas en esta Tesis Recepcional, por así convenir a los intereses de la Dependencia Gubernamental que tiene ingerencia a la región.

1.1. - Antecedentes.

La explotación del agua subterránea en la cuenca del Valle de San Hilario se inicia en el año de 1972, cuando se perforó un pozo de exploración de 4 1/2" pulgadas, a una profundidad de 200 metros en el Ejido de San Hilario en el que se encontraron condiciones desfavorables.

Posteriormente se llevó a cabo una segunda perforación junto al arroyo Guadalupe, no habiéndose encontrado tampoco condiciones favorables.

Se obtuvo información de obras representativas de captaciones de agua subterránea, tales como pozos, norias y galerías filtrantes.

Respecto a la geología, se han realizado muchos trabajos sobre la Península de Baja California a nivel regional desde principios del siglo; siendo los más notables el de Arnold Helm, en 1922; Carl Beal, en 1948; Federico Mina U., en 1957; Gymsa, 1974; Fernando Lozano R., en 1975; y muchos trabajos citados en la bibliografía respectiva.

1.2. - Objeto del Estudio.

Sabemos de la importancia primordial del agua dentro de todos los aspectos de la vida, desde la ínfima cantidad para satisfacer nuestro organismo, hasta los grandes volúmenes cada vez mayores que exigen las áreas de riego, zonas industriales y las grandes ciudades. - Es Esto significa que en el futuro las demandas tendrán que ser satisfechas, cada vez en mayor proporción, con agua procedente de las fuentes subsubterráneas. - Es por esto que se hace imprescindible un conocimiento -- del comportamiento de este preciado líquido, a fin de conocer los volúvolúmenes con los cuales podemos contar, en que zonas, de que manera -- podemos preservarlos, aumentarlos y distribuirlos de acuerdo a las nenecesidades de cada región.

El objeto del presente estudio fué delimitar en el Valle de San-Hilario, zonas con posibilidades acuíferas y localizar las áreas más fafavorables para la explotación del agua subterránea por medio de una -- prospección hidrogeológica,

1.3. - Metodo de Trabajo.

El presente trabajo comprendió las siguientes etapas:

1. - Recopilación de datos de diversos trabajos geológicos e hidrogeololgicos, realizados con anterioridad en la región estudiada.

2. - Interpretación de fotograffas aéreas, escala 1:50,000 transcribiendo en los mosaicos respectivos el resultado de la fotointerpretación.
3. - Reconocimiento de campo, con el objeto de verificar las interpretaciones fotogeológicas por medio de recorridos en la zona de estudio, con especial detalle en los cauces de los arroyos; incluyéndose también la toma de datos geológicos de campo, como son la descripción de los afloramientos locales y sus características tanto geológicas como hidrogeológicas.
4. - Localización de pozos y norias en las fotograffas aéreas, efectuándose el sondeo en cada uno de ellos, con el objeto de tomar nota de las profundidades del nivel freático, así como también se efectuó la toma de muestras de agua para el análisis geoquímico, recolectándose para este fin un total de 8 muestras.
5. - Interpretación de los análisis químicos de las muestras de agua.
6. - Procesamiento de datos climatológicos para determinar el volumen medio anual precipitado y cálculo de la temperatura media anual.
7. - Elaboración de planos hidrogeológicos, apoyados en la fotointerpretación de los mosaicos aéreos.
8. - Terminados los trabajos de campo y de gabinete con la información obtenida, se procedió a la elaboración de la tesis, indicando en las conclusiones y recomendaciones el resultado del estudio

efectuado.

I. 4. - Agradecimientos.

El autor quedó muy agradecido con el Ing. Heinz Lesser Jones, Director de Geohidrología y Zonas Áridas, dependiente de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos; por haberme permitido utilizar como tema de tesis el estudio realizado para su Dirección.

Así mismo, agradece al Ing. Luis A. Valverde A. Director de la Empresa Técnicas Modernas de Ingeniería, S. A., las facilidades - que me proporcionó para desarrollar este trabajo.

Debo especial agradecimiento al Ing. Claudio Molina T. director de esta tesis, por las facilidades que me concedió y por las oportunas y valiosas orientaciones proporcionadas.

También hago constar mi más sincero agradecimiento por su inapreciable ayuda y sus valiosos consejos al Ing. Héctor L. Macías González.

Finalmente quedo muy agradecido con el Ing. Héctor D. Ramírez L., Director del Departamento de Geohidrología donde presto mis servicios; y de todas aquellas personas que de una manera desinteresada me ayudaron y contribuyeron a la formación de esta tesis.

II. - GEOGRAFIA

II.1. - Localización y Vías de Comunicación.

El área de estudio se encuentra localizada en la porción Sur --- Occidental del Estado de Baja California Sur (Lámina No. 1); tiene co-- mo lmites geográficos los paralelos 23°39' a 24°55' de Latitud Norte - y los meridianos 110°22' a 111°17' de Longitud Oeste. - Abarca una su-- perficie total de 5,390 Km² y comprende las cuencas de los arroyos -- Caracol, Guadalupe, Datilar, San Hilario, Los Viejos y el 130; los cua-- les desembocan al Océano Pacífico. - Limita al Norte con la sierra de - la Giganta, al Sur con el Océano Pacífico, al Este con el Valle de la-- Paz y Carrizal y al Noroeste con el Valle de Santo Domingo.

La zona se encuentra comunicada por la carretera Transpeninsu-- lar " Benito Juárez ", la cual cruza el área de estudio longitudinalmen-- te; existe además de esta vía de comunicación una serie de caminos de brecha y de terracerfa que unen ranchos y poblados. - Las pistas aé -- reas más cercanas se encuentran en las ciudades de la Paz y ciudad - Constitución. - Existen también vuelos Nacionales e internacionales que comunican a la ciudad de La Paz con el resto del País y con varios Es-- tados de la Unión Americana.

Dentro de los transportes marítimos que comunican a esta ciu-- dad con el resto del Continente, se encuentran los transbordadores que viajan a los Puertos de Mazatlán, Topolobampo y Guaymas.

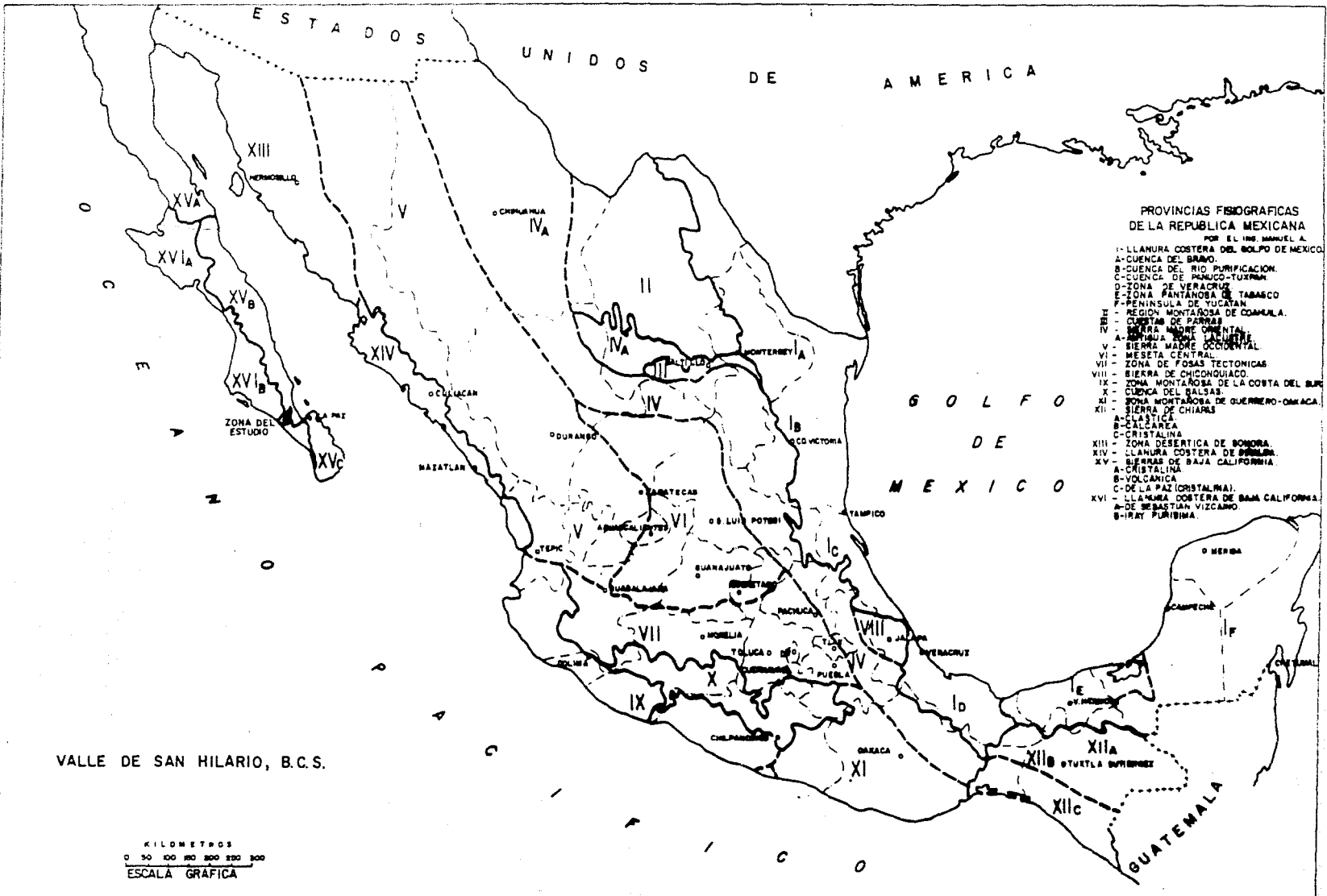
Por último, la ciudad de La Paz está completamente comunicada por las vías terrestre, aérea y marítima; contando además con los servicios de radio, teléfono y telégrafos.

II. 2. - Fisiografía.

La zona estudiada se encuentra dentro de las Provincias Fisiográficas denominadas Llanura Costera de Purísima-Iray y Sierra volcánica de Baja California (Manuel Alvarez Jr.) (Lámina No. 2); que constituyen dos Unidades Fisiográficas bien delimitadas.

La primera de estas Provincias se encuentra constituida por sedimentos marinos arcillo-arenosos y en una pequeña parte continentales, que van en edades del Eoceno al Reciente; quedando localizados los sedimentos más jóvenes en la parte Occidental del área, cercana a la costa del Océano Pacífico, encontrándose cubiertos por reducidos espesores de depósitos Eólicos y Fluviales.

La Llanura costera de esta cuenca, comprendida dentro de la Subprovincia de Purísima-Iray, también conocida como Llano de la Magdalena: limita al Noroeste con el Valle de Santo Domingo, al Norte con la sierra de la Giganta, al Este con el Valle de La Paz y al Sur con el Océano Pacífico. - Presenta una sensible orientación NW-SE paralela a la costa y está compuesta por pequeñas mesas de bordes escarpados y lomas suaves, con elevaciones medias de 30 metros sobre el nivel del mar. - Se encuentra drenada por los arroyos Caracol, Guadalupe, -



PROVINCIAS FISIOGRAFICAS
DE LA REPUBLICA MEXICANA

- POR EL ING. MANUEL A.
- I- LLANURA COSTERA DEL GOLFO DE MEXICO
 - A- CUENCA DEL BRANCO
 - B- CUENCA DEL RIO PURIFICACION
 - C- CUENCA DE PONCO-TUXTEMA
 - D- ZONA DE VERACRUZ
 - E- ZONA PANTANOSA DE TABASCO
 - F- PENINSULA DE YUCATAN
 - G- REGION MONTAÑOSA DE COMALALA
 - H- SIERRA MADRE ORIENTAL
 - I- SIERRA MADRE OCCIDENTAL
 - II- SIERRA MADRE CENTRAL
 - III- ZONA DE FOSAS TECTONICAS
 - IV- SIERRA DE CHICHONQUIACO
 - V- ZONA MONTAÑOSA DE LA COSTA DEL SUR
 - VI- CUENCA DEL BALSAS
 - VII- SIERRA MONTAÑOSA DE GUERRERO-OMACA
 - VIII- SIERRA DE CHIAPAS
 - IX- SIERRA DE CALZAHUATE
 - X- SIERRA DE CALZAHUATE
 - XI- SIERRA DE CALZAHUATE
 - XII- SIERRA DE CALZAHUATE
 - XIII- ZONA DESERTICA DE SONORA
 - XIV- LLANURA COSTERA DE BAJA CALIFORNIA
 - XV- SIERRAS DE BAJA CALIFORNIA
 - XVI- SIERRAS DE BAJA CALIFORNIA
 - XVII- SIERRAS DE BAJA CALIFORNIA
 - XVIII- SIERRAS DE BAJA CALIFORNIA
 - XIX- SIERRAS DE BAJA CALIFORNIA
 - XX- SIERRAS DE BAJA CALIFORNIA
 - XXI- SIERRAS DE BAJA CALIFORNIA
 - XXII- SIERRAS DE BAJA CALIFORNIA
 - XXIII- SIERRAS DE BAJA CALIFORNIA
 - XXIV- SIERRAS DE BAJA CALIFORNIA
 - XXV- SIERRAS DE BAJA CALIFORNIA
 - XXVI- SIERRAS DE BAJA CALIFORNIA
 - XXVII- SIERRAS DE BAJA CALIFORNIA
 - XXVIII- SIERRAS DE BAJA CALIFORNIA
 - XXIX- SIERRAS DE BAJA CALIFORNIA
 - XXX- SIERRAS DE BAJA CALIFORNIA

VALLE DE SAN HILARIO, B.C.S.



San Hilario y Datilar; que corren en forma perpendicular a la línea de costa, con una red de drenaje dendrítica muy densa, característica de formaciones sedimentarias impermeables (lutitas y areniscas).

Presenta una topografía moderada con pendientes regulares. - Se encuentra constituida en el subsuelo por sedimentos Cenozoicos que alcanzan gran espesor y superficialmente por las terrazas marinas del Reciente, compuestas por coquinas arenosas y conglomerados, cubiertos por reducidos espesores de depósitos fluviales y eólicos que son testimonio de la elevación de la Península. - El desarrollo costero que presenta esta zona es de unos 50 kilómetros.

La parte montañosa está constituida principalmente por materiales volcánicos de la formación Comodú y en menor proporción por formaciones sedimentarias Terciarias; presentando las crestas más elevadas a lo largo del Golfo de California.

Esta zona montañosa está representada por las prominencias topográficas de la sierra de la Giganta, que se localiza al Este. - Presenta una topografía abrupta con fuertes desniveles, en donde las corrientes torrenciales del régimen de lluvia ocasional han excavado valles en forma de "V" y gargantas con predominio de erosión profunda y escasa en la parte lateral. - En la parte alta poseen abundante drenaje, donde se forman las cuencas de recepción, prosiguiendo su curso los canales de desagüe que forman el lecho de los arroyos hacia la planicie.

II. 2. 1. - Orografía e Hidrografía.

Las sierras de Baja California se localizan a lo largo de toda la Península, con una orientación general NNW a SSE y se limitan al Norte con el valle de San Joaquín (Alta California) y terminan en el Cabo San Lucas.

Las regiones o unidades ubicadas a lo largo de la Península de Baja California son: la Vertiente Oriental y la Vertiente Occidental.

La mitad Sur de la Península, en su parte Oriental; está formada de materiales piroclásticos y rocas efusivas que cubren depósitos Terciarios marinos y rocas intrusivas; la parte Occidental, está formada de rocas sedimentarias marinas Mesozoicas y Cenozoicas distribuidas en dos grandes cuencas.

El Valle de San Hilario carece de Rfos con corrientes propias, únicamente se puede hablar de pequeños arroyos, que se forman ocasionalmente de las lluvias torrenciales que se registran en los meses de Julio a Octubre. - Son por tanto, corrientes de poca duración y de nullos aprovechamientos, ya que una parte de esa agua es absorbida por los suelos permeables, otra es evaporada y la mayor cantidad va a dar al mar.

Derivados de la precipitación se forman corrientes que se inician como consecuentes en la parte alta de la sierra, al descender se

convierten la mayoría en obsecuentes; fluyendo en dirección opuesta al rumbo del echado de las formaciones.

Todo este tipo de drenaje forman en su mayoría sistemas de corrientes dendríticas, provocadas por la posición casi horizontal de la mayoría de las capas; notándose en ocasiones algunos sistemas enrejados.

Todos los arroyos principales que existen en el área son de tipo intermitente, encontrándose en una etapa de madurez avanzada.

H. 3. - Clima y Vegetación.

Según la clasificación de W. Köppen (modificado por E. García, 1964), para el Estado de Baja California Sur; predominan los climas muy secos o desérticos y cálidos, con una temperatura media anual superior a 22°C., con Verano cálido y con régimen de lluvias intermedio entre Verano e Invierno.- En una parte del extremo Sur, en la región montañosa del Cabo el tropical lluvioso, con lluvias en Verano.

Hacia la zona montañosa existe un mayor porcentaje de lluvias y en la planicie hay escasez, que pueden estar espaciadas de 1 a 3 años.

Dadas las condiciones climatológicas prevalecientes en la zona, se ha propiciado el desarrollo de un paisaje desértico, donde la vida vegetal ha encontrado grandes dificultades para su preservación.- Así-

mismo, la mayor parte de la vegetación se concentra a lo largo de -- los cauces de los arroyos; existiendo también plantas que resisten a la sequía.

La vegetación consiste principalmente de diversos tipos, siendo - los más comunes: el Cactus, Palo de Adán, Cardón, Biznagas, Uña de Gato, Palo Verde, etc.

II.4. - Economía de la Región.

La lejanía de los centros de población más importantes del País, la pobreza de la dotación de recursos naturales y las deficientes comunicaciones de la entidad con el resto del Territorio Nacional, han sido tradicionalmente los factores que han determinado que Baja California-- Sur haya estado relegada a un segundo término, no sólo durante muchos años, sino Siglos.

La colonización de la porción Sur de la Península de Baja Californía ha sido lenta. - Todavía en 1970, a pesar de que el ritmo de ex -- pansi3n demográfica de la entidad en la década del sesenta (una tasa - media de 4.6 ‰), superó por primera vez y por un amplio margen al observado por el País (3.4 ‰) y seguía siendo una de las entidades de menor población y de más baja densidad demográfica.

Durante la década del setenta la corriente de inmigrantes se for - taleció considerablemente, siendo los principales proveedores de inmi -

grantes hacia Baja California Sur los Estados de Baja California Norte, Sinaloa, Michoacán y Jalisco; y por su parte, los Estados de Baja California Norte, Distrito Federal y Sonora, eran las entidades que absorbían la mayoría de emigrados Sudbajacalifornianos.

El Estado de Baja California Sur cubre la mitad de la Península Noroccidental del País, tiene una extensión territorial de 73,677 Km², que representa el 3.7 % del total Nacional. - Su población se estimaba en 1974 en 161,123 habitantes (según Rodríguez Camacho); lo cual representa una baja densidad demográfica de un poco más de 2 personas por Km²,

El Estado se divide en 7 municipios, que son: La Paz, Comondú, Mulegé, San José del Cabo, Santiago, San Antonio y Todos Santos. - Siendo La Paz, Comondú y Mulegé los que cuentan con mayor número de habitantes; correspondiendo a la Paz 3.49 personas por Km², Comondú con 1.91 personas por Km². y Mulegé el más bajo de todos los municipios con 0.59 habitantes por Km².

En el Ejido de San Hilario, situado a unos 100 kilómetros de La Paz hacia el Norte sobre la carretera Transpeninsular; la actividad agrícola y ganadera es muy escasa, ya que el clima es desértico y la precipitación pluvial baja. - Con las pocas obras hidráulicas que existen en esa zona se riegan las escasas siembras de algodón, cártamo y alfalfa; existiendo también siembras de temporal.

La mayoría de la población de este Ejido tienen que salir a ciudades más grandes, como son: La Paz, Cd. Constitución y otras más alejadas para conseguir empleos. - Esto lo podemos ver bastante claro con los censos de los siguientes años: en el censo de 1950 existían 15 habitantes, en 1960 habían 53 habitantes y en el censo de 1970 bajó -- considerablemente a 13 habitantes.

Este Ejido no cuenta con servicios de agua potable, ni electrificación; el agua la toman de las Norias y Pozos que existen a sus alcances para sus múltiples necesidades.

III. - CLIMATOLOGIA

III.1. - Precipitación.

La disponibilidad de agua subterránea de una zona está limitada - en gran parte de la rapidez con que se renueva el recurso, y uno de - los factores principales de que esto depende, es la magnitud y distribución de la precipitación pluvial; el otro factor dominante es de carácter geológico.

La precipitación es una componente fundamental del ciclo hidro - lógico, que desempeña un papel importante en la solución de la ecuación del equilibrio dinámico de los acuíferos.

Existen tres métodos para calcular la altura media de precipitación sobre una zona, que son las siguientes: el método de la Media - Aritmética, el método de Polígonos de Thiessen y el método de las - Isohietas.

Para el análisis de la precipitación del área de estudio se usaron - los datos de 10 Estaciones Climatológicas (Tabla No. 1); de las cua - les 4 están ubicadas hacia el Noroeste de la zona, 5 quedan dentro de - la cuenca y la que resta se localiza en la costa del Océano Pacífico, - hacia el Sur.

Para el cálculo de la precipitación media anual de esta área, se - analizó el período de 1940-1976, la cual resultó ser de 160 milímetros

LOCALIZACION GEOGRAFICA Y PERIODOS DE OBSERVACION DE LAS ESTACIONES

CLIMATOLOGICAS CONSIDERADAS EN EL VALLE DE SAN HILARIO, B. C. S.

ESTACION	Operada por	COORDENADAS		PERIODOS CON DATOS		
		Latitud	Longitud	Lluvia	Temperatura	Evap.
El Aguajito	SARH	24°56'50"	111°03'15"	40-76	40-76	
El Paso de Iritu	SARH	24°46'00"	111°07'25"	41-76	41-76	41-69
El Pilar	SARH	24°28'00"	110°53'30"	44-76	45-76	
Iraki	SARH	24°52'05"	111°15'30"	46-76	46-76	
La Aguja	SARH	23°59'00"	110°53'00"	62-69	62-69	62-69
La Angostura	SARH	23°05'45"	111°03'30"	60-76	60-76	
La Soledad	SARH	24°49'15"	110°47'40"	59-76	59-76	
La Vieja *	SARH	24°03'20"	110°56'00"	40-43	41-43	
Pénjamo	SARH	24°23'00"	111°07'00"	45-76	45-76	
San Agustín	SARH	24°08'30"	110°53'00"	53-61	53-61	56-69

* No se consideró en el procesamiento de datos.

TABLA No. 1

anuales y se utilizó el método de la Media Aritmética (Tabla No. 2). Este método consiste en hallar la Media Aritmética, sumando la precipitación en milímetros de todas las estaciones climatológicas de la zona y dividiendo esa suma entre el número de estaciones.

Las precipitaciones pluviales se presentan en el año de dos periodos: el primero que va del mes de Julio a Octubre, donde ocurre la mayor parte de la precipitación y en ocasiones con influencias de ciclones; correspondiendo a la zona montañosa el mayor porcentaje de lluvia que a la planicie. - El segundo periodo comprende los meses de Diciembre a Marzo, el cual es de menor intensidad pero de mayor duración.

III.2. - Temperatura.

Para el cálculo de la temperatura media anual se utilizó un criterio similar al empleado para determinar la precipitación, sólo que aquí se incluyeron 10 Estaciones Climatológicas. - Esto se debe a que la Estación " La Vieja " contiene muy pocos datos para la precipitación y en cambio para la temperatura está completa. (Tabla No. 3).

Realizadas las operaciones, se determinó que la temperatura media anual es de 22.3°C.; con un promedio de temperaturas máximas de 28°C. en los meses de Julio, Agosto y Septiembre; y una media de temperaturas mínimas de 17°C. en los meses de Diciembre, Enero y Febrero.

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL Y ANUAL

VALLE DE SAN HILARIO, B.C.S.

ESTACION	PERIODOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAYO	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
El Aguajito	40-76	14.0	3.8	1.9	0.0	0.1	1.4	28.0	64.3	59.1	17.7	4.1	14.5	208.9
El Paso de Iritu	41-76	16.2	3.3	1.9	0.4	1.0	0.2	22.0	53.5	47.5	19.6	3.6	14.1	183.3
El Pilar	44-76	12.1	2.3	1.2	0.0	0.7	2.1	8.6	38.5	41.5	16.0	3.1	10.6	136.7
Iraki	46-76	14.1	3.5	2.9	0.7	0.1	2.4	21.3	48.1	55.5	17.6	4.8	18.0	188.4
La Aguja	62-69	4.1	10.3	0.8	0.0	0.0	0.0	4.2	13.6	10.6	8.0	0.1	6.9	58.4
La Angostura	60-76	10.2	5.1	0.9	0.0	0.0	0.0	20.0	63.6	38.9	22.4	3.5	18.6	183.2
La Soledad	59-76	11.4	6.0	1.3	0.7	0.0	0.0	14.7	79.3	48.4	27.7	10.9	21.7	222.1
La Vieja*	40-43	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	0.0	10.0	1.0	22.0
Pénjamo	45-76	12.3	2.6	3.5	0.2	0.2	0.1	6.0	27.0	34.3	16.3	6.7	13.3	122.5
San Agustín	53-61	20.1	0.9	2.4	0.0	0.0	1.4	17.8	29.1	42.7	7.9	0.3	11.4	133.9

* No se consideró en el procesamiento de datos.

TABLA No. 2

III.3. - Evaporación Potencial.

Este fenómeno se produce por efecto directo del calentamiento - que producen los rayos solares, consistiendo en el cambio del agua del estado líquido a vapor.

La evaporación está ligada a factores tales como el agua, como elemento indispensable en este proceso, el calor, el viento y la atmósfera.

Para calcular la evaporación potencial sólo se tomaron los datos de dos estaciones climatológicas: la Aguja y San Agustín, ya que son las únicas que contienen información. - Estas estaciones nos indicaron un promedio de evaporación de 2,183.85 milímetros anuales.

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL Y ANUAL

VALLE DE SAN HILARIO, B. C. S.

ESTACION	Perfodo con Datos	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL Y ANUAL												
		ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAYO	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL.
El Aguajito	40-76	17.1	17.9	19.3	21.1	23.6	26.2	29.3	29.4	28.8	25.4	21.6	18.3	23.2
El Paso de Iritu	41-76	16.7	17.4	18.3	20.7	22.4	25.5	28.8	29.1	28.2	25.0	21.0	18.0	22.6
El Pilar	45-76	17.2	17.6	19.3	20.9	22.3	25.4	28.3	29.0	28.7	25.4	21.3	18.7	22.8
Iraki	46-76	17.2	17.9	19.3	21.5	23.0	25.6	28.9	29.4	29.9	25.5	21.3	18.7	23.2
La Aguja	62-69	18.4	16.8	18.1	19.3	20.9	23.0	25.6	26.2	26.9	25.4	24.2	19.1	22.0
La Angostura	60-76	17.1	17.4	19.5	21.9	23.9	26.7	30.2	30.0	29.3	25.7	21.5	18.3	23.5
La Soledad	59-76	15.8	16.7	18.8	20.0	23.7	26.2	28.8	28.4	27.4	24.1	20.2	16.7	22.2
La Vieja	41-43	16.7	17.0	17.1	17.1	20.4	20.4	24.2	24.2	24.9	20.4	18.7	17.2	19.9
Pénjamo	45-76	16.5	16.4	17.8	20.0	21.5	23.8	27.4	28.3	28.3	25.0	21.0	17.6	22.0
San Agustín	53-76	17.5	17.4	17.0	19.0	19.8	21.9	23.8	24.7	24.3	22.9	21.1	18.6	20.7

TABLA No. 3

IV GEOLOGIA

IV.1. - Geología Regional

La Península de Baja California tiene una longitud aproximada -- de 1,945 Km., desde la línea fronteriza en Tijuana hasta San José del-Cabo y una anchura media de 100 Kms.; su parte más ancha es de --- 220 Kilómetros en el área de Punta Eugenia y su parte más angosta con 40 Kilómetros en el Istmo de La Paz.- Tiene una superficie total de -- 143,770 Kilómetros cuadrados.

Desde el punto de vista político la Península se ha dividido en - dos porciones, Norte y Sur.

Baja California Norte está constituida de rocas ígneas intrusivas graníticas, formando un eje plutónico (gabros - granodioritas - dioritas granitos) (G. Gastil, 1971) que cubre las 2/3 partes del Territorio.- Este "Peninsular Range" constituye la prolongación Sur de los grandes - Batolitos Californianos.

La Baja California Sur es más bien volcánica, las rocas plutóni- cas y metamórficas reaparecen únicamente al Sur de La Paz.- Esta --- porción Sur se caracteriza por una sucesión de sierras, siendo la de - mayor extensión la sierra de la Giganta; la cadena de sierras desde -- Santa Rosalía hacia la Bahía de La Paz bordean el Golfo de California.- La sierra de la Giganta va disminuyendo gradualmente de altura hacia- La Paz; existiendo también más hacia el Sur de esta ciudad un macizo-

granítico y metamórfico.

En la parte Noroccidental los relieves son más suaves (sierra de Santa Clara y sierra de Vizcaíno); estas sierras limitan una gran depresión Cuaternaria, que forma el desierto de Vizcaíno. - Otra llanura reciente se localiza al pie Occidental de la sierra de la Giganta, al nivel del Llano de Iray o Llano de la Magdalena (F. Mina, 1957).

Toda esa disposición orográfica es la responsable de la irrigación hacia el Océano Pacífico de esta zona.

La región de Purísima-Iray, se extiende desde el arroyo de la Purísima hasta el Istmo de La Paz, limitada al Poniente por el Océano Pacífico y al Oriente por la sierra de la Giganta. - Esta región es totalmente plana debido a la erosión, convirtiéndose en una llanura costera con pequeños accidentes topográficos; los sedimentos son principalmente marinos (Terrazas Marinas) y en pequeña parte continentales.

La sierra de la Giganta se encuentra formando un poco menos de la mitad Oriental de la parte Sur de la Península y constituye el espinazo montañoso de la misma, iniciándose al Norte en la sierra de San Borja y forma lomeríos de mayor a menor elevación hasta llegar al Istmo de La Paz, donde desaparece al iniciarse el Batolito granítico de la región del Cabo. Esta sierra está formada por la acumulación de clásticos y corrientes volcánicas, con inclinación suave hacia el Pacífico.

En la región del Cabo el batolito se encuentra orientado casi de Norte a Sur y probablemente sea de edad Cretácico Medio (F. Mina, - 1957).

IV.2. - Estratigrafía.

En la zona estudiada afloran rocas Igneas y Sedimentarias, que abarcan desde el Paleoceno hasta el Reciente. - A continuación se describen las características litológicas y estratigráficas de las formaciones expuestas, desde la más vieja a la más reciente.

Formación Tepetate.

Esta formación fué primeramente descrita por Arnold Heim en 1922, al descubrir el afloramiento típico en el arroyo Colorado, cerca del Rancho Tepetate.

Litológicamente está constituida por areniscas de color amarillento de grano fino a grueso, con intercalaciones de lutitas de color café, bandas de yeso interestratificadas en la parte media y escasas capas de caliza de color gris. - En la cima presenta un conglomerado constituido de fragmentos redondeados de rocas volcánicas; en la parte inferior contiene microfósiles, indicando una edad del Paleoceno Superior-Eoceno (Montoya, 1976). - Aflora hacia el Centro y Sur de la zona estudiada.

Formación Monterrey.

Darton (1921) y Arnold Heim (1922), denominaron formación "Monterrey" a unas rocas sedimentarias que afloran en el cauce del arroyo de la Purísima, por encontrarle similitud litológica con la formación de la misma edad en California, E. U. A. - Aquí en México se ha considerado llamarle a esta serie formación "Monterrey". (F. Mina, 1957).

En general consiste de una alternancia de areniscas, lutitas y tobas con algunas capas de fosforita, coquinas, conglomerados y calizas en menor proporción de color pardo amarillento.

La parte media y superior está constituida por una lutita compacta de color verde, gris y negro; con foraminíferos planetónicos, tales como radiolarios. - Intercalaciones de diatomita arcillosa, extractos de fosforita oolítica de color amarillento, capas de caliza y toba híbrida desvitrificada. - Este miembro superior tiene un espesor de unos 20 m. y es donde se encuentra encajonado el mineral de fosforita.

El contacto inferior lo constituye un conglomerado poligenético constituido por fragmentos redondeados de rocas volcánicas hipabisales, cuarzo, presencia de oolitos y colmillos pequeños de tiburón. - Esta formación aflora hacia el Norte y Sur del área estudiada.

Se encuentra estratigráficamente arriba de la formación Tepetate en discordancia angular y la suprayace la formación San Isidro. - Corres

ponde a una edad Mioceno Inferior a principios del Mioceno Medio.

Formación San Isidro.

Fue descrita por Heim (1922), tomando como localidad tipo una sección sobre el arroyo Cadegomo a 3.6 Km. al Noroeste de la Purísima, comparándola con la formación San Isidro de E.U.A. (F. Minami, 1957), describió esta formación dentro de la misma cuenca de Purísima-Iray y la denominó formación San Raymundo, pero ya que presenta las mismas características de la descrita en E.U.A., se le denominó formación San Isidro.

Está constituida por areniscas y tobas de color gris y crema, con intercalaciones de lutitas verdes, conglomerados y coquinas de color crema.

Aflora al Sur y al Este del área de estudio; se encuentra descansando sobre la formación Monterrey y subyaciendo a la formación Comondú en discordancia erosional. - Corresponde al Mioceno Medio.

Formación Comondú.

Arnold Heim (1922), la describió en el arroyo de Comondú, entre Purísima y Loreto; refiriéndose a una serie de rocas de más de 1,200 m. de espesor de origen continental.

Tiene una distribución bastante amplia, ya que cubre las dos --

terceras partes del Territorio Sur de la Península, siendo de mucha - importancia dado el volumen de sedimentos y rocas que la componen. - Aflora hacia el Norte y Noreste de la zona estudiada.

Se encuentra formada por rocas piroclásticas y rocas volcánicas de facies continental y que forma propiamente el espinazo de la sierra de La Giganta.

Litológicamente esta unidad se compone de un conjunto heterogéneo de rocas, algunas intrusivas, lávicas y piroclásticas de magmas basálticos, andesíticos y riolíticos; así como aglomerados procedentes de estos magmas. - Se observan areniscas tobáceas de estratos medianos a delgados, con intercalaciones de algunas tobas rosadas de espesores delgados. - El color de la arenisca es gris claro al intemperismo y gris oscuro en fractura fresca; predomina la estratificación graduada sobre la cruzada. - Los fragmentos son angulosos y contienen cuarzo, feldespatos y productos piroclásticos, en una matriz tobácea.

Se encuentra en discordancia erosional sobre la formación San Isidro, subyaciendo discordantemente a los sedimentos de la formación Salada del Plioceno.

Debido a su posición estratigráfica se le ha asignado una edad del Mioceno Superior al Plioceno.

Formación Salada.

Fué descrita por primera vez por A. Heim (1922), refiriéndose a una sección expuesta a 1.5 Km. al NE. del rancho "La Salada" que se encuentra sobre el arroyo del mismo nombre, el cual desemboca en la Bahía de Almejas frente a la Isla Margarita. (F. Mina. 1957).

Se encuentra distribuida a lo largo de toda la Península, pero particularmente sobre la llanura costera del Pacífico, donde se observa su mayor desarrollo. - Se localiza hacia la parte central y Suroeste de la zona, presentando un espesor medio de unos 50 m.

Está constituida por areniscas de grano fino a grueso, de color amarillo claro, gris y gris blanquesino y es poco arcillosa. - Localmente contiene calizas fosilíferas, restos de pelecípodos y algunos conglomerados con fósiles en una matriz calcáreo-arenosa.

Por su contenido de fauna se le ha dado una edad Pliocénica.

Terrazas Marinas.

Estas terrazas marinas corresponden al Pleistoceno y se encuentran restringidas a una zona paralela al litoral, formando conjuntamente con la formación Salada una llanura de levantamiento; constituida de arenas, gravas y conglomerado calcáreo poco cementado. - Contiene abundantes restos fosilíferos que localmente forman coquinas. - Su espesor se estima en unos 30 metros.

Cuaternario.

Depósitos Fluviales (Qf).

Consisten de materiales de acarreo, como son boleos gruesos - sueltos, gravas y arenas con muy poca arcilla. - Los fragmentos y --- boleos provienen de las formaciones volcánicas y sedimentarias inclu - sive.

Estos depósitos se encuentran restringidos a los cauces o lechos de los arroyos más grandes y tienen su mayor expresión sobre el arroyo Caracol, aguas abajo de la confluencia con el arroyo San Hilario y el 130; en donde su espesor es mayor y se localizan las fuentes más - importantes de abastecimiento.

Depósitos Aluviales (Qal).

Constituidos por materiales de acarreo, como son gravas y arenas con limos y arcillas. - El espesor de esta unidad es variable, alcanzando en algunas partes hasta 10 metros y en otras una capa delgada -- que apenas cubre a las formaciones sedimentarias (Tcs), que han sido-- erosionadas por los arroyos.

Estos materiales se localizan en ambos márgenes del arroyo - Caracol, modelando pequeñas planicies de inundación del arroyo.

Se hizo la separación de los depósitos fluviales (Qf) de los aluviales (Qal), ya que para nuestros fines hidrogeológicos tienen mucha - importancia.

IV.3. - Geología Estructural.

A). - Descripción de las estructuras.

En toda la Península existe un sistema de fallas, cuyo rumbo general es NNW-SSE y se encuentra atravesada por otro sistema transversal de rumbo E-W. - Estos sistemas al atravesar las formaciones de las costas o de las planicies, han provocado hundimientos y desniveles del terreno dando lugar a la formación de Bahías. - Cuando estos sistemas de fracturas cruzan las formaciones de la región dan lugar a cañones o valles.

La cuenca de San Hilario queda comprendida dentro de un bloque, al que se define como un sinclinal con flancos aproximadamente simétricos. - Se caracteriza por presentar fallas con orientación NE-SW, que han originado horst o grabens. (F. Lozano R. 1975).

En términos generales tenemos grabens o fosas tectónicas separadas por un horst o pilar tectónico. - Entonces los valles se acomodan en una fosa tectónica, teniendo en cuenta su posición topográfica con respecto a la sierra de La Giganta.

En varios afloramientos se observan plegamientos muy leves, provocados seguramente por el asentamiento de los bloques.

Hacia el Noroeste del área y la población de Santa Rita, existe una serie de fallas y plegamientos que inclinan las capas en ángulos su

periores a los 40°; estas estructuras (Montoya, 1976) dice que son debidas a un basculamiento.

Al Sur del área se encuentran en la superficie sedimentos de la formación Tepetate, como consecuencia de posibles horst; notándose fallas de desplazamientos verticales considerables.

B). - Es bastante difícil llegar a ubicar a la Península de Baja California dentro de un marco geológico estructural, sin embargo, con la actualizada teoría de la Deriva de los Continentes, propuesta por Wegener a principios del Siglo, y la expansión del suelo oceánico, que unidas estas dos teorías constituyen la "Tectónica de Placas", nos podemos dar una idea más clara de como llegó a formarse el Golfo de California.

Existen diferentes hipótesis propuestas por muchos investigadores para explicar el origen del Golfo de California, siendo las siguientes:

"Tectónicamente la Península constituye una unidad geológica, cuya forma es la de un enorme bloque alargado y angosto, afallado longitudinalmente y separado de la parte continental de la República Mexicana por un "graben", ocupado por el Golfo de California" (F. Mina, 1957).

Para su estudio tectónico el Ing. Mina dividió a la Península en tres Unidades: 1) Plataforma Marginal Occidental, 2) Sinclinal Califor -

niano y 3).- Macizo Marginal Oriental.

Para nuestro caso hablaremos sólo del Sinclinal Californiano, - ya que atraviesa longitudinalmente la zona estudiada. - En esta Unidad se han acumulado sedimentos Mesozoicos y Cenozoicos, se extiende a lo largo de toda la Península, desde la parte Occidental de Tijuana, - hasta el macizo batolítico de la Región del Cabo.

La mitad Sur del Sinclinal Californiano ha sido subdividida en - dos subcuencas: la de Vizcaño y la de Purísima-Iray.

La subcuenca de Vizcaño tectónicamente muestra evidencias -- claras de haber sido fuertemente plegada y afallada. - El sistema de - afallamiento predominante en casi toda la Península tiene una direc--- ción NW-SE.

A diferencia de lo que ocurre en la subcuenca de Vizcaño, no existen evidencias de deformaciones y de fenómenos tectónicos ocurri- dos en la subcuenca de Purísima-Iray. - Por otro lado, la plataforma - Marginal Occidental ha venido migrando en dirección Noreste o sea -- acercándose más y más a la costa y por lo tanto, ha generado fuer-- zas que han producido las deformaciones en el Sinclinal Californiano. (F. Mina, 1957; pag. 213-220).

De los análisis gravimétricos y sísmicos presentados por Phi- llips, Harrison y Mathur (1964), indican que el fondo del Golfo de - California está constituido por una corteza oceánica, que excluye por

lo tanto, un hundimiento estructural tipo "Graben" de rocas continentales.

E.C. Allison (1964), discute tres teorías diferentes para la formación del Golfo.

- 1a. - Emergencia de la Península, dejando entre ella y tierra firme de México una porción de Mar; el Golfo de California. - Esta hipótesis se descarta por razones de geología regional.
- 2a. - Separación lateral de la Baja California del Macizo Continental Mexicano. - Esta teoría también fué rechazada por el hecho de que en la costa firme no existen evidencias que indiquen el rompimiento de antiguas estructuras geológicas.
- 3a. - Por desplazamientos en bloques a lo largo de fallas de rumbo, paralelas al Sistema de Fallas de San Andrés. - De acuerdo con la teoría de tectónica de placas, esta hipótesis podría ser aceptada.

G. Gastil (1972), basándose en levantamientos geológicos detallados considera que el extremo Sur de la Península estuvo unida a la costa del Estado de Jalisco, a la altura de Cabo Corrientes; existiendo actualmente una distancia entre estos dos puntos de 445 kilómetros.

Las evidencias topográficas, geológicas y geofísicas; así como la reconstrucción de la posición que ocupaba la Península antes de empezar su deriva, indican que antes de que se abriera el Golfo de Cali-

fornia existía un Golfo antiguo o Proto-Golfo (Normark y Curray, 1968; Suppe, 1970).

Wilson (1965), propuso que la Falla de San Andrés. es una falla de transformación de cordillera a cordillera, que conecta la elevación Pacífica Este en la Boca dei Golfo, con la Cordillera Juan de Fuca en el Pacífico Norte y que el Golfo de California ha resultado de una separación de rumbo a través y sobre esta falla, asociado con el desprendimiento del piso oceánico en las crestas más elevadas. - Esta hipótesis fué ligeramente alterada por Vine (1966) y Sykes (1968) que incluye la posibilidad de que ha sido solamente una separación de Rumbo, a través de una serie de fallas de transformación en Echelón, en el Golfo, que tendieron ligeramente hacia el Oeste del Golfo en sí mismo y que formaron la extensión más al Sur del sistema de fallas de San Andrés.

Finalmente, Larson y otros (1968) y Moore y Buffington (1968), basándose en perfiles de anomalías magnéticas a través de la Boca del Golfo, concluyeron que la Baja California se separó del Continente hace 4 millones de años (Plioceno Superior), y que se ha seguido moviendo hacia el Noroeste a un promedio de 6 centímetros por año.

Rusnak y Fisher (1964), mapearon el fondo del Golfo e interpretaron este como una serie de fallas en Echelón, que se extendieron --- hasta el Suroeste del sistema de fallas de San Andrés, colocando la ---

apertura del Golfo en el Mioceno y aún en el Cretácico (Hamilton, ---
1961).

IV. 4. - Geología Histórica.

Trataremos de relatar las principales etapas por las que ha pasado la Península de Baja California, durante las diferentes épocas geológicas.

Durante el Paleozoico, la parte que corresponde a la actual Península, sufrió una serie de movimientos oscilatorios que se produjeron con relación a los grandes cambios que se efectuaron en esta Era, en los litorales Occidentales del continente Norteamericano. - Los movimientos epeirogénicos que tuvieron lugar en esa época, provocaron repetidas transgresiones y regresiones marinas, que trajeron como consecuencia unas veces, que la mayor parte del territorio actual de la Península quedara cubierta por el mar, otras, su separación completa de la masa continental o por fin que quedara unida al continente por fajas de tierra más o menos estrechas, entre las cuales se formaban amplios Golfos. (Aguilera, 1959).

En la Era Mesozoica, el Cretácico Inferior estaba representado por los batolitos graníticos de la Baja California. (103 m.a. Rusnak y Fisher, 1963). - También, en esta época al Oeste de la Baja California se habían depositado sedimentos marinos, los cuales fueron cubiertos por capas de materiales volcánicos durante el Cretácico Medio.

En el Cretácico Superior se formaron depósitos de sedimentos marinos, debido a la transgresión de los mares sobre las rocas plutó-

nicas; todavía no se separaba la Península del Continente.

En el Cenozoico, el Paleoceno y Eoceno fueron marcados por una subsidencia, el mar había cubierto el lado Oeste de la Península y probablemente se extendió hasta la parte Sur del actual Golfo; originándose la formación Tepetate.

A fines del Eoceno, la porción Occidental de los batolitos situados al Sur de la ciudad de La Paz, fueron invadidos por mares someros y cubiertos por rocas volcánicas.

Durante el Mioceno Inferior y Medio, se originó una depresión que estaba bordeada en su parte NW-SE, por los batolitos de la parte Norte y Sur de la Península y hacia el Oeste por tierras positivas. Los mares cubrieron toda esta depresión, lo que marcaba la primera invasión del mar Terciario de la costa del Golfo, con gruesas acumulaciones de areniscas, lutitas y conglomerados, correspondientes a las formaciones Monterrey y San Isidro.

En las márgenes de esta área invadida por el mar, estaba originándose un volcanismo, el cual se intensificó durante el Mioceno Superior y que formó gruesos espesores de rocas volcánicas y volcanoclásticas. (Formación Comondú).

A finales del Plioceno un bloque de continente empezó a viajar hacia el Noroeste, en contra de la placa Norteamericana; la falla de -

San Andrés estaba activada, al chocar este bloque con las profundas raíces de las estructuras situadas al Norte (sierra Nevada y montañas San Bernardino), se desvió hacia el Oeste; una gran parte de Baja California se rompió y al desprenderse, se produjo el Golfo de California (Tectónica de Placas, D. L. Anderson, 1971).

En el Pleistoceno comenzó un ligero levantamiento de la parte central de la Península, a finales de este período e inicios del Reciente se efectúa un volcanismo en las tierras emergidas, seguida por un período de fallamiento y erosión que persiste hasta la actualidad.

IV.5.- Tectónica de Placas.

La teoría de la Deriva Continental y el concepto de la expansión del piso oceánico, constituyen la "Tectónica de Placas". (J. Tuzo Wilson. 1976).

De acuerdo con esta teoría, las placas no son solamente cuerpos rígidos, sino que también se encuentran en constante movimiento relativo. (J. F. Dewey, 1972).

La tectónica de placas está relacionada con los movimientos de las placas litosféricas.- En la parte exterior de la corteza se pueden distinguir las siguientes capas:

Litósfera.- Es una capa rígida más externa, con un espesor -- que oscila entre los 70 y los 150 kilómetros, situada sobre la Astenós

fera. (Dewey, 1972).

P. J. Wyllie, asegura que la litósfera incluye la corteza y parte del manto superior y se diferencia de la astenósfera, que se encuentra por debajo, por el hecho de que tiene menor temperatura y por consiguiente es más rígida.

Astenósfera. - Es la capa del manto menos resistente que se encuentra a una profundidad de 100 a 300 kilómetros y a una mayor temperatura que la litósfera. (P. J. Wyllie).

Mesósfera. - Es una capa de material muy rígido, que se encuentra debajo de la astenósfera y que comienza a los 800 kilómetros de profundidad. (M. Mattauer, 1976).

La litósfera, en respuesta a fuerzas generadas en la astenósfera, fué rota en un determinado número de placas que se separaron. (Dietz y Holden, 1970).

La corteza está dividida en amplios segmentos o placas que flotan sobre el manto. - Las placas se destruyen en las fosas oceánicas por la inflexión y hundimiento hacia el manto, en el que, en última instancia, ellas se mezclan de nuevo con el material del que han provenido.

S. E. Bullard (1969), dice que la mayor parte de la superficie terrestre está dividida en seis grandes placas, que son suficientes --

para acoplar todo el sistema mundial de Deriva Continental. - Estas --
placas son las siguientes: India, Pacífica, Americana, Euroasiática, --
Africana y Antártica. - Se encuentran normalmente limitadas por cordi-
lleras y fosas.

Por su parte J. F. Dewey en 1972, asegura que se pueden di--
ferenciar sobre la litósfera terrestre seis grandes placas o láminas --
más externas, que son: placa Australiana, Pacífica, Norteamericana, -
Suramericana, Africana y Antártica.

P. A. Rona (1973), propuso que las seis grandes placas de la
litósfera, eran las siguientes: Australiana, Pacífica, Americana, Euro-
asiática, Africana y Antártica. (figura No. 8).

Otros autores, como M. Mattauer (1976), hace una división de
ocho grandes placas, que son: Placa Africana, Euroasiática, Norteame-
ricana, Sudamericana, Del Antártico, Indo-Australiana, Del Pacífico -
Meridional y por último la placa del Pacífico Septentrional.

IV.5.1. - Fundamentos de la Teoría.

Desde hace casi un siglo se conoce la idea de que los continen-
tes se han movido, sin embargo; no había sido aceptada esta teoría, -
sino hasta hace muy poco tiempo. - Diversos investigadores habían pro-
puesto muchas teorías acerca de los continentes, pero fué hasta el --
año de 1858 en que A. Snider, expuso con claridad el concepto de que

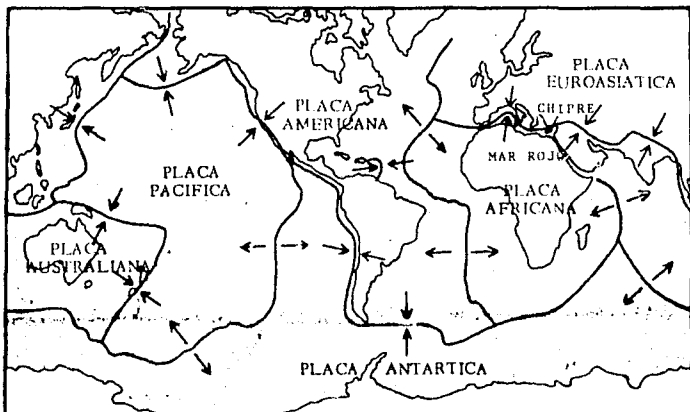


Figura No. 8.- Las Seis grandes Placas Tectónicas de la litósfera, que es la capa más externa de la tierra, están delimitadas por las líneas de color oscuro sobre este mapa Mundi.- Los pares de flechas indican si un límite de --placas es convergente o divergente.
(Tomado de "Tectónica de Placas y Recursos Minerales", Autor Peter A. Rona, 1973).

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS PROFESIONAL

JACINTO RAMON MANUEL MEXICO, D.F. 1979

los continentes en tiempos pasados habían estado ajustados unos a --- otros; formando un único supercontinente y desde entonces se habfan estado separando.

En el año de 1910 Alfred L. Wegener y otros autores, propusieron hipótesis acerca de la Deriva Continental muy similares a la actual. - En 1915 y 1929, Wegener publicó sus teorías que provocaron una gran controversia; argumentaba que si la tierra podía deslizarse verticalmente en respuesta a fuerzas verticales, también podía hacerlo lateralmente.

En los últimos años se ha llegado a la conclusión de que: el concepto de la Deriva Continental y la expansión del suelo oceánico, se han unido para constituir un sólo cuerpo conceptual, al que se le denominó "Teoría de la Tectónica de Placas". (J. Tuzo Wilson, 1976).

Las capas en que se encuentra dividida la tierra.

Si hacemos un corte transversal de la tierra, ésta nos muestra que está constituida por tres capas concéntricas, que son: Corteza, Manto y Núcleo. (figura No. 5).

Corteza.- Convencionalmente se le llama "corteza terrestre", a la parte relativamente superficial de terreno, cuya densidad media es inferior a 3.3 y la velocidad de propagación de las ondas sísmicas P (primaria), es por término medio inferior a 8 km/seg.; se podría -

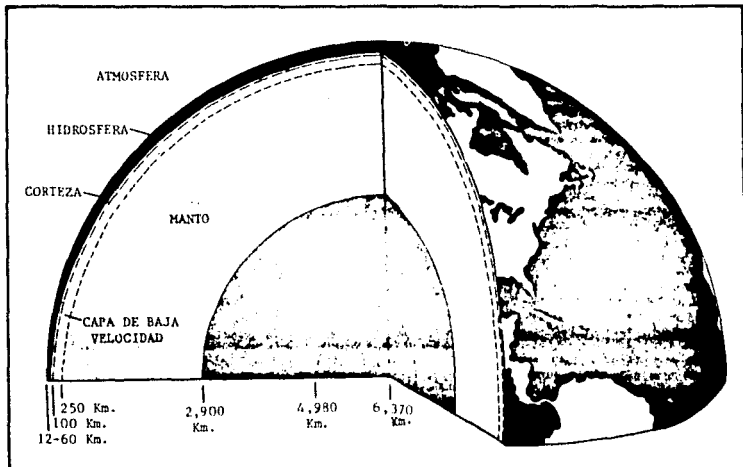


Figura No. 5.- Configuración de la tierra, considerando sólo su estructura en capas, sin tener en cuenta los procesos activos que tienen lugar en su interior.- Las rocas de la corteza, están frías y rígidas.- Las rocas del Manto, que están a elevadas temperaturas, son capaces de moverse lentamente.- Las evidencias de ondas sísmicas nos indican que el núcleo externo se encuentra constituido por metales en estado de fusión.- La Hidrosfera la componen las aguas superficiales y atmosféricas. (Tomado de "El Manto de la Tierra", Autor P. J. Wyllie.)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL
JACINTO RAMON MANUEL MEXICO, D.F. 1979

incluso decir que se trata de la parte que se encuentra por encima de la superficie de discontinuidad sísmica llamada de Mohorovicic o Moho, cuando ésta existe.

Por su parte, M. Mattauer (1976), dice que es una zona de -- composición bastante variable, que tiene un espesor de 10 a 70 kiló-- metros.

Manto. - "El Manto" de la tierra es una gruesa capa de rocas candentes que separa el Núcleo, de las rocas a mucha menor temperatura que constituyen la delgada corteza. - Se inicia a una profundidad media de 35 a 45 kilómetros bajo la superficie y continúa hasta una - profundidad de unos 2,900 kilómetros. (Peter J. Wyllie).

El manto influye sobre las condiciones superficiales en forma múltiple, por ejemplo: la influencia sobre la corteza es grande, en -- realidad la corteza y su delgada pelfeula oceánica y atmosférica son - productos del manto. - Las fuerzas que impulsan el lento movimiento de los continentes sobre la superficie terrestre, tienen su origen en - el manto.

Los movimientos del manto son también causa de erupciones - volcánicas, de terremotos y de la Deriva Continental.

El manto está compuesto por silicatos ricos en magnesio e hierro, con una composición media que corresponde a la de las rocas --

peridotíticas. - Es sólido, pero de los 100 a 250 kilómetros se inicia una capa relativamente delgada en donde las rocas pueden estar parcialmente fundidas, con delgadas capas de líquido distribuidas entre los granos minerales. - A esta zona se le da el nombre de "capa de baja velocidad", ya que a través de ella las ondas sísmicas se transmiten a una velocidad relativamente menor. (Peter J. Wyllie).

Núcleo. - El núcleo se divide en núcleo externo y núcleo interno, el primero va de los 3,000 a 5,000 km. de profundidad y por evidencias de las ondas sísmicas se cree que se encuentra constituido por metales en fusión. - El núcleo interno va de los 5,000 a 6,000 Kilómetros en adelante, parece muy probable que este núcleo es sólido, siendo lo contrario del núcleo externo que es sólido.

Es probable que el núcleo interno de la tierra, consista de hierro y níquel, con algunos materiales más densos. (K. E. Bullen).

Deriva Continental.

En el año de 1920 Alfred L. Wegener, basándose en detalles de correlación proporcionados por la geología y la paleontología, indicando un registro histórico en los dos lados del Océano Atlántico; propuso que todos los continentes habfan estado unidos en una única masa de tierra, antes de que empezara la Era Mesozoica (hace aproximadamente 200 millones de años) y a este supercontinente lo llamó Pangaea. (figura No. 6).

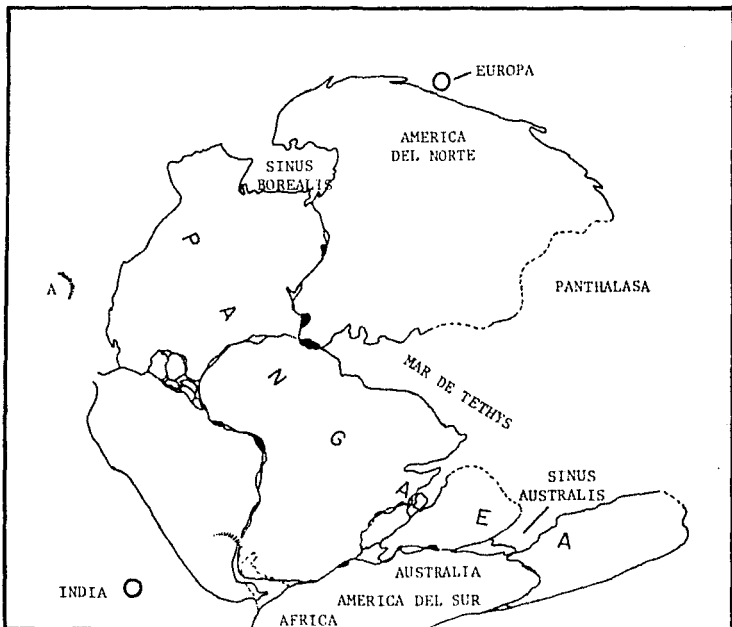


Figura No. 6.-

El Continente Universal denominado "PANGAEA", está representado en esta figura, tal como era hace 200 millones de años.- La Panthalasa, que era el ancestral Océano Pacífico, también puede apreciarse.- El mar de Tethys (el ancestral mar Mediterráneo) formaba una gran bahía que separaba Africa de Eurasia.

(Tomado de "La Disgregación de la Pangaea", Autores Robert S. Dietz y - John C. Holden, 1970)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

JACINTO RAMON MANUEL MEXICO, D.F. 1979

Este continente universal fué de algún modo roto y sus fragmentos (los actuales continentes), han sido trasladados hasta su posición actual. - Este supercontinente se le dividió en dos grandes masas de tierra: Gondwana en el Hemisferio Sur y Laurasia en el Hemisferio Norte. (Dietz y Holden, 1970). (figura No. 7).

El acontecimiento que supuso la rotura de la Pangaea y la iniciación de la Deriva de los Continentes, ocurrió hace no más de 200 millones de años.

Al final del período Triásico, Laurasia constituida por América del Norte y Eurasia, empezó a alejarse del grupo meridional conocido como Gondwana.

El grupo meridional de Gondwana está constituido por América del Sur, Africa, Antártida, Australia y la India.

Para hacer la reconstrucción de la Pangaea, los investigadores Dietz y John C. Holden, seleccionaron las líneas de contornos donde el talud continental alcanza una profundidad de 2,000 metros.

Existen diversas hipótesis de la Deriva Continental, por ejemplo: Vening Meinesz propuso que la convección térmica en el manto terrestre podía ser la causa del mecanismo de la Deriva Continental.

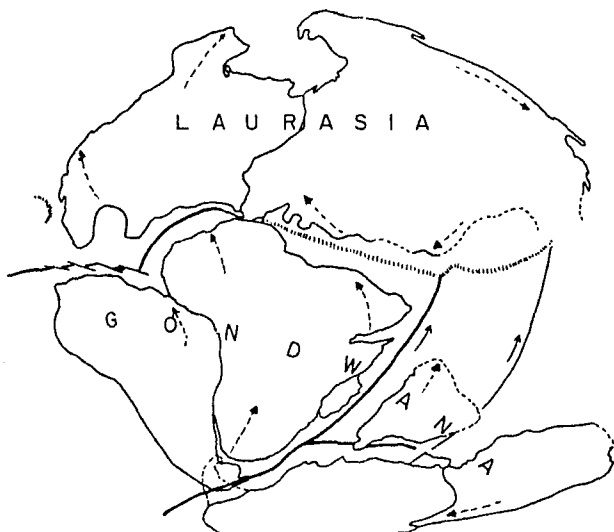


Figura No. 7.- Después de 20 millones de años de Deriva y por lo tanto al final del período Triásico, es decir; hace 180 millones de años, el grupo septentrional de Laurasia, empezó a alejarse del grupo meridional, conocido como Gondwana.- Las líneas y las flechas negras señalan las megacizallas, que son zonas de deslizamiento a lo largo de los límites de las placas.- Las flechas punteadas indican el vector movimiento de los Continentes después de iniciar la Deriva.

(Tomado de "La Disgregación de la Pangaen", Autores Robert S. Dietz y John C. Holden, 1970).

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS PROFESIONAL

JACINTO RAMON MANUEL MEXICO, D.F. 1979

La Expansión del Suelo Oceánico.

Esta teoría se basa en una variedad de observaciones e hipótesis, que se refieren a la topografía del suelo oceánico, la distribución de los sedimentos allí existentes, de fallas y terremotos, la estructura interna de la tierra, su campo magnético y sus inversiones periódicas.

Alrededor del año de 1960, Harry H. Hess, sugirió la idea de que el suelo del océano quizás pudiera estar en movimiento. - El propuso una especie de movimiento convectivo, que forzaba material desde el interior de la tierra hacia las zonas más superficiales, a través y a lo largo de los ejes de las cordilleras centro-oceánicas (o dorsales), extendiéndose sobre el suelo oceánico y desapareciendo en las fosas cercanas a los bordes continentales. - Materiales volcánicos ascienden desde el manto a través de estas grietas y están dando lugar continuamente a una nueva corteza oceánica.

En 1963, Vine y Matthews, propusieron una prueba para demostrar la hipótesis de Hess. - Esta prueba se basaba en el descubrimiento de que el campo magnético terrestre se había invertido de sentido muchas veces, a lo largo de los pasados tiempos geológicos. - Ellos aseguraban que las rocas fundidas que eran expulsadas por la sutura a lo largo del eje de la cordillera centro-oceánica, se magnetizaban en la dirección del campo magnético y al solidificar se "fosili

zaba" en las rocas esta dirección. - Si se expulsaban nuevos materiales a lo largo de esta misma sutura centro-oceánica, al solidificarse nuevamente quedarían también con la dirección del campo magnético - entonces establecido, con lo cual se formarían bandas magnéticas alternantes, según que el campo fuera "normal" ó "inverso".

Otros investigadores como Heirtzler, basándose en estudios -- hechos en las cordilleras centro-oceánicas, han apoyado considerablemente la idea del desplazamiento del suelo oceánico a partir de la -- cordillera submarina y la formación de anomalías magnéticas.

El flujo continuo de material a partir de un centro de expansión, produce fallas, erupciones volcánicas y corrientes de lava a lo largo de la cordillera centro-oceánica, que originan montañas y escarpes.

Cuando una placa se forma en un centro de expansión, ésta -- consiste de dos capas de material: una superior "volcánica" y otra inferior "oceánica". - La capa volcánica se forma de la lava y los diques de alimentación procedentes del manto. - La capa oceánica está -- también constituida por algún material del manto, pero se desconoce su exacta composición, densidad y condición.

El ritmo al cual el suelo marítimo se expande varía de 1 a 10 centímetros al año. - El expansionamiento rápido forma amplias ele

vaciones y suaves laderas, como las de la cordillera del Pacífico Este (H. W. Menard, 1969).

IV.5.2. - Influencia del movimiento de las placas tectónicas Pacífica y Norteamericana, en la configuración del marco geológico-estructural de la Península de Baja California.

Algunos investigadores basándose en los datos obtenidos de las anomalías magnéticas realizadas en la costa de California, han asegurado que la cresta oceánica (placa Pacífica) se interceptó con el continente a finales del Oligoceno. - Otros han propuesto que los procesos geológicos de un continente están afectados cuando una placa continental es interceptada por una línea de cresta oceánica.

El sistema de fallas de San Andrés está involucrado en los movimientos tectónicos y geológicos de la mayor parte del Oeste de Norteamérica y del Noreste del Océano Pacífico; y a la vez, estos movimientos están también íntimamente relacionados con los desplazamientos relativos que se producen entre las placas Pacífica y Norteamericana.

La tendencia en dirección del sistema de fallas de San Andrés es Noroeste-Sureste, desde San Francisco al límite Sur del Gran Valle Central y también desde el Norte de la depresión del mar Salton a la frontera Mexicana (figura No. 1).

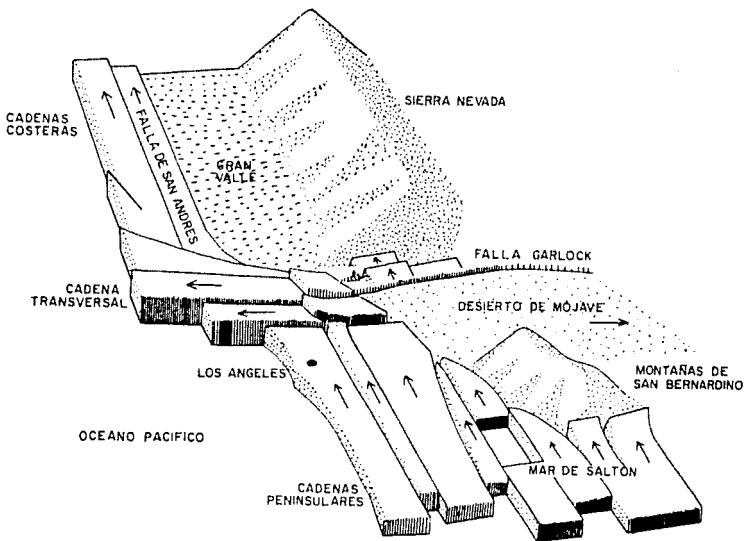


Figura No. 1.- El movimiento de la corteza terrestre en la California Meridional - tiene una tendencia general hacia el Noroeste, excepto ahí donde el conjunto de bloques más inferior choca con las profundas raíces de Sierra Nevada.- En este lugar, los bloques son desviados hacia la izquierda (hacia el Oeste), ocasionando con ello la Cadena Transversal y la gran inflexión en el sistema de fallas de San Andrés.- La depresión del mar Salton, representa evidentemente, una zona de grieta "Rift" que se ha desarrollado entre dos bloques.

Tomado de "La falla de San Andrés", Autor Don L. Anderson, 1971.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

JACINTO RAMON MANUEL MEXICO, D.F. 1979

El sistema de fallas de San Andrés se puede dividir en dos -- porciones: Norte y Sur. - La porción Norte es sísmicamente menos -- activa que la porción Sur y parece que han sido originadas de diferentes maneras. - El fragmento Norte fué formado aproximadamente en el Oligoceno.

La parte Sur del sistema de Fallas de San Andrés está constituída pór el agrietamiento de un fragmento de continente. - En la actualidad representa el límite entre dos partes de una placa continental que se mueven una respecto a la otra. - Esta porción Sur probablemente se originó a finales del Plioceno (4 a 6 millones de años).

La idea de estas dos fallas viene sugerida por la directa extrapolación de los datos que se tienen del suelo oceánico.

Cuando una cordillera oceánica se aproxima a una fosa, la --- cual actúa como sumidero; evidentemente la cordillera y la fosa se -- aniquilan una a otra. - La corteza oceánica y su carga de restos continentales, los cuales estaban antes en la fosa, ascienden; ya que la - corteza no está relacionada con la placa sino cuando se sumerge bajo el continente. - Los depósitos de la fosa son así estrujados y eventualmente se elevan por encima del nivel del mar, llegando a formar parte del continente. - Sin embargo, están ligados todavía a la placa oceánica y se desplazan con ella (figura No. 2).

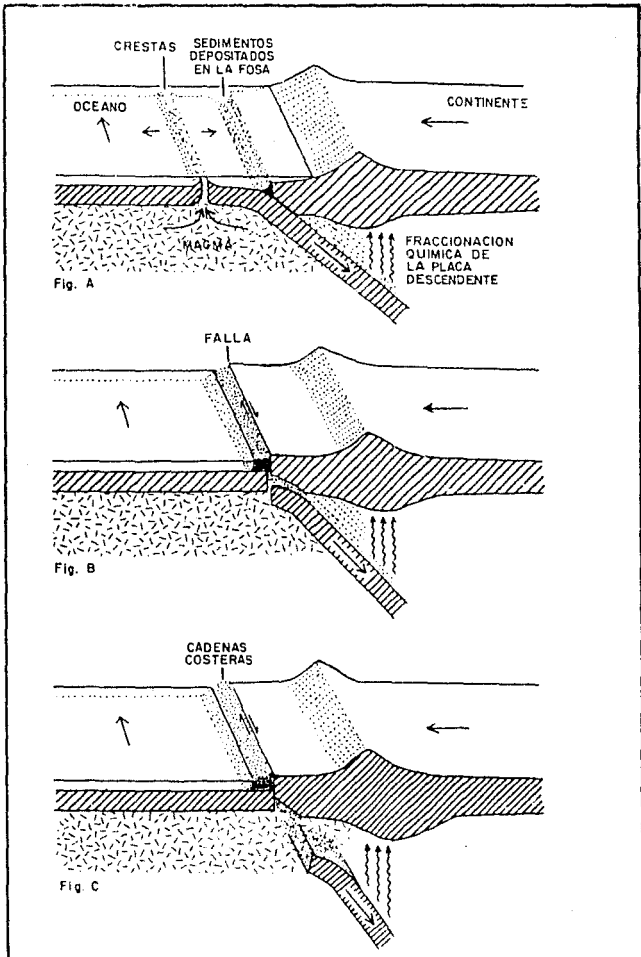


Figura No.2.- La interacción entre Cresta y Fosa conduce a su mutua aniquilación.- La fosa se va llenando lentamente con los sedimentos acarreados por los ríos y torrentes (Fig. A).- Mientras tanto, la porción que se va fundiendo de la placa que se sumerge, agrega desde abajo, nuevo material al continente.- Cuando la cresta alcanza la costa del Continente, el flujo de magma por la sutura acaba y los sedimentos de la fosa se amontonan en la parte Occidental de la placa Oceánica (Fig. B).- La placa descendente desaparece bajo el Continente al igual que los sedimentos que haya podido arrastrar (Fig. C). Tomada de "La falla de San Andrés", Autor Don L. Ander-

La interacción del Oeste de la placa Norteamericana con la -- placa Pacífica, ha dado lugar a amplios movimientos horizontales a lo largo de la falla de San Andrés, por ejemplo un agrietamiento como - el Golfo de California. - También ha dado lugar a un gran levantamiento cortical por cabalgamientos, como en el Norte de la cordillera --- Transversal y Oeste de los Angeles; así como a la generación de --- grandes batolitos, como el de la sierra Nevada; y a la incorporación de material del fondo de la fosa marina al borde del continente.

En el Oligoceno, una sección de la dorsal, al Sur de la fractura Murray, estaba todavía bajo el mar, junto a una fosa en activi-
dad. - La Baja California aún estaba ligada al continente y el Golfo de California todavía no se había abierto.

En este mismo período un sistema de crestas oceánicas se en-
contraba no muy lejos de la costa Oeste de la placa Norteamericana, la cual era conducida por una placa móvil (placa Pacífica) hacia la ali-
neación de crestas.

Al producirse la colisión, la placa Pacífica se sumergió deba-
jo de la placa continental, produciéndose una gran fosa. - Esta fosa -
estaba siendo rellenada con materiales erosionados del continente; es-
tos depósitos son los que posteriormente llegan a constituir la cadena
costera Californiana, originándose este proceso hacia la parte Norte
de California.

Mientras tanto, en el Sur, una alineación de crestas orientadas se aprestaba para chocar con el extremo del continente, sobre una interrupción de la línea de costa Sur en la Baja California. - Al producirse el impacto se desgarran y se separa una parte de la Península de Baja California; este fragmento de continente se une a la placa Pacífica y comienzan a viajar hacia el Noroeste.

Como en esa época la falla de San Andrés estaba completamente activada, ya que el bloque de la Baja California empezó a deslizarse en contra de la placa Norteamericana, chocando con las profundas raíces de las estructuras situadas al Norte (la sierra Nevada y las montañas San Bernardino), y desviándose dicho bloque hacia el Oeste. - Al producirse este choque una gran parte de la Baja California se rompe y al desprenderse del continente, se produce la apertura del Golfo de California; y que probablemente sucedió a finales del Plioceno (4 a 6 millones de años); continuando su movimiento hacia el Noroeste, mientras que el Golfo de California se separa continuamente a razón de un promedio de 6 centímetros por año del resto del continente. -- (D. L. Anderson, 1971).

Al producirse el choque del bloque de la Baja California con las estructuras del Norte de California, además de originarse el Golfo de California, se genera una fuerza de compresión que origina la Cadena Transversal, la cual se extiende desde el continente hasta las proximidades de la actual Santa Bárbara (figura No. 3).

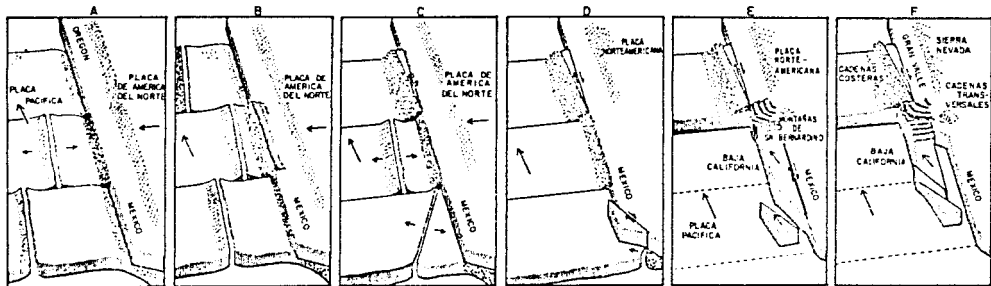


Figura No. 3.- La formación del sistema de fallas de San Andrés está representado esquemáticamente en los seis diagramas ilustrados.- Hasta 30 millones de años (fig. A), un sistema de crestas oceánicas se encontraba cerca de la costa Oeste de América del Norte, la cual era conducida por una placa móvil hacia la alineación de crestas.- Mientras tanto, toda la placa Pacífica se movía hacia el NW.- Transcurridos unos pocos millones de años (fig. B), la cresta más cercana al Continente estaba interceptada.- La fosa, por entonces, estaba siendo rellenada con materiales erosionados del Continente.

La porción septentrional de la falla de San Andrés se originó cuando los depósitos de la fosa anterior llegaron a compartir el movimiento hacia el Norte de la placa Pacífica (fig. C).- La falla de San Andrés está situada entre las dos flechas opuestas -- que indican los movimientos relativos.- A la vez, -- en el Sur, una alineación de crestas orientadas se apresta para chocar con el extremo del Continente -- sobre una interrupción de la línea de costa Sur en la Baja California.- La colisión (fig. D) desgarró y separa una parte de la Península en la Baja California, la cual se une a la placa Pacífica y comienza, junto a ella, a viajar hacia el Noroeste.

La porción meridional de la falla de San Andrés está, por entonces, completamente activada (fig. E), ya que el bloque de la Baja California ha empezado a deslizarse en contra de la placa Norteamericana, chocando con las profundas raíces de la Sierra Nevada y las montañas San Bernardino, las cuales desvían dicho bloque hacia el Oeste.- Una gran parte de la Baja California se resque y, al desprenderse, se produce la apertura del Golfo de California.- Así que mientras la Baja California continúa su movimiento hacia el NW. (fig. F) el Golfo de California se ensancha continuamente

Tomado de "La Falla de San Andrés"
Autor Don L. Anderson, 1971.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TESIS PROFESIONAL
JACINTO RAMÓN MANUEL MEXICO, D.F. 1979

IV.5.3. - Mecanismos de Movimiento.

El mecanismo de movimiento de una placa no está aún suficientemente claro. - Las placas pueden ser: empujadas, transportadas por células de convección del manto, gobernadas por fuerzas gravitacionales o arrastradas (Dietz y Holden, 1970). - Ellos prefieren un modelo basado fundamentalmente en el arrastre; para ello se supone que las placas en uno de sus bordes están más frías y son más pesadas y así pueden sumergirse hacia el manto, en el interior, a lo largo de las zonas de subducción. - Como resultado de ello, un desgarramiento o "rift" se abre a lo largo del borde opuesto de la placa; esta sutura se rellena por la inyección de material rocoso fluido proveniente del manto y por diques de basalto toleítico fundido.

La teoría de la tectónica de placas sostiene que las placas están en un continuo movimiento relativo, que puede conseguirse por: -- que las dos placas deslicen una junto a la otra, (fallas de transformación) o bien ambas pueden llegar a ser convergentes y por último ser divergentes. - De esta forma, los estudios y análisis sismológicos han puesto de manifiesto que los tres tipos anteriores son límites de placas.

Las fallas de transformación aparecen entre dos segmentos de cordilleras desplazadas. - Las placas deslizan una respecto a la otra y en ellas no se crea ni se destruye material alguno.

En los límites de placas convergentes o zonas de subducción, una de las placas va desapareciendo y gradualmente consumiéndose -- conforme se va deslizando hacia el interior del manto superior, bajo y frente al borde de la otra placa.

El límite de placas divergentes se presenta en un eje de cordillera oceánica o bajo un continente. - Cuando las dos placas se separan, se genera nuevo material cortical por una continua acreción de corteza oceánica en los bordes posteriores de las placas.

Cuando el borde externo de una placa que se desplaza a partir de un centro de expansión fijo, choca con otra placa; en vez de hundirse una placa debajo de la otra (en la litósfera) se destruye en la astenósfera (una zona caliente), por un adelgazamiento progresivo. - Esto se debe a que la velocidad combinada de las dos placas es mayor de 6 centímetros, produciendo con este choque la formación de una fosa; así como también produce volcanes e islas.

En el caso contrario, cuando los bordes externos de dos placas entran en colisión a una velocidad menor de 6 centímetros por año, ambas placas se pliegan y se origina una cordillera; la cual está formada por material cortical que se ha plegado hacia arriba, por efecto de la presión ejercida por las dos placas (y también hacia abajo para formar las raíces de las montañas) (H. W. Menard, 1969).

No hay un sistema de coordenadas con respecto al cual el movimiento absoluto de las placas pueda definirse con exactitud.

Se conocen a grandes rasgos los movimientos de las placas -- desde hace muchos años y se comprueba que corresponden a un esquema evolutivo relativamente simple, pero todavía no se sabe cual es la relación entre los movimientos de la astenósfera y los de las placas (M. Mattauer, 1976).

V. - HIDROGEOLOGIA

V.1. - Diferenciación entre el uso del término Hidrogeología y Geohidrología.

La hidrogeología puede ser definida como el estudio cualitativo de las aguas subterráneas, cuyo énfasis especial recae sobre el aspecto químico, circulación y circunstancias geológicas condicionantes.

También podemos decir que la hidrogeología es la relación --- existente entre el agua subterránea y el marco geológico que la contiene. - Esta relación estriba en el conocimiento cualitativo de los mecanismos de funcionamiento que se establecen entre el agua, una vez que llega a la superficie del terreno, se infiltra y circula por un medio geológico, la mayoría de las veces altamente complejo.

Partiendo pues de la hidrogeología, es como se llegan a localizar zonas o puntos para la captación del recurso hidráulico; por ello el conocimiento de esta ciencia es una necesidad básica para la formación de técnicos dedicados al estudio de las aguas subterráneas, -- tanto geólogos, como especialistas en hidráulica.

El término geohidrología por fuerza de uso más que por convención, es lo que se conoce como el estudio CUANTITATIVO del --- agua subterránea y está condicionado a los resultados del estudio ----

HIDROGEOLOGICO.

Este estudio cuantitativo nos conduce al cálculo de los recursos hidráulicos subterráneos, su distribución y disponibilidad.

V.2. - Factores que propician la infiltración, circulación y almacenamiento del agua de lluvia.

V.2.1. - Porosidad.

La porosidad de una roca está determinada por la proporción que ocupan huecos o intersticios en su volumen total. - Cuando una roca es muy porosa, más grande es la cantidad de espacios abiertos que contiene; a través de estos espacios debe abrirse camino el agua subterránea.

La porosidad difiere de un material a otro y está determinada por la forma, tamaño y clasificación de los fragmentos que constituyen la roca.

La porosidad se expresa con la siguiente fórmula:

$$P = 100 \frac{A}{V} = 100 \frac{V - v}{V}$$

P = porosidad en tanto por ciento

A = volumen de agua necesaria para saturar la muestra.

V = volumen de la muestra

v = volumen de sólidos de la muestra

Existen diversos tipos de porosidad, una de ellas es la porosidad eficaz; que se define como la relación del volúmen de agua drenable por gravedad de un terreno al volúmen total de éste.

V. 2. 2. - Permeabilidad

La permeabilidad es la capacidad de los materiales de la tierra para permitir la circulación del agua a través de ellos. - Cuantitativamente su valor está dado por el coeficiente de permeabilidad, el cual se define como el caudal que circula a través de una área unitaria, transversal al flujo, bajo la carga producida por un gradiente hidráulico unitario.

El coeficiente de permeabilidad se expresa en unidades de velocidad, generalmente, en el sistema métrico decimal, en m/seg. ó cm/seg.

La permeabilidad en las rocas puede ser primaria cuando se forma al mismo tiempo que la roca, como los huecos que quedan en un depósito de grava al irse acumulando; o secundaria como en una roca compacta que por algún movimiento de la corteza terrestre se fractura y la adquiere.

Ley de Darcy

En 1856 el Ingeniero Francés Henry Darcy descubrió la Ley que regula el movimiento de las aguas subterráneas. - Con aparatos de tipo

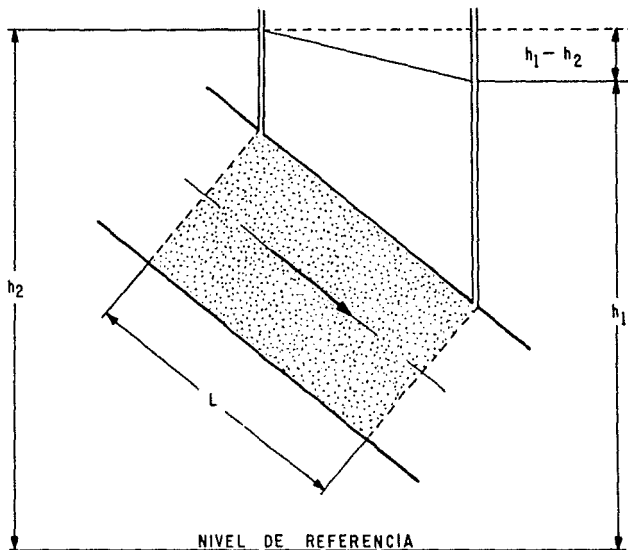


FIGURA V. 1.- Esquema ilustrativo de la pérdida de carga de un flujo laminar uniforme a través de un terreno permeable.

esquemático en la figura V.1., comprobó que con velocidades de descarga suficientemente reducidas, el caudal (Q) que atravesaba la muestra de un terreno permeable era directamente proporcional a las diferencias de presiones $h_1 - h_2$; es decir, que:

$$Q = KA \frac{h_1 - h_2}{L}$$

$h_1 - h_2$ = son las presiones a uno y otro extremo de la muestra

L = es su longitud

A = es el área de su sección transversal

K = es en principio, característico del terreno y se llama -
coeficiente de permeabilidad o simplemente permeabili -
dad.

Si llamamos:

$$i = \frac{h_1 - h_2}{L}$$

al gradiente de presiones en la dirección del flujo, la fórmula de Darcy
toma la forma, más fácil de recordar:

$$Q = KIA$$

el coeficiente de permeabilidad es pues:

$$K = \frac{Q}{IA}$$

el cual tiene las dimensiones de una velocidad, como se ve en la si -
guiente ecuación dimensional:

$$K = \frac{L^3 / T}{(L/L) L^2} = \frac{L}{T}$$

V.2.3. - Fracturamiento

Las fracturas o diaclasas, son superficies de discontinuidad que
parten la roca en bloques más pequeños y a lo largo de los cuales no
hay desplazamiento, puesto que de lo contrario sería preciso concep -
tuarlo como falla. (Hidrología Subterránea, E. Custodio y M. R. Lla -
mas).

El fracturamiento en las rocas es producido por movimientos tectónicos, que condicionan muchas veces el comportamiento hidrogeológico de una roca.

En las rocas calcáreas al caer el agua de lluvia sobre ellas, si encuentra alguna zona de fracturamiento, así sea poco permeable, inicia su infiltración y ataque ensanchando las grietas y produciendo conductos y cavernas, lo cual incrementa grandemente su permeabilidad.

En las rocas ígneas intrusivas y metamórficas (granitos, dioritas, gabros, pizarras y esquistos), las únicas posibilidades de formar buenos acuíferos residen en la zona alterada superficial, o en las regiones muy fracturadas que permiten una apreciable circulación de agua, pero de todos modos, constituyen los peores acuíferos en cuanto a rendimiento en caudal.

Dentro del grupo de las rocas volcánicas se encuentran desde los basaltos con permeabilidad muy alta hasta las tobas de alta porosidad pero de muy baja permeabilidad.

El basalto es una roca ígnea volcánica básica, su gran permeabilidad se debe a los espacios huecos entre coladas superpuestas, a la existencia de fracturas originadas por enfriamientos y a las grietas producidas por la resistencia a la deformación plástica de las corrientes de lava solidificada.

Los demás tipos de rocas deben considerarse con posibilidades acuíferas, aunque en menor escala, pues su permeabilidad dependerá de zonas de fracturamiento, las cuales no siempre son fáciles de detectar a profundidad.

V.2.4. - Fallas

Una falla se define como la superficie de ruptura de una roca a lo largo de la cual ha habido movimiento diferencial.

Las fallas pueden afectar el movimiento lateral del agua y la solución. - En ocasiones las zonas de fallas constituyen buenos conductos a través de los cuales el agua puede aflorar formando manantiales; otras, las fallas constituyen fronteras.

En las rocas ígneas y metamórficas las únicas posibilidades de formar acuíferos residen en las regiones afectadas por fallas que permiten la circulación del agua, con muy bajo rendimiento.

V.2.5. - Disolución

La disolución es el hecho de que las rocas se disuelvan cuando son atacadas por aguas meteóricas cargadas de distintos ácidos, sobre todo el carbónico de la atmósfera y el húmico. - Las rocas más solubles son la sal, el yeso y la caliza; así como también las detríticas-cementadas por estas sustancias o por arcillas.

Hemos visto que cuando cae el agua y se filtra en el terreno - disuelve algunos componentes del suelo. - Después el agua puede colarse hacia abajo, a través de las aberturas, poros y grietas de la roca basal y disolver materia adicional a medida que se mueve. - Gran parte de esta agua encuentra su camino hacia las corrientes a niveles inferiores.

La cantidad de materia disuelta contenida en el agua varía con el clima, la estación y la ubicación geológica y se mide en términos de partes de materia disuelta por millón de partes de agua. - Los compuestos que más frecuentemente se encuentran en solución en el agua que escurre en la superficie, sobre todo en las regiones áridas; son los carbonatos de calcio y de magnesio. - Además, las corrientes siempre llevan pequeñas cantidades de cloruros, nitratos, sulfatos, sílice y potasio.

La disolución puede realizarse en profundidad por acción de las aguas subterráneas y particularmente por las del manto freático (del griego fraear, pozo); en un manto subterráneo continuo.

V. 3. - Características hidrogeológicas de las formaciones expuestas.

Hidrogeológicamente se reconocieron seis unidades principales que se agruparon por rangos de permeabilidad a formaciones enteras, delimitando dos paquetes: permeable e impermeable. - A continuación se describen estas unidades.

Depósitos Fluviales (Qf)

Se encuentran constituidos por materiales de acarreo, como son boleos gruesos sueltos, gravas y arenas principalmente con muy poca arcilla. - Los fragmentos y boleos provienen de las formaciones volcánicas y sedimentarias inclusive, presentando las arenas un color característico del basalto que aflora en la región. - Estos depósitos se encuentran restringidos a los cauces o lechos de los arroyos más grandes y tienen su mayor expresión sobre el arroyo Caracol, aguas abajo de la confluencia con el arroyo San Hilario y el 130, en donde su espesor es mayor y se localizan las fuentes más importantes de abastecimiento de agua subterránea.

Funcionan como canales de alta permeabilidad, formando acuíferos con agua de buena calidad y representan las zonas con mejores condiciones para la explotación de acuíferos por medio de pozos someros.

Depósitos Aluviales (Qal)

Depósitos constituidos por materiales de acarreo, como son gravas y arenas con limos y arcillas, cubiertos con una delgada capa de limos arenosos (terreno de migajón). - El espesor de esta unidad es variable, pues en partes alcanza hasta los 10 metros y en otros constituye una capa delgada que apenas si cubre a las formaciones sedimentarias (Tcs), que han sido erosionadas por los arroyos. - Sus afloramientos se localizan en ambos márgenes del arroyo Caracol, modelando pe

queñas planicies de inundación del arroyo, tal como se muestra en el plano No. 1.

Sobreyacen a sedimentos marinos terciarios (Tcs), poseen mediana permeabilidad y constituyen acuíferos con agua de mala calidad.

Depósitos Eólicos Antiguos (Qca).

Estos depósitos están constituidos por arena fina que presentan una estructura laminar y estratificación cruzada formando pequeñas lomas redondeadas, que cubren a las terrazas marinas con espesores -- del orden de 5 a 10 metros.

Las terrazas están compuestas en la parte superior por un conglomerado polimórfico, compuesto de boleos gruesos, con interdigitaciones de areniscas, presentando en su parte superior un cementante calichoso; la matriz del conglomerado es arenosa y posee muy mala clasificación.

En su parte inferior, se observan capas de areniscas de grano fino que infrayacen al conglomerado, de color café claro, muy cementadas y afloran en el cauce de los arroyos. - Aunque poseen buena permeabilidad no son productores de agua por drenarse rápidamente.

Dunas (Qd)

Constituidos por suelos arenosos y dunas que cubren la zona --

costera en áreas restringidas de poco espesor. - Poseen buena permeabilidad sin llegar a constituir acuíferos.

Formación Comondú (TFC)

La formación Comondú se encuentra constituida por un complejo de más de 1,200 m. de espesor de rocas ígneas extrusivas básicas, asociadas con sus correspondientes piroclásticos. - Localmente su descripción corresponde a conglomerados muy compactos y cementados, con horizontes intercalados de areniscas tobáceas, a los cuales sobrecyen areniscas y tobas soldadas (ignimbritas), coronadas en su superior por una capa de basalto vesicular. - Aún cuando en partes se observaron zonas de fracturamiento, debido a la tectónica que han sufrido; como se encuentran descansando sobre formaciones sedimentarias impermeables propician únicamente la circulación de agua de precipitación hacia los arroyos, donde parte se infiltra.

Se considera regionalmente como una Unidad impermeable, aunque muy localmente puede captarse un flujo a través de fracturas.

Complejo Formaciones Sedimentarias (Tcs)

Bajo este nombre se agrupan a todas las formaciones sedimentarias que afloran en el área (Salada, San Isidro, Monterrey y Tepetate), las que por sus características litológicas forman una unidad hidrogeológica de baja permeabilidad. - Las edades de estas formaciones van desde

de el Paleoceno Superior hasta el Plioceno, constituyendo la planicie -- costera y representan la mayor área de afloramiento de la cuenca.

La formación Salada ya que está constituida por areniscas, calizas y conglomerados es poco permeable y llega a formar acuíferos muy pobres.

Desafortunadamente en esta cuenca de San Hilario, las captaciones realizadas en esta unidad han resultado negativas totalmente o con escaso rendimiento y con agua de mala calidad.

Las areniscas tobáceas con intercalaciones de lutitas, conglomerados y coquinas, correspondientes a la formación San Isidro, no presentan ninguna permeabilidad por lo que se le considera como impermeable.

La formación Monterrey está subyaciendo y sobreyaciendo a -- unidades completamente impermeables, que no permiten el infiltramiento del agua; observándose también que tanto las tobas y las areniscas poseen poca permeabilidad y que no permiten el paso o el almacenamiento del agua, por lo tanto, a esta formación se le considera impermeable.

Las areniscas con intercalaciones de lutitas y conglomerados -- constituidos de rocas volcánicas y cuarzo, correspondientes a la formación Tepetate, desde el punto de vista hidrogeológico se le considera -- como una unidad impermeable.

En general, litológicamente el complejo sedimentario (Tcs) se encuentra constituido por sedimentos arcillo-arenosos de baja permeabilidad y areniscas con horizontes conglomeráticos y en algunos casos -- como las areniscas de la formación San Isidro, además de encontrarse cementadas, están cloritizadas por efectos de alteración, posiblemente hidrotermal.

En funcionamiento de la cuenca está controlado por un marco -- geológico impermeable, constituido por la formación Comondú (TFC) -- y un complejo sedimentario de baja permeabilidad (Tcs), que funcionan como fronteras laterales e inferiores del acuífero fluvial.

Siendo los depósitos fluviales los que constituyen los acuíferos -- de mayor interés, no llegan a tener las dimensiones y recarga requeridas para lograr una explotación de agua subterránea sobre la cual -- -- sentar las bases de desarrollos agrícolas, industriales o turísticos.

V.3.1. - Tectónica y sus relaciones hidrogeológicas.

Tectónicamente la cuenca de San Hilario se ubica dentro de un -- bloque, definido como sinclinal con flancos aproximadamente simétricos. Si tomamos en cuenta esto, el Valle de San Hilario se acomodaría en un graben o fosa tectónica, limitado por la sierra de la Giganta.

Al Sur de la zona se han encontrado en la superficie sedimentos de la formación Tepetate; esto nos indica que posiblemente podría ser la consecuencia de un horst o pilar tectónico.

Los arroyos originados por el parte aguas de la sierra de la Giganta, cruzan la provincia fisiográfica de Purísima-Iray en forma de corrientes paralelas consecuentes y subsecuentes. - Los escurrimientos en esta sierra muestran un arreglo de drenaje dendrítico paralelo.

En la zona de mesetas se observa que las corrientes son captadas por los arroyos y tienen una mayor amplitud en sus cauces, con acumulación de depósitos fluviales.

V.3.2. - Aprovechamientos de Agua Subterránea en el Valle.

El Valle de San Hilario se encuentra comprendido dentro de la región hidrológica, No. 3 y se nota una gran deficiencia de los recursos hidráulicos, ya que las aguas superficiales se deben solo a las temporadas de lluvia de corta duración. - Cuando existe la precipitación una parte del agua se infiltra, otra se evapora y el mayor porcentaje se drena hacia el Océano Pacífico.

De acuerdo con el censo realizado en el Valle, existen un total de 11 obras; de las cuales 5 son pozos, 5 norias y una galería filtrante. El nivel estático de estas obras van de 3 a 15 metros, con caudales de 3 a 60 litros por segundo; la mayoría de las obras contiene ---

agua de mala calidad a excepción de dos que tienen agua de regular -- calidad. - La mayor parte de las obras se encuentran en los cauces de los arroyos Caracol, San Hilario y el 130; usándose casi todas para -- riego, y pocas para agua potable y abrevadero.

V.4. - Geoquímica.

La interpretación geoquímica del agua subterránea se utiliza como un auxiliar de la geología y la piezometría; para conocer en una forma más completa el funcionamiento de los acuíferos, así como también para determinar la calidad del agua y sus posibles usos.

Para efectuar la interpretación geoquímica se toma en cuenta -- que el agua que forma los acuíferos proviene principalmente de la lluvia, donde parte de ésta, al precipitarse sobre las formaciones geológicas - permeables, se infiltra y escurre a través de ellas. - Al circular por - el subsuelo entra en contacto con diversas formaciones geológicas, di - solviendo las sales minerales que forman las rocas y produciendo cam -- bios en su composición.

Para hacer el análisis químico de la cuenca de San Hilario se -- tomaron ocho muestras de agua subterránea de diferentes pozos y no -- rias que existen en el área, las cuales fueron analizadas en el Labora -- torio del Distrito de Riego No. 66 del Valle de Santo Domingo; mostrán -- dose los resultados en la tabla No. 4.

RESUMEN DE OBRAS Y ANALISIS QUIMICOS

Obra No.	Tipo	N. E. (en m.)	Prof. (en m)	Muestra de agua	Activo	Q. (lps.)	STD. (en ppm)
1	P	15.70	24.00	No	No		
2	P	14.50		No	SI		
3	P	7.74	18.00	SI	SI	42.00	1,408
4	P			SI	SI	60.00	6,400
5	N	7.50	9.00	SI	SI	16.00	3,200
6	N	8.50		SI	SI		2,880
7	P	8.92	22.00	SI	SI	40.00	704
8	N	15.26	22.00	SI	SI	0.50	1,344
9	G. F.	5.23	13.00	SI	SI	3.00	768
10	N	3.98	5.00	No	No		
11	N	3.00	3.50	SI	No		1,216

P. = Pozo
 N. = Noria
 G. F. = Galerfa Filtrante
 N. E. = Nivel Estático

TABLA No. 4

Las aguas que se pueden considerar de buena calidad y que reunen las condiciones o normas para considerarse potable, son las que se extraen del pozo No. 7 con 740 ppm. de sólidos totales disueltos -- y la galería filtrante No. 9 con 768 ppm. de sólidos totales disueltos -- que abastece el poblado "Las Pocitas", estas obras se encuentran en -- los cauces de los arroyos; mientras que en el pozo No. 3 con 1,408 -- ppm. de sólidos totales disueltos, la cercanía de la costa lo puede -- estar afectando.

Las demás obras se utilizan exclusivamente para riego y son -- los ubicados dentro de las formaciones sedimentarias (Tcs), y son las que poseen la peor calidad del agua, pues van de 2,880 ppm. hasta -- 6,400 ppm. de sólidos totales disueltos.

VI. - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

VI.1. - Conclusiones.

- 1a. - En la zona estudiada afloran rocas Igneas y Sedimentarias que abarcan desde el Paleoceno Superior hasta el Reciente. - Las rocas ígneas están representadas por la acumulación de clásticos y corrientes volcánicas de la sierra de la Giganta; las sedimentarias se encuentran en la parte Occidental del área, constituidas por sedimentos marinos arcillo-arenosos y en pequeña parte continentales.
- 2a. - Con excepción de los depósitos fluviales de los arroyos Caracol, San Hilario y el 130, donde sus recursos renovables están siendo explotados prácticamente en su límite, existen muy pocas zonas favorables dentro de la cuenca de San Hilario, para la exploración y explotación del agua subterránea en volúmenes y calidad requeridos para abrir nuevos centros de población, industrias, complejos turísticos y mucho menos centros agrícolas.
- 3a. - La zona montañosa y casi la totalidad de la planicie costera, están formadas por unidades hidrogeológicas de naturaleza impermeable, aunque localmente pueden abrirse captaciones de agua subterránea, con gastos reducidos y agua de mala calidad.
- 4a. - Las captaciones ubicadas dentro de los depósitos fluviales tienen gastos que varían de 1 a 60 litros por segundo, niveles estáti -

cos de 3 a 15 metros, profundidades totales de 3.5 a 24 metros y caudales específicos de 6 a 9.5 lps/m. de abatimiento; habiéndose encontrado que la capacidad instalada es del orden de 150-litros por segundo.

5a. - La calidad del agua subterránea en la mayoría de las obras es de mala calidad, a excepción de las obras No. 7 que tiene 700 ppm., la No. 9 con 768 ppm. y la No. 11 con 1216 ppm. de -- sólidos totales disueltos. - Las obras restantes van de 1,400 a - 6,400 ppm. de sólidos totales disueltos.

VI.2. - Recomendaciones.

- 1a. - No es recomendable efectuar captaciones de agua subterránea - adicionales a las existentes, en los cauces de los arroyos Caracol, San Hilario y el 130, ya que estas zonas se encuentran -- prácticamente explotadas en el límite de su potencialidad acuí - fera.
- 2a. - Efectuar un control sistemático de niveles de agua subterránea, con el objeto de preservar los escasos recursos existentes en el Valle.
- 3a. - Hacer un análisis geoquímico detallado, con el objeto de detectar el origen de la mala calidad del agua.

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

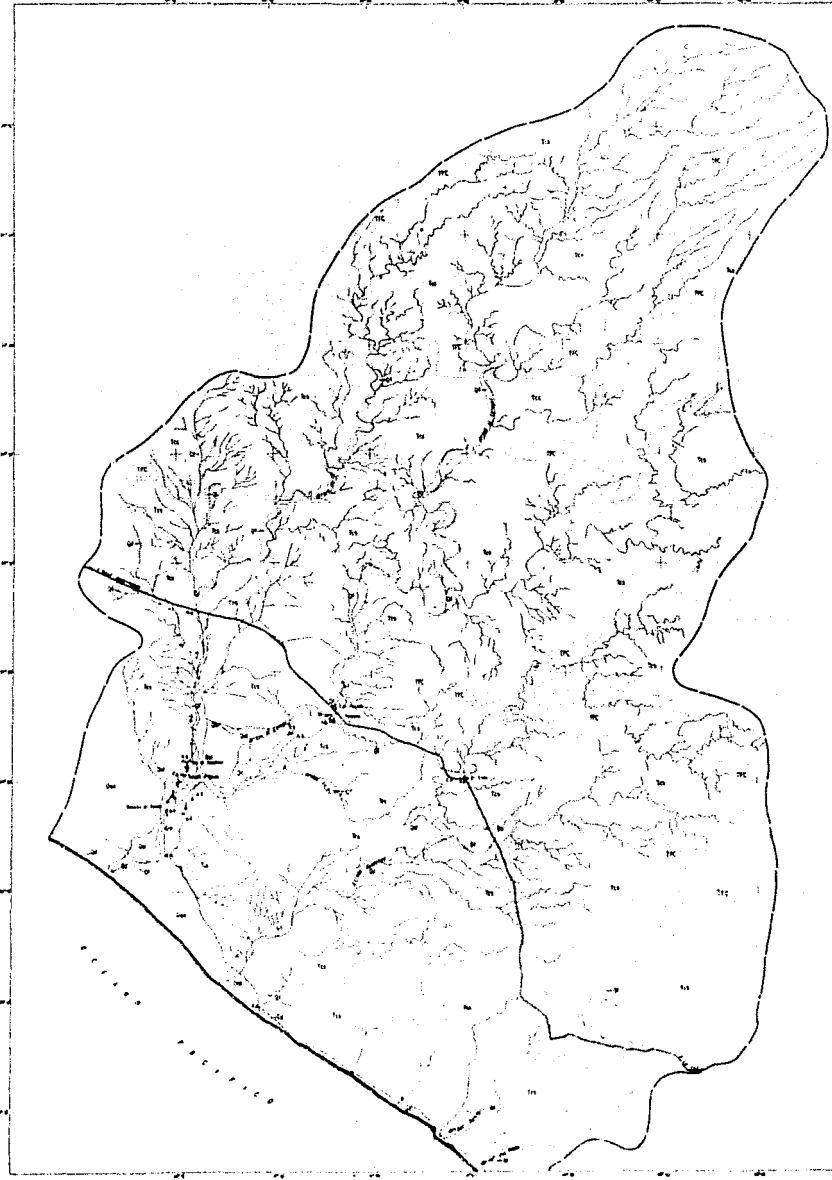
- ALATORRE C.A.E. Estudio estratigráfico de los yacimientos de roca fosfórica de la formación Monterrey, en la zona de San Hilario, B.C.S. - Tesis Profesional 1977.
- ALVAREZ JR. M. Provincias fisiográficas de la República Mexicana. Boletín No. 2. Sociedad Geológica Mexicana (1960).
- BANCOMER La economía del Estado de Baja California Sur. 1976.
- BADILLA CRUZ RAMON Yacimientos de roca fosfórica en Baja California Sur. - Minería-Noticias, Junio 1976.
- BENITEZ ALBERTO Captación de Aguas Subterráneas.
- CUSTODIO E. Y LLAMAS M. R. Hidrología Subterránea.
- DEMANT A. Relaciones con la evolución del margen continental Pacífico de México. - Revista Instituto de Geología de la UNAM. 75 (1) P. 19-69
- GARCIA E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (1964)
- "GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA" Boletines 83, 84 y 85, 1972-1973
- MARTINEZ CABAÑAS G. Estudio económico de Baja California Sur, 1969
- MARTINEZ VERA Y SOTO GUTIERREZ Estudio geológico de San Juan de la Costa, Baja California Sur. - Tesis Profesional, 1977.
- MATTAUER M. Las deformaciones de los materiales de la corteza terrestre, 1976
- MINA U, F. Bosquejo geológico del Territorio Sur de la Baja California. - Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros. (1957)
- MONTOYA H. R. Exploración geológico-minera de los yacimientos de roca fosfórica, San Hilario-La Paz, Baja California Sur, 1976. - Tesis Profesional.

RANGEL M. M.

Estudio de los yacimientos de roca fosfórica de San Hilario, municipio de La Paz, Baja California Sur, México. - Tesis Profesional, - 1975.

SELECCIONES DE SCIENTIFIC AMERICAN

Deriva Continental y Tectónica de Placas, introducciones de J. Tuzo Wilson, 1976.



EXPLICACION

- 1. Límite del territorio
- 2. Límite de la zona de estudio
- 3. Límite de la zona de captación
- 4. Límite de la zona de influencia
- 5. Límite de la zona de protección
- 6. Límite de la zona de conservación
- 7. Límite de la zona de saneamiento
- 8. Límite de la zona de rehabilitación
- 9. Límite de la zona de restauración
- 10. Límite de la zona de recuperación
- 11. Límite de la zona de regeneración
- 12. Límite de la zona de revitalización
- 13. Límite de la zona de renovación
- 14. Límite de la zona de reactivación
- 15. Límite de la zona de reordenación
- 16. Límite de la zona de reestructuración
- 17. Límite de la zona de reorganización
- 18. Límite de la zona de reingeniería
- 19. Límite de la zona de reingeniería
- 20. Límite de la zona de reingeniería

LETROSA HIDROLOGICA

- 1. Límite del territorio
- 2. Límite de la zona de estudio
- 3. Límite de la zona de captación
- 4. Límite de la zona de influencia
- 5. Límite de la zona de protección
- 6. Límite de la zona de conservación
- 7. Límite de la zona de saneamiento
- 8. Límite de la zona de rehabilitación
- 9. Límite de la zona de restauración
- 10. Límite de la zona de recuperación
- 11. Límite de la zona de regeneración
- 12. Límite de la zona de revitalización
- 13. Límite de la zona de renovación
- 14. Límite de la zona de reactivación
- 15. Límite de la zona de reordenación
- 16. Límite de la zona de reestructuración
- 17. Límite de la zona de reorganización
- 18. Límite de la zona de reingeniería
- 19. Límite de la zona de reingeniería
- 20. Límite de la zona de reingeniería

Este plano hidrologico fue elaborado por el personal de la Facultad de Ingeniería Hidráulica y Ambiental de la Universidad Nacional Autónoma de México, en el mes de mayo del año 2010.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 PLANO HIDROLOGICO
 (VALLE DE SAN BLAS)
 FECHA: 2010
 AUTORIA: [Illegible] [Illegible] [Illegible]