

CAPÍTULO 3.

LINEA BASE AMBIENTAL: MEDIO FISICO TERRESTRE.

INTRODUCCION

En este capítulo se analizarán las condiciones de línea base ambiental para el componente físico geográfico: características geológicas, geomorfológicas, de suelo, climatológicas e hidrológicas del área de proyecto y su zona de influencia.

CARACTERIZACION GEOLOGICA.

La geología de la Isla Hispaniola está relacionada con movimientos y colisiones de placas en una complejísima geología de arco de isla. La Isla Hispaniola consiste en una aglomeración de 11 terrenos tectónicos de arco de isla que afloran sobre dos tercios de la isla hacia el norte y un terreno de meseta oceánico que aflora sobre el restante tercio de la isla hacia el sur. Los terrenos del arco de isla presentan un rango de edad desde el Cretácico Temprano al Eoceno Tardío y pueden ser clasificados en base a las asociaciones litológicas, estructurales, y grado metamórfico como: (1) fragmentos de corteza oceánica, (2) los fragmentos de prisma acresional de la parte anterior de un arco de isla, (3) los fragmentos de parte vulcano-plutónico de un arco de isla, y (4) un fragmento de una cuenca de arco posterior.

Muchos de los límites que separaban los terrenos de arco de isla y el terreno de la meseta oceánica se reactivaron como fallas oblicuas durante el Mioceno Temprano a reciente y la convergencia entre arco de isla y plateau oceánico formaron nueve provincias morfotectónicas que consisten en cordilleras alargadas, limitadas por fallas, en donde intervienen cuencas sedimentarias clásticas.

Geología regional y local.

Según el estudio "Informe de la Unidad hidrogeológica de la Península de Samaná" desarrollado por el Programa Sysmin en el 2004¹, la Península de Samaná presenta una forma alargada en sentido E-O, de unos 50 Km de longitud y unos 15 de anchura, localizada en la parte nororiental del territorio de la República

¹ Programa Sysmin, Eptisa Grupo EP e INDRHI, 2004: "Informe de la Unidad hidrogeológica de la Península de Samaná".

Dominicana. Sus alturas máximas oscilan entre los 400 y 600 metros, presentando la vertiente sur una mayor pendiente que la norte.

La red de drenaje se encuentra muy poco desarrollada, sobre todo en la vertiente sur, en la que apenas existen cauces continuos de importancia, siendo en su mayor parte arroyos encajados en pequeñas cuencas que discurren en sentido norte-sur. La vertiente norte tiene pendientes menores y presenta un ligero incremento del desarrollo de la red de drenaje, con algunos ríos de escasa entidad que discurren desde la sierra central de la unidad hacia el norte de la misma.

En cuanto a la estratigrafía y litología, el estudio indica que la sucesión estratigráfica de la unidad hidrogeológica de la Península de Samaná puede subdividirse en dos agrupaciones, que son:

- Un zócalo de edad desconocida, aunque probablemente cretácica, en el que se distinguen un conjunto de esquistos y de esquistos con intercalaciones marmóreas (Mti), básicamente impermeables, en el que se individualizan unos mármoles masivos (MTc), localizados en el extremo noreste de la península, cuyo espesor puede superar los 300 metros.
- Unos materiales de cobertera, que se subdividen en dos grupos bien diferenciados por sus características litológicas y estructurales. El primer grupo está formado por conglomerados (Mcg) y calizas miocenos y margas pliocenas (PLm-y). El segundo grupo lo constituyen calizas arrecifales detríticas de edad Plio-Pleistocena (PLc).

Los materiales del primer grupo afloran en una estrecha banda, generalmente limitada por fallas, en el borde sur y en el oriental de la península. Por lo general se encuentran buzando fuertemente hacia el mar (en el norte).

Los materiales del segundo grupo se encuentran sólo en la mitad occidental de la península, donde se presentan discordante sobre el zócalo. Su espesor no sobrepasa los 200 metros.

Desde el punto de vista hidrogeológico, los materiales más interesantes, dentro de la unidad hidrogeológica de la Península de Samaná, son los mármoles masivos (MTc) y las calizas arrecifales detríticas Plio-Pleistocenas (PLc). Ambas formaciones presentan un grado de permeabilidad alto por fisuración y karstificación.

Desde el punto de vista estructural, la Península de Samaná es un fragmento de zócalo, plegado o replegado, con cobertera sedimentaria del primer grupo dispuesta fuertemente buzante hacia el exterior (hacia el sur o hacia el oeste, y siempre hacia el mar) y cuya extensión está condicionada por fallas normales.

Las calizas arrecifales detríticas plio-pleistocenas (PLc) únicamente están presentes en la mitad occidental de la península, estando ligeramente inclinadas hacia el norte. Esta misma disposición es la que presentan los mármoles masivos del zócalo (MTc).

En la figura siguiente se puede ver la disposición estructural de la península a través de cinco cortes hidrogeológicos, cuya orientación viene definida en la figura posterior a esta (Orientación de los perfiles hidrogeológicos).



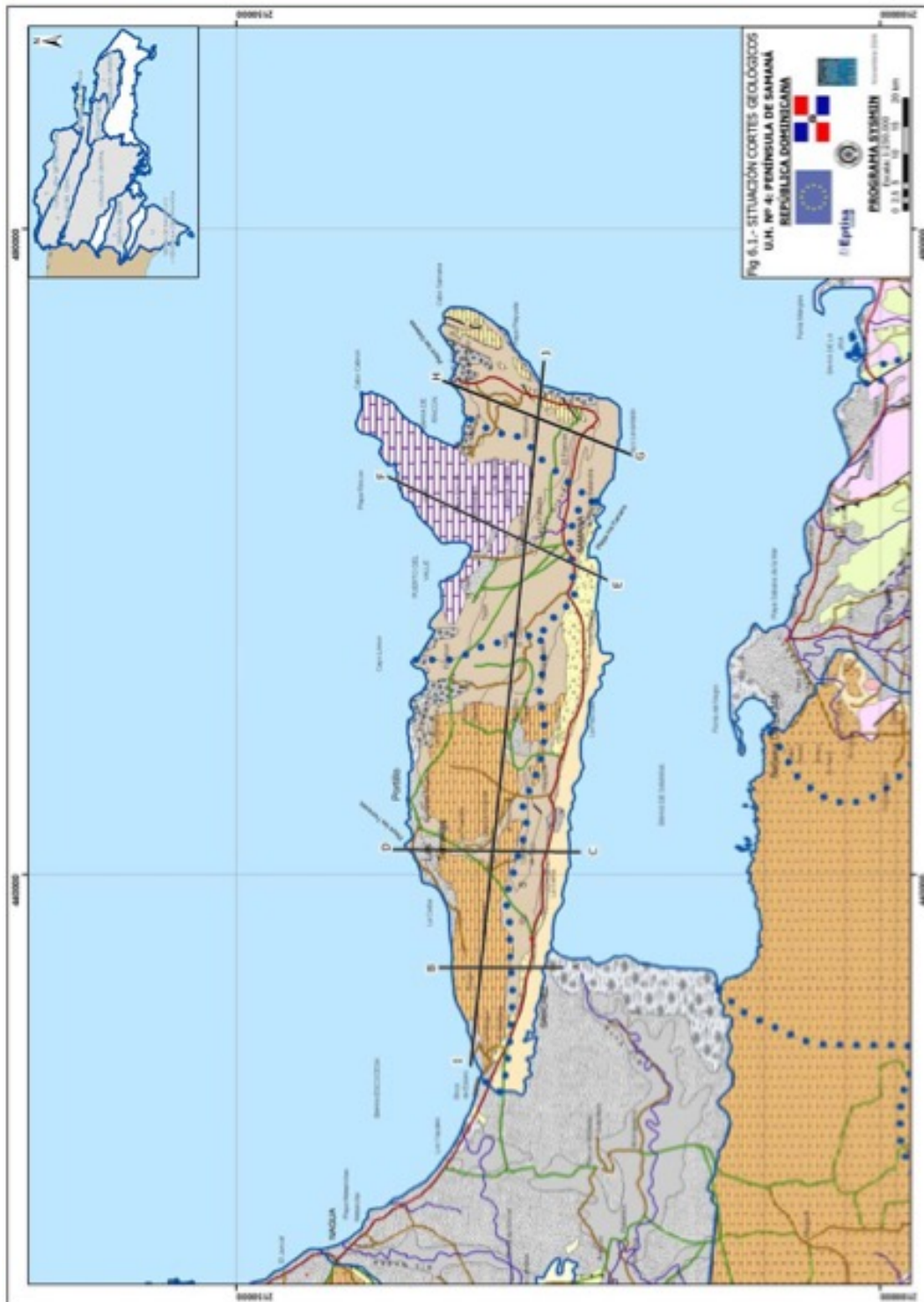


Fig. 20. Perfiles hidrogeológicos de la península de Samaná.

Según informaciones obtenidas del informe del Servicio Geológico Nacional (2007-2010)², la geología de la Península de Samaná está compuesta por cuatro elementos: (1) un complejo metamórfico; (2) un grupo de formaciones conglomeráticas o brechoides y margocalcáreas y arcillosas en facies marinas y continentales, de edad Mioceno o Mioceno- Pleistoceno, que se disponen basculadas y plegadas discordantes sobre el borde sur del complejo metamórfico a lo largo de la vertiente meridional de la sierra de Samaná; (3) la Fm Los Haitises, de edad Mioceno a Pleistoceno, que se dispone ligeramente basculada o subhorizontal sobre la parte central y septentrional del complejo; y (4) un conjunto de formaciones superficiales de edad Holoceno.

La estructura interna del complejo metamórfico de Samaná se ha interpretado como un apilamiento imbricado de láminas de rocas esencialmente metasedimentarias mesozoicas de alta-P con buzamiento hacia el SE y S (Escuder-Virue y Perez Estaun, 2006). Ascendiendo en la secuencia estructural de norte a sur y separadas por zonas de falla de gran escala, estas unidades son: Filitas de Playa Colorado (FPC); Mármoles de El Rincón (MER); Esquistos de Santa Bárbara (ESB); Unidad de Punta Balandra (UPB); y Unidad de Mármoles de Majagual-Los Cacaos (MMC). Además, a techo de la Unidad de Punta Balandra se distingue una subunidad de espesor decamétrico (no representada en la cartografía a E. 1:50000), compuesta por una mélangé tectónica con bloques de serpentinitas, eclogitas y metasedimentos. En el complejo aparecen además varios lentejones decamétricos de peridotitas serpentinizadas y serpentinitas, emplazados tectónicamente a lo largo de las zonas de desgarre.

El corte estructural más completo del complejo metamórfico se obtiene en diversas transversales orientales de la península. Buena parte de los datos que se presentan en este capítulo referidos a la estructura interna del conjunto del complejo metamórfico proceden de las observaciones realizadas en estas transversales durante la elaboración de las Hojas contiguas de Santa Bárbara de Samaná y Las Galeras (Escuder Virue y c y d) Así mismo, el estudio del metamorfismo de las rocas de este complejo se ha realizado a partir del estudio de dichas transversales orientales donde están representadas todas las unidades del complejo y se puede consultar en las memorias de dichas Hojas.

² Servicio Geológico Nacional SGN, 2010. Mapa geológico de la Republica Dominicana. Escala 1:50,000. Sánchez (6273-1).

La estructura general de la península de Samaná está dominada por numerosas fallas tardías. Estas fallas son desgarres subverticales que definen un sistema geométrica y cinemáticamente relacionado con la zona de falla Septentrional. Su movimiento desde (al menos) finales del Neógeno hasta la actualidad como desgarre sinistral inverso ha producido: la transposición de algunos contactos entre las unidades metamórficas y la intrusión tectónica de peridotitas; el levantamiento de la península con el desarrollo de formaciones conglomeráticas y brechoides singenéticas; el plegamiento (o fuerte basculamiento) de éstas junto con el de las formaciones relacionadas aflorantes en la vertiente meridional de la sierra de Samaná; y el basculamiento hacia el norte de la Fm Los Haitises.

La traza actual o subactual de la falla Septentrional discurre justo al sur de la península siguiendo una dirección ONO-ESE a O-E. Esta traza se deduce a partir de la forma de la anomalía magnética que revela su presencia bajo los depósitos holocenos del Gran Estero y en el área sumergida de la bahía, así como de la batimetría del fondo marino de ésta, y del levantamiento tectónico de formaciones bioconstruidas holocenas que forman cayos.

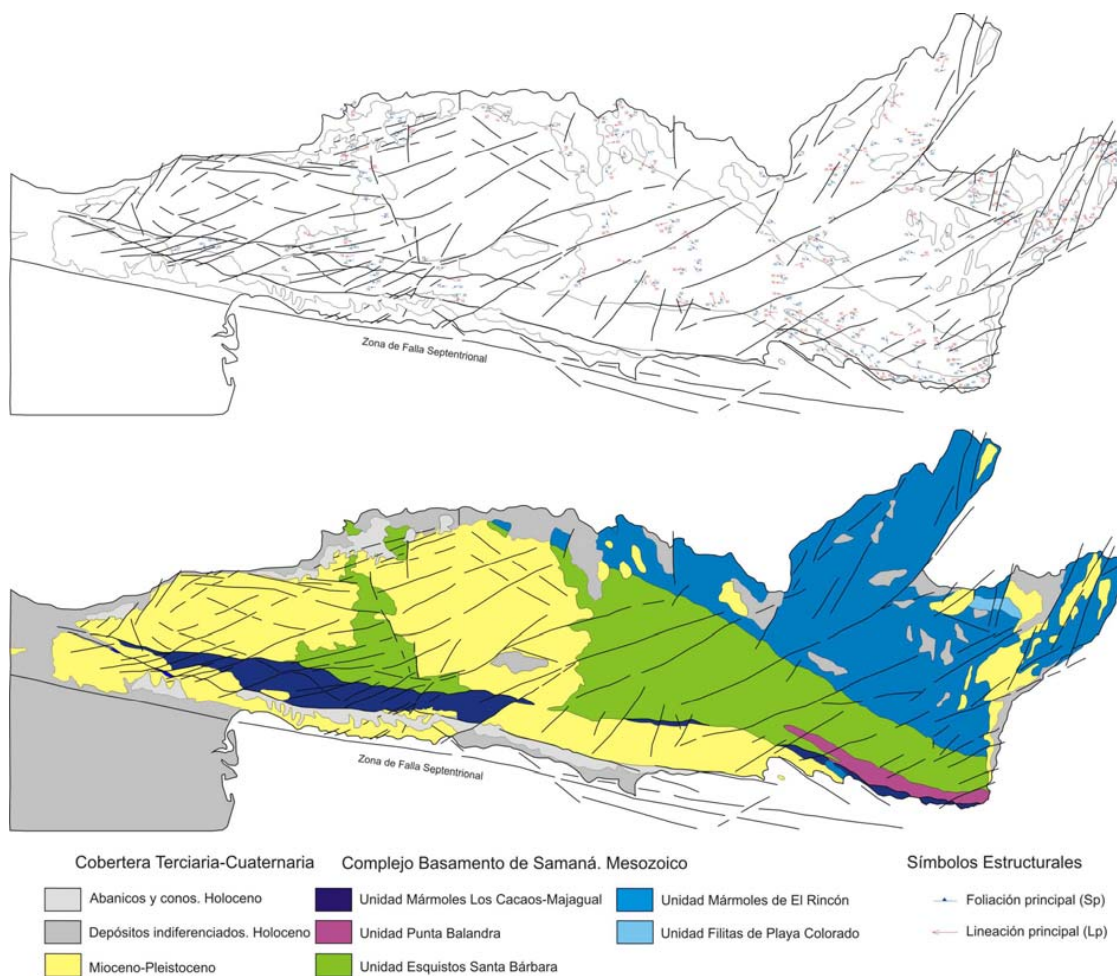
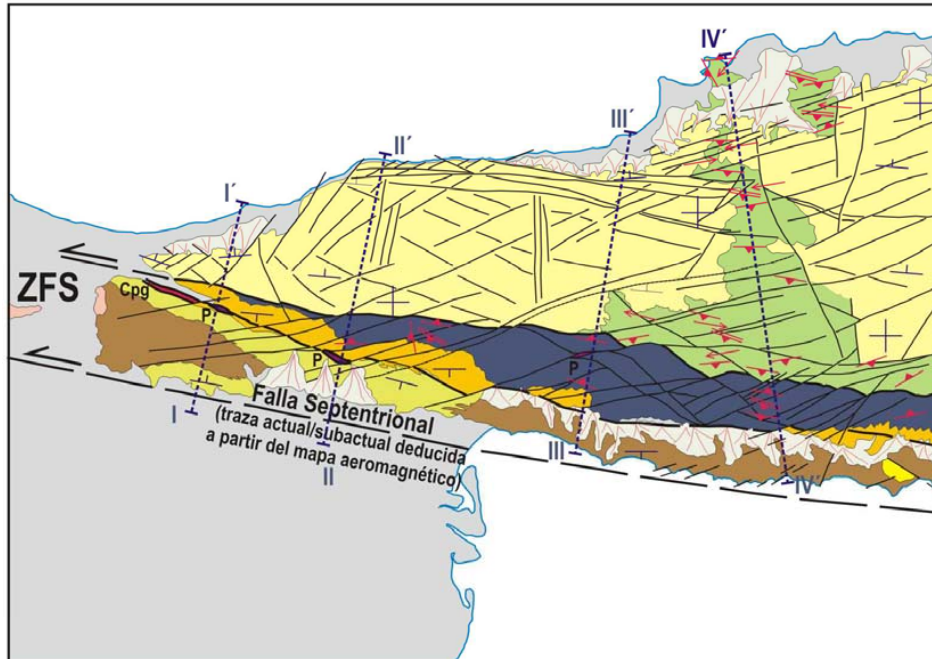


Fig. 21. Mapa estructural esquemático de la Península de Samaná: (arriba) símbolos estructurales; (abajo) unidades estructurales o mantos ((adaptada de Escuder Viruete 2010 c y b)

HOJA DE SÁNCHEZ ESQUEMA ESTRUCTURAL



CUATERNARIO (Holoceno)

- Abanicos y conos. Holoceno
- Depósitos litorales indiferenciados, llanura de inundación y cienagas. Holoceno

MIOCENO-PLEISTOCENO

- Bioconstrucciones arrecifales Pleistoceno Sup.
- Arcillas del Río Boba Pleistoceno Sup.
- Fm Sánchez. Plioceno Sup.- Pleistoceno
- Fm Las Canoas. Mioceno Sup.-Pleistoceno
- Brechas de Majagual y conglomerados de Samaná. Mioceno sup-Pleistoceno
- Fm Los Haitises. ¿Mioceno Sup.-?Pleistoceno Inferior
- Conglomerado de La Piragua. Mioceno Medio

COMPLEJO METAMÓRFICO DE SAMANÁ

- Unidad de Mármoles de Majagual-Los Cacaos Edad indeterminada
- Unidad de Esquistos de Santa Bárbara Edad indeterminada
- Peridotita serpentinizada

- Dirección y buzamiento preferente de la estratificación (So)
- Estratificación subhorizontal
- Dirección y buzamiento preferente de la esquistosidad principal (Sp)
- Inmersión preferente de la lineación mineral (Lm)
- Dirección y buzamiento preferente del clivaje de crenulación (Scr)
- Fallas o límites tectónicos de primer orden

ZFS: Zona de Falla Septentrional

Traza de corte geológico

Fig. 22. Esquema estructural de la Hoja de Sánchez

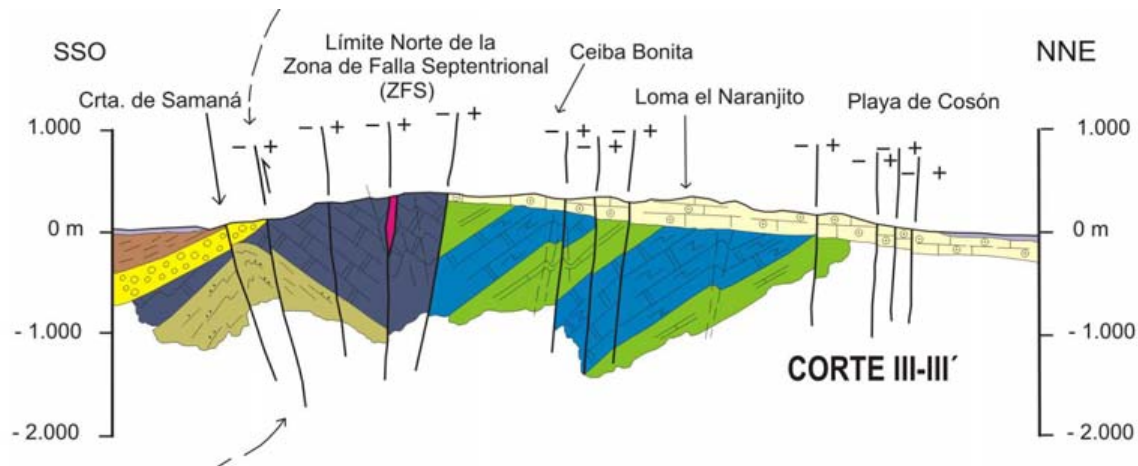


Fig. 23. Corte geológico de la hoja de Sánchez para el área del proyecto. Corte III-III'.

Topografía.

La acción de los agentes externos sobre dominios tan contrastados como la Península de Samaná y la planicie del Gran Estero, tiene como resultado una expresión geomorfológica sensiblemente diferente. Así, el modelado de la sierra de Samaná, igual que el de la Cordillera Septentrional, es el producto de una larga evolución presidida por los procesos geodinámicos internos acaecidos a lo largo del Cenozoico, generadores de relieves positivos, sobre los que han actuado, con mayor o menor efectividad, diversos agentes morfogenéticos encaminados a la destrucción o modelado de dichos relieves, destacando los de carácter fluvial, gravitacional y kárstico.

En el caso de la planicie del Gran Estero, puede considerarse que la creación de su fisonomía básica arranca con los procesos mas recientes (neógenos) de sedimentación de los materiales procedentes de las Cordilleras Central y Septentrional, y su acumulación hacia la salida oriental del Valle del Cibao.

El retrabajamiento en la costa por parte del océano es el responsable en última instancia del modelado de la bahía de Samaná. El agua del mar se adentra, en forma de agua salobre, al mezclarse con la dulce de los ríos, dando lugar a la formación de marismas. En zonas donde el agua de los ríos queda estancada sin salida al mar, se han formado ciénagas y áreas endorreicas muy abundantes en esta zona.

Las Formas marinas-litorales y formas lacustres se concentran en toda la orla litoral de la península desde la bahía Escocesa en la costa Atlántica, hasta la bahía de

Samaná, donde adquieren gran extensión debido al escaso desnivel en la zona de enlace con la planicie del Gran Estero.

Se conoce como Gran Estero a la gran llanura aluvial y deltaica del río Yuna que se extiende desde el Caño Estero Hondo en la bahía Escocesa, hasta la zona de su actual desembocadura en la bahía de Samaná. En el delta predominan amplias zonas con terrenos pantanosos, como las ciénagas y las zonas endorreicas.

Los materiales aportados por el Yuna a través del Caño Estero, y el Arroyo Caño Colorado hacia la Bahía Escocesa son redistribuidos por las corrientes marinas a lo largo de la costa. Como prueba de ello, un cordón litoral se extiende unos 15 km a lo largo de la costa, comenzando en la Hoja contigua al oeste (Villa Riva), hasta Punta Jackson. Hacia el E, el cordón continúa por toda la costa norte bordeando la sierra de Samaná (hasta desaparecer en punta Morón – Hoja contigua al este, (es decir la correspondiente a Samaná), formando playas angostas en las que varios arroyos aportan los materiales que posteriormente el mar va retrabajando. Puntualmente, la morfología de este cordón litoral está definida por el desarrollo longitudinal de dunas.

En la planicie del Gran Estero, la influencia de las mareas ha permitido un amplio desarrollo de las marismas. La marisma baja se localiza bajo la influencia de las mareas diarias y es colonizada por un manglar; alcanza una gran extensión en la orla litoral de la bahía con más de 4 km de anchura. La marisma alta se sitúa en la zona de influencia de las mareas excepcionales; debido a la baja pendiente del terreno, se extienden varios kilómetros hacia el interior que dando como zonas relictas en la actualidad dedicadas al cultivo. El detalle geomorfológico (sin representación cartográfica) de la zona incluye canales, brazos fluviales abandonados y lagunas mareales. Existen pequeñas zonas de marismas (y alguna zona zona pantanosa) en la orla costera septentrional en la parte trasera del cordón litoral.

En la orla costera meridional se observan puntualmente algunas formas tabulares asociadas al desarrollo de arrefices subactuales.

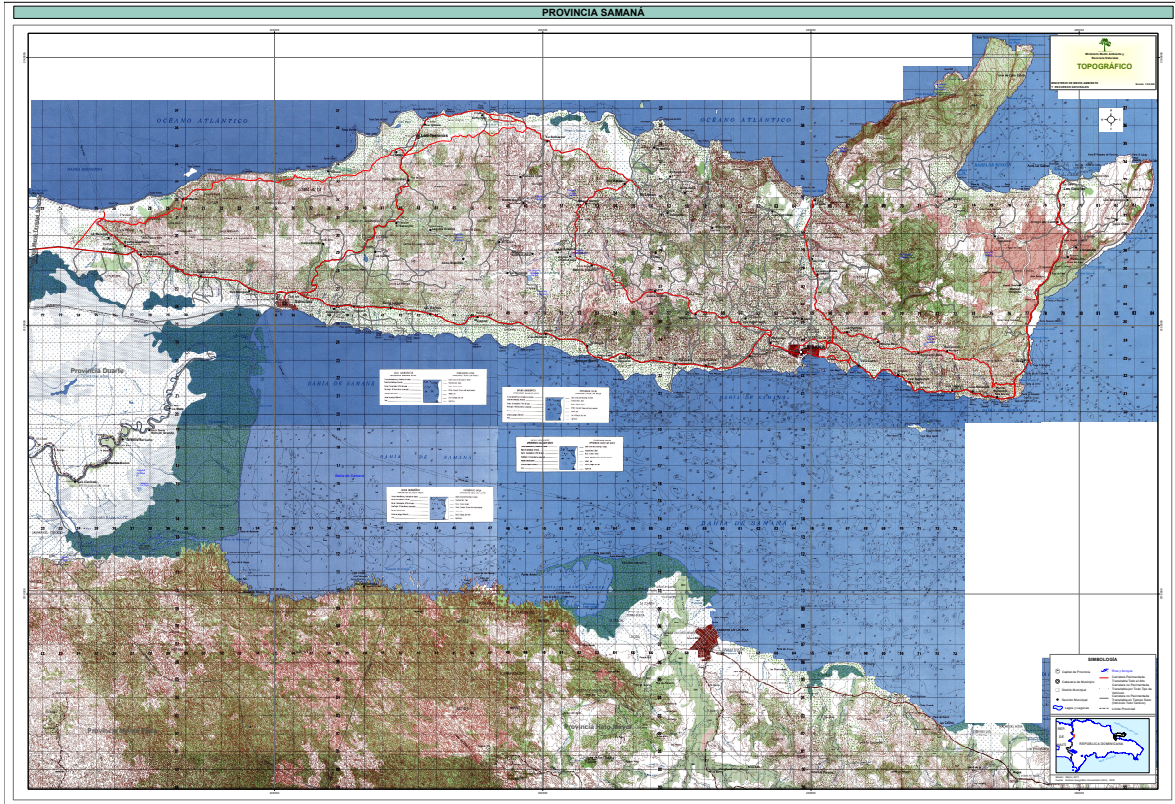


Fig. 24. Mapa topográfico provincial.

CARACTERIZACION GEOMORFOLOGICA.

El municipio de Las Terrenas y también el área de Cosón pertenece a la región geomorfológica llamada Sierra de Samaná³. Es un sistema montañoso poco accidentado (sus alturas no alcanzan los 700 m.s.n.m.), con un eje central estrecho y una hidrografía limitada, a pesar de encontrarse en la región más lluviosa del país, por su poca complejidad; con dos angostas llanuras costeras en sus márgenes norte y sur, con importantes terrazas de origen marino, de rocas calizas o calcáreas e importantes formaciones de cavernas, muchas con arte rupestre.

Toda el área de estudio se encuentra ubicada en la costa norte de la península de Samaná, en una estrecha franja llana entre la sierra y el mar. El clima es Tropical Húmedo de Bosque, con vegetación originaria de bosque muy húmedo y húmedo subtropical, sustituida en gran media por cultivos. Es una de las zonas del país donde más llueve debido a la influencia de los vientos Alisios, por encontrarse en la

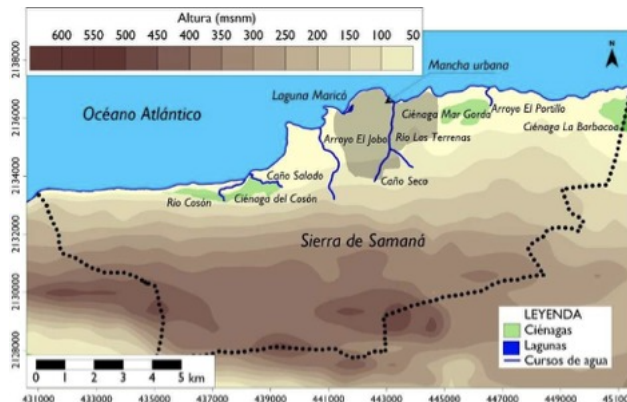
³ Bolívar Troncoso Morales. 2021. Regiones Geomorfológicas de la Isla Española o de Santo Domingo. Sexta edición ampliada y actualizada, en prensa.

dirección de estos. La media pluviométrica anual oscila entre 2,000 y 2,500 milímetros.



Fig. 25. Zona geomorfológica para el área de estudio.

Las siguientes imágenes muestran el mapa topográfico correspondiente al área del proyecto en Playa Cosón, en donde puede observarse claramente a través de las curvas de nivel, que el terreno se encuentra en esa estrecha franja plana entre el mar y la Sierra de Samaná. Asimismo, se puede apreciar que el Boulevard se encuentra sobre el talud y que este limita por el sur a la parcela.



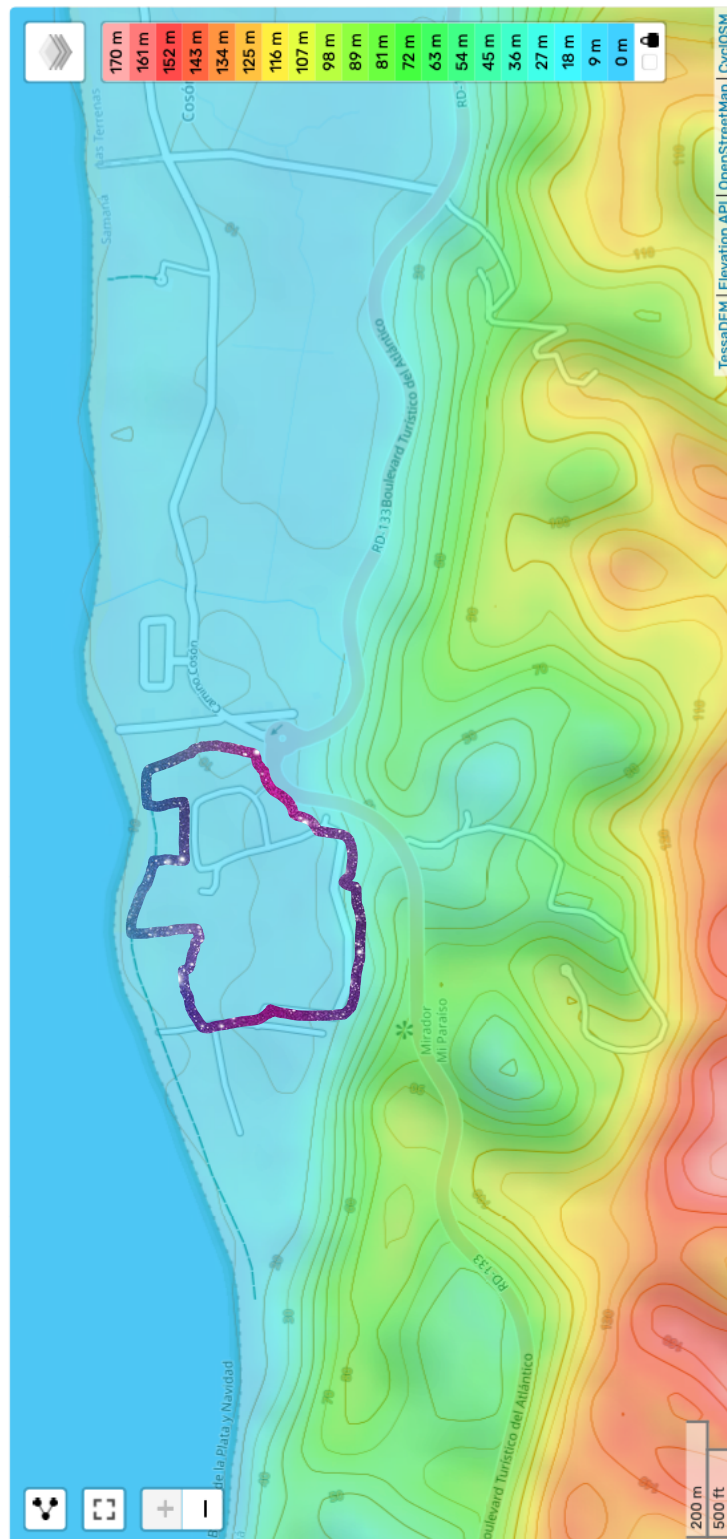


Fig.26. Mapa topográfico del área del proyecto.

SISMICIDAD.

La geología de la Isla Hispaniola está relacionada con movimientos y colisiones de placas en una complejísima geología de arco de isla. La Isla Hispaniola consiste en una aglomeración de 11 terrenos tectónicos de arco de isla que afloran sobre dos tercios de la isla hacia el norte y un terreno de meseta oceánica que aflora sobre el restante tercio de la isla hacia el sur.

En la isla existen varios sistemas de fallas principales, que son:

- 1- Al norte, el de la Falla de La Hispaniola dentro del mar que es el borde de placa antiguo donde está ubicada la Trinchera de Puerto Rico (Fosa de Millwakee) y,
- 2- la Falla Septentrional borde de placa activo en el norte, que penetra a la isla por la Bahía de Manzanillo y continúa en la parte sur de la Cordillera Septentrional saliendo por la Bahía de Samaná, con una longitud superior a los 300 kms. Esta falla es similar a la de San Francisco en California, Estados Unidos de América.

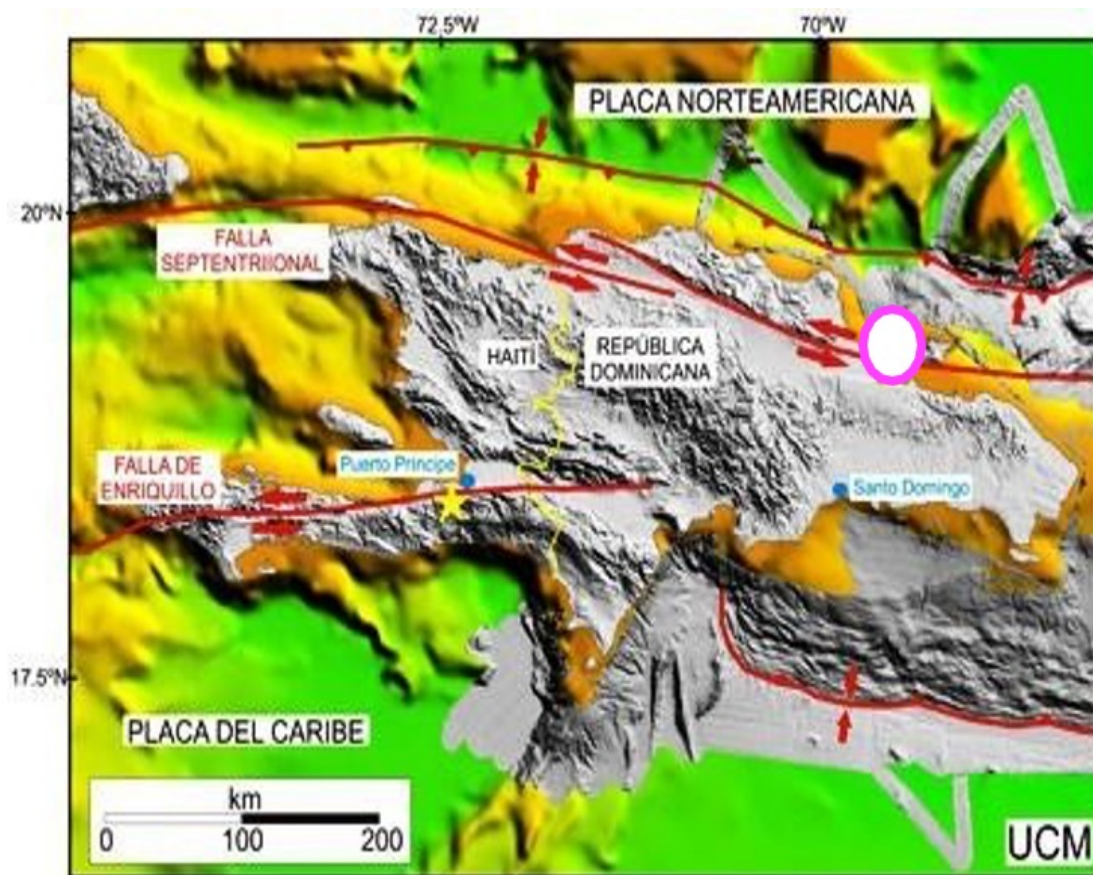


Fig. 27. Tectónica de la isla.

3- El otro sistema está situado al Sur de la Isla, el cual penetra por el sur de Haití continuando por San Juan y Ocoa, llegando al Mar Caribe hasta la Fosa de los Muertos, al Sur de Santo Domingo, San Pedro de Macorís y La Romana.

Como se aprecia en la figura siguiente, además de estos importantes sistemas de fallas existen otras fallas internas, como son las de Bonao, Hatillo, etc., que tienen capacidad de producir eventos menores, pero que localmente pueden producir daños importantes.

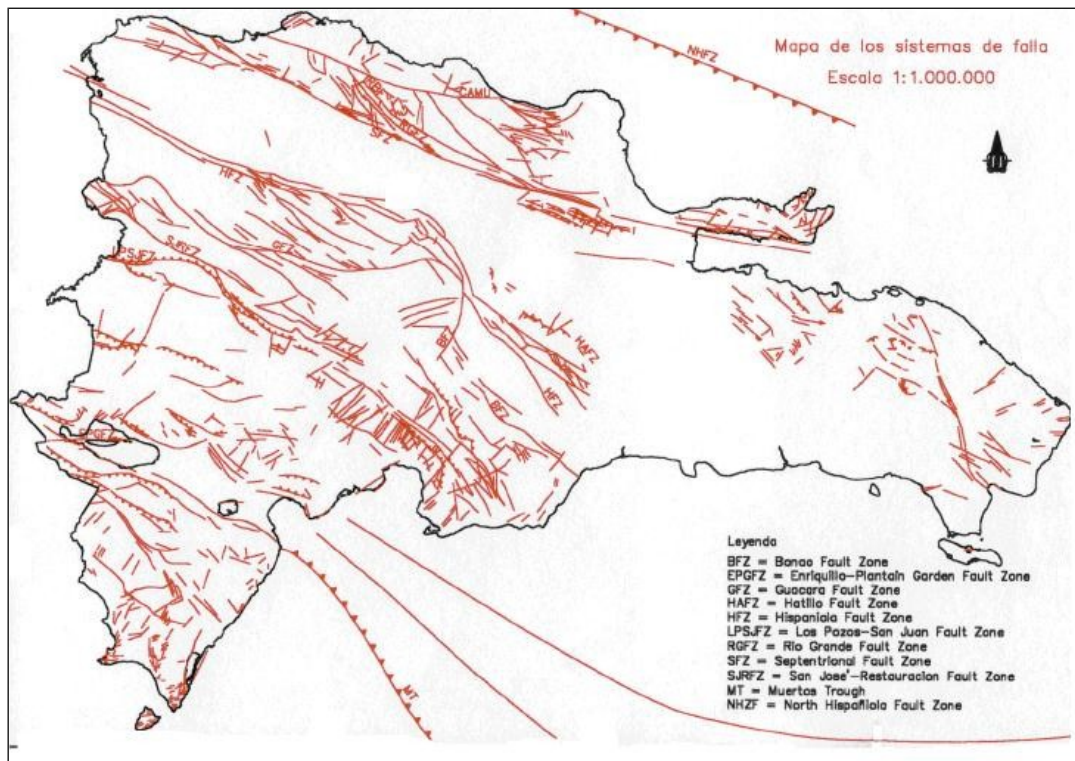


Fig. 28. Mapa de los sistemas de fallas de la República Dominicana

Las fallas antes mencionadas han sido las responsables de producir los terremotos catastróficos que han ocurrido en la isla, de los cuales a partir del año 1500 tenemos noticias, por los reportes oficiales y eclesiásticos que se hacían a la Corona Española.

De acuerdo con la Zonificación Sísmica realizada por la Sociedad Dominicana de Sismología e Ingeniería Sísmica, en el año 1979, el proyecto se encuentra en una zona de riesgo sísmico, correspondiente a la Zona 1.

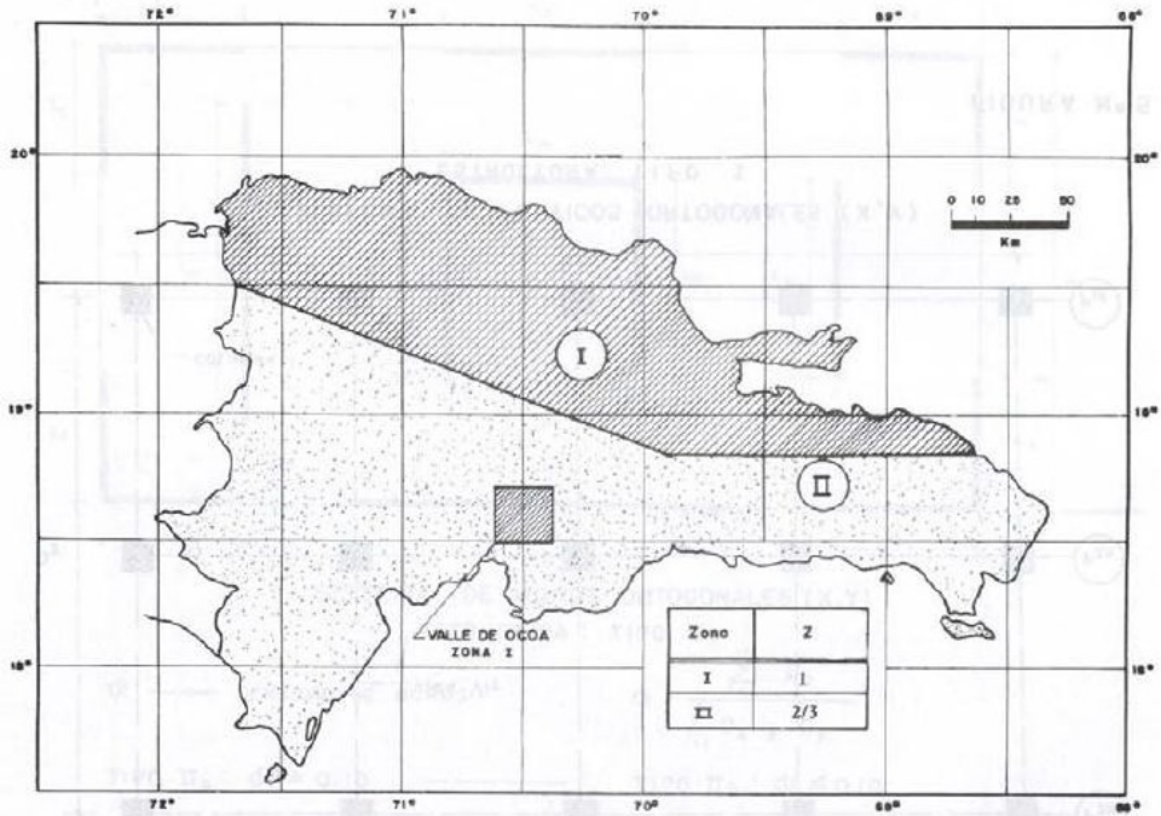


Fig.29. Zonificación sísmica.

De la información anterior, puede apreciarse que la principal fuente de terremotos que pudieran afectar a la zona de Samaná es la Zona de Falla Septentrional que yace en el fondo de la Bahía de Samaná y se ubica a unos 10 kilómetros aproximadamente al sur del proyecto.

La Zona de Falla Septentrional es capaz de producir sismos de magnitud Richter de 8 en la zona cercana a Santiago de los Caballeros, pero se entiende que en la zona de la Bahía de Samaná y su proyección en el Atlántico su potencial es menor.

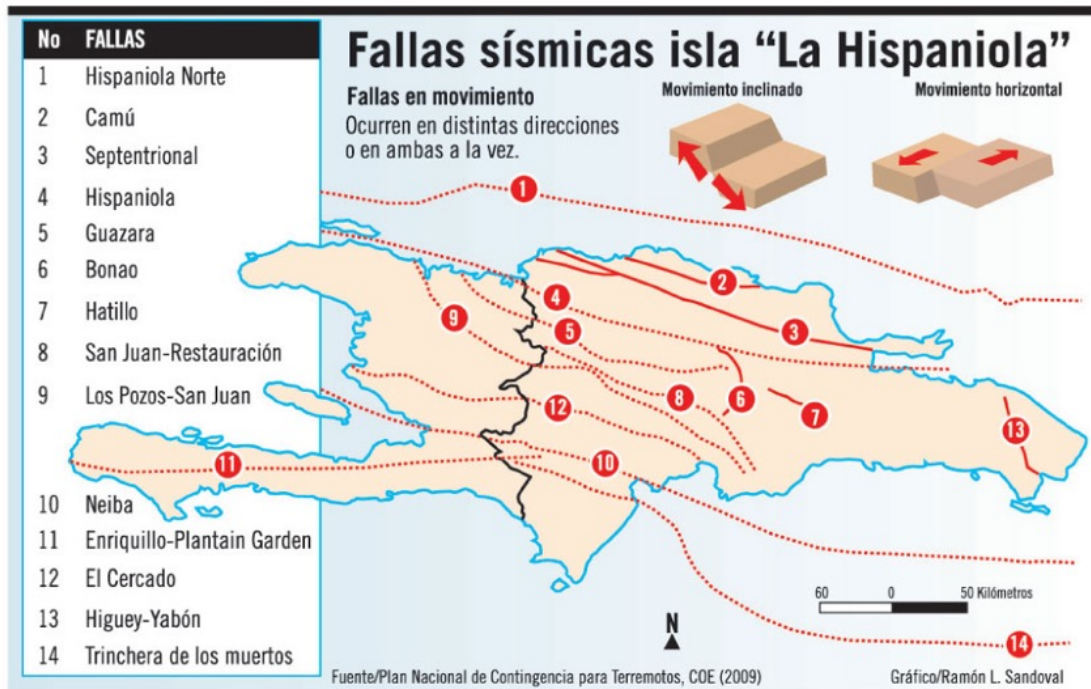


Fig. 30. Mapa de los sistemas de fallas de la Republica Dominicana.

Según el siguiente Mapa de Zonificación Sismo-tectónica, el área 2 cubre el área de interés, donde la sismicidad está relacionada con la Zona de Falla Septentrional.

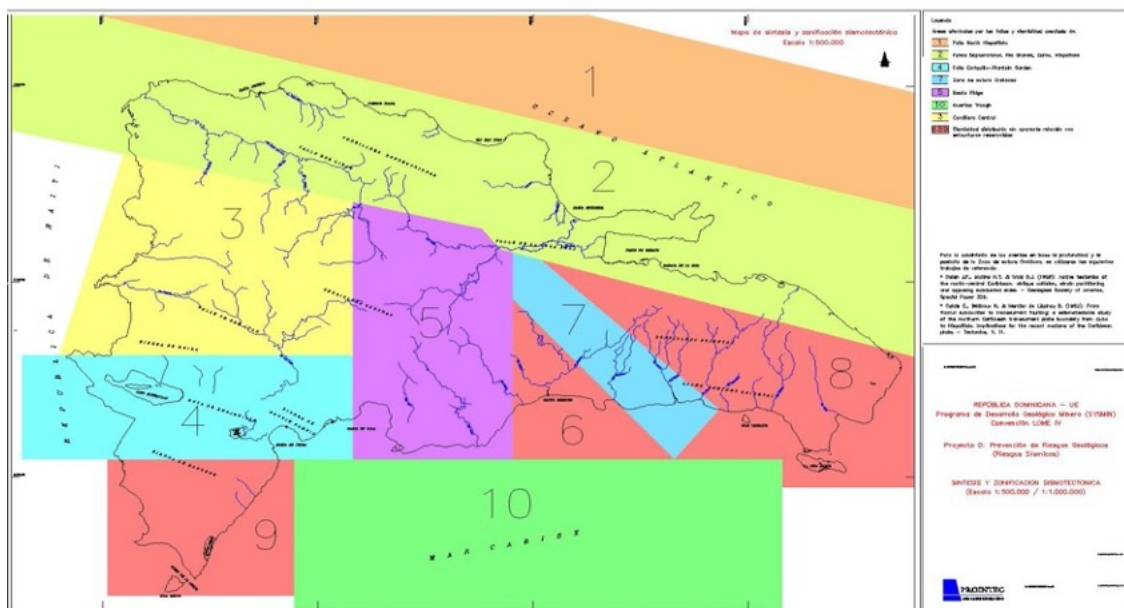


Fig. 31. Mapa de Síntesis y Zonificación Sismo-tectónica.

Vulnerabilidad sísmica.

La zona de falla Septentrional produce un corredor de deformación frágil de entre 1 y 5 km de anchura localizado a lo largo del borde meridional de la Sierra de Samaná y la contigua franja costera de la península. El corredor afecta a los materiales del sustrato metamórfico, principalmente a la banda de mármoles de la unidad de Majagual-Los Cacaos, y a los materiales neógenos y pleistocenos que se disponen discordantes sobre ella. El corredor está definido por un sistema principal de desgarres subverticales de dirección predominante ONO- ESE a O-E, y movimiento senestral e inverso, que se disponen en relevo y transfieren sus movimientos mediante sistemas asociados de (fallas) *riedels* (R1) con igual sentido de movimiento, produciendo conjuntamente una elevación neta del bloque circunscrito a la zona de falla (y del resto de la península) respecto al bloque situado al sur de la misma. La geometría de la deformación generada dentro del corredor tiene un reflejo muy evidente en la Hoja de Sánchez por: 1) la transposición de algunos contactos principales, especialmente el contacto entre las unidades de Esquistos de Santa Bárbara y los citados Mármoles de Majagual-Los Cacaos, o las discordancias basales de las unidades brechoides y conglomeráticas y de la propia Fm Los Haitises (contacto meridional) ; 2) la alineación de pequeños asomos con fragmentos de peridotitas, probablemente a favor de pequeños puentes extensionales (*releasing bends*). La deformación transpresiva relacionada con el movimiento de esta zona de falla se manifiesta en el fuerte basculamiento de las series neógenas en las proximidades del relieve y su plegamiento con geometrías sinclinales (zona de El Catéy), así como, muy probablemente, en el reapretamiento del anticlinal de fase D3 que inicialmente afectaba a la banda de mármoles de Majagual-Los Cacaos.

Aparte, la estructura frágil general del resto de la Península de Samaná está dominada por numerosas fallas que acusan registro principalmente en la Fm Los Haitises. Estas fallas constituyen zonas de falla y sistemas de fracturas subverticales, agrupables en dos familias conjugadas: la familia predominante senestral ONO-ESE a O-E y NNE-SSO-NE-SO a ENE-OSO; y la familia subordinada dextral NO-SE a NNO-SSE. Todas estas estructuras subverticales definen un sistema geométrica y cinemáticamente relacionado con la zona de falla Septentrional. Probablemente, la península de Samaná se puede interpretar en su conjunto como un bloque elevado dentro de un sistema *Riedel* senestro de gran escala, situado entre dos grandes zonas de falla: la Zona de Falla Septentrional al sur y la zona de deformación asociada a la Fosa de Puerto Rico-La Española.

CARACTERIZACION EDAFOLOFICA.

En el extremo norte de la península se forman algunos valles costeros, siendo el más importante el Valle de Guázuma. En el extremo oriental presenta una importante zona de terrenos con topografía llana a ondulada y suelos de textura ligera. En las pendientes de la porción suroeste, que corresponden a materiales coluviales del macizo kárstico. El relieve central descende de cota hacia el norte y sur, formando playas en la línea de costa, excepto en el sector nororiental, en el cual sobresale de la península un peñón de dirección SO-NE en el cual se observan las mayores cotas de la península (606 m.s.n.m.). Además, el sector noroccidental se caracteriza por un relieve en forma de cerros o mogotes de unos 30 a 40 metros de altura, con altitudes medias entre 200 a 300 m.s.n.m.

En el borde costero norte de la península se han formado valles, como los de los ríos San Juan y Limón, en los que se presentan suelos de textura mediana y mal drenaje. En este mismo borde costero es donde se han formado las principales playas costeras, como efecto de la continua deposición marina. Las más importantes están situadas en el extremo occidental, en Jackson; también son de extensión apreciable las situadas en Punta El Astillero, Boca del Río Limón, Playa de las Canas, Punta de San Juan y Punta Frillet.

En la península hay numerosos arroyos y ríos, aunque poco caudalosos y de corto recorrido. La mayoría desemboca en la vertiente sur (por ejemplo, Santa Capuza, Río Majagual, Los Róbalos, Pueblo Viejo, etc.), pero los de mayor importancia por su longitud y caudal desembocan en la vertiente norte (Río Limón, Cantón, San Juan, El Cossón y Balatá, por ejemplo).

En la Provincia Samaná se identifican siete clases de suelos según se observa en la siguiente tabla. Las Clases de la II a la V, que abarcan los suelos adecuados para cultivos con prácticas específicas de uso y manejo, ocupan solo el 20% del área de la provincia (173.8 km²). Por Municipios y Distritos Municipales, las mayores superficies de suelos en estas clases corresponden a Sánchez (76.5 km²) seguido de Las Galeras (31 km²), Samaná (28.4 km²) y Las Terrenas (19.9 km²) y pequeñas extensiones (entre 7.3 y 10.7 km²) en El Limón y Arroyo Barril. Por otra parte, los suelos de las Clases VI a VIII, considerados suelos de manera general no cultivables, ocupan el 80%, con la Clase VII ocupando la mayor extensión. Estas clases de suelos están presentes en todos los Municipios y Distritos Municipales con las mayores extensiones en Sánchez (282.3 km²), Samaná (171.7 km²), Las Galeras (94.6 km²) y

Las Terrenas (88.5 km²). La extensa superficie de suelos de la Clase VIII no aptos para el cultivo coincide con los espacios de mayor pendiente del territorio.

Tabla 6. Extensión (km²) de las diferentes categorías de capacidad productiva de la tierra por Municipios (M) y Distritos Municipales (DM) de la Provincia Samaná (según DIARENA, 2011).

Municipios/ Distritos Municipales	Capacidad productiva							Total
	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V	Clase VI	Clase VII	Clase VIII	
M Las Terrenas	0.00	0.00	2.70	17.18	4.53	76.75	7.17	108.33
DM Arroyo Barril	0.00	0.00	7.32	0.00	0.00	28.54	0.00	35.86
DM El Limón	0.00	0.00	0.00	10.65	4.96	28.24	6.70	50.55
DM Las Galeras	0.00	31.00	0.00	0.00	21.58	18.54	54.50	125.62
M Samaná	0.00	3.72	2.47	22.23	0.31	157.70	13.69	200.12
M Sánchez	15.35	1.57	43.06	16.55	14.18	211.59	56.44	358.73
Total	15.35	36.30	55.54	66.61	45.56	521.36	138.50	879.22

Fuente: MIMARENA, CEBSE, 2012. Caracterización ambiental de la Provincia de Samaná.

Analizando las categorías de uso del suelo de mayor extensión por Municipios y Distritos Municipales se observa que en todos están presentes los bosques latifoliado húmedo y semi-húmedo, con las mayores coberturas en el Municipio Sánchez, en el cual, además, están presentes el bosque de humedales de agua dulce, el conífero denso y el de manglares (57.5 km²). La importancia del uso agrícola varía municipalmente. Las plantaciones de coco, que no requieren de un suelo especialmente productivo pues se desarrollan lo mismo sobre la playa que en las laderas de montañas, están distribuidas por toda la provincia con la mayor extensión en Samaná (35.1 km²). En los restantes rubros agrícolas la predominan en Sánchez los cultivos intensivos (46.2 km²) y agricultura mixta (17.6 km²), el cacao en Samaná (25.5 km²) y el café en Las Terrenas (12.8 km²). En todos los Municipios y Distritos Municipales hay superficies dedicadas al pasto con los mayores espacios en Samaná (10.8 km²) y Sánchez (10.9 km²).

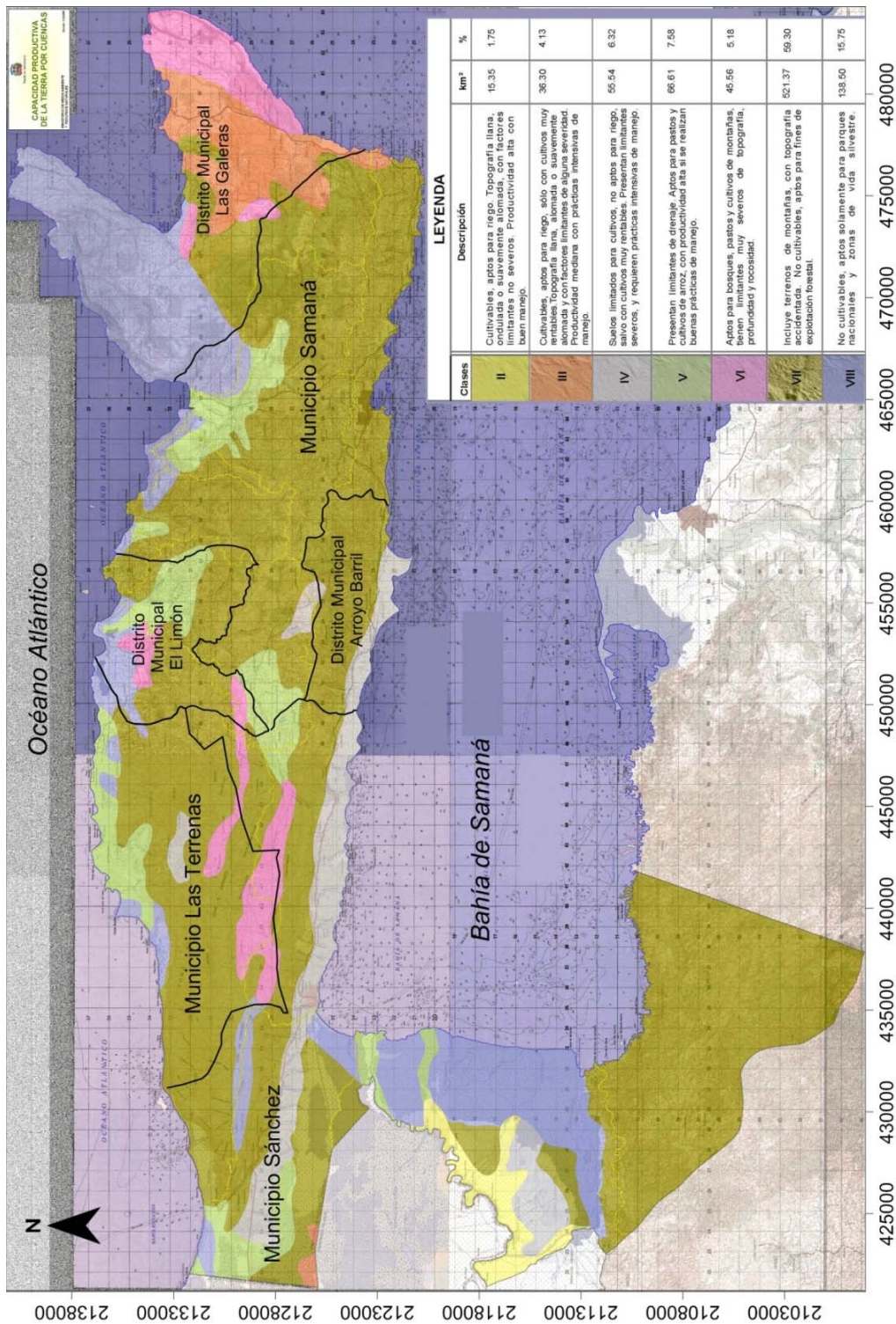


Fig. 32. Capacidad productiva de la tierra por municipios y distritos municipales, provincia Samaná.

Fuente: DIARENA 2011.

Tabla 7. Tipo de vegetación en la provincia y área de cobertura.

Usos	Arroyo Barril	El Limón	Las Galeras	Las Terrenas	Samaná	Sánchez	Total
Bosque latifoliado húmedo	9.71	16.32	52.38	45.55	69.28	123.78	317.02
Bosque latifoliado semi húmedo	8.30	4.76	19.73	12.30	29.47	21.77	96.33
Coco	5.97	10.99	16.40	9.56	35.08	13.82	91.83
Cultivos intensivos	3.25	5.02	12.70	8.64	12.04	46.18	87.83
Mangles	0.17	0.44	0.51	2.28	0.48	57.53	61.41
Cacao	3.88	3.40	4.37	2.45	25.47	11.12	50.69
Pasto	3.11	2.71	7.69	2.55	10.76	10.92	37.74
Agricultura mixta	0.39	2.52	3.57	5.61	5.95	17.63	35.66
Matorral latifoliado	0.06	2.40	2.23	1.01	3.07	15.20	23.97
Bosque humedales de agua dulce	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.73	20.73
Café	0.61	0.04	0.00	12.82	3.05	4.17	20.69
No data	0.44	0.55	4.16	3.16	3.29	2.92	14.51
Arroz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.96	7.96
Sabana humedales salobres	0.06	1.38	1.60	2.04	0.38	1.33	6.78
Zona poblada	0.00	0.00	0.00	0.38	1.66	1.14	3.17
Escasa vegetación	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84
Palma africana	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.57
Playa	0.00	0.08	0.31	0.00	0.18	0.00	0.57
Matorrales seco	0.01	0.01	0.03	0.05	0.04	0.22	0.35
Caña	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.28	0.29
Bosque conífero denso	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.26
Lagos y lagunas	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02
Total	35.94	50.63	125.70	108.41	200.20	358.34	879.23

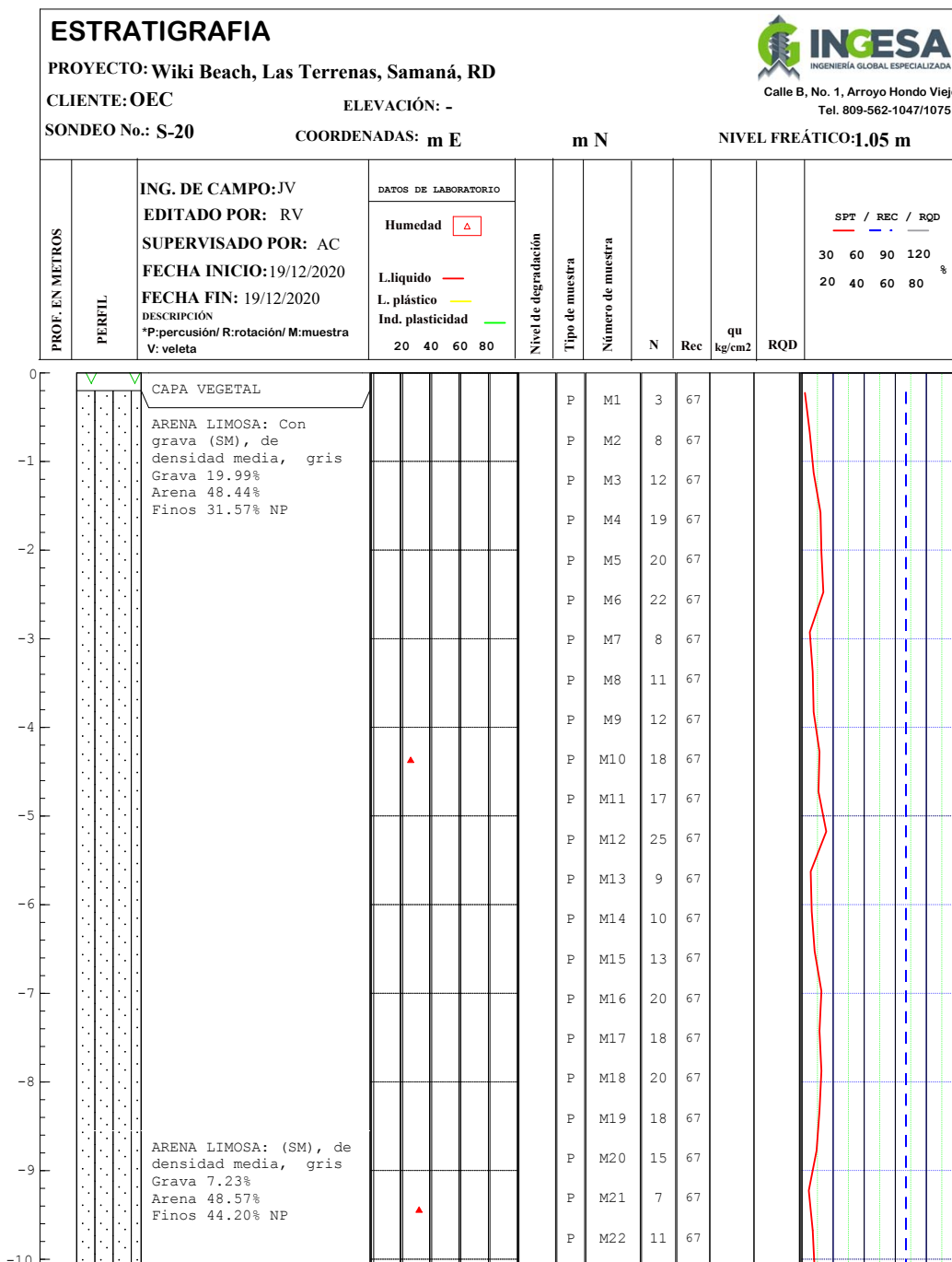
Las características específicas del suelo en el área del proyecto se pueden determinar a través de los estudios de mecánica de suelos. Si bien el promotor aún no ha realizado dichos estudios, debido a que se encuentran en fase de diseño, cuenta con un estudio de mecánica de suelos del terreno contiguo al de este proyecto, que nos da una primera aproximación a las características del suelo sobre el cual se construirá el proyecto.

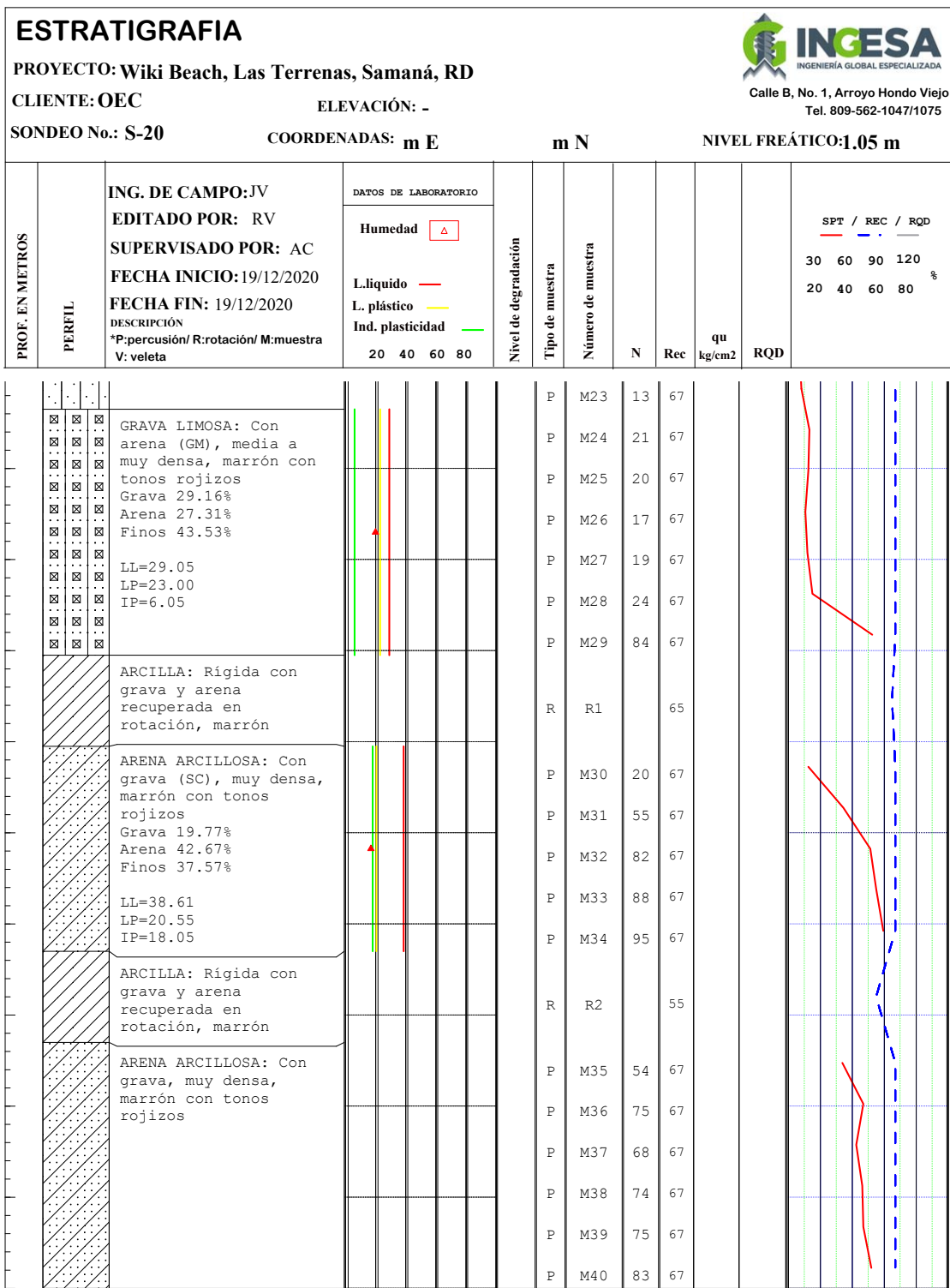
Dicho estudio de mecánica de suelos realizado por INGESA⁴ para el proyecto Wiki Beach ubicado al oeste del terreno de Costa Cosón, indica que los perfiles litológicos realizados al menos en el lindero con la parcela muestran un perfil de suelo desde la superficie hasta los 20 metros de profundidad con las siguientes características:

- Capa vegetal
- Arena limosa
- Grava limosa

⁴ INGESA, 2020. Ingeniería Global Especializada. Proyecto Wiki Beach, Las Terrenas.

- Arcilla
- Arena arcillosa
- Arcilla arena arcillosa.





CARACTERIZACION HIDROCLIMATICA.

Introducción.

Mediante este documento se pretende realizar una evaluación del comportamiento de los volúmenes de agua que pudieran acumularse en el área de estudio ante la presencia de eventos de precipitación a fin de poder encauzarlos y conducirlos fuera de la misma y permitir la adecuada utilización de los terrenos sin afectar el medioambiente.

El presente documento al mismo tiempo incluirá un trabajo descriptivo, que tendrá como objetivo caracterizar el área de estudio desde el punto de vista climático e hidrológico haciendo énfasis en los aspectos más importantes que tienen incidencia en la presencia del agua en la zona: precipitación, temperatura, patrón de drenaje, caudales máximos, etc.



Fig. 33. Vista aérea de la zona de estudio

Antecedentes.

Para la realización del presente estudio se revisó la información levantada y los resultados alcanzados por varios estudios y evaluaciones realizados con anterioridad con respecto a los recursos hídricos en la zona correspondiente, dentro de los cuales se encuentran:

1. Mapa Hidrogeológico Nacional elaborado para el Instituto Nacional de los Recursos Hidráulicos (INDRHI) en el año 1989 por La UNESCO como parte del

Programa Hidrogeológico Internacional. Este Mapa presenta una clasificación de los diferentes sistemas acuíferos a nivel nacional y sus características primordiales.

2. Las características climatológicas, hidrológicas e hidrogeológicas de la zona de estudio han sido evaluadas como parte del Estudio Hidrogeológico Nacional Fase II realizado por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos INDRHI en el año 2006.

Metodología.

La metodología seguida para la realización del presente estudio está compuesta por tres etapas de trabajo, a saber:

- Levantamiento de datos primarios en campo,
- Recopilación de datos secundarios a partir de la información existente en las instituciones correspondientes, revisión de estudios e informes realizados anteriormente y revisión de la bibliografía requerida.
- Análisis de la información e interpretación de los datos a nivel de gabinete.

1. Trabajo de Campo.

Como punto de partida se realizó una visita a la zona de estudio con el objetivo de obtener la mayor información posible del área con referencia al comportamiento del clima, las condiciones del área de estudio y la identificación de los cursos de agua existentes. Esta visita se realizó el día 07 del mes de octubre del 2022.

2. Recolección de Información.

Se procedió a coleccionar la información climatológica e hidrométrica existente en el área de estudio, así como los informes de estudios realizados anteriormente en la zona, dentro de los que se encuentran:

- Mapa Hidrogeológico Nacional elaborado para el Instituto Nacional de los Recursos Hidráulicos (INDRHI) en el año 1989 por La UNESCO como parte del Programa Hidrogeológico Internacional.
- Estudio Hidrogeológico Nacional Fase II realizado por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos INDRHI en el año 2006.

Se obtuvieron datos concernientes al clima en la estación Aeropuerto El Catey que por su localización a unos 13 km en línea recta del área de estudio es la más representativa de las características del clima del área del proyecto.

3. Trabajo de Gabinete.

El trabajo de gabinete comprendió diferentes tipos de análisis de acuerdo con los parámetros a evaluar:

Descripción Zona de Estudio.

- Descripción del terreno.
- Descripción general de las cuencas de aportación superficial y subterránea.

Clima.

- Distribución de la Precipitación
- Análisis del comportamiento de las temperaturas sobre el área de estudio
- Balance de Humedad
- Huracanes.

Localización.

La zona del proyecto se encuentra localizada dentro de la subdivisión hidrográfica de la Península de Samaná, que se caracteriza por un relieve no muy escarpado, formado por una serie central de dirección E-O con pendiente sur más acusada que la norte, con innumerables hoyas entre columnas redondeadas en la mitad septentrional oeste y un peñón abrupto de dirección SO-NE en el cuadrante noroccidental cuyas variaciones topográficas oscilan entre los 606 m.s.n.m del Monte Mesa, los 528 m.s.n.m. del Pan de Azúcar, en la Loma La Cordillera en la zona central, y los 10 m.s.n.m. de la laguna Salada próxima a la localidad de los Tocones en el sector Este de la península.

La península de Samaná corresponde a una formación situada en el extremo noreste de la República Dominicana, entre la Bahía de Samaná y la Bahía Escocesa. Se extiende en una dirección oeste-este a lo largo de 58 km, el ancho de la península es variable: la mínima de 7.5 km desde Sánchez hacia el norte y la máxima desde Los Cacaos en el sur, hasta las Tres Puntas al norte. Casi toda la Península de Samaná se encuentra ocupada por montañas relativamente bajas y escabrosas, caracterizándose por sus lomas de baja altura promediando entre 300 y 600 metros. Los principales ríos que nacen en esta península son El San Juan y el Limón ambos de escasa longitud y caudal.

El área del proyecto se encuentra localizada en el borde costero norte de la península que se caracteriza por la formación de las principales playas costeras, como efecto de la continua deposición marina. Está ubicada a 13 km al este del aeropuerto El Catey y al norte, en línea recta, de la ciudad de Sánchez. El Sistema montañoso que ocupa los 13 kms de ancho de la península de Samaná, en la dirección del área del proyecto, pertenecen a "Los Haitises de Samaná" en este tramo las mayores elevaciones alcanzan los 300 m.s.n.m. en las proximidades de los poblados Monte Negro, El Aguacate y El Coco. En la Figura siguiente muestra la localización del área de estudio.

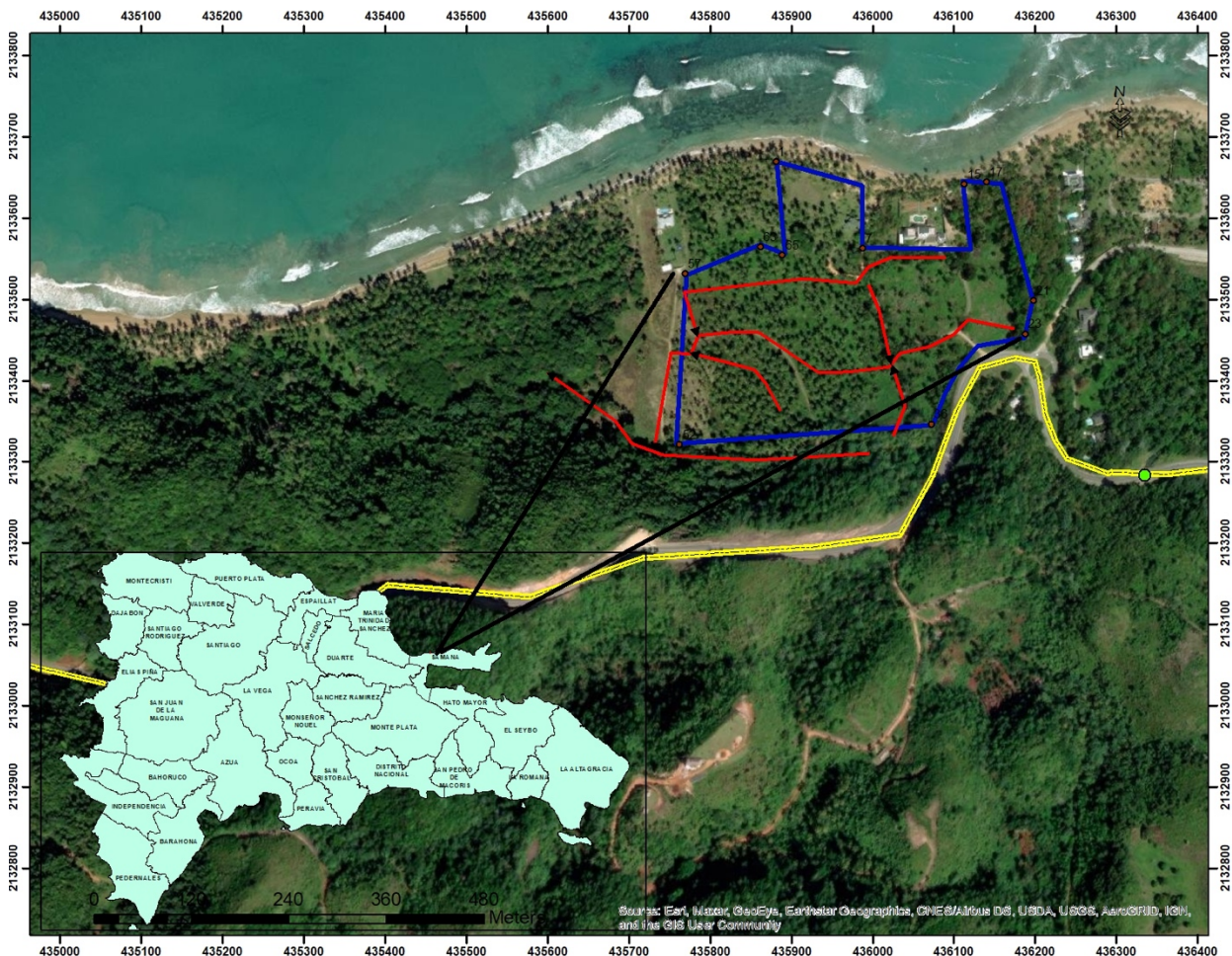


Fig. 34. Localización del área del proyecto.

Clima.

1. Generalidades.

El comportamiento del clima de la República Dominicana está determinado por su localización geográfica en el sector Occidental del Océano Atlántico del Norte, dentro de la región tropical del hemisferio Norte, definiendo características de clima húmedo y cálido con temperaturas superiores a los 18 grados a lo largo de todo el año. Estas características se ven modificadas por la variabilidad de la orografía del territorio que tiende a introducir reducciones notables en los valores de temperatura.

La gran variabilidad del relieve del territorio de la República Dominicana trae como consecuencia que las características morfológicas y orográficas sean las que determinan el comportamiento del clima a escala local y, en particular, incida en la distribución de la lluvia y de la evapotranspiración.

2. Clima en el área de estudio.

El área de estudio se encuentra localizada al noroeste de la isla, específicamente en la parte noroeste de la península de Samaná la cual se encuentra limitada al norte y este por el océano atlántico y al norte por la Bahía de Samaná. El área del proyecto está localizada entre las coordenadas 448013mE con 2136505mN y 448422mE con 2136836mN ocupando un área aproximada de 69,372.8 m², estando esta zona caracterizada por su proximidad al Mar y lo accidentado de su relieve.

La zona de estudio se caracteriza por valores de precipitación superiores a los 2000 mm., con más de 150 días de lluvia al año,

La duración del día (tiempo que permanece el sol sobre el horizonte) oscila entre 11 y 13 horas, dada la latitud o cercanía de la República Dominicana al Ecuador y la insolación (número de horas con el sol brillante) oscila entre 6 y 7 horas aproximadamente, para diciembre-enero y marzo-agosto respectivamente.

Para el análisis del clima se utilizaron los datos correspondientes a las estaciones localizadas en las proximidades del área de estudio, estas estaciones son:

- Estación Aeropuerto El Catey: Datos de Precipitación, y Temperatura Media Máxima y Mínima, Velocidad y Dirección del Viento

La estación antes mencionada pertenece al Banco de Datos de la Oficina Nacional de Meteorología y está localizada a 12.9 km de distancia lineal del area del proyecto como puede observarse en la figura siguiente.

Tabla 8. Localización de las estaciones pluviométricas en el area de estudio

ESTACION	COORDENADAS GEOGRAFICAS		ELVACION
	Longitud Oeste	Latitud Norte	(MSNM)
Aeropuerto El Catey	69°43'	19°16'	31.0



Fig. 35. Localización de la estación del aeropuerto con respecto al area del proyecto

PRECIPITACIÓN.

El régimen pluviométrico de la República Dominicana es el más complejo de Las Antillas como consecuencia, principalmente, de su accidentado relieve.

El origen de las lluvias obedece a tres causas principales:

- A los fenómenos meteorológicos de desplazamiento tales como huracanes, frentes, vaguadas, ondas del este, etc.;
- Al ascenso orográfico del aire húmedo; especialmente el aire húmedo transportados por los vientos alisios con dirección Este-Oeste, con puerta de entrada en la Republica Dominicana, precisamente por la región Noreste en la que se encuentra localizada la península de Samaná.
- A la convección o ascenso por calentamiento del aire sobre áreas llanas y bajas.

Para la zona de estudio dada sus características orográficas y su posición geográfica las precipitaciones son originadas básicamente por el aire húmedo arrastrado por los vientos alisios, se puede observar que la distribución mensual de la precipitación sigue un régimen multimodal, con un pico máximo en el mes de Agosto y otro en el mes de Julio. El mes más seco es febrero seguido de junio y marzo. Para la estimación del comportamiento de la precipitación en el área del proyecto se utilizó la estación localizada en el Aeropuerto El Catey a unos 13 km aproximadamente del sitio de estudio.

La serie de datos disponible de la Estación El Catey se extiende desde 2009 al 2020 para una extensión de 12 años. De acuerdo con los valores normales de las estaciones analizadas esta es una zona bastante lluviosa con más de 190 días de lluvia al año. Los valores de precipitación oscilan entre 140.6 mm en el mes de febrero y 292.1 mm en el mes de agosto. En la tabla y en la figura siguiente se muestran los datos promedios multianual de los valores totales mensuales de la serie normal desde 2009 al 2020.

Tabla 9. Precipitación total mensual en mm.

DATOS MENSUALES PRECIPITACION (mm) 2009 - 2020													
ESTACION: CATEY (PROV. SAMANA)													
LAT: 19 16.0N LON: 69 43.0W ALT: 31.0M													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2009	262.0	205.2	183.2	68.2	281.2	119.2	217.0	346.0	98.2	137.2	96.1	167.8	2181.3
2010	207.2	59.0	88.0	196.8	298.2	364.5	273.8	262.5	264.6	-	-	-	2014.6
2011	55.7	99.1	21.5	49.1	264.2	397.1	602.4	313.6	141.7	199.7	168.1	191.2	2503.4
2012	243.7	109.4	267.6	232.1	270.6	74.2	193.3	383.2	156.0	485.0	244.4	210.2	2869.7
2013	148.8	-	-	-	362.1	299.5	402.4	186.1	149.8	219.5	139.5	134.7	2042.4
2014	107.2	112.1	102.0	159.7	187.0	53.0	243.5	328.3	147.5	235.9	262.4	133.9	2072.5
2015	304.3	189.0	116.7	111.1	227.4	26.8	86.9	197.3	177.6	104.6	320.4	168.1	2030.2
2016	141.0	180.6	93.2	229.4	316.8	52.8	319.7	244.2	215.3	355.5	1272.5	234.8	3655.8
2017	96.1	117.8	359.4	419.4	151.8	115.4	251.1	436.5	324.4	165.5	162.4	181.9	2781.7
2018	248.0	241.9	31.8	112.6	249.9	107.4	189.9	337.0	155.3	132.7	167.8	78.9	2053.2
2019	88.9	68.4	131.0	71.6	181.2	66.3	195.3	134.3	127.7	181.5	178.0	171.5	1595.7
2020	120.2	164.0	247.3	39.0	76.7	93.1	456.5	336.3	256.8	154.3	337.4	154.6	2436.2
PROM	168.6	140.6	149.2	153.5	238.9	147.4	286.0	292.1	184.6	215.6	304.5	166.1	2353.1

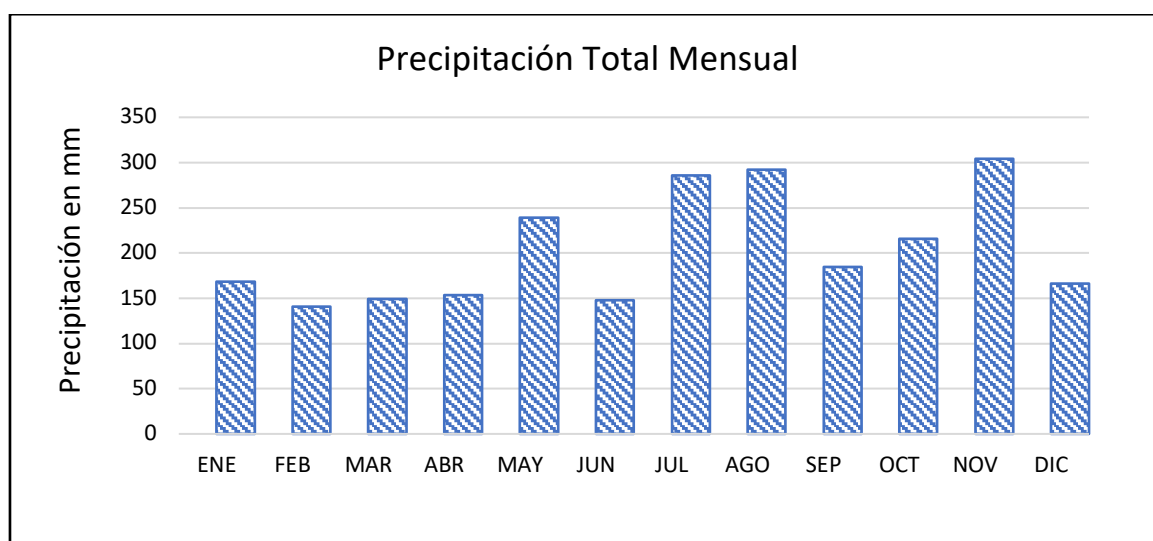


Fig. 36. Marcha anual de la precipitación total mensual

Revisando el comportamiento plurianual de los valores totales anuales alcanzados por la precipitación en la estación El Catey, se puede observar que los valores totales anuales oscilan entre los 1595.7 mm para el año 2019, el más seco del registro a los 3208 mm para el 2016, año más húmedo registrado, valores superiores al promedio a nivel nacional de 1500 mm. En la figura siguiente, se presentan el histograma de precipitación multianual de la estación El Catey, representativa del área de estudio.

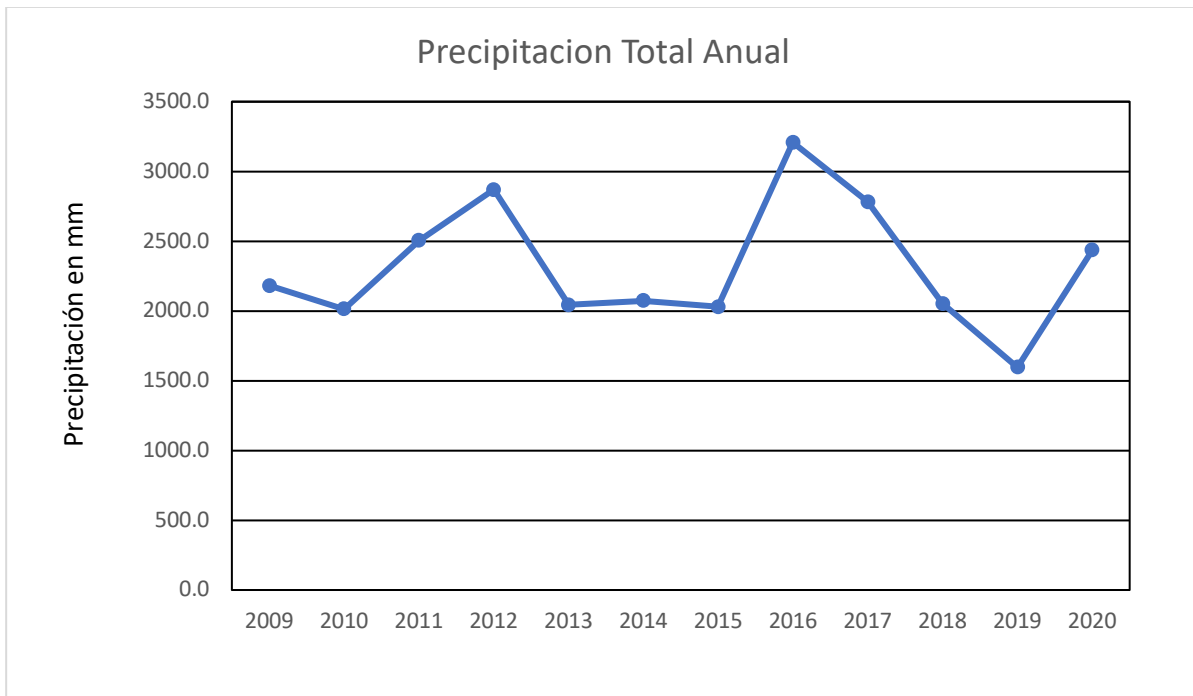


Fig. 37. Marcha inte-anual de la precipitación total Samana.

ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE LA PRECIPITACIÓN.

Con el objetivo de estimar los valores aportados por la precipitación para diferentes condiciones se procedió a realizar un análisis de frecuencia de la precipitación máxima diaria registrada en la estación El Catey para los datos registrados durante los 12 años de la serie con que se dispone. En la Tabla siguiente se presentan la serie de datos correspondientes a la lluvia Máxima en 24 horas de la Estación Aeropuerto El Catey

Tabla 10. Precipitación total mensual en mm

DATOS DIARIOS PRECIPITACION MAXIMA (mm)													
ESTACION: CATEY (PROV. SAMANA)													
LAT: 1916.0N LON: 6943.0W ALT: 31.0M													
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2009	62.9	41.6	64.1	37.3	56.0	30.0	31.6	59.5	20.5	27.2	27.2	37.3	64.1
2010	46.7	15.7	27.2	79.6	51.2	74.6	56.5	65.2	62.3	0.0	0.0	0.0	79.6
2011	16.4	25.4	6.0	7.6	56.8	84.0	86.5	69.9	44.3	44.6	38.0	36.0	86.5
2012	77.0	23.4	120.6	134.1	57.0	51.5	38.7	69.3	28.0	120.2	92.7	41.1	134.1
2013	47.0	0.0	0.0	0.0	53.8	59.0	110.6	29.9	58.1	37.7	30.1	19.0	110.6
2014	19.0	28.4	22.5	34.5	42.6	20.2	60.8	123.5	41.3	92.1	61.1	24.1	123.5
2015	82.0	127.7	24.1	58.9	55.9	6.1	23.0	71.0	34.7	26.5	56.4	30.7	127.7
2016	42.0	45.7	23.5	62.4	50.8	11.2	56.6	59.8	55.8	50.0	210.1	75.9	210.1
2017	17.3	30.4	144.0	127.0	41.4	39.6	45.6	143.7	104.4	39.3	28.7	27.4	144.0
2018	44.1	43.5	14.4	40.6	54.5	46.0	64.9	49.2	27.9	30.5	52.2	17.3	64.9
2019	31.4	10.1	37.3	31.8	68.6	19.3	54.4	24.3	48.9	42.3	41.8	29.6	68.6
2020	26.6	83.2	44.2	10.1	25.0	30.0	158.9	72.2	78.2	28.5	95.9	34.1	158.9

Para realizar estimaciones para eventos superiores a los 50 años de periodo de retorno con una serie de apenas 12 años, fue preciso ajustar la probabilidad de la serie de datos a diferentes distribuciones de probabilidad a fin de seleccionar la que mejor se ajustara a la misma.

Para poder generar las diferentes distribuciones de probabilidad se determinaron los parámetros estadísticos de la serie los cuales se presentan en la Tabla siguiente.

Tabla 11. Parametros estadísticos de la serie.

Parámetros						Gumbel			
prom	desvest	coefsim	logprom	logdesv	logcsim	mu	sigma	alfa	beta
105.7	32.7	0.1	2.00	0.14	-0.15	0.4987	0.9638	0.029	89

Tabla 12. Analisis de frecuencia de precipitacion maxima diaria estacion catey.

Analisis de Frecuencia El Catey																		
Muestra					Normal			LogNormal		EVI		EVII		PearsonIII			Gumbel	
Datos	m	Xm	T	Prob	LogX	w	Kt=z	Xn	logX	Xln	Kt	Xe	logX	Xle	Kt	logX	Xp	Xg
64.1	1	158.9	18	5.6%	2.201	2.40	1.59	158	2.23	168	1.78	164	2.25	179	1.55	2.22	166	186
79.6	2	144.0	7	14.4%	2.158	1.97	1.06	140	2.15	142	1.00	138	2.14	139	1.06	2.15	141	152
86.5	3	134.1	4	23.3%	2.127	1.71	0.73	129	2.10	127	0.58	125	2.08	121	0.74	2.11	128	134
134.1	4	127.7	3	32.2%	2.106	1.51	0.46	121	2.07	117	0.29	115	2.04	110	0.48	2.07	117	121
110.6	5	123.5	2	41.1%	2.092	1.33	0.22	113	2.03	108	0.05	107	2.01	102	0.25	2.04	109	110
123.5	6	110.6	2	50.0%	2.044	1.18	0.00	106	2.00	100	-0.16	100	1.98	95	0.02	2.01	101	101
127.7	7	86.5	2	58.9%	1.937	1.03	-0.22	98	1.97	93	-0.36	94	1.95	89	-0.20	1.97	94	93
144.0	8	79.6	1	67.8%	1.901	0.88	-0.46	91	1.94	87	-0.55	88	1.93	84	-0.44	1.94	87	85
64.9	9	68.6	1	76.7%	1.836	0.73	-0.72	82	1.90	80	-0.74	81	1.90	79	-0.71	1.90	80	76
68.6	10	64.9	1	85.6%	1.812	0.56	-1.04	72	1.86	72	-0.96	74	1.87	74	-1.04	1.86	72	66
158.9	11	64.1	1	94.4%	1.807	0.34	-1.51	56	1.79	62	-1.28	64	1.82	66	-1.54	1.79	61	53

Tabla 13. Determinación de la Distribución de mejor Ajuste.

Analisis de Frecuencia El Catey					
Error Cuadrático Mínimo					
Normal	logNormal	EVI	EVII	PearsonIII	Gumbel
2713	3894	3390	5317	3635	6422
1202	1283	1065	1090	1270	2124
566	458	363	244	477	786
227	119	88	20	135	228
54	5	2	14	10	22
0	27	29	108	20	20
53	149	137	262	132	167
224	362	320	462	341	447
552	678	589	710	661	878
1149	1144	994	1031	1145	1544
2446	1941	1744	1536	1995	2799
96	100	93	104	99	124

Tabla 14. Estacion Aeropuerto El Catey. Valores de precip. asociada a diferentes periodos de retorno.

T	p	Selección												
		Normal			logNormal		EVI		EVII		PearsonIII			Gumbel
		w	Kt=z	Xn	logX	Xln	Kt	Xe	logX	Xle	Kt	logX	Xp	Xg
50	2.0%	2.80	2.05	173	2.29	195	2.59	190	2.37	232	1.97	2.28	190	221
100	1.0%	3.03	2.33	182	2.33	213	3.14	208	2.44	277	2.22	2.31	206	245
200	0.5%	3.26	2.58	190	2.36	231	3.68	226	2.52	330	2.44	2.34	221	268
500	0.2%	3.53	2.88	200	2.41	255	4.39	249	2.62	415	2.70	2.38	240	299
1000	0.1%	3.72	3.09	207	2.44	273	4.94	267	2.69	495	2.88	2.41	255	323

TEMPERATURA.

El estudio de la temperatura se realizó a partir de la información disponible en la estación El Catey de la Oficina Nacional de Meteorología. Se cuenta con datos de temperatura media, mínima y máxima, en la Tabla siguiente se presenta el comportamiento de los valores promedios de las temperaturas para los diferentes meses del año para el periodo 2009 – 2020. Predominan durante casi todo el año temperaturas cálidas sin invierno real, con temperaturas frescas durante ese período solamente. La temperatura media del aire presenta valores anuales oscilando los 21.2 °C en promedio.

Tabla 15. Promedio Mensual de la Temperatura Estación Meteorológica El Catey 2009-2020 (°C).

DATOS DIARIOS TEMPERATURA MEDIA (°C)													
ESTACION: CATEY (PROV. SAMANA)													
LAT: 1916.0N LON: 6943.0W ALT: 31.0M													
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Prom
2009	20.2	19.8	18.6	20.4	20.9	22.4	23.6	23.3	23.0	23.1	21.8	21.4	21.5
2010													
2011													
2012	20.0	19.7	19.4	21.1	21.6	22.3	22.2	22.7	22.5	22.3	21.8	20.9	21.4
2013													
2014	19.5	19.6	19.8	21.2	21.8	23.1	22.8	23.0	22.2	22.5	21.4	19.7	21.4
2015	19.2	19.4	19.6	20.5	21.3	22.3	22.0	22.2	22.4	22.6	21.1	21.0	21.1
2016	19.1	19.9	19.8	20.6	22.1	22.3	22.6	22.6	22.4	22.6	22.0	20.7	21.4
2017	18.8	19.5	19.6	21.2	22.5	22.6	23.1	23.4	23.3	22.6	21.8	20.7	21.6
2018	20.4	19.6	20.0	21.0	22.0	22.8	23.3	23.1	22.9	22.3	21.7	20.2	21.6
2019	19.0	20.1	19.3	19.9	21.8	22.4	22.1	22.9	22.9	12.6	12.3	13.8	19.1
2020	20.6	20.6	20.2	21.6	22.4	22.6	22.6	23.4	22.9	22.5	22.2	20.2	21.8
Prom	19.6	19.8	19.6	20.8	21.8	22.5	22.7	23.0	22.7	21.5	20.7	19.8	21.2

Tabla 16. Temperatura Máxima registrada Estación Meteorológica El Catey 2009-2020 (°C).

OFICINA NACIONAL DE METEOROLOGIA													
DEPARTAMENTO DE CLIMATOLOGIA													
DIVISION DE PROCESAMIENTO DE DATOS													
DATOS DIARIOS TEMPERATURA MAXIMA (°C)													
ESTACION: CATEY (PROV. SAMANA)													
LAT: 1916.0N LON: 6943.0W ALT: 31.0M													
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Prom
2009	27.9	27.2	27.1	28.9	28.9	31.2	30.9	30.8	31.6	31.1	29.9	29.1	29.6
2010													
2011													
2012	27.3	27.9	28.1	29.4	30.3	33	31.2	31.2	31.8	31.5	30.4	28.8	30.1
2013													
2014	29	29.4	30.4	30.8	30.5	31.7	31.8	31.1	31.6	32.1	30.3	28.6	30.6
2015	28.8	29.1	29.1	30.8	31	31.9	31.4	31.8	32.4	32.3	29.7	30.2	30.7
2016	29.1	29.2	29.5	30	31	32.3	31.2	31.3	31.6	31.6	28.7	29.4	30.4
2017	28.4	29	28.4	29.3	30.7	31.3	31.3	31.4	32.1	31.5	30.3	29.1	30.2
2018	28.4	27.4	30	30.3	31	31.5	31.1	-	-	-	31.5	29.8	30.1
2019	28.3	29.7	30	30.5	31.4	32.2	31.5	32.9	33	31.8	30.9	30.5	31.1
2020	28.7	28.9	28.1	31	32.1	31.6	31.4	31.6	31.6	14.8	15.4	17.1	26.9
Prom	28.4	28.6	29.0	30.1	30.8	31.9	31.3	31.5	32.0	29.6	28.6	28.1	30.0

Como se puede apreciar en las Tablas anteriores el período de mayores temperaturas corresponde al periodo Junio a Septiembre y el período de menores temperaturas se presenta en los meses de Diciembre y Enero. En la Tabla siguiente se presentan los valores de Temperatura Mínima registrados en la estación climática del Aeropuerto del Catey

Tabla 17. Temperatura Mínima registrada Estación Meteorológica El Catey 2009-2020 (°C).

OFICINA NACIONAL DE METEOROLOGIA													
DEPARTAMENTO DE CLIMATOLOGIA													
DIVISION DE PROCESAMIENTO DE DATOS													
DATOS DIARIOS TEMPERATURA MINIMA (°C)													
ESTACION: CATEY (PROV. SAMANA)													
LAT: 1916.0N LON: 6943.0W ALT: 31.0M													
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Prom
2009	20.2	19.8	18.6	20.4	20.9	22.4	23.6	23.3	23.0	23.1	21.8	21.4	21.5
2010													
2011													
2012	20.0	19.7	19.4	21.1	21.6	22.3	22.2	22.7	22.5	22.3	21.8	20.9	21.4
2013													
2014	19.5	19.6	19.8	21.2	21.8	23.1	22.8	23.0	22.2	22.5	21.4	19.7	21.4
2015	19.2	19.4	19.6	20.5	21.3	22.3	22.0	22.2	22.4	22.6	21.1	21.0	21.1
2016	19.1	19.9	19.8	20.6	22.1	22.3	22.6	22.6	22.4	22.6	22.0	20.7	21.4
2017	18.8	19.5	19.6	21.2	22.5	22.6	23.1	23.4	23.3	22.6	21.8	20.7	21.6
2018	20.4	19.6	20.0	21.0	22.0	22.8	23.3	23.1	22.9	22.3	21.7	20.2	21.6
2019	19.0	20.1	19.3	19.9	21.8	22.4	22.1	22.9	22.9	12.6	12.3	13.8	19.1
2020	20.6	20.6	20.2	21.6	22.4	22.6	22.6	23.4	22.9	22.5	22.2	20.2	21.8
Prom	19.6	19.8	19.6	20.8	21.8	22.5	22.7	23.0	22.7	21.5	20.7	19.8	21.2

Los valores medios de la temperatura máxima y mínima siguen, a gran escala, el comportamiento de la temperatura media.

Huracanes.

Con el objetivo de poder determinar la posibilidad de la influencia de los huracanes en el área de estudio, revisamos la información existente acerca de la ocurrencia y los efectos sufridos frente a la presencia de un huracán.

Las zonas más impactadas por los huracanes son las regiones Este, Sur y Suroeste de la República Dominicana. La Península de Samaná a pesar de encontrarse en la región Este del país ha sido poco impactada por los huracanes de acuerdo con

los 125 años de registro de huracanes existentes en la Oficina Nacional de Meteorología.

Los huracanes que más próximos a la Península de Samaná son Edith en 1963, el de Agosto de 1926 y el de Septiembre de 1921, además de las tormentas tropicales Charlie en 1952, la de Octubre de 1987 y Jeanne en el 2004. El evento que más próximo ha pasado de la Ciudad de Santa Bárbara de Samaná y a su vez el más reciente es la tormenta tropical Jeanne, en tal virtud se realizara una breve descripción de la misma. En la Tabla No.10 se presentan las características de estos eventos meteorológicos.

Tabla 18. Huracanes y Tormentas que han pasado próximo a Samaná.

Evento	Fecha	Categoría	Dirección	Velocidad
Jeanne	16 Septiembre 2004	Tormenta Tropical	Sureste-Noroeste	112 km/h
	Octubre 1987	Tormenta Tropical	Este –Oeste	63 km/h
Edith	1963	Huracán	Sureste-Noroeste	160 km/h
Charlie	1952	Tormenta Tropical	Sureste-Noroeste	100 km/h
	Agosto 1926	Huracán	Sureste-Noroeste	118 km/h
	Septiembre 1921	Huracán	Sur –Norte	118 km/h

Huracán Jeanne.

El Huracán Jeanne que azotó a la República Dominicana durante los días 16 y 17 de septiembre del 2004, se originó a partir de una onda del Este que se convirtió en la Depresión Tropical al atardecer del lunes 13 de septiembre a unos 110 Km. al Este Sureste de Guadalupe. Los vientos máximos sostenidos eran de 25 nudos y la presión mínima central de 1010 milibares.

La Depresión Tropical se intensificó alcanzando la categoría de Tormenta Tropical al mediodía del martes 14 de septiembre a unos 550 kms de Cabo Engaño (República Dominicana). La presión mínima central era de 1006 milibares y los vientos máximos sostenidos eran de 35 nudos.

En la madrugada del jueves 16 de septiembre la Tormenta Tropical Jeanne ingresa al Canal de la Mona teniendo condiciones favorables para su intensificación en huracán. A las 02:50 se registraron en Cabo Engaño vientos del orden de 32.71 m/s, y a las 06:40 vientos del orden de 35.74 m/s. Ya la Tormenta Tropical Jeanne se

había convertido en el Huracán Jeanne, categoría 1 según la escala Saffir-Simpson.

Durante el paso del Huracán Jeanne sobre el Canal de la Mona, se sintieron vientos huracanados y de tormenta tropical en todo el litoral oriental, de la República Dominicana. En el Aeropuerto Internacional de Punta Cana la presión atmosférica descendió a 988 milibares.

El amplio campo nuboso, las precipitaciones y los vientos tormentosos y huracanados se registraron en la parte oriental del país originando lluvias de moderada a fuerte e intensos vientos en las principales Provincias del Nordeste, Este y Sureste de la República Dominicana. En la Tabla siguiente se observan los valores de precipitación registrados para los tres días del paso del huracán y el total acumulado para las estaciones de la región Este donde se encuentra localizada el área de estudio.

Tabla 19. Precipitación en mm, registrada en las estaciones de la Región Este				
Estaciones	16/09/2004	17/09/2004	18/09/2004	Acumulado
Samaná	155.5	30.8	5.5	191.8
Arroyo Barril	122.6	42.1	0.0	164.7
Sabana de La Mar	89.0	16.7	4.8	110.5
Sánchez	170.7	68.8	0.0	239.5
Punta Cana	117.3	74.6	12.0	203.9
San Rafael del Yuma	163.3	123.7	0.0	287.0
El Seybo	62.0	30.0	62.0	154.0

El Huracán Jeanne comenzó a moverse lentamente sobre el territorio nacional. Al mediodía del jueves 16 se encontraba en el Nordeste del país. En la tarde degeneró en Tormenta Tropical.

Hidrología.

1. Generalidades.

El área que comprende la unidad hidrogeológica de Samaná se sitúa dentro de la Península de Samaná, contigua a la unidad hidrogeológica del Valle del Cibao y separada de la Cordillera Septentrional por el istmo de Samaná. La Península de Samaná es una pequeña porción de tierra alargada en dirección Oeste-Este de aproximadamente 55 km de largo por 12 km de ancho, formada por una Sierra Central diseccionada por numerosas vaguadas, ambos extremos de la sierra están formada por materiales calizos, mientras que el centro está conformado por esquistos. En la parte sur presenta una pequeña franja costera que asume rápidamente pendientes pronunciadas, el relieve central desciende de cota hacia el Norte y hacia el Sur formando playas en las costas.

En el borde costero norte de la península, donde se encuentra ubicada el área del proyecto, es donde se han formado las principales playas de la península, como efecto de la disposición marina. Las más importantes están ubicadas en el extremo occidental, en Jackson; también son de extensión apreciable las situadas en Punta Astillero, Boca del Río Limón, Playa de Las Canas, Punta de San Juan y Punta Frillet.

En la península hay numerosos arroyos y ríos, aunque poco caudalosos y de corto recorrido, la mayoría desemboca en la vertiente sur por ejemplo Santa Capuza, Río Majagual, los Robalos, pueblo Viejo, etc., pero los de mayor importancia por su longitud y caudal desembocan en la vertiente norte, tales como Río Limón, Cantón, San Juan, El Cosón y Balata.

2. Patrón de drenaje natural del área del proyecto.

La red hidrográfica de la Península de Samaná esta enormemente influenciada por la geomorfología existente. En el cuadrante noroccidental, debido a su morfología tipo karst, los arroyos son de pequeña entidad y descargan directamente al Océano Atlántico.

El área de estudio localizada en la parte noroccidental de la península, zona caracterizada por poco desarrollo del drenaje superficial gracias a la formación de caliza kárstica predominante en el área en la que se encuentra, lo que provoca que el agua aportada por la precipitación en su mayor parte se infiltre y pase a alimentar las aguas subterráneas que consecuentemente drenaran en dirección a la costa.

Gracias a la proximidad del nivel freático y la cercanía al mar el área del proyecto es propensa a la surgencia de agua que suele acumularse en las partes bajas y depresiones del terreno, con el objetivo de permitir su salida y permitir que fluyan fuera del área de la parcela se construyó una red de canales que atraviesan el área de este a oeste. Estos canales la mayor parte del tiempo se mantienen con niveles bajos, pero en época de grandes precipitaciones suelen desbordarse, alcanzando hasta 80 cm por encima del nivel del terreno. En la figura siguiente se presenta el patrón de drenaje construido con el objetivo de contrarrestar la acumulación de agua en la parcela.



Fig. 38. Patrón de Drenaje dentro del área del proyecto

En la parte sur del área de la parcela se desarrolla una cuenca de drenaje en dirección sur – norte cuyos aportes son conducidos a través de su patrón de drenaje superficial en una parte y a través del flujo subsuperficial en otra en dirección hacia el área del proyecto. El flujo del cauce principal es interceptado por la carretera la cual cruza por debajo de la misma con un paso de alcantarilla y emerge en la parte norte del proyecto drenando a través del primer canal en dirección norte-

sur, este canal fluye hacia el oeste y descarga en una depresión existente en la parcela vecina.

La cuenca del cauce posee un área de aportación de 3.36 km² con una primera parte de cerca de un 47% de la cuenca sin cauce superficial definido y una segunda área con un patrón de drenaje más o menos definido formado por vaguadas y pequeños arroyos que se unen en el principal que cruza la carretera a través de la alcantarilla. En la Figura siguiente se observa la subdivisión de la cuenca de aporte al área del proyecto.

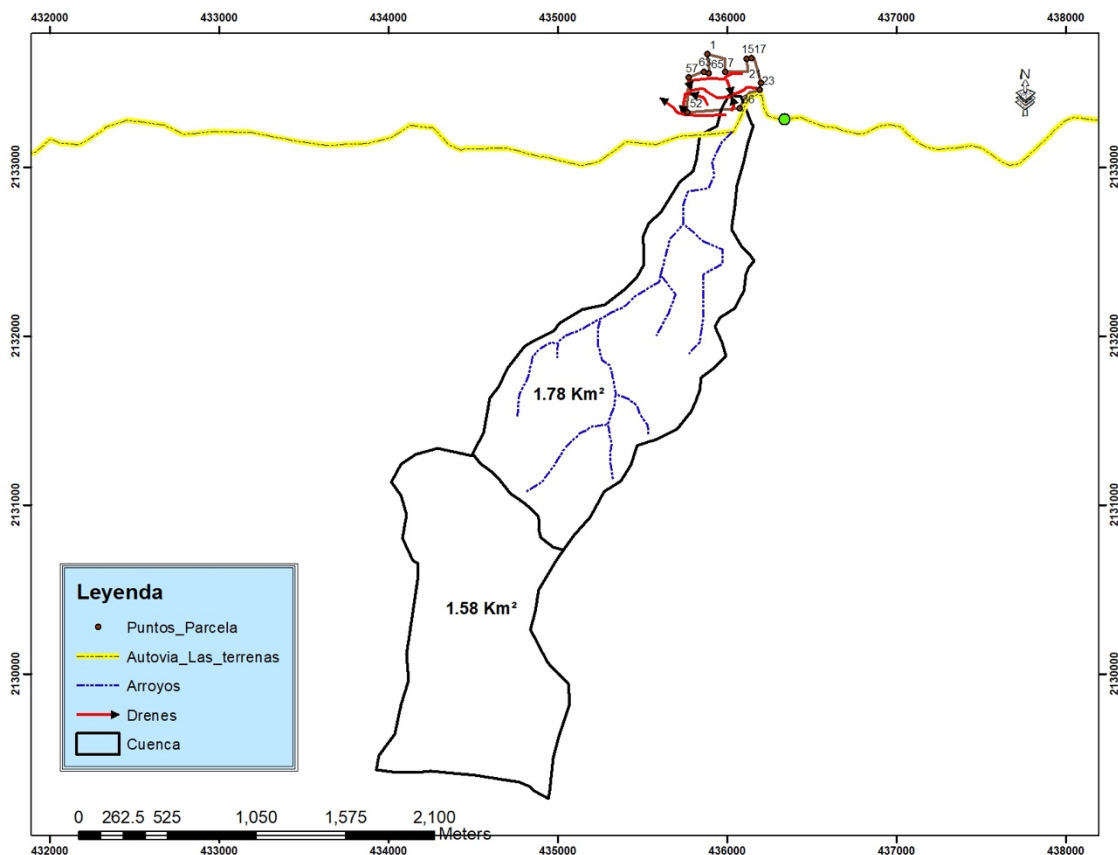


Fig. 39. Subdivisión del área de la cuenca de aportación al área del proyecto.

3. Comportamiento hidráulico del área del proyecto.

Los caudales presentes en el área del proyecto y que drenan a través de la Red de drenaje construida en el mismo tienen diferentes orígenes:

- 1 Precipitación directa en el área del proyecto y acumulación en las depresiones del mismo.
- 2 Aporte de escorrentía directa proveniente del área norte de la carretera a través del cauce del arroyo antes descrito.
- 3 Aportes subsuperficiales y subterráneos asociados a las fluctuaciones de la marea que impiden el flujo natural de las mismas hacia el mar.

3.1. Determinación de la recarga pluvial directa:

La evaluación de la tasa anual media de recarga pluvial directa (mm/año) ha sido desarrollada, según diferentes métodos relacionados tanto a las características del medio ambiente, como a la información básica disponible, en particular hidrológica.

En sub-zonas de orografía onduladas como el caso que nos ocupa y para las cuales no se dispone de datos hidrológicos suficientes, fue preciso basarse en métodos empíricos para evaluar la lluvia eficaz (escorrentía torrencial más infiltración), estos métodos están relacionados al balance hidrometeorológico.

En particular, teniendo en cuenta las características del clima de la República Dominicana, que aun en meses secos ($P < ET_{Po}$) hay un exceso de agua de lluvia que no puede ser retenido por el perfil del suelo para fines de uso consuntivo y que fluye como escurrimiento superficial y/o percolación profunda por debajo de la zona radicular, la evaluación de la lluvia eficaz para el área de estudio se ha realizado mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

Evaluación de la infiltración eficaz teniendo en cuenta el hecho de que en períodos secos la evapotranspiración actual (ETR) es, en sentido relativo, mayor que en condiciones medias (es decir el porcentaje de lluvia eficaz es menor). En base a lo anteriormente expuesto se estableció la lluvia eficaz como un porcentaje de la precipitación mensual en función del rango de valores alcanzados por la misma.

P	P ef	Donde:
0 - 50	20%	Pef = precipitación eficaz promedio mensual (mm/mes); P = precipitación promedio mensual (mm/mes).
51 - 100	25%	
101 - 150	30%	
151 - 200	35%	
>= 201	50%	

La precipitación promedio mensual utilizada corresponde a la medida en la estación Aeropuerto El Catey, representativa del área de estudio.

Evaluada la lluvia eficaz, es preciso identificar sus dos componentes, es decir la escorrentía directa (escorrentía torrencial) y la infiltración.

La escorrentía directa o precipitación efectiva y la infiltración fueron calculadas en base al número de curva CN desarrollado por el cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos SCS el cual establece dos parámetros básicos S que es la retención potencial máxima e la es la abstracción inicial antes del encharcamiento, para la cual no ocurrirá escorrentía. Estos parámetros experimentales están relacionados entre sí y a unos Números de Curvas teóricas desarrolladas para una serie de combinaciones de tipo de suelo y cobertura vegetal en base a observaciones realizadas en un sin número de cuencas experimentales de diferentes dimensiones. esta serie de curvas también relacionan:

- las características morfológicas del área (pendiente y desarrollo del retículo hidrográfico);
- el régimen de las corrientes de agua;
- la naturaleza de los suelos (textura) y de la vegetación;

La infiltración es un proceso que depende del tiempo del tipo de suelo, la cobertura vegetal, el contenido de humedad inicial del suelo y el contenido de humedad de saturación del mismo. Para una tormenta dada se podrá estimar los valores de infiltración inicial y el comportamiento de la misma durante el periodo de ocurrencia de la tormenta hasta la saturación del suelo y un valor de infiltración constante.

En el caso que nos ocupa se determinó el valor de CN ponderado por Área para la cuenca de aportación hasta el área de estudio. En la tabla siguiente se presenta el calculo del CN.

El SCS establece que la Infiltración Inicial es el 20% de la Retención Potencial Máxima y esta última se calcula a partir del CN de la cuenca: $S = 25.4 * (1000 / CN) - 10$).

Tabla 20. Cálculo del CN para la cuenca aportante al área del proyecto.

Cuenca	Área km ²	Porcentajes del Área total	Grupo Hidrológico de Suelo	Cobertura Vegetal	CN	CN Pond.	CN Total	S mm	la mm
Aportante	3.36	47	A	Montes con Pastos	36	16.92	49.25	261.73	52.35
Sin Nombre		53	B	Pastizales	61	32.33			

La escorrentía directa para cada mes mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$Pe = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad \text{Donde } S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Para la estimación del volumen aportado por la cuenca de manera superficial y subsuperficial a los niveles de agua en el área del proyecto se estimó que del agua infiltrada en la cuenca de aportación una parte pasa a saturar el suelo lo que corresponde a la infiltración inicial **la**, otra parte penetra hasta las capas más profunda del suelo y el porcentaje restante fluye en dirección al mar. Es este último valor al que llamaremos "Porcentaje de la infiltración desplazada que llega a la parte baja de la cuenca" el responsable de elevar los niveles de agua en el área del proyecto cuando el flujo de descarga al mar se ve frenado por el aumento de los niveles en la marea. En la Figura siguiente se muestra el comportamiento natural de la Infiltración.

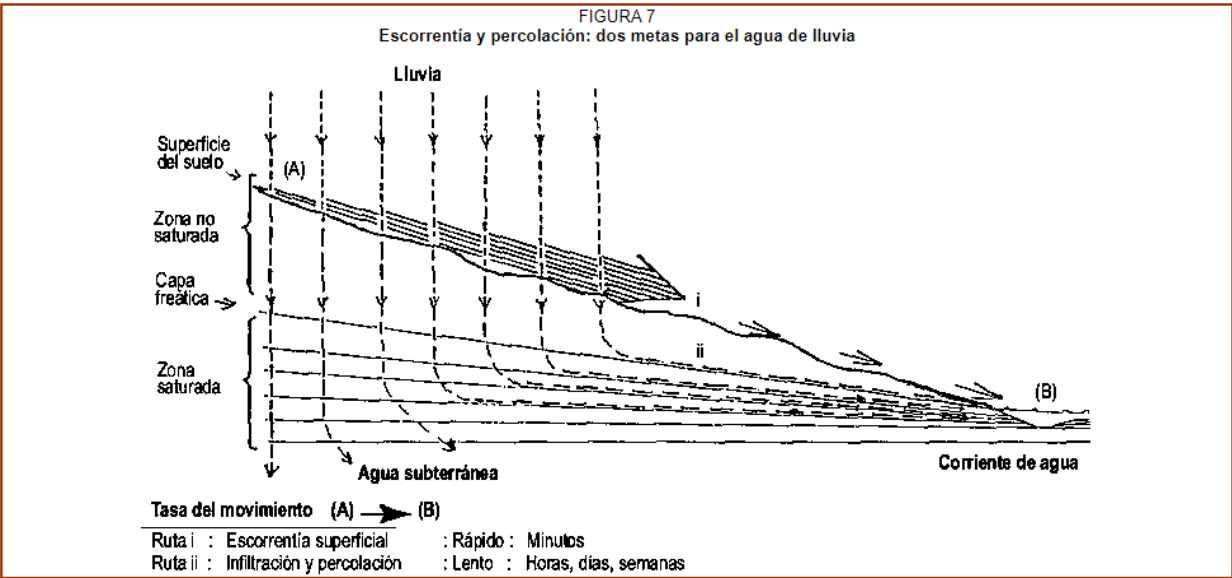


Fig. 40. Comportamiento Natural de la Infiltración

El cálculo se realizó para dos escenarios diferentes:

- 1 Para los valores promedio mensuales observándose que la lámina que genera este volumen infiltrado que llega a la parte baja de la cuenca alcanza un máximo de 82 cm el mes de Septiembre (mes más lluvioso). En la Tabla siguiente se muestra el cálculo a nivel mensual.
- 2 Se calculó la lámina correspondiente a los valores de precipitación asociada a diferentes periodos de retorno, estimados en ese mismo informe en el acápite de precipitación. La lamina generada por las tormentas alcanzan valores que van desde el 1.5 m para la tormenta de TR 50 años a cerca de 2 metros para la tormenta de TR500 años. En la Tabla posterior se presentan los cálculos para las tormentas indicadas.

En ambos casos la lámina neta se calculó dividiendo el volumen aportado por la infiltración en la cuenca entre el área de la parcela del proyecto que es donde se acumula cuando no puede descargar al mar.

Tabla 21. Cálculo del Volumen y lámina infiltrada que pudiera afectar el área del proyecto

Parámetros	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<i>P</i>	<i>mm</i>	168.6	140.6	149.2	153.5	238.9	147.4	286.0	292.1	184.6	215.6	304.5	166.1
<i>N</i>	<i>días</i>	9.6	7.5	6.9	8.7	11.9	7.2	10.3	11.5	10.7	12.2	12.2	13
ETPo	<i>mm</i>	98.4	102.1	131.2	140.8	150.2	151.6	149.9	146.4	138.7	115.1	93.5	89.6
<i>P</i> eficaz	<i>mm</i>	59.0	42.2	44.8	53.7	119.5	44.2	143.0	146.1	92.3	107.8	152.2	58.2
Porcentaje <i>P</i> ef	%	35	30	30	35	50	30	50	50	50	50	50	35
Escorrentía directa (<i>Pe</i>)	<i>mm</i>	35.7	22.2	26.2	28.2	77.6	25.3	110.2	114.6	44.4	62.7	123.7	34.5
Infiltración Eficaz	<i>mm</i>	23.3	19.9	18.6	25.5	41.8	18.9	32.8	31.4	47.9	45.1	28.5	23.7
VolumenTotal Infiltrado de la Cuenca	<i>m3</i>	78,848.0	67,559.4	63,035.7	86,530.1	141,755.2	64,042.6	111,202.1	106,546.1	162,412.6	152,867.0	96,746.2	80,235.9
Porcentaje de la infiltración desplazada que llega a la parte baja de la cuenca	<i>m3</i>	27,596.8	23,645.8	22,062.5	30,285.5	49,614.3	22,414.9	38,920.7	37,291.2	56,844.4	53,503.5	33,861.2	28,082.6
Lamina neta en el área del proyecto	<i>m</i>	0.40	0.34	0.32	0.44	0.72	0.32	0.56	0.54	0.82	0.77	0.49	0.40

Tabla 22. Cálculo del Volumen y lámina infiltrada que pudiera afectar el área del proyecto

Parámetros	Unidad	TR50	TR100	TR200	TR500
<i>P</i>	<i>mm</i>	190.0	208.0	226.0	249.0
Escorrentía directa (<i>Pe</i>)	<i>mm</i>	47.4	58.0	69.3	84.4
Infiltración Eficaz	<i>mm</i>	142.6	150.0	156.7	164.6
Infiltración Inicial <i>Ia</i>	<i>mm</i>	52.4	52.4	52.4	52.4
Infiltración que se desplaza lateralmente	<i>mm</i>	90.2	97.6	104.4	112.3
Volumen Infiltrado Neto	<i>m3</i>	305,807.99	330,884.85	353,888.24	380,652.44
Porcentaje de la infiltración desplazada que llega a la parte baja de la cuenca	<i>m3</i>	107,032.80	115,809.70	123,860.88	133,228.35
Lamina neta en el área del proyecto	<i>m</i>	1.54	1.67	1.79	1.92

CARACTERIZACION DEL AREA COSTERA.

En el Municipio Las Terrenas se identificaron 16 playas desde Las Cañitas a Los Coquitos con la influencia de 10 cursos de agua. La playa más extensa es Las Cañitas (3,100 m), si bien las de Bobilanza (2,500 m), Bonita (2,400 m) y Las Terrenas (2,200 m) conjugan extensión y calidad. Desafortunadamente esta última no escapa al aporte contaminante del Río Las Terrenas. Al Distrito Municipal El Limón le corresponden cinco playas desde El Limón hasta Lanza del Norte y solo el Río El Limón tiene mayor influencia en la costa. Finalmente, al Municipio Samaná le corresponden seis playas desde Las Canas, que es la mayor con 1,800 m hasta El Valle, donde solo dos cursos de agua inciden sobre la zona costera.

Según CEBSE⁵ algunas playas de la Provincia Samaná manifiestan marcados signos de erosión con pérdida de arena y retroceso de la línea de costa. Esta situación es preocupante, si bien resulta difícil establecer las causas, pues se trata de un fenómeno complejo donde intervienen múltiples factores naturales y antrópicos (Tabla 23).

Tabla 23. Algunos factores naturales y antrópicos que influyen en el balance sedimentario costero.

Naturaleza	Factores
Antrópicos	Extracción de arena de la playa
	Construcciones en los 60 m
	Construcción de muelles y espigones macizos
	Extracción de arena de los ríos
	Construcción de presas y embalses
	Pérdida de arrecifes coralinos
Naturales	Eventos meteorológicos extremos
	Cambios en las condiciones del oleaje habituales

Los eventos meteorológicos extremos (tormentas, ciclones y huracanes) o los cambios en las condiciones del oleaje habituales pueden provocar erosión en las playas, más aún ante los escenarios de ascenso del nivel del mar que impone el calentamiento global. Esto es, sin dudas, una realidad en Samaná donde los datos históricos de huracanes para la costa Norte y Este del NOAA Coastal Services Center indican que en un período de 156 años (de 1851 a 2007) han pasado 33 ciclones o huracanes a 50 millas náuticas o menos (NOAA, 2008), de los cuales 32

⁵ CEBSE, 2012. Caracterización ambiental Provincia de Samaná. USAID, MIMARENA, TNC Y CEBSE. Programa Para la Protección Ambiental.

han pasado a 50 millas, al menos 19 se han acercado a 25 millas y 7 a menos de 10 millas, con 2 eventos que han tocado tierra por algún punto del Norte de la península. El huracán más fuerte que ha azotado la región, que pasó además a unas 5 millas al Sur de la zona costera fue el Huracán Jeanne y el más reciente fue el Huracán Fiona en septiembre del 2022.

Pero la erosión de las playas también puede estar promovida por la actividad humana. Por una parte, la playa puede perder arena por acciones directas sobre la misma, cuando se realizan extracciones indiscriminadas de arena, construcciones en la franja de 60 m o muelles y espigones macizos que alteran el transporte de sedimentos. Por otra parte, la playa depende para su creación y mantenimiento del aporte de sedimentos, bien sea procedentes de los ríos (terrágenos) o de origen marino (biogénicos) en los arrecifes coralinos. Quiere esto decir que cualquier cambio en los cursos de agua (deforestación, extracción de arena, canalizaciones o construcción de presas) o daños a los arrecifes coralinos provocarán cambios en el aporte de materiales sedimentarios que a mediano plazo darán lugar a una pérdida de arena.

El análisis de esta problemática es más difícil pues al respecto solo existen informaciones aisladas y circunstanciales de los factores que potencialmente influyen en la pérdida de arena. En la Cuenca Costera Norte, en Las Terrenas, se evidencia la extracción ilegal de arena en los alrededores del Caño Calolima (448651 E y 2136531 N), además de que la construcción de edificaciones y caminos en la franja de 60 m es una práctica común en la zona costera de este Municipio. Se ha construido una presa sobre el Río San Juan canalizaciones o construcción de presas). Finalmente, son varias las prácticas no sostenibles de pesca y turismo que se realizan en la provincia, que están provocando daños o pérdida de los arrecifes coralinos.

Sang y Lamelas (1995a) han reportado fenómenos de erosión en las Playas Las Cañitas, Batalá, Cosón y Playa Bonita.



Fig. 41. Evidencias de la erosión costera en la playa del proyecto.

Por su importancia pesquera, turística y su valor como protección costera y fuente de arena para las playas, los arrecifes coralinos -desarrollados en forma de arrecifes de parche, de barrera o costeros- constituyen uno de los ecosistemas más

importantes de la oferta de recursos marinos de Samaná. Los estudios de este ecosistema son escasos y microlocalizados y al presente no se ha determinado con exactitud cuáles son sus límites, ni se han cartografiado sus formaciones, por lo que su distribución y desarrollo se infiere a partir de evidencias cartográficas (Herrera-Moreno, 2005), observaciones costeras (Sang y Lamelas, 1995), distribución de tallas de los recursos pesqueros (Herrera-Moreno y Betancourt, 2003) o a partir de los mapas de ReefBase (2011).

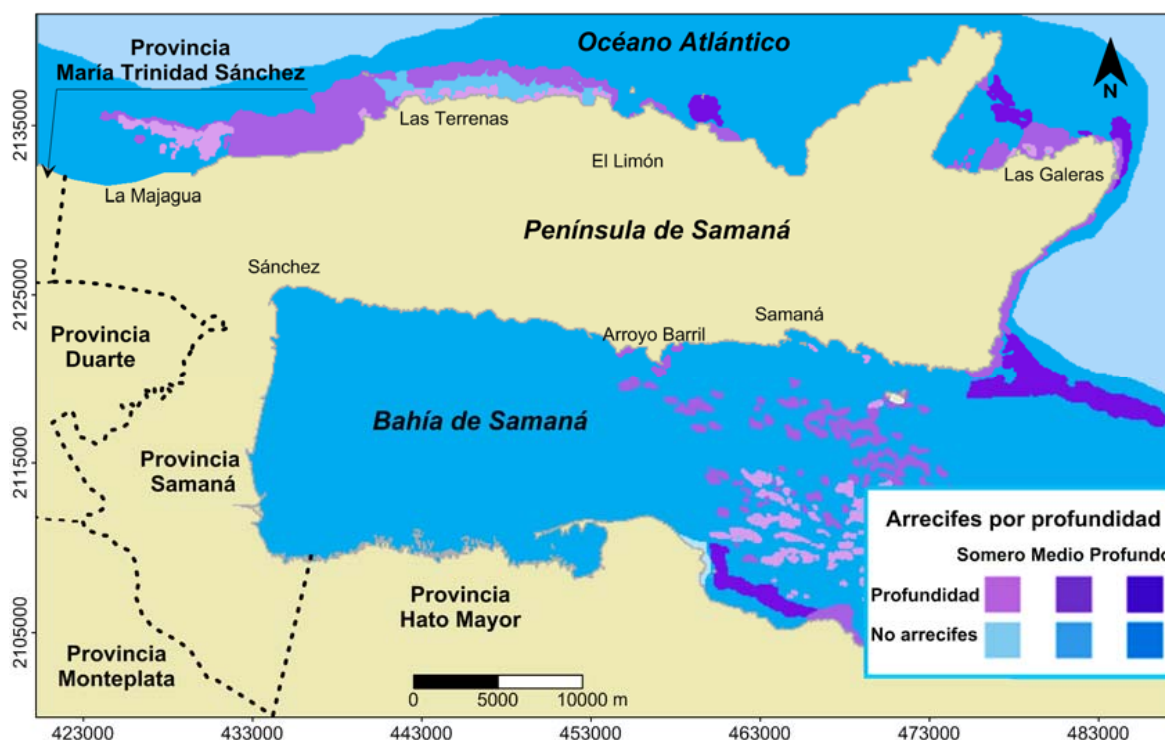


Fig. 42. Distribución de los arrecifes coralinos en la provincia Samaná. Fuente: Programa EcoMar, Inc. 2011.

VULNERABILIDAD ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO.

Potencialidades y limitaciones del relieve frente al cambio climático⁶.

Casi toda el área de la Península de Samaná se encuentra ocupada por montañas relativamente bajas y escabrosas y solamente su extremo Oeste está separado de la Cordillera Septentrional por un área cenagosa plana llamada el Gran Estero el cual en un pasado no demasiado remoto se encontraba bajo las aguas cuando la

⁶ POT ADAPTACION SAMANA.

península era una isla. A lo largo de la carretera entre Sánchez y Matanzas, al Oeste de las montañas y a una altura de 15 msnm se han hallado especies de corales y moluscos como evidencia de su historia geológica. De hecho, la península aparece como una isla en varios de los mapas antiguos (The map house, 2013). Este canal, antes abierto, ahora se encuentra cerrado tanto por la emersión del terreno como por el relleno de los sedimentos que aporta el Río Yuna (Vaughan et al., 1921). Las montañas de la Provincia Samaná se organizan en tres sierras paralelas (siendo la central la de mayor altitud que en conjunto se le conoce con el nombre de Sierra de Samaná. Presenta en la parte Sur, desde Sánchez hasta las proximidades de Samaná, una angosta faja costera que asume rápidamente pendientes pronunciadas y que se corta por el macizo montañoso. En el extremo Norte se forman algunos valles costeros, siendo el más importante el Valle de Guásima. Las montañas más altas son La Meseta con 605 msnm, la Loma Pilon de Azúcar con 530 msnm y Las Cañitas con 546 msnm (Mapa 2).

La Sierra de Samaná juega un papel importante en las condiciones climáticas de la región, dado que su ubicación encauza la dirección de los vientos Alisios, predominantemente del Este, dando lugar a lluvias orográficas que son las responsables de las áreas con precipitaciones de 2,000 mm o más que ocupan el litoral de las Bahías de Samaná y Escocesa, desde Cabrera hasta Miches (ONAMET, 2010). Además, el relieve incide en la conformación de diversos microclimas, con diferencias locales en las precipitaciones tal como se observa en el caso de Sánchez y Samaná.

La altura de las montañas también se relaciona con la temperatura, pues conforme aumenta la altitud la temperatura disminuye. Todo ello, junto a otros factores, influye en la distribución de los tipos de bosques, por ejemplo, por encima de 350 msnm se desarrolla el bosque de montaña, mientras que por debajo se desarrolla el bosque húmedo latifoliado. Además, la presencia de estas elevaciones condiciona el desarrollo de zonas bajas que se extienden entre las elevaciones del centro de la península y la línea de costa, por la acumulación del agua que desciende por las laderas. Ellas incluyen, en el Municipio Sánchez las Ciénagas del Gran Estero y Jackson, en el Municipio Las Terrenas, las Ciénagas de Cosón, Mar Gorda, La Barbacoa, y en el Municipio Samaná las Ciénagas El Estillero y Morón.

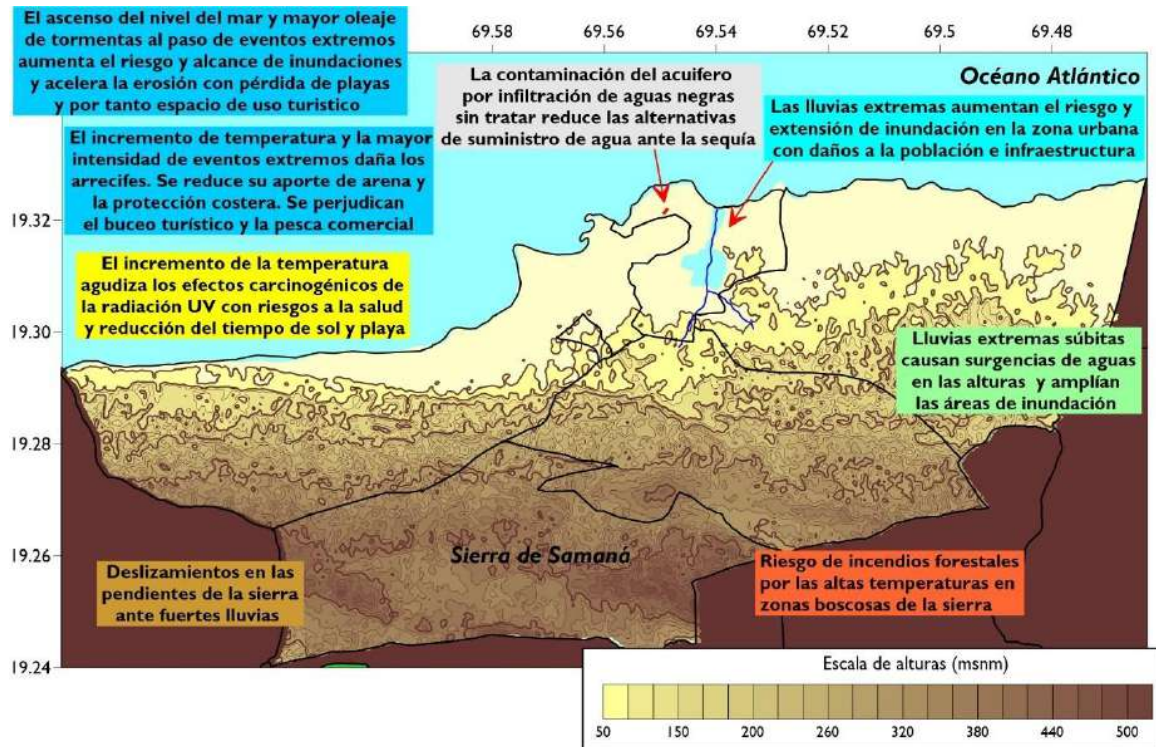
Sin embargo, estas potencialidades que presenta el relieve como regulador climático de las temperatura y precipitaciones se ven afectadas por actividades humanas como las explotaciones y exploraciones mineras en las áreas

concesionadas para la extracción de materiales como arena, caliche, lajas y mármol. Su afectación al relieve y la geomorfología local en la zona donde se desarrollan origina posibles consecuencias en las variaciones del clima local por los cambios en la topografía y más aún por la disminución de la cobertura vegetal. En este caso, entre las zonas más afectadas por las actividades mineras se encuentran el Distrito Municipal Las Galeras y los Municipios Samaná, Las Terrenas y Sánchez. Todas estas explotaciones y exploraciones mineras implican la alteración del relieve, lo cual supone la disminución de una superficie de bosque que contribuye a la regulación climática.

Vulnerabilidad a nivel municipal en Las Terrenas⁷.

En el contexto del Plan Municipal de Ordenamiento Territorial de Las Terrenas la Evaluación de Vulnerabilidad Climática fue un paso esencial para identificar las vulnerabilidades presentes y futuras que amenazan el desarrollo del municipio frente al cambio climático, a partir de la cual se elaboraron medidas de adaptación que han sido plasmadas en un plan e incorporadas en la toma de decisiones a través de los instrumentos de la planificación de uso de suelo. La evaluación de vulnerabilidad climática revela que la población y la infraestructura urbana de todos los sectores y servicios municipales claves son vulnerables a varias amenazas y estresores climáticos que pueden causar una variedad de impactos según su vulnerabilidad, es decir su grado de exposición y sensibilidad, y el nivel de desarrollo de la capacidad adaptativa. Nos referimos al incremento de temperatura y olas de calor, a una mayor intensidad de eventos meteorológicos extremos con precipitaciones intensas e inundaciones, cambios en el patrón de las precipitaciones (con escenario de reducción y sequía o precipitaciones extremas fuera de estación) y ascenso del nivel del mar con mayor oleaje de tormenta e inundaciones costeras.

⁷ Plan Municipal de ordenamiento territorial de Las Terrenas. 2016-2028. USAID-ICMA-FEDOMU-ICF



Fuente: Plan de medidas de adaptación del municipio Las Terrenas en el marco de los planes de desarrollo y ordenamiento territorial/ICMA/USAID/ICF 2017.

Fig. 43. Resumen de amenazas climáticas y sus impactos presentes y futuros en el municipio Las Terrenas sobre el contexto geomorfológico. Se indica en azul claro la franja de inundación en la zona urbana, con líneas azul oscuro los ríos Las Terrenas y Caño Seco y con un punto rojo el sitio actual de infiltración de aguas contaminadas. Todos los impactos climáticos están agravados por impactos no climáticos que se describen en el texto.

En relación con el incremento de la temperatura, el área urbana del municipio se ubica en un entorno con una temperatura media anual de unos 26°C. La población y la infraestructura urbana, y de todos los sectores y servicios claves del municipio, especialmente el turismo y los recursos naturales de los cuales depende, son vulnerables al incremento de temperatura. A nivel de sectores, las altas temperaturas tienen incidencia particular en la salud pública por aumento del estrés por calor y mayor propagación de enfermedades. Otros sectores particularmente afectados son el de los residuos sólidos pues las elevadas temperaturas aceleran los procesos físico-químicos asociados a la transformación y descomposición de la materia orgánica; y el sistema eléctrico por el efecto de recalentamiento en las líneas de transmisión y distribución de la energía. Dado que

estos servicios son esenciales para el turismo pueden afectarlo directamente, además de las altas temperaturas que limitan o reducen el tiempo de actividades al aire libre, e incrementan las necesidades de agua y refrigeración. Esta situación puede agudizarse en el futuro, pues para escenarios de emisiones bajas y altas, respectivamente, está proyectado que el promedio anual de temperatura se incremente al 2030 en 0.7°C y 0.8°C y al 2050 entre 1.13°C a 1.56°C. La remoción de la cobertura vegetal por la infraestructura turística puede dejar desprovisto el territorio de espacios suficientes de aclimatación y sombreado.

En relación con las inundaciones debemos considerar las condicionantes naturales del territorio que las propician y las transformaciones de una urbanización no planificada que las potencian. La ciudad se extiende en un valle, entre el borde costero y la Sierra de Samaná situación que favorece la escorrentía hacia el área urbana. Ello, unido a su ubicación en la cuenca baja del Río Las Terrenas, más la presencia de numerosas lagunas y ciénagas son condicionantes naturales de inundaciones.

La población y la infraestructura urbana, y de todas las actividades, sectores y servicios municipales claves, en particular en el centro urbano, son vulnerables a las precipitaciones intensas que provocan inundaciones ante las crecidas de los ríos Las Terrenas y Caño Seco; por la acumulación de agua en zonas bajas naturalmente proclives a inundación (áreas de inundabilidad) o donde -producto de la urbanización descontrolada- la topografía y el drenaje han sido alterados propiciando condiciones de estancamiento. Esta situación puede agravarse por la surgencia de aguas en las partes altas del municipio que refuerzan y amplían las áreas de inundación como ocurrió durante los eventos de lluvias extremas del último trimestre del año 2016. Con la excepción de El Almendro, los restantes nueve barrios urbanos son, en mayor o menor medida, vulnerables a inundaciones, pero los más críticos son el Centro de la Ciudad donde se ubica el área comercial más importante, o El Hospital, donde se encuentra una importante infraestructura de salud del municipio. Se prevé que el calentamiento global hará que los huracanes sean más intensos y con más altas tasas de precipitación lo que incrementará las inundaciones. La vulnerabilidad a las inundaciones se acrecienta por impactos no-climáticos como las construcciones no planificadas que cambian la dirección de la escorrentía o impermeabilizan el suelo anulando la infiltración; la dispersión de residuos sólidos que obstruyen el drenaje, la eliminación de la vegetación para construcciones, que reduce drásticamente los espacios de drenaje natural o los

asentamientos humanos informales en zonas bajas o en las propias llanuras de inundación fluvial.

Dentro del escenario de sequía se debe considerar que el servicio de agua del municipio proviene del Río Cosón y se distribuye a la población a través del acueducto. Siendo el agua un factor esencial para el desarrollo, la población y la infraestructura urbana y de todos los sectores y servicios son vulnerables a la disminución de las precipitaciones y la sequía, que pueden reducir la cantidad y calidad del agua de consumo. Para Las Terrenas se han reportado periodos más secos en el 2000–2001 y 2010 y se espera que la aridez y el déficit anual en la humedad aumenten al 2030 debido al incremento en la temperatura, la evapotranspiración potencial y la disminución de las lluvias, si bien Las Terrenas aún se considerará húmeda en el futuro. No obstante, las proyecciones para la precipitación promedio anual indican reducciones al año 2030 (-1.2% a -2.3%) y hasta mediados del 2050 (-3.7% a -10.9%), lo que apunta hacia la necesidad de tomar medidas de protección de los recursos de agua superficial y subterránea.

La vulnerabilidad se incrementa por impactos no-climáticos derivados del mal manejo de las fuentes de agua: contaminación de ríos, relleno de ciénagas o la infiltración al manto freático de las aguas residuales sin tratar producto del mal funcionamiento de la planta de tratamiento municipal. El escenario de cambios en las precipitaciones también incluye lluvias extremas súbitas como ocurrió en el último trimestre del año 2016 causando la surgencia de aguas en las partes altas del municipio que crearon nuevas corrientes de agua provisionales y ampliaron las áreas de inundación.

Ante el ascenso del nivel del mar debemos considerar que el municipio tiene 26.72 km de línea de costa al Océano Atlántico. La población y la infraestructura urbana, y de todas las actividades, sectores y servicios claves del municipio (residencial, comercial y turística) en o cerca de la zona costera, principalmente en la costa desde Punta Balatá hasta la frontera Este municipal (unos 20.7 km), son vulnerables ante el paso de eventos meteorológicos extremos con sus impactos de marejadas de tormenta que causan penetración del mar e inundaciones costeras con erosión y pérdida de arena de las playas. Las inundaciones y sus consecuencias negativas sobre la población y la infraestructura costera pueden ser mayores en el futuro bajo los escenarios climáticos que indican eventos meteorológicos extremos más intensos con olas de tormenta de mayor alcance por el ascenso del nivel del mar.

Las proyecciones de ascenso del nivel del mar entre 0.20 a 0.58 m al 2050 harán que el mar cubra parte de la costa (según las pendientes) y asimismo provocarán olas más grandes durante las mayores marejadas de tormentas, con mayor alcance de penetración, lo que incrementa el riesgo de inundaciones costeras. La vulnerabilidad se agrava por impactos no-climáticos como las construcciones costeras cerca de la línea de costa (franja de 60 m), cortes de manglares, extracción ilegal de arena y la eliminación selectiva de la cobertura vegetal costera (herbácea y arbustiva).

Algo que debe considerarse de manera muy especial en Las Terrenas es las vulnerabilidades de los recursos naturales que sustentan el turismo. El turismo en Las Terrenas es esencialmente de "sol y playa" cuyas actividades básicas transcurren en la playa (recreación y asoleamiento) y en el mar (baño). Amplían y complementan esta oferta un conjunto de actividades recreativas de exploración, navegación, pesca deportiva y buceo. Todas estas actividades están sustentadas en los recursos naturales. En el borde costero se encuentran 1.9 km de manglares de borde, 5.8 km de costa rocosa, 18.5 km de playas arenosas, varias lagunas y ciénagas; y en la zona marina extensos arrecifes coralinos con una gran diversidad de especies, que son recursos pesqueros.

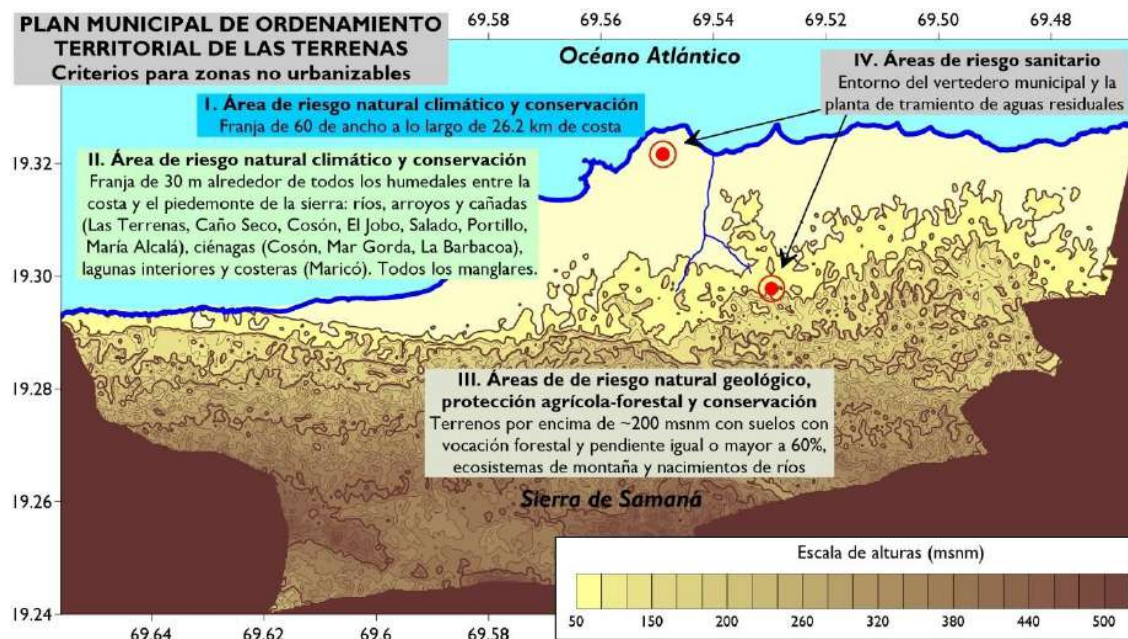
Las playas y arrecifes coralinos son altamente vulnerables al cambio climático. En las playas el ascenso del nivel del mar dejará sumergida partes de la costa, mientras que la mayor intensidad de eventos meteorológicos extremos, con mayor oleaje de tormenta, acelerará los procesos erosivos con pérdidas de la arena de las playas. Los arrecifes coralinos tienen una estrecha tolerancia térmica y son muy vulnerables al incremento de temperatura que provoca que las colonias sufran el fenómeno conocido como blanqueamiento, que puede conducir a la aniquilación del arrecife. Por otra parte, la mayor intensidad de eventos meteorológicos extremos puede causar daños físicos en los arrecifes sobre todo a menor profundidad. Los impactos a las playas darán lugar a una pérdida de capacidad de carga para la recreación turística. Los impactos a los arrecifes afectarán los paisajes submarinos en detrimento del buceo turístico y de los servicios que este ecosistema presta: aporte de arena para las playas y protección contra el oleaje. Además, se afectarán especies arrecifales que son recursos pesqueros de valor comercial.

Los manglares, lagunas y ciénagas pueden verse afectados por la reducción del agua o el impacto físico de los eventos extremos, y su conservación es crucial por

el papel que juegan como amortiguadores de inundaciones. Estos recursos ya han sido degradados debido a una combinación de impactos climáticos y no climáticos, como la contaminación por aguas residuales, la extracción de arena, el corte de manglares, el relleno de humedales o la sobrepesca. Las demandas crecientes para infraestructuras de servicios (nuevos hoteles y otras instalaciones) con la expansión del sector turístico, agravarán la vulnerabilidad de los recursos naturales en el futuro si los proyectos no comienzan a implementarse de una manera sostenible. Los servicios de los ecosistemas son esenciales para desarrollar servicios orientados al turismo, así como fortalecer la capacidad adaptativa del territorio. La resiliencia al cambio climático en el municipio Las Terrenas requerirá necesariamente de practicar una adaptación basada en ecosistemas.

Estas vulnerabilidades asociadas a la exposición y la sensibilidad de los diferentes activos requieren el desarrollo de una capacidad adaptativa que ayude a contrarrestarlos. En términos de incremento de la capacidad de adaptación un desafío fundamental es fortalecer la capacidad institucional existente para la reducción de la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático.

La falta de coordinación entre instituciones y sectores es un serio problema en el presente, que no ayuda a que puedan ser abordados de una manera integral los impactos climáticos que promueven la vulnerabilidad. Por otra parte, lograr la coordinación y colaboración entre sectores e instituciones locales y el Ayuntamiento, es imprescindible para abordar y resolver las sinergias negativas que se crean entre los impactos del clima y aquellos derivados de una deficiente gestión del territorio en lo ambiental y en sus servicios básicos.



Fuente: Plan de medidas de adaptación del municipio Las Terrenas en el marco de los planes de desarrollo y ordenamiento territorial/ICMA/USAID/ICF 2017.

Fig. 44. Criterios para zonas no urbanizables sobre el contexto geomorfológico del municipio Las Terrenas.

