

5.- DESAGREGACION DEL GEOSISTEMA EN RELACION CON LAS INUNDACIONES DEL TEMPISQUE.

Determinado el hecho, así como las cuestiones metodológicas que fue necesario establecer, a falta de una metodología específica acorde a nuestra realidad, se procede a continuación a presentar el análisis y geosistema de área. Con esto se pretende establecer el grado de relación existente entre estos y el problema de las inundaciones, para fundamentar las conclusiones y recomendaciones finales.

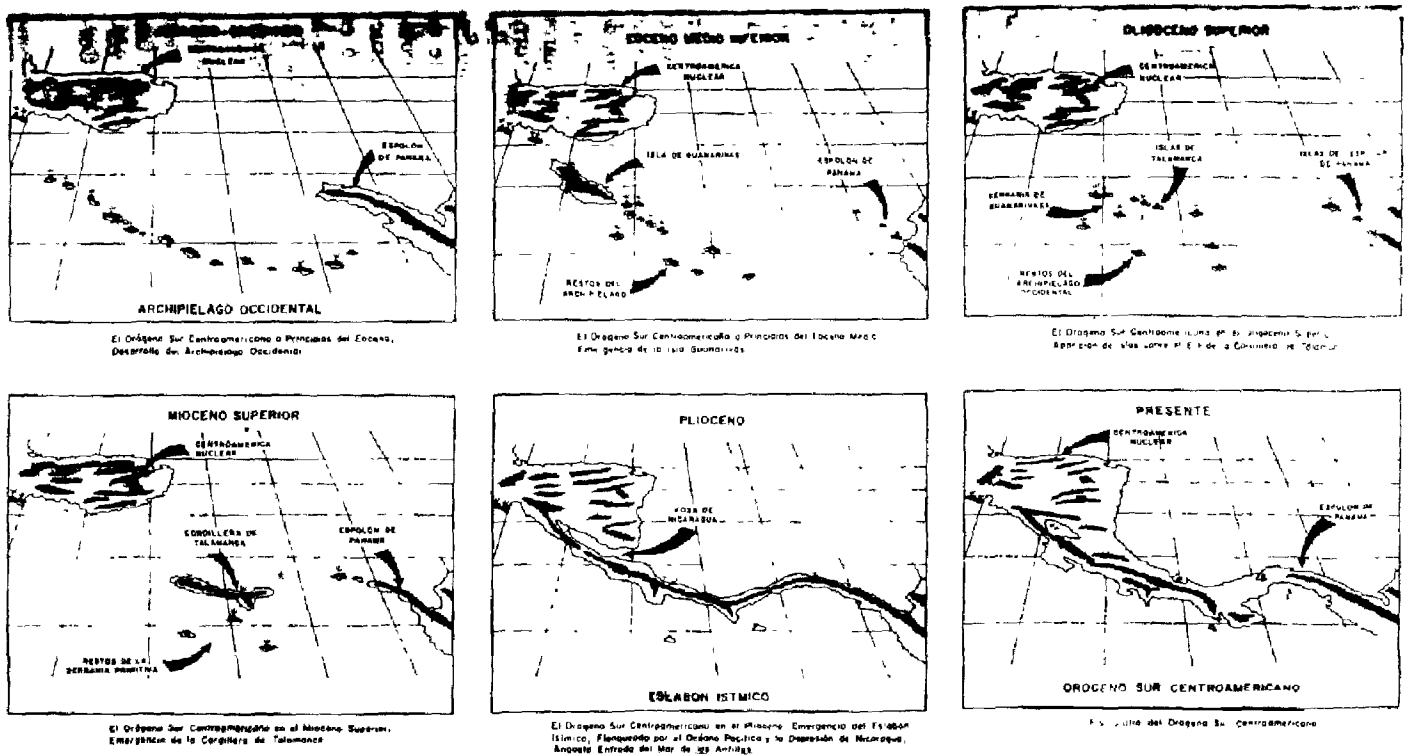
5.1 CONDICIONES GEOLOGICAS

La evolución tectónica de Costa Rica, entre otros, ha sido explicada por Lloyd, (1963) y más recientemente por Castillo (1984).

Se explica por Lloyd y Castillo, que la formación del territorio costarricense empezó aproximadamente hace 150 millones de años, en el periodo Jurásico Superior, Era Mesozoica, cuando solo existía un canal interoceánico entre el Atlántico y el Pacífico, limitada por una masa continental denominada América Central Nuclear, al norte, y el Espolón de Panamá al sur, donde, en el Jurásico, hubo una intensa actividad volcánica submarina provocando la emersión de la tierra en sitios dispersos, (ver fig.5).

FIGURA 5.

HISTORIA GEOLOGICA DEL TERRITORIO DE COSTA RICA Y OTRAS PARTES DE AMERICA CENTRAL (según Lloyd, 1963)



La erosión de estas islas y en menor proporción la de América Central Nuclear, durante el Jurásico y parte del Cretácico, provocó el depósito de sedimentos que, en conjunto con las rocas volcánicas, en la actualidad forman el Complejo de Nicoya. A finales del Cretácico, la mayoría de las islas del archipiélago original se habían erosionado y hundido en el mar posteriormente levantado.

El archipiélago nuevamente emergido a principios del Paleoceno-Eoceno, provocó que se originara la isla de Guanarrivas y una gran cuenca submarina de sedimentos al este, siempre sobre el canal centroamericano (ver figura No. 5). Desde el Paleoceno al Mioceno esta cuenca se fue rellenando con los materiales de las islas adyacentes influenciadas por el vulcanismo continental y submarino, que producían procesos de emersión y de hundimiento de los materiales, producto de procesos de erosión y subducción.

A mediados del Oligoceno, una renovada actividad compresiva activó el desarrollo del plegamiento de los sedimentos del canal, provocando la emersión de la primitiva Cordillera de Talamanca.

Durante el Mioceno, los sedimentos del fondo de la cuenca se continuaron plegando y afallando iniciándose de esta manera la integral emersión del territorio costarricense.

Contemporáneamente, al finalizar la formación de la Cordillera de Talamanca, se inició una extensa actividad volcánica, que fue disminuyendo en dinamismo durante el Plioceno. Las rocas volcánicas, extruídas a lo largo de grandes fracturas y fallas, se vertieron encima de rocas sedimentarias preexistentes, formándose así, la Sierra de Tilarán, los Montes del Aguacate y otros terrenos.

Cuando esta actividad volcánica se renovó, manifestándose a través de grandes fallas, fisuras y conos volcánicos, dió origen a la Depresión Tectónica Central, a las Sierras Volcánicas Central y de Guanacaste y a las llanuras del norte y noreste, entre otros relieves significativos de nuestro territorio.

Con este episodio se cierra el canal interoceánico estableciéndose un puente entre la América del Sur y del Norte. Dicho punto no serviría sólo a los pobladores prehispánicos, sino también a la flora y fauna de esos continentes, que pudo diseminarse en ambas direcciones.

A finales del Plioceno, con los procesos de levantamiento y relleno, se inició la formación de las llanuras del Caribe y más recientemente hace menos de 1.5 millones de años, se hundió parte de la costa del Pacífico, y con ella parte del Valle del Tempisque, formándose el Golfo de Nicoya.

En esta primera aproximación, debe concluirse, entonces que el área de estudio formaría parte de una depresión tectónica, provocada por el afallamiento reciente del actual Golfo de Nicoya, lo que permitiría explicar la escasa elevación sobre el nivel del mar del área, así como su poca pendiente, factores importantes para la existencia de sectores anegables.

#### 5.1.1 Principales aspectos geológicos de Guanacaste

La geología de la provincia de Guanacaste ha sido estudiada por numerosos investigadores desde el siglo XIX.

El primer trabajo geológico moderno que se conoce sobre esta área, fue publicado por Gabriel Dengo en 1962<sup>5/</sup>. En él aparece una reseña histórica de las investigaciones geológicas que se habían realizado en la provincia hasta ese momento.

En este informe, se denomina Complejo de Nicoya a las rocas ígneas y sedimentarias, de edad Cretácico Inferior que constituyen la base de la columna estratigráfica del país, según lo ya analizado, y afloran actualmente en la mayor parte de la península de Nicoya. Las rocas sedimentarias que sobreyacen al Complejo, en la parte central de la península, fueron denominadas:

- A) Formación Sabana Grande (Senoniano o más antiguo) compuesta, principalmente por calizas silíceas, ftanitas con radiolaritas y lutitas silíceas;
- B) Formación Rivas (Cretácico Superior) constituídas por areniscas compactas de grano medio a fino con intercalaciones de lutitas grises;

5/ Dengo, Gabriel. "Estudios Geológicos Región Guanacaste". Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica, 1962. pp. 113-115.

- C) Formación Barrahonda (Paleoceno) de limolitas y lutitas bien estratificadas con intercalaciones de areniscas y calcarenitas;
- D) Formación Brito (Eoceno) constituida por areniscas y limolitas bien estratificadas con intercalaciones de calizas arrecifales.

Estructuralmente, Dengo (1962) considera la península de Nicoya como un anticlinal complejo fallado, cuyo emplazamiento originó el afloramiento de corteza oceánica (basaltos del Complejo de Nicoya) y de rocas sedimentarias más jóvenes.

El eje principal de dicho anticlinal, presenta una alineación noroeste a sureste y su emplazamiento ocurrió entre el Cretácico Superior y el Eoceno.

Durante la década de los setenta y a la luz de la teoría de la Tectónica de Placas, diferentes autores han tratado de reinterpretar, el emplazamiento del Complejo de Nicoya y su estratigrafía basándose en criterios geofísicos, sedimentológicos, paleontológicos y estructurales.

Así, Galli, C.<sup>5.1/</sup> (1977) interpretó la estructura del Complejo de Nicoya como un prisma de acreción originado por el choque de la placa Cocos y la del Caribe, utilizando por primera vez el término de "Melange Ofiolítica" para describir las asociaciones complejas de sedimentos radiolaríticos, con basaltos de origen submarino.

De Böer, J (1979) fundamentado en criterios paleomagnéticos, divide el Complejo de Nicoya en dos unidades: una vieja, constituida por peridotita serpentinita, basaltos en almohadilla y radiolaritas; y otra joven constituida por gabro-diorita, basaltos, rocas piroclásticas y sedimentos silíceos entre otros. Las lavas de la unidad vieja fueron originadas, posiblemente en el Hemisferio Sur, y las lavas de unidad joven; fueron generadas, probablemente en el Hemisferio Norte.

---

5.1/ Tomado de Síntesis geológicas y mapa geológico del área del Bajo Tempisque Francois Rivier, 1983. pp. 48-49-50-51-52.

El emplazamiento actual de la península de Nicoya, según De Böer, ocurrió como consecuencia de la subducción de la placa del Coco bajo la placa del Caribe, lo cual ocurrió durante el Oligoceno.

Posteriormente, Schmidt-Effing (1979), introdujo una subducción estratigráfica del Complejo de Nicoya por métodos paleontológicos y sedimentológicos, basándose en la hipótesis de que diferentes episodios de actividad volcánica submarina, desde el Cretácico Inferior hasta el Eoceno Inferior, arrastraron bloques de sedimentos radiolaríticos formando xenolitos (melange volcánica) dentro de las coladas volcánicas del Complejo. Mediante la datación de esos xenolitos, Schmidt-Effing definió seis subcomplejos de la siguiente forma:

- Subcomplejo Brasilito (Cretácico Inferior Tardío)
- Subcomplejo Junquillal (Cretácico Superior Campaniano)
- Subcomplejo Murciélago (Campaniano Inferior)
- Subcomplejo Golfito (Maestrichiano Superior)
- Subcomplejo Quepos (Paleoceno Superior-Eoceno Inferior)

Según Schmidt, E. el emplazamiento actual del Complejo de Nicoya ocurrió debido a una fase de grandes movimientos compresionales horizontales desde el Cretácico Superior hasta el Eoceno y a una fase de levantamiento isostático desde el Eoceno.

Kuiypers, E. (1979) subdividió el Complejo de Nicoya en dos unidades denominadas Matapalo y Esperanza y denominó a todo el paquete de rocas sedimentarias de edad Cretácico Superior a Eoceno como "Series Sobreyacientes al Complejo de Nicoya". La Unidad Matapalo (Cretácico Inferior) está constituida por basaltos elipsoidales de 190 metros de espesor aflorante, con cuerpos de sulfuros masivos, sobreyacidos por un miembro radiolarítico de 40 metros de espesor.

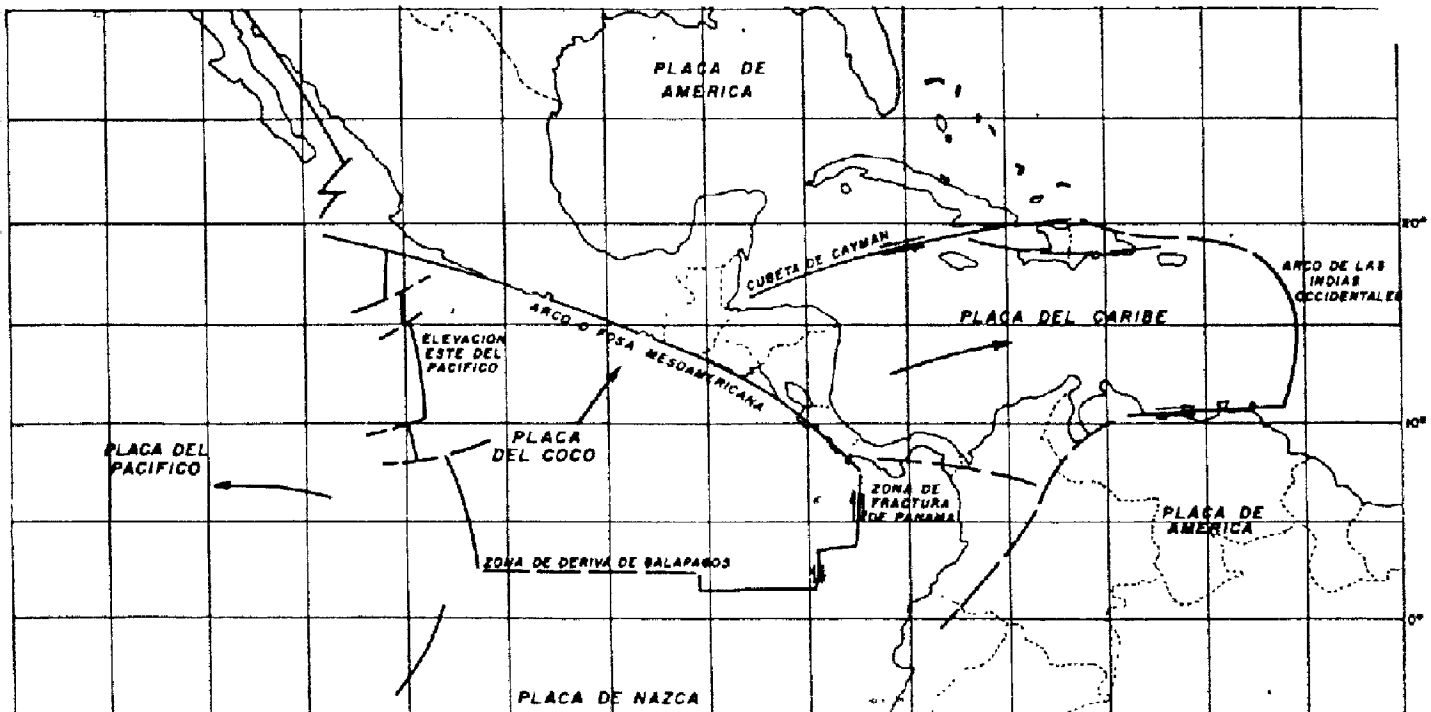
La Unidad Esperanza (Cretácico Superior Santoniano), está constituido por basaltos con intrusiones de gabros y diabasa, cuerpos lentiformes de sílice y mineralizaciones de manganeso, sobreyacidos por capas de radiolaritas nemátítica de poco espesor.

Kuiypers, E. interpreta la estructura del Complejo como un "nape" tectónico producto del sobrecorrimiento de la unidad Esperanza sobre la unidad Matapalo, ocurrido durante el Campariano y al levantamiento posterior de la península de Nicoya, como producto del empuje ejercido en la zona de choque entre las placas Cocos y Caribe.

Castillo, R. (1984), señala que la teoría de la Tectónica de Placas contribuye a explicar la historia geológica de Costa Rica y por ende el área de estudio donde se desarrolla esta investigación. Esta teoría explica el comportamiento que tienen las dos placas; permite reconocer que el origen geológico de Costa Rica comenzó posiblemente por los procesos de subducción se originaron en la Fosa Mesoamericana,; al iniciarse la colisión de la placa del Coco con la del Caribe. Esto es lo que hace que el país presente parte de un Arco Interoceánico entre el Pacífico y el Caribe. (Ver figura 6)

FIGURA 6

LIMITES DE LAS PRINCIPALES PLACAS DE LA LITOSFERA Y OTROS RASGOS TECTONICOS DE AMERICA CENTRAL, EL CARIBE Y AREAS ADYACENTES (Molnar y Sykes, 1969)

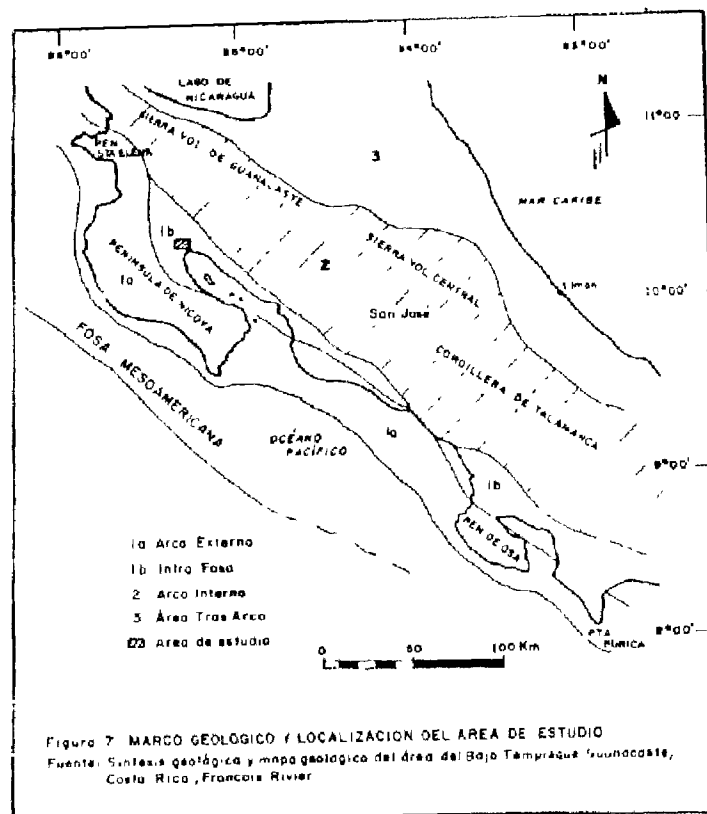


FUENTE: CASTILLO M., Rolando *Geología de Costa Rica* 1ª edición, Editorial de la Universidad de Costa Rica San José, Costa Rica, 1984

Francois River señala en 1983 6/. que ese espacio entre fosa y arco magnético interno, espacio que puede ser subdividido en un arco externo y otro interno, llamado intrafosa, es una unidad morfotectónica de Costa Rica.

La intrafosa está, es su mayor parte, cubierta por rocas sedimentarias de edades Cretácico Superior y Terciario.

El área del bajo Tempisque donde se desarrolla esta investigación según esto, sería parte de la intrafosa, (ver figura 7).



6/. River, Francois. "Síntesis Geológicas y Mapas Geológicos del área del bajo Tempisque, Guanacaste, Costa Rica, 1983. pp. 48-49-50.

El proceso de colisión de las placas que se inició en el período Cretácico Superior, fue volcánico en principio y originó una serie de islas basálticas que, con el pasar de los años, se fueron erosionando, hundiéndose en el fondo marino, sedimentándose y luego volviendo a levantarse (principios del Eoceno), formando el Complejo de Nicoya.

Durante el final del Cretácico Superior, las turbiditas arenosas de la formación Rivas recubren los basaltos del Complejo de Nicoya en las lomas de Danta y Toro de Buey al oeste, mientras que al este, las calcarenitas de la misma edad se depositan, indicando una profundidad menor del fondo del mar en dirección del cerro Barbudal.

En el Paleoceno, las turbiditas siguen depositándose al oeste, mientras que los conglomerados volcánicos de la Formación Cerco de Piedra de la zona este, reflejan la proximidad de emisiones volcánicas en un ambiente de menor profundidad. El vulcanismo de tipo andesítico resulta del principio de fenómenos de subducción en aquel tiempo.

A partir del Eoceno, el cuadro cambia totalmente debido a la formación de la flexura del Tempisque.

La zona este, que durante el Cretácico Superior y el Paleoceno, formaba una zona alta de menor profundidad alrededor del cerro Barbudal, empieza a hundirse, mientras que la zona occidental se levanta y emerge, probablemente en su mayor parte. Esta subsidencia al pie de la flexura, se traduce, según Rivier, por el depósito de alrededor de 1.500 metros de sedimentos de la Formación Brito al este de la flexura, los que están ausentes en el Eoceno Inferior al oeste de la misma.

En el Eoceno Superior el levantamiento epirogénico de la península desaparece por un largo tiempo (plegamiento, erosión, peneplanización), hasta un último intento muy local, que se manifiesta por la depositación de las calizas de Barra Honda de edad probable Miocena.



Este análisis hacer ver que la historia geológica de la región aún no está lo suficientemente clara y existen varias hipótesis interpretativas. Pero lo que si es claro, es que el valle del río Tempisque, donde se realiza este estudio, ha bajado producto del tectonismo y existe una base estratigráfica compleja, cubierta por depósitos recientes, sobre los que el río discurre.

#### 5.1.2 Geología del Valle del Río Tempisque

Según Bel Tahal<sup>7/</sup>, el valle del Tempisque es de origen tectónico debiéndose su formación a fallas de rumbo noroeste sureste, de finales del Mioceno o comienzos del Plioceno, que crearon un graben. Las fallas están cubiertas por rocas más jóvenes, por lo que hasta el momento no han podido observarse en forma directa, sino solamente inferirse.

Debido a la actividad volcánica, el graben quedó colmatado durante los comienzos del Pleistoceno con rocas volcánicas y fluvio-lacustres que se depositaron sobre las rocas más antiguas deformadas. Oscilaciones del nivel marítimo, junto con una continuada actividad volcánica, acompañada por cambios del nivel base de erosión, originaron ciclos erosivos alternados con ciclos de deposición. En los primeros, las rocas de comienzos del Pleistoceno fueron erosionadas y, en los segundos, depósitos aluviales del Holoceno rellenaron el relieve previamente creado por la erosión.

La secuencia estratigráfica del área de estudio, de acuerdo con Bel Tahal, está constituida por la presencia de varias formaciones. A continuación se describen sólo aquellas que están representadas en el área de investigación. (Ver columna estratigráfica).

---

7/ Estudios Hidrogeológicos con fines de riegos en la margen derecha del río Tempisque; SENARA; 1984. pp. 4, 5, 6.

ESCALA ESTRATIGRAFICA DE LA PARTE BAJA DE LA CUENCA DEL RIO TEMPISQUE

FORMACIONES	SISTEMA	COMPUESTOS
ALUVIONES RECIENTES	CUATERNARIO	Compuestos de capas y lentejones alternados de areniscas, permeables, arenas y gravas que van pasando a limos y suelos francos, arcillas arenosas y limos arenosos.
FORMACION BAGACES	TERCIARIO	<p>Parte Superior:</p> <p>Se compone de tobas y suelos fosiles de colores rojizos.</p> <p>Parte Media:</p> <p>Ignimbrita densa fracturada, tobas, arenas, arcilla y grava de origen fluvial.</p> <p>Parte Inferior:</p> <p>Origen fluviolacustre, con ceniza volcánica, tobas grises, limo, arcillas, gravas y arenas.</p>
FORMACION RIVAS	CRETACICO SUPERIOR	En esta formación se encuentran capas macizas alternadas de areniscas, limolitas, lutitas, gravas y caliza.
FORMACION SABANA GRANDE	SENONIANO MAS ANTIGUO	Capas finas de rocas sedimentarias, limolitas, lutitas y areniscas.
COMPLEJO DE NICOYA	CRETACICO SUPERIOR	Rocas igneas, sedimentarias, volcánicas, basaltos, gabros diabasas con intrusiones de rocas precretácicas como limolitas, arcillas, calizas y gravas.

FUENTE: Bel Tahal. Estudio Hidrogeológico del Tempisque. Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, 1986.

- A) Complejo de Nicoya: Las rocas de este complejo son las más antiguas que afloran en las vecindades del área de investigación de manera más precisa. Los afloramientos están situados en los terrenos más altos de la parte oeste del área de estudio; desde donde se extienden al subsuelo de la misma. Una variedad de rocas, de ígneas a sedimentarias, integran este complejo. Entre las volcánicas: basaltos, gabros y diabasas, que contienen inclusiones de rocas precretácicas, y sedimentarias, como limolitas, arcillas, calizas silificadas y grawacas de colores diversos, de rojo a pardo y aún más oscuros.
- B) Formaciones Sabana Grande y Rivas: Las formaciones Sabana Grande y Rivas recubren discordantemente el Complejo de Nicoya y subyacen a las formaciones superiores. La primera forma capas finas, compuestas de roca sedimentaria, entre las que se destacan: limolitas, lutitas y areniscas que alcanzan un espesor total de unos 500 metros.

La Formación Rivas, por su parte, se compone de capas macizas alternadas de areniscas, limolitas y lutitas con intercalaciones ocasionales de grawacas y calizas silificadas.

- C) Formación Bagaces: Aparece en extensos afloramientos a lo largo de la parte noroeste del área de estudio y se prolonga en el subsuelo de la parte norte del área. Dentro del área de estudio se encuentran afloramientos aislados que son importantes por estar ubicados donde discurre el río Tempisque en su curso superior y medio.

La parte inferior de la Formación Bagaces es de origen fluviolacustre y se compone de tobas grises, limo, arcillas, gravas, arena y algo de ceniza volcánica. La parte media contiene ignimbrita fracturada, tobas arenas, arcilla y gabros de origen fluvial. La parte superior se compone de tobas y suelos fósiles de colores rojizos.

Esta Formación, que subyace en el valle del río Tempisque, está cubierta por materiales aluviales recientes, los cuales rodean también las pequeñas elevaciones que se encuentran en el área.

D) Aluviones recientes: los depósitos aluviales más jóvenes se extienden en todo el valle del Tempisque, recubriendo una superficie erosiva de las formaciones más antiguas: la Formación Bagaces al norte y el Complejo de Nicoya al sur y algún remanente ocasional de la Formación Rivas.

El origen de los materiales aluviales es generalmente fluviolacustre, pero en el sur del área de estudio, se ha señalado un origen marino.

El origen fluviolacustre común hace que a veces sea difícil distinguir entre las partes fluviolacustres de la Formación Bagaces y los materiales aluviales recientes. Estos materiales se componen de una sucesión de capas y lentejones alternados de diversas formas y dimensiones de areniscas permeables, arenas y gabros que van pasando a limos, suelos francos, arcillas arenosas y limos arenosos. Estos materiales arenosos y granulares provienen en su mayor parte de la erosión de las rocas volcánicas que afloran en el área circundante.

Anteriormente se presentó una columna estratigráfica, donde puede apreciarse la posición que ocupan algunas de las formaciones de interés para el área de estudio, asimismo, se incorpora una segunda que sintetiza los aspectos estructurales específicos de la cuenca del río Tempisque.

SISTEMA	SERIE	REGION DE GUANACASTE (Prov de Guanacaste y Península de Nicoya)	
CUATERNARIO	RECIENTE	ALUVIONES, SEDIMENTOS FLUVIO LACUSTRES Y ROCAS VOLCÁNICAS NO BURLESIABLES	
	PLEISTOCENO	LIBERIA BAGACES	
TERCIARIO	PLIOCENO	SUP	MONTEZUMA
		INF	
	MIOCENO	SUP	PUNTA CARRALLO
		MED	
		INF	
	OLIGOCENO	SUP	MASACHAPA
		MED	
		INF	
	EOGENO	SUP	BRITO
		MED	
INF			
INF		LAS PALMAS	
PALEOCENO	SUP	BARBA HONDA	
	INF		
CRETACICO	MAESTRICHTIANO	COMPLEJO DE NICOYA	
	CAMPANIANO		
	SANTONIANO		RIVAS
	BERRIASIANO		SABANA GRANDE
JURASICO SUPER.	TITONIANO		

CUADRO DE CORRELACION  
GEOCRONOLOGICO DE LA  
PROVINCIA DE GUANACASTE

Fuente: Castillo, M; Ro-  
lando Geología de  
Costa Rica, 1984

Aún cuando se profundiza en el apartado siguiente, debe quedar claro que las formaciones superficiales, Bagaces y Aluviones Recientes, tenderían a favorecer algún grado de descarga del río y sus afluentes, por la estructura desagregada de las rocas componentes, que favorecen la infiltración, en tanto que las formaciones más antiguas presentarían dificultades aún mayores para favorecer un proceso importante de infiltración.

Finalmente, debe concluirse también que algunos rasgos geológicos, y particularmente, tectónicos, en cuanto al desplazamiento multidireccional de bloques en el área, presentan un marcado condicionamiento adicional, a los sectores medios e inferiores de la cuenca y, por ende, al área de estudio.

#### 5.1.3 Condiciones de permeabilidad

De acuerdo con estudios realizados por el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, las rocas del Complejo de Nicoya, tienen generalmente baja porosidad y permeabilidad, debido a haberse rellenado sus grietas y juntas, lo que impide la circulación del agua subterránea y la formación de acuíferos. Sólo en las capas superiores alteradas cerca de la superficie, puede haber cierta circulación, donde tal vez queda agua superficial retenida temporalmente, para ser liberada luego, en forma gradual.

Las juntas y fisuras que disectan las rocas macizas de la Formación Rivas permiten cierto flujo de agua subterránea, pero las permeabilidades se consideran más bien bajas, según lo demuestran los diferentes pozos perforados en las áreas cercanas a los afloramientos.

La restringida circulación de agua subterránea podría deberse también a la existencia de bloques aislados y desconectados, creados por dislocaciones tectónicas.

En cuanto a la permeabilidad de la Formación Bagaces, las rocas más duras tales como basaltos y tobas solidificadas, y quizás la ignimbrita, permiten el paso de agua subterránea a través de sus grietas. Las rocas granulares de ésta Formación Bagaces, tienen generalmente una textura de grano fino, de menor permeabilidad.

En cuanto a los aluviones recientes depositados en el área, su carácter granular y especialmente de sus componentes más gruesos, permite la circulación del agua subterránea. El contacto directo de los depósitos aluviales recientes en rocas permeables más antiguas de la Formación Bagaces en un grado limitado con la Formación Rivas, permite el paso de agua de una a otra de estas formaciones.

Basándose en el cuadro 1, que contiene un resumen de las propiedades físicas del suelo, planteadas por Eduardo Solís<sup>8/</sup>, se puede observar que los suelos arenosos son los que tienen mayor capacidad de infiltración, y que los suelos arcillosos son los de menor permeabilidad, ya que no alcanzan ni los 0.5 centímetros por hora. Además, están los suelos francos arenosos con una permeabilidad intermedia entre los arenosos y los arcillosos.

---

8/ Solís, Eduardo. "Fundamentos de Edafología", Editorial EUNED. 1984. p. 101

CUADRO No. 1

RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

Textura del Suelo	Filtración y Permeabilidad cm/hr.	Total espacio Poroso % p	Peso Espesímetro de campo g	Capacidad de campo % Wc	Marchitez Permanente % Wp	Humedad total utilizable Peso seco g	Volumen cm/m <sup>3</sup>
Arenoso	2,5 (2,5-25,5)	30 (32-42)	1,65 (1,55-1,80)	0 (6-12)	4 (2-6)	5 (4-6)	0 (6-10)
Franco-arenoso	2,5 (1,3-7,6)	43 (40-47)	1,50 (1,40-1,60)	14 (10-18)	6 (4-8)	0 (6-10)	12 (9-15)
Franco	1,3 (0,8-2,0)	47 (43-49)	1,40 (1,35-1,50)	22 (17-26)	10 (8-12)	12 (10-14)	17 (14-20)
Franco-arcilloso	0,5 (0,25-1,5)	40 (47-51)	1,35 (1,30-1,40)	27 (23-31)	13 (11-15)	14 (12-16)	15 (16-22)
Arcillo-arenoso	0,25 (0,03-0,5)	51 (49-53)	1,30 (1,25-1,35)	31 (27-35)	15 (13-17)	15 (14-18)	21 (18-23)
Arcilloso	0,5 (0,01-0,1)	53 (51-55)	1,25 (1,20-1,30)	35 (31-38)	17 (15-18)	18 (16-20)	23 (20-25)

Nota: Los intervalos normales son consignados entre paréntesis.

1.- Los intervalos de filtración real varían mucho con la estructura del suelo y su estabilidad estructural, incluso aún más de lo indicado en esta columna.

2.- La humedad fácilmente utilizable representa un 75% de la totalmente utilizable.

Tomado de: Aprovechamiento y modelos de aguas subterráneas por Amisial y Jercat, Banco de Programas, CIDIAT.

En el cuadro 2 se muestran las pruebas de capacidad de infiltración realizadas por el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, en el terreno. Se demuestra que los suelos franco arcillosos y los franco arenosos son los que están más presentes dentro del área de estudio y les siguen los suelos arenosos.

CUADRO Nº 2

PRUEBAS DE CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN

Nº	Coordenadas	Elevación Terreno (±)	Infiltración (cm/h)	Descripciones del suelo	
Parcela		(m)	(cm/h)	De campo	Según Tabla N°1
1	373,3-277,4	29	2,17	arenoso	franco-arcilloso
2	373,3-277,4	27	1,17	franco-arcilloso	franco-arcilloso
3	357,3-277,4	59	1,17	limo-arenoso	franco-arcilloso
4	357,3-277,4	57	1,17	franco-arcilloso	franco-arcilloso
5	357,3-277,4	57	1,17	arcilloso	franco-arcilloso
6	373,3-277,4	37	1,17	franco-arcilloso	franco
7	357,3-277,4	100	1,17	franco-arcilloso	franco-arenoso
8	373,3-277,4	37	2,28	arcilloso	franco-arenoso
9	373,3-277,4	25	2,17	limo-arenoso	franco
10	357,3-277,4	47	3,17	franco-arcilloso	franco-arenoso
11	352,3-277,4	67	2,37	arenoso-franco-arcilloso	arenoso
12	357,3-277,4	47	5,07	arenoso	arenoso
13	353,3-277,4	22	4,27	arcilloso	arcilloso
14	357,3-277,4	35	1,27	arenoso-arcilloso	franco
15	357,3-277,4	45	4,57	arenoso-arcilloso	arenoso
16	373,3-277,4	35	7,57	arcilloso	franco-arcilloso
17	357,3-277,4	47	7,57	arenoso con turpites	franco
18	373,3-277,4	47	7,57	arenoso-arcilloso	arcilloso
19	373,3-277,4	47	1,17	franco-arcilloso	franco-arcilloso
20	351,3-277,4	57	7,57	arenoso-franco	arenoso
21	351,3-277,4	57	5,17	franco	franco-arenoso
22	347,3-277,4	57	1,17	franco-arcilloso	franco-arcilloso
23	347,3-277,4	17	2,17	franco-arcilloso	franco-arenoso
24	347,3-277,4	17	2,17	franco-arcilloso	franco-arenoso
25	347,3-277,4	17	2,17	franco-arcilloso	arenoso
26	351,3-277,4	57	1,17	franco-arcilloso	franco-arcilloso
27	347,3-277,4	37	2,17	limo-arenoso	franco-arcilloso
28	373,3-277,4	37	1,17	arcilloso-arenoso	franco-arenoso
29	357,3-277,4	57	2,17	franco-arcilloso	franco-arenoso
30	357,3-277,4	17	7,17	arenoso	franco-arenoso
31	357,3-277,4	37	3,17	arenoso-franco	franco-arenoso
32	357,3-277,4	37	10,17	franco-arcilloso	arenoso
33	357,3-277,4	37	1,17	limo-arenoso	franco-arenoso
34	373,3-277,4	37	1,17	limo-arenoso	franco-arenoso
35	357,3-277,4	25	1,47	limo-arenoso	franco
36	357,3-277,4	27	10,17	arenoso	arenoso
37	357,3-277,4	100	1,17	limo-arenoso	franco-arenoso
38	357,3-277,4	100	1,17	franco-arcilloso	franco
39	357,3-277,4	47	11,17	franco-arcilloso	franco
40	357,3-277,4	35	12,17	franco-arcilloso	franco
41	357,3-277,4	35	1,17	franco-arcilloso	franco-arenoso
42	357,3-277,4	35	1,17	arenoso	franco-arenoso
43	357,3-277,4	100	1,17	franco-arcilloso	franco
44	357,3-277,4	100	1,17	arenoso	arenoso
45	357,3-277,4	100	1,17	arenoso	arenoso
46	357,3-277,4	100	1,17	franco-arcilloso	franco-arenoso
47	357,3-277,4	100	1,17	limo-arenoso	franco-arenoso

Original en mal estado



Se analizaron los perfiles que se presentan a continuación, realizados por el Servicio Nacional de Riego y Avenamiento que permiten una evaluación a diferentes grados de profundidad. Se puede observar que de los cero metros a los cincuenta metros, hacia la superficie se presentan: arenas, gravas, sedimentos tobáceos, intercalaciones de arena y gravas, arcillas limo arenosas con intercalaciones de arena y lentes tobáceos cercanos a la superficie. Todos con permeabilidad aparente de media a baja.

SIMBOLOGIA

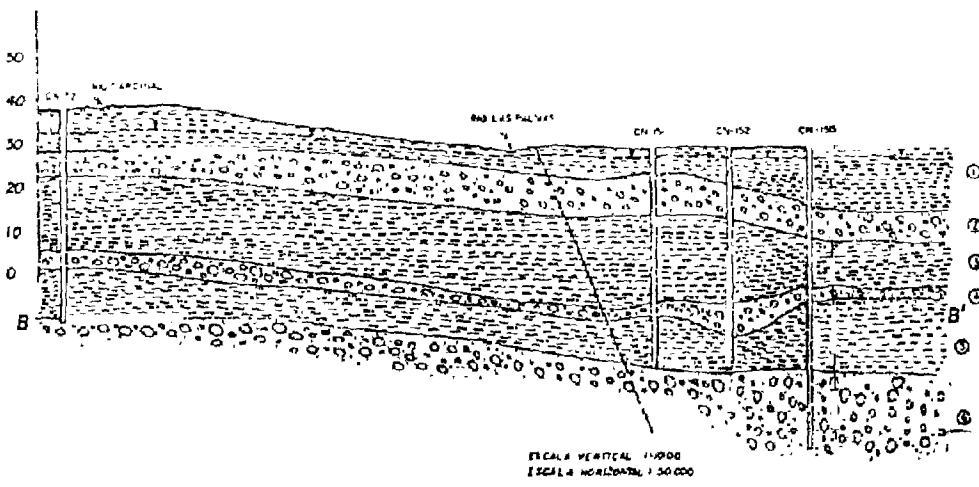
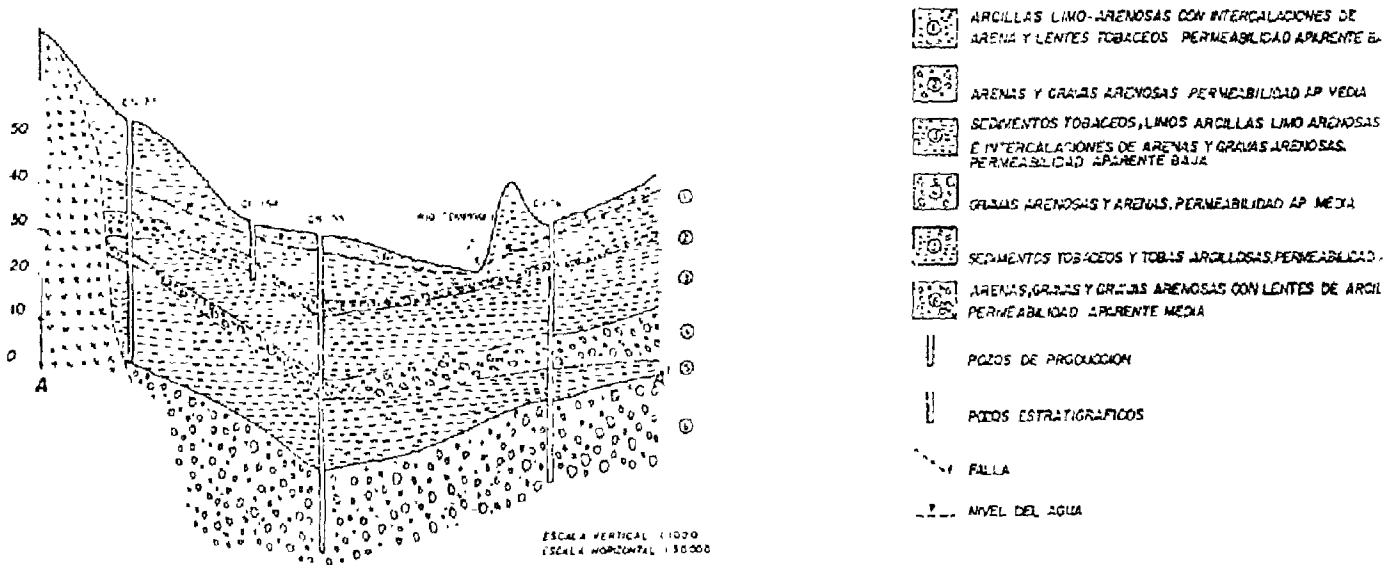


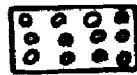
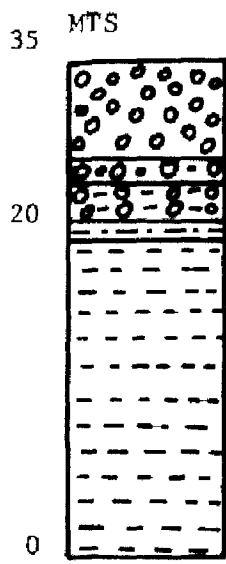
Figura 8.

Para verificar la validez de la información obtenida de los perfiles realizados por el Servicio de Aguas Subterráneas, se efectuaron tres pruebas en el campo, cerca de tres de los pozos que el SENARA tiene en el área de estudio para establecer en forma directa las características de infiltración que tiene el área.

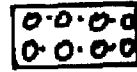
MUESTRA No. 1

Ubicada en las coordenadas planas 363.7 N 269.5 E, de la hoja Belén del mapa básico de Costa Rica a escala 1:50.000, con una altitud de 15 metros sobre el nivel medio del mar. La secuencia litológica obtenida en esta información fue la siguiente:

SIMBOLOGIA



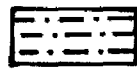
Arenisca de grano grueso con permeabilidad aparente de baja a media



Arena gravosa arcillosa 2mm. y permeabilidad aparente media.



Grava arcillosa con manchas de óxido de manganeso, permeabilidad aparente media.



Arcilla gravosa, permeabilidad aparente baja.



Arcillas plásticas en general impermeables.

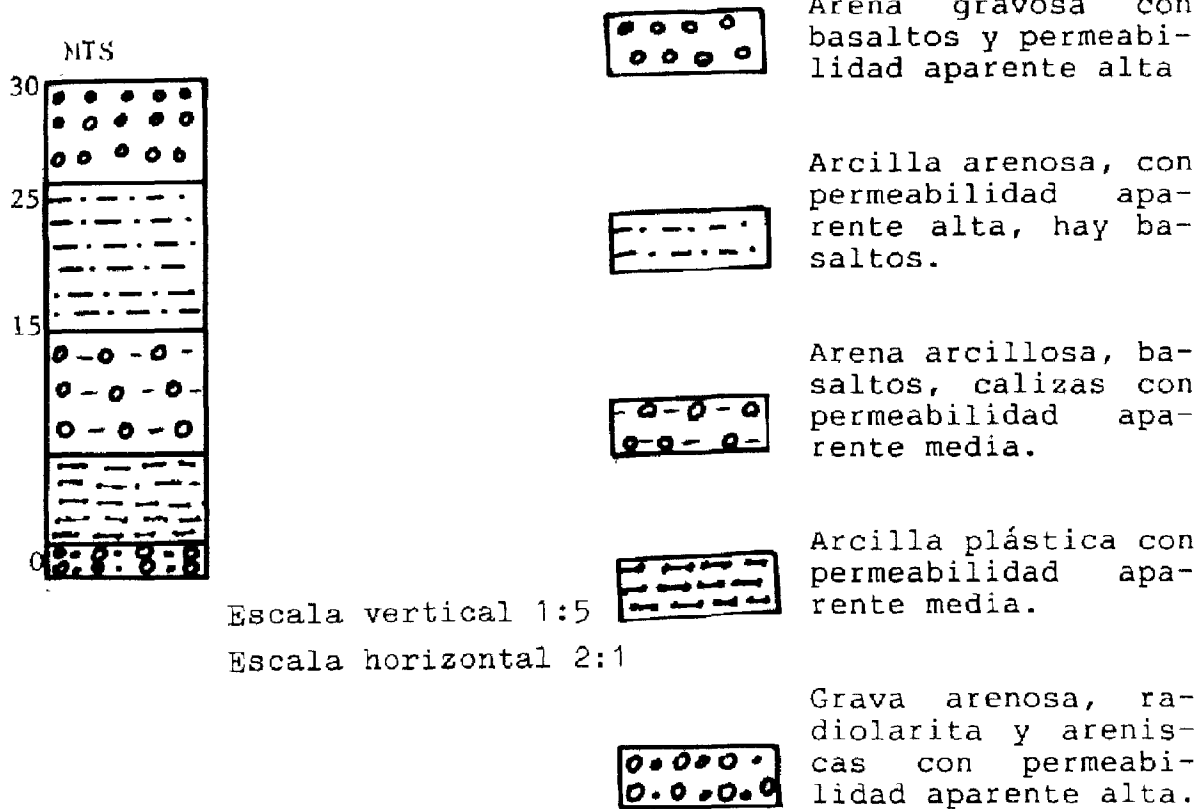
Escala vertical 1:5

Escala horizontal 1:1

MUESTRA No. 2

Ubicada en las coordenadas planas 362.8 N 271.1 E de la hoja Belén del mapa básico de Costa Rica a escala 1:50,000 y a una altura de 21.5 metros sobre el nivel medio del mar. La secuencia litológica fue la siguiente:

SIMBOLOGIA

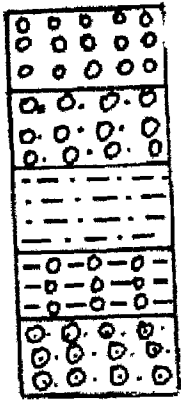


MUESTRA No. 3

Ubicada en las coordenadas planas 267.0 N-377 E de la hoja Tempisque del mapa básico de Costa Rica, a escala 1:50.000 a una altura aproximada de 26 metros sobre el nivel medio del mar. La secuencia litológica fue la siguiente:

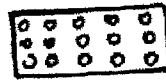
MUESTRA No 3

MTS

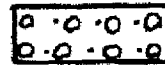


Escala vertical 1:5  
Escala horizontal 2:1

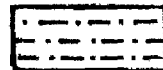
SIMBOLOGIA



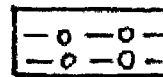
Arena gruesa con permeabilidad aparente alta.



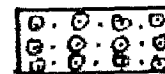
Grava arenosa con permeabilidad aparente media alta.



Grava arcillosa con permeabilidad aparente media.



Arcilla gravosa con permeabilidad aparente baja.



Grava arenosa, fragmentos de basal toscón, presencia de vetillas de sílice con permeabilidad aparente alta.

De acuerdo con toda la información analizada, se concluye que hay materiales poco permeables y con permeabilidad media. Esto significa que la carga del río Tempisque no es aliviada en forma significativa por la infiltración, en condiciones "normales" de la escorrentía y menos en los momentos de escorrentías críticas -generadoras de inundaciones- debido a que el tiempo (corto para el fenómeno de inundación), resulta ser insuficiente para que las rocas subyacentes puedan infiltrar volúmenes considerables de agua. Prueba de esta baja permeabilidad en los materiales, es la gran cantidad de pantanos y pequeñas lagunas que hay en el área.