Colaboradores: Área de Conservación La Amistad Caribe: María Fernada Arias Villalobos, Fanny Cruz, Roiner Rodríguez Jiménez, Adrual Gamez Rojas, Karim Babb Meléndez, Olger Méndez, José Francisco Sabayo López, Mario Cerdas, Edwin Cyrus Cyrus

Personal de apoyo DGM: Tatiana Carmona, Claudio Campos y Yoser Ramírez. Comite revisor: Giovanni Botazzi, Alberto Fernández, y Allan Astorga



plQ	Playas y cordones litorales
tbQ	Turberas
IQ	Lacustres
sIQ	Depósitos Estuarinos
lliQ	Llanuras de inundación con influencia antropogénica
fQ	Depósitos fluviales
fcQ	Depósitos fluvio-costeros
fQb	Terrazas nivel b:
fQa	Terrazas nivel a:
araQIm	Formación Limón (arrecifes actuales)
armQlm	Formación Limón (arrecifes marginales emergidos)
parQlm	Formación Limón (arrecifes de parche)
aNrb	Formación Río Banano (areniscas)
afNus	Formación Uscarí (areniscas con fósiles)

LEYENDA

CENOZOICO CUATERNARIO Holoceno		
plQ	arenas con bioclástos (playas y cordones litorales)	
IQ	limos,arcillas, arenas y materia orgánica (depósitos de lacustres)	
tbQ	materia orgánica en descomposición intercaladas con limos, arcillas y arenas. Turberas	
slQ	limos, arenas y arcillas (depósitos de estuarinos)	
lliQ	limos, arenas, arcillas, gravas y bloques (llanuras de inundación con influencia antropogénica)	
fcQ	limos, arenas y arcillas	
fQ	arenas, gravas, limos y bloques	
••••••••••••••••••••••••••••••••••••••	terrazas nivel b: arenas, gravas y limos	
••• fQa •••	terrazas nivel a: arenas, gravas, limos y bloques	
NEÓGENO-CUATERNARIO Plioceno Superior-Pleistoceno-Holoceno		
araQlm	arrecifes actuales (Formación Limón)	

armQlm	arrecifes marginales emergidos (Formación Limón)
parQlm	arrecifes de parche (Formación Limón)

areniscas de grano fino a grueso y conglomerados (Formación Río Banano) aNrb

Mioceno Superior -Plioceno Inferior

afNus lutitas y areniscas finas a medias con fósiles (Formación Uscarí)



Redacción y manuscritos del mapa: Rodríguez, E., Gonzalez, G., Huapaya, A.S., Rojas, M., Jara, L.D., & Segura, G. Procesamiento de datos en GIS: Rodríguez, E.



Citación del mapa: Rodríguez, E., González, G., Huapaya, A.S. Rojas, M., Jara, L.D.,& Segura, G., 2024: Mapa Geológico de la Hoja Sixaola (3344-I) -Escala 1:50 000. Dirección de Geología y Minas (MINAE), San José, Costa Rica.

AMUBRI 3644-IV SIXAOLA 3644-I



PRESIDENCIAGOBIERNO
DE LA REPÚBLICAGOBIERNO
DE COSTA R DE COSTA RICA

MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA

Mapa Geológico de la Hoja Sixaola 3644-l

1:50 000, República de Costa Rica

E. Rodríguez, G. González, A.S. Huapaya, M. Rojas, L.D, Jara & G. Segura

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA Y MINAS

Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) Apartado 10104-1000 San José Costa Rica

Principales fuentes de información geológica: RECOPE: Campañas de Exploración de Hidrocarburos (1913-1922), (1951-1963), (1963), (1967-1975), (1980-1988); Botazzi, G., Fernández, J.A. y Barboza, G. (1994); Botazzi (2016); Brandes, Ch., Astorga, A., Back, S., Littke R., y Winsemann, J. (2007); Campos, L. (1996); Campos-Bejarano, L. (2001); Chough, S.K., Hwang, I.G. y Choe, M.Y. (1990); Folk, R. (1980); Hardenbol, J., Thierry, J., Farley, M.B., Jacquin, T., Graciansky, P-Ch. y Vail, P.R. (1998); Nemec, W. y Steel, R.J. (1988); Nichols, G. (2009); Maejima, W. y Nakanishi, T. (1994), SINAC (2022) Mapa de tipos de bosque y otras tierras de Costa Rica 2021. CNE (2006) Mapa de Amenazas y Peligros Naturales del Cantón de Talamanca





SÍMBOLOS

C)	área de dolinas
U	playas con magnetita
	poblados
1/2	depósitos de desembocadura
Ì	corales
~	cono de deyección
	fósiles de moluscos
\otimes	microforaminíferos
-S	thalassinoides
St /	buzamientos
-60	batimetría
	ríos
	red vial
	curvas 20
	curvas 100
	perfil
	límite fronterizo de Panamá
	contacto inferido
	anticlinal
- ‡ -	sinclinal inferido
	falla inversa inferida
,	lineamiento
Nota técnica:	Refugio Nacional de Vida Silvestre Gandoca Manzanillo (Mixto)
	Zona restringida para el trabajo de campo

territorio indigena Kekoldi Decreto Ejecutivo 25296-G (1996). La geología que se muestra es interpretada.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA GOBIERNO DE COSTA RICA

REPÚBLICA DE COSTA RICA MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA Dirección de Geología y Minas

> MAPA GEOLÓGICO HOJA SIXAOLA (3644 - I) Escala 1:50 000

Por: Evelyn Rodríguez, German González, Ana Sofia Huapaya, Martín Rojas, Luis David Jara & Gustavo Segura

ISBN: 978-9977-50-168-0

2024

Información temática: Dirección de Geología y Minas 2024 del Ministerio de Ambiente y Energía Información Topográfica: IGN, Hoja Sixaola (3344-I); 1:50 000.

Publicado por: Dirección de Geología y Minas, 2024 Primera Edición, ISBN Programa presupuestario 898 del gobierno

de la Republica de Costa Rica Director a.i Mario Goméz Venegas

Este mapa fue elaborado de acuerdo a los lineamientos y estándares del mapa geológico de Costa Rica escala 1:50 000 Decreto Ejecutivo 40079-MINAE del 4 de octubre de 2016.

Este es un mapa geológico base de referencia, generalizado; cuando se requiera de información geológica detallada para un análisis particular o para la realización de obras civiles específicas, deben de realizarse estudios geológicos y geotécnicos de detalle.



República de Costa Rica Mapa geológico 1:50 000 Hoja 3644-I Sixaola

E. Rodríguez, G.Gonzalez, A.S. Huapaya. M. Rojas., L. Jara., & G. Segura.





MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA Y MINAS





551.022.397.2861

C8375m Costa Rica. Ministerio de Ambiente y Energía. Dirección de Geología y Minas Mapa geológico Sixaola 1:50 000 hoja 3644-1 / Ministerio de Ambiente y Energía. Dirección de Geología y Minas; E, Rodríguez, G. González, A.S. Huapaya, M. Rojas. L. Jara, G, Segura. - - Escala 1: 50 000. - - San José, Costa Rica: MINAE, DGM, 2024.

1 mapa (16 páginas): color. ; 73,8, x 52 cm.

Colaboradores. Área de Conservación La Amistad Caribe: María Fernanda Arias Villalobos, Fanny Cruz, Roiner Rodríguez Jiménez, Adrual Gámez Rojas, Karim Babb Meléndez, Olger Méndez, José Francisco Sabayo López, Mario Cerdas, Edwin Cyrus Cyrus. Personal de apoyo DGM: Tatiana Carmona, Claudio Campos y Yoser Ramírez.

ISBN: 978-9977-50-168-0

1. SIXAOLA 2. MAPA GEOLÓGICO 3. LIMÓN SUR. 4. COSTA RICA. I. Rodríguez Coto, Evelyn. II. González Marín, Germán III. Huapaya Rodríguez-Parra, Ana Sofía. IV. Rojas Barrantes, Martín V. Jara Díaz, Luis David. VI Segura Cortés, Gustavo. VII. Titulo.

> Comité Revisor: Dr. Allan Astorga (Consultor Independiente) Lic. Giovanni Botazzi (Consultor Independiente) Lic. Alberto Fernández (Consultor Independiente)

RESUMEN

El área de la hoja Sixaola escala 1:50 000 está constituida por rocas clásticas del Plioceno y Pleistoceno-Holoceno asociadas a una cuenca sin-orogénica de retro-arco.

El Mioceno Superior y Plioceno está constituido por rocas sedimentarias de plataforma continental silicoclástica, heterolítica interna y externa, representadas principalmente por lutitas y limolitas con microforaminíferos e intercalaciones de areniscas finas con fósiles alóctonos de moluscos dispersos pertenecientes a la Formación Uscari. Estas rocas se encuentran aflorando en los ríos y quebradas en la parte central de la hoja. Los buzamientos medidos son hacia el suroeste (SW) y noreste (NE), formando una estructura anticlinal. A su vez, estas rocas están limitando en su parte norte y sur, con sedimentos basculados y levantados constituidos por los conglomerados la Formación Río Banano.

El Plioceno - Pleistoceno está constituido por sedimentos asociados a abanicos deltaicos (*fan delta*) propios de la Fm. Río Banano (Miembro Superior), que en el área cartografiada se caracterizan por secuencias de areniscas de grano fino hasta grueso con lentes de conglomerados interdigitados.

Las dos unidades descritas anteriormente, están dispuestas dentro de una estructura de anticlinal y sinclinal que incluye al sistema montañoso local, limitando al norte y sur con los depósitos del Holoceno y las fallas inversas del cinturón deformado del norte de Panamá.

El Holoceno está constituido por rocas formadas a partir de sedimentos terrígenos, depositados en ambientes marginal marinos y marinos, asociados a la última regresión oceánica y al relleno final de la cuenca de Limón Sur. Representan la mayor parte de las rocas aflorantes de la hoja y se distribuyen de forma circundante al sistema montañoso en toda el área de la hoja. El aporte de sedimentos se genera a partir de la erosión de las rocas del Mioceno y Pleistoceno, así como de otras unidades geológicas más antiguas que son cortadas por la red fluvial actual.

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se recopila los resultados de la investigación geológica realizada en el sector oriental de la región Caribe Sur de Costa Rica, en un área de aproximada de 210 km² que comprende la hoja cartográfica Sixaola 3644-I a escala 1:50 000. El área se ubica en la provincia de Limón, cantón de Talamanca y distrito Sixaola, limitando en el extremo este y sur con Panamá.

El mapa geológico de la hoja Sixaola derivado de la investigación geológica realizada, fue ejecutado bajo el programa presupuestario 898 de la Dirección de Geología y Minas del Ministerio de Ambiente y Energía. El levantamiento geológico y muestreo de las rocas se realizó en los años 2019 y 2023 con la participación de los funcionarios del Departamento de Investigación y la colaboración del Departamento de Control Minero de la Dirección de Geología y Minas. Para la elaboración del mapa se tomaron como base los estudios geológicos de las campañas de exploración de hidrocarburos dirigidas por RECOPE que se realizó durante las décadas de los años cincuenta hasta los noventa. Este trabajo contempla información geomorfológica, morfotectónica, litológica, biocronológica, tectónica–neotectónica y algunos datos hidrogeológicos existente en el área, permitiendo su integración para una actualización del mapa geológico.

1.1 Ubicación

El área de estudio se encuentra ubicada en la región Caribe Sur de Costa Rica, y se localiza entre las longitudes 637396 – 664838 y las latitudes 1050500 – 1068977 según coordenadas CRTM05 de uso oficial para el país (Fig.1).



Fig. 1. Mapa de ubicación de la hoja **3644-I** Sixaola a escala 1:50 000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN)

2. CONTEXTO GEOLÓGICO

El área que comprende la hoja topográfica Sixaola es parte de la cuenca Limón Sur. Esta es una cuenca sin-orogénica del tras-arco estrechamente ligada a la evolución tectónica del Cinturón Deformado del Norte de Panamá, la cual está relacionada con la fase tectónica compresiva del Mioceno Superior y el emplazamiento del intrusivo de la cordillera de Talamanca que generó esfuerzos con dirección noreste (NE) - suroeste (SW), fallas inversas de alto ángulo y plegamientos asociados con rumbos noroeste (NW) - sureste (SE). Estos procesos favorecieron el levantamiento de una parte de la cuenca, asociada a la evolución del arco de islas y contribuyeron con la progradación de sedimentos deltaicos provenientes de la erosión de rocas preexistentes en áreas internas de la cuenca y de la plataforma.

De acuerdo con Bottazzi, G. (2016) la subsidencia de la cuenca relacionada con el gran aporte de sedimentos ocurrida desde el Mioceno Inferior hasta el Mioceno Medio originó el desarrollo de amplias plataformas silicoclásticas relacionadas con la Formación Uscarí parcialmente expuestas durante los descensos del nivel del mar a finales de este periodo. Estos descensos del nivel del mar favorecieron la progradación de las asociaciones de facies neríticas internas dando como resultado la formación de barras arenosas costeras correlacionables con el Miembro Inferior de la Formación Rio Banano. En el Mioceno Superior con la fase tectónica y el emplazamiento del Plutón de Talamanca se generaron esfuerzos compresivos con dirección NE-SW que originaron fallas inversas de alto ángulo (Fernández, J.A., Bottazzi, G., Barboza,G., & Astorga, A. 1991), plegamientos y fallas de sobrecorrimiento que al mismo tiempo favorecieron el levantamiento de una parte de la cuenca y del arco de islas en general. Esto a su vez contribuyó con la progradación de sedimentos deltáicos provenientes de la erosión de rocas preexistentes sobre áreas internas de la cuenca y la plataforma.

El continuo levantamiento promovió una depositación prodeltáica en las bahías interlobulares compuesta de sedimentos finos, alternancia entre limos ricos en materia orgánica continental y limos calcáreos ricos en fauna marina.

En el límite Mioceno Superior y Plioceno se dió un cambio eustático y concomitantemente el levantamiento del intrusivo de Talamanca, lo que intensificó los procesos erosivos y la progradación de la sedimentación de origen contiental caracterizada por areniscas y limolitas asociado a estuarios, bahías y conglomerados de fan deltas (Miembro Superior de la Fm. Río Banano del Plioceno) Bottazzi, G. (2016).

5

El Pleistoceno está constituido por depósitos del prodelta (abanico distal), barras de canal anastomosado (abanico medio), conglomerados de canal trenzado (abanico proximal), borde y centro de laggon o manglar, canales de marea, barras costeras, barras costeras submarinas (longshore bars) y barras de desembocadura atribuibles a la Formación Río Banano.

Del Plioceno Superior hasta el Holoceno se desarrollan arrecifes de coral a lo largo de zonas someras de la plataforma continental emergida asociados a la Formación Limón (Campos, 1996).

El Holoceno está representado por sedimentos epiclásticos derivados de los procesos fluviales, fluvio-costeros y costeros que predominan en todas las zonas de topografía plana y la planicie costera.

3. GEOLOGÍA LOCAL

3.1 Mioceno Superior – Plioceno

3.1.1 Formación Uscari Parte Superior

Se distribuye en la parte central de la Hoja Sixaola con una extensión de 60 km² del área de la hoja. Aflora en la mayor parte del área cartografiada. Los afloramientos están bien expuestos en los cauces de las quebradas Mille Creek y Ernesto, así como en otras quebradas y ríos menores. En el área de estudio está constituida por lutitas y areniscas finas a medias con fósiles (afNus).

3.1.1.1. Lutitas y areniscas finas a medias con fósiles (afNus)

Esta unidad está limitada al norte y sur por estructuras de falla inversa del Cinturón Deformado del Norte de Panamá (CNDP) y lineamientos asociados. La unidad se extiende hacia el sur de la hoja cubierta por los sedimentos del Pleistoceno y Holoceno. Posee un área de 60 km² en el mapa.

Los afloramientos se observan como paquetes sedimentarios de decimétricos a decamétricos (hasta 100 m de espesor medidos en campo), con estratificación paralela planar con terminaciones continuas y acuñados con espesores de centimétricos a métricos. Internamente presentan varias estructuras sedimentarias como laminación paralela planar, laminación lenticular y laminación flaser, de dimensiones milimétricas a centimétricas. Sin embargo, con frecuencia no se observa una estratificación bien definida y los bancos de afloramiento parecen ser masivos. En algunos sitios presentan fracturas y discontinuidades a veces con rellenos de calcita y presencia de limonita y hematita, que en condiciones de meteorización alteran a limolita.

Las rocas de esta unidad están constituidas por limolitas y lutitas color gris oscuro o gris verdoso, rocas friables, de duras a blandas, con alto o poco contenido de carbonato de calcio. Ademas de areniscas finas con buena selección, Se presentan también ocasionales estratos con fósiles de bivalvos (<2%) bien preservados con conchas no conjugadas muy delgadas y gasterópodos (<2%), escasos guijarros, magnetita (<5%), pirita, piroxenos y biotitas (<2%) y materia orgánica diseminada, así como abundante contenido de microforaminíferos (>2%). La densidad de bioturbación es de baja a muy baja, siendo casi exclusivamente de thalassinoides, que se presentan en concreciones calcáreas en forma de tubos de hasta 30 cm de diámetro.

Bioestratigraficamente la edad de la unidad se ubica entre el Mioceno Superior (Tortoniano) al Plioceno Inferior (Zancleano) de acuerdo a las características descritas anteriorimente el paleoambiente de formación es marino batial superior a medio, con aporte del continente y posible ambientes superficiales asociados a manglares hasta ambientes profundos.

Esta unidad subyacente a la Formación Río Banano se alterna con algunas facies transicionales y con cambios graduales a la Formación Río Banano.

3.2. Plioceno - Holoceno

3.2.1 Formación Río Banano (Nrb)

Estas rocas abarcan un área de 10,4 km² de la hoja. Los principales afloramientos fueron observados en algunas secciones de las rutas 36 y 256. En el área de estudio se indentificó como una unidad de areniscas de grano fino a grueso con concreciones y lentes de conglomerados interdigitados (aNrb).

3.2.1.1 Areniscas de grano fino a grueso con concreciones y lentes de conglomerados interdigitados (aNrb)

Un plegamiento anticlinal marca su área cúspidal al norte del área y aflora en áreas restringidas en el extremo oeste y sur de la hoja, los afloramientos se restringen a pequeños promontorios en muchos casos muy meteorizados.Esta unidad está conformada por estratos de areniscas homogéneas con ocasionales intercalaciones de lentes conglomerádicos. Los estratos presentan espesores variables desde métricos hasta decamétricos. Tienen estratificación lenticular con laminación cruzada y paralela formando paquetes con espesores decimétricos entre 10 cm y >1 m. Los contactos entre los estratos de arenisca y los conglomerados son netos y erosivos. Presentan buzamientos entre 45° y 50° en los flancos noreste y suroeste del anticlinal respectivamente.

Las areniscas son de color gris claro y café amarillentas por meteorización, con tamaños de grano que varían de fino hasta grueso, gradación inversa y en algunos casos se observan niveles con guijarros. Generalmente son sedimentos inmaduros a medianamente maduros (Folk, 1980; Nichols, 2009), presentando una selección que varía de mala a buena. Presentan aporte de minerales máficos, félsicos y feldespatos, fragmentos de rocas ígneas y sedimentarias retrabajados.

La compactación de las areniscas varía de endurecidas hasta poco consolidadas. Se observa la presencia de material carbonoso diseminado y en laminaciones dentro de las

areniscas finas. Las areniscas medias y gruesas contienen laminaciones de magnetita y otros óxidos de hierro diseminados como limonita y hematita.

Los conglomerados afloran en algunos taludes en las cercanías de la ruta 36, como cuerpos lenticulares con espesores aproximados los 4 m y longitudes métricas. Los conglomerados son generalmente mal seleccionados y polimícticos, con clastos de hasta 15 cm de diámetro redondeados a subredondeados. Los clastos presentan contactos puntuales en una matriz de arenisca media a grava fina no cementada.

También se presentan algunos estratos de areniscas color gris de grano medio a grueso, guijarrosas, mal seleccionadas, en ocasiones con abundante detrito bioclástico compuesto por fósiles de moluscos, restos de corales y concreciones calcáreas. También en algunos sitios hay presencia de biotita, arcilla, limolita y hematita en porcentaje muy bajo (<1%).

De acuerdo a las características descritas anteriormente, el ambiente de formación se asocia con depósitos de abanico deltaico medio y distal con influencia marina.

3.3 Plioceno Superior – Holoceno

3.3.1. Formación Limón (Qlm)

El área se subdividió en tres unidades litológicas: (1) arrecifes de prache (parQlm), (2) arrecifes marginales emergidos (armQlm); (3) arrecifes actuales (araQlm). Se interpretan que las unidades se desarrollaron en un ambiente fótico de depositación muy somero con aguas limpias y claras. Según Cortés (1992) actualmente existen 6 tipos de arrecifes coralinos en la zona del Refugio Nacional de Vida Silvestrre Gandoca – Manzanillo, representados por rampa escalonada distal, arrecifes marginales, parches de arrecifes, bancos carbonatados, arrecifes de base angostas y frentes de algas coralinas, que incluyen la presencia de 29 espcies de corales escleractinios, 3 de hidrocorales y 19 de octocorales. Según la descripción es posible que en el área de estudio estén representados por arrecifes marginales y arrecifes de parche (parches arrecifales).

3.3.2. Arrecifes de parche (parQlm)

Se identificaron dentro del Refugio Nacional de Vida Silvestre Gandoca – Manzanillo (Mixto) al noreste de la hoja en un área aproximada de 0,025 km². Su distribución es irregular y de poca extensión, se exponen en las laderas del anticlinal y en la zona cuspidal, en afloramientos con dimensiones >1 m, algunos de ellos ubicados a una altura de 100 m s.n.m como evidencia de los continuos levantamientos tectónicos. Constituyen estructuras arrecifales de tipo parche como afloramientos dispersos. Se observaron estructuras amorfas de calizas blancas y beige con arrecifes fósiles. Estas características podrían indicar ambientes influenciados por ascensos en el nivel del mar que favorecieron la colonización de parches arrecifales.

3.3.3. Arrecifes marginales emergidos (armQlm)

Su mejor exposición se encuentra en la zona costera del Refugio Nacional de Vida Silvestrre Gandoca- Manzanillo (Mixto), en los sectores de Manzanillo y Punta Mona con un área aproximada de 2,7 km². Se trata de acantilados de hasta 10 m de alto constituidos por arrecifes marginales emergidos de corales y moluscos con algunas formaciones de dolinas o sumideros en las partes altas de los acantilados. Están asociados al tectonismo y levantamiento de la región representado por el fallamiento inverso del cinturón de deformación interno de la plataforma continental.

3.3.4. Arrecifes actuales (araQlm)

Asociados con arrecifes marginales y parches de arrecifes. Se distrubuyen al largo de la costa actual desde Puerto Viejo hasta Punta Mona, con un área aproximada de 4,6 km² en la hoja Sixaola. Se trata de organismos vivos de entre 1,9% y 7% con poca cobertura debido a la sedimentanción (Cortés, 1992).

4. Holoceno

Se distribuyen en gran parte del área de la hoja Sixaola hacia el noreste paralelos al margen continental y la línea de costa y al suroeste limitando con el río Sixaola y la zona fronteriza con Panáma. Estas unidades están interdigitadas lo que dificulto limitar los depósitos con precisión y algunas de estas unidades tuvieron como fuente base de información el mapa de bosques y otras tierras de Costa Rica del Sistema Nacional de Areas de Conservación (SINAC, 2021) y el mapa de amenazas y peligros naturales del cantón de Talamanca de la Comición Nacional de Emergencias (CNE, 2006).

Constituyen en buena medida el relleno de la cuenca asociado también a los procesos y evolución tectónica del Cuaternario caracterizados por estabilidad, levantamiento y subsidencia relativas representado por depósitos fluviales, aluviales, litorales, estuarios, lacustres y palustres.

4.1. Terrazas aluviales nivel a (fQa)

Se ubican en la parte central del mapa limitado por un sistema de fallas y lineamientos con rumbo noroeste-sureste y conformando llanuras de topografía plana con gradientes no mayores a los 2°. Cubren un área de 5,3 km².

Están constituidas por la sedimentación proveniente de la erosión de los depósitos de las formaciones Uscarí y Río Banano, donde la cuenca del Río Sixaola ha actuado de forma activa para su desarrollo. Su espesor no supera los 20 m. También presentan un origen estructural por el levantamiento relativo asociado al cinturón de fallas inversas.

Están constituidas por depósitos de origen sedimentario desde tamaño arenas hasta bloques. En algunos casos se presentan como intercalaciones de arenas con gravas mal seleccionadas y estratificación horizontal.

4.2. Terrazas aluviales nivel b (fQb)

Esta unidad se encuentra circundante a las formaciones Uscarí y Río Banano, cubriendo un área de 22 km² donde se ubican los poblados de Gandoca y Mata de limón. Está

asociada a la sedimentación de la cuenca del río Sixaola, cuya llanura de inundación se extiende de manera más amplia hacia el continente y está constituidas por sedimentos epiclásticos de arenas, gravas y limos. Se ubican entre las elevaciones de 2 a 10 m s.n.m.

4.3. Llanuras de inundación con influecia antropogénica (lliQ)

Se ubican limitando al sur en el área de estudio con el río Sixaola distribuidas en la zonas circundantes de los poblados Ania, Catarina, Paraíso, San Miguelito, Zavala, Celia, Noventa y Seis, Daytona y Sixaola. Abarca un área aproximada de 80 km².

Se trata de llanuras de inundación constituidas por depósitos aluviales que se distinguen por el desarrollo de actividad antropogénica debido a la génesis y origen de sus depósitos, en buena parte suelos enrriquecidos en arcillas y materia orgánica. Han desarrollado una topografía plana entre las elevaciones 1 - 10 m y con espesores promedio de 5m. Están conformadas por sedimentos epiclásticos de arcillas, limos, arenas, gravas y bloques.

Constituyen la sedimentación epiclástica desarrollada durante el Cuaternario asociada principalmente a la variación dinámica del cauce de la cuenca llana y de baja energía del río Sixaola en la transición del frente montañoso continental a la llanura costera en su curso a la desembocadura con el oceáno.

4.4. Depósitos fluviales (fQ)

Se distribuyen en un área de 2,5 km². Estos sedimentos se encuentran rellenando los valles de los ríos Cocles, Gandoca, Sixaola, y las quebradas Ernesto y Milla Creek. Además forman conos de deyección fluvial en el río Cocles y quebradas Ernesto y Milla Creek, asociados estructuralmente al frente del cinturón de fallamiento inverso.

Constituyen depósitos no consolidados de arenas, gravas y bloques en su mayoría de composición sedimentaria.

4.5. Depósitos fluvio costeros (fcQ)

Se extienden en forma paralela a la línea de costa y al margen continental cubriendo un área de 9 km², conformando la mayor parte de la llanura costera y el drenaje de baja energía de los el ríos Cocles, Gandoca, Sixaola y las quebradas Ernesto y Milla Creek.

Estos sedimentos están asociados a la colmatación y progradación de la llanura costera en un régimen de baja energía de estos ríos principales. Están constituidos principalmente por sedimentos retrabajados de limos, arcillas y arenas que ha permitido el desarrollo de suelos y densa vegetación costera.

4.6. Depósitos litorales (plQ) no consolidados: playas y cordones litorales

Se distribuyen a lo largo de la línea de costa formando una franja de barras costeras cubriendo un área de 1,9 km². Están constituidos por sedimentos de playa inconsolidados, retrabajados por el oleaje y las corrientes de marea. Son principalmente arenas con bioclastos, minerales pesados como magnetita a veces formando estratos consolidados y con cemento calcáreo, cuarzo, feldespatos y fragmentos de rocas volcánicas.

4.7. Depositos de Turbera (tbQ)

Se ubica dentro del Refugio Gandoca- Manzanillo (Mixto) cubriendo un área de 20 km². Su morfológía es concava y ovalada como consecuencia de lo que se presume es un sincilinal con rumbo noroeste – sureste, favoreciendo la acumulación de materia orgánica en descomposición combinando sedimentos colmatados de arenas, limos y arcillas. Dependiendo si es temporada seca o luviosa en el Caribe se pueden encontrar diferentes niveles de saturación del pantano dentro de la turbera.

4.8. Depositos estuarinos (sIQ)

La laguna Gandoca al sureste de Punta Mona representa la zona de estuarios e inundación de baja energía fluvial cercano a la costa, desarrollando vegetación de manglar con predominancia de sedimentos finos, principalmente arcillas y limos con componente orgánico y en menor proporción arenas. Cubre un área aproximada de 0,2 km².

4.9. Depositos lacustrinos (IQ)

Se reconocieron cuatro depósitos lacustrinos en la hoja Sixaola, dos de ellos se ubican cercanos a la costa al sureste de la desembocadura del río Gandoca como cuerpos alargados con rumbo sur-norte y dimensiones de 600 m de largo por 50 m de ancho. Se interpreta un origen estructural por el levantamiento relativo asociado al cinturón de fallas inversas. Los otros dos cuerpos se ubican al suroeste de la hoja y corresponden con meandros abandonados del río Sixaola con dimensiones de 800 m de largo por 50 m de ancho.

5. PRINCIPALES FUENTES DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA

- BOTAZZI, G., FERNÁNDEZ, J.A. y BARBOZA, G., 1994. Sedimentología e historia tectonosedimentaria de la cuenca de Limón Sur. En Profil 7, Hartmut, S y Wiebke, H. (Eds), Geology of an Evolving Island Arc (pp. 351-391), Stuttgart, Germany.
- BOTTAZZI, G., 2016. Tratado de sedimentología de la cuenca Limón Sur-Costa Rica: evolución tectono-sedimentaria, secuencia y reconstrucción paleogeográfica. (Tesis de licenciatura inédita). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- BRANDES, CH., ASTORGA, A., BACK, S., LITTKE, R. Y WINSEMANN, J., 2007. Deformation style and basin-fill architecture of the offshore Limón back-arc basin (Costa Rica. Marine and Petroleum Geology, 24; 277 – 287.
- CAMPOS, L., 1996. Entorno geológico regional y aspectos generales de amenaza sísmica en los proyectos hidroeléctricos del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) en la cuenca de Limón Sur. Departamento de Ingeniería Geológica, ICE.
- CAMPOS, L., 2001. Geology and basins history of middle Costa Rica: an intraoceanic island arc in the convergence between the Caribbean and the Central Pacific Plates. Tübinger Geowiss. Arb., Reihe A 62, 1-138.

- CORTÉS, J., 1992. Los arrecifes coralinos del Refugio Nacional de vida Silvestre Gandoca Manzanillo, Limón, Costa Rica.CIMAR y Escuela de biología Universidad de Costa Rica. Rev. Biol.Trop:40 (3) p. 325-333
- CNE, 2006. Mapa de amenzas y peligros naturales del canton de Talamanca de la Comición Nacional de Emergencias.
- DENYER, P., 1998. Historic-prehistoric earthquakes, seismic hazards, and Tertiary and Cuaternary geology of the Gandoca-Manzanillo National Wildlife Refuge, Limón, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 46. Supl. 6: 237-250.
- DENYER. P., O. ARIAS &; M. ARIAS. 1994 a. Esfuerzos y paleo-esfuerzos de la Cuenca de Limón. Rev. Geol. Amer. Central. Volumen Especial. Terremoto de Limón: 53-60.
- FERNÁNDEZ, A., BOTTAZZI, G., BARBOZA, G., & ASTORGA, A. 2011. Tectónica y estratigrafía de la Cuenca Limón Sur. Rev. Geol. Amér. Central. Vol. Esp. Terremoto de Limón. p.15-28.
- FOLK, R., 1980. Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Publishing Company, Austin, Texas 78703, p. 182.
- NEMEC, W. Y STEEL, R.J., 1988. What is a fan delta and how do we recognize it? Fan Deltas: Sedimentology and Tectonics Settings. Blackie and Son.
- NICHOLS, G., 2009. Sedimentology and Stratigraphy. Wiley-Blackwell, UK, 419 p.
- RECOPE. Campaña de Exploración de Hidrocarburos; Informes internos: 1913-1922; 1951-1963; 1967-1975; 1980-1988. Ministerio de Ambiente y Energía.
- SINAC, 2021. Mapa de bosques y otras tierras de Costa Rica del Sistema Nacional de Áreas de Conservación el mapa de amenazas.