

# CAPÍTULO 2

## DESCRIPCIÓN RELEVANTE Y GENERAL DEL AMBIENTE

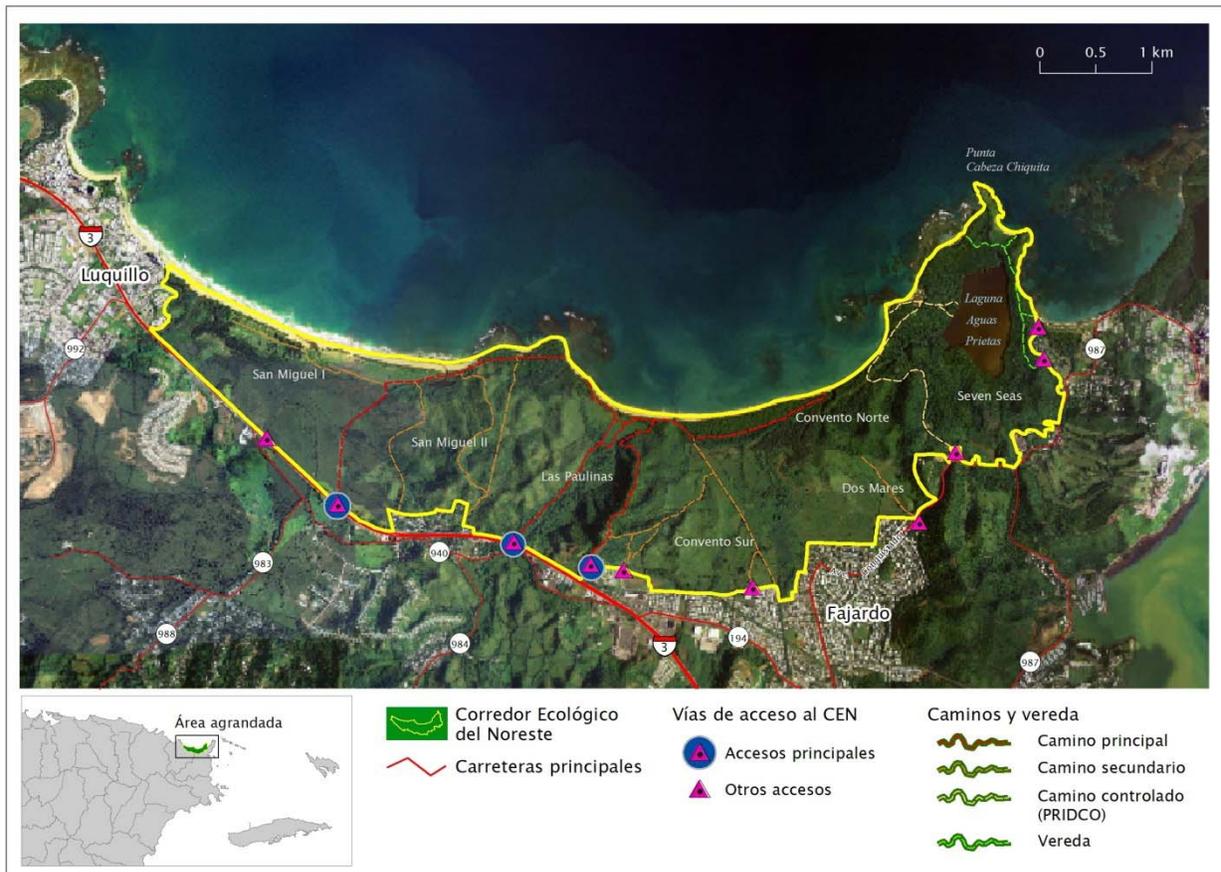
### 2.1 DESCRIPCIÓN REFERENCIAL DE LA RNCEN

#### 2.1.1 Localización, Delimitación y Accesos

La RNCEN se encuentra ubicada a lo largo de la zona costanera de los barrios Pitahaya y Juan Martín, en el municipio de Luquillo, y en los barrios Quebrada Fajardo y Cabezas, del municipio de Fajardo. Comprende una superficie aproximada de 3,057 cds (1,202 ha), de acuerdo a cálculos hechos como parte de este Plan mediante la interpretación de fotos aéreas (Figura 2.1). Cerca de 2,931 cds (1,152 ha) son terrenos firmes y anegados, y 126 cds (50 ha) corresponden a cuerpos de aguas superficiales. Los terrenos de la RNCEN, en conjunto con las aguas territoriales y sus terrenos sumergidos que también forman parte de la zona costanera, comprenden un área superficial aproximada de 47.70 mi<sup>2</sup> (123.54 km<sup>2</sup>) (Figura 2.2).

La RNCEN colinda al norte con el Océano Atlántico, al oeste con el casco urbano histórico del municipio de Luquillo, los residenciales El Cemí y Yuquiyú, y la Escuela Intermedia Rafael N. Coca. Los límites hacia el sur son con la carretera PR #3 y la comunidad del sector Borrás, también conocida como Juan Martín Afuera. En el municipio de Fajardo, en el sur, colinda nuevamente con la carretera PR #3, con el proyecto residencial Vistas del Convento, el Centro Comercial Eastern Plaza, las urbanizaciones Fajardo Gardens, Vistas del Convento y Monte Brisas, el sector Cascajo y la Avenida El Conquistador. Hacia el este, con el estacionamiento de empleados de El Conquistador Resort & Country Club, las facilidades de la emisora radial WMDD 1480 AM, la carretera PR #987, y las facilidades de estacionamiento y de casas móviles de I Balneario de *Seven Seas*.

**FIGURA 2.1  
ACCESOS Y CAMINOS EN LA RNCEN**



La porción terrestre de la RNCEN se encuentra localizada entre las latitudes 18° 20' 50" N y 18° 22' 51" N, y las longitudes 65° 38' 12" O y 65° 42' 49" O. La totalidad de la Reserva Natural, incluyendo su componente marino y terrenos sumergidos, se encuentran entre las latitudes 18° 20' 50" N y 18° 30' 07" N.

La RNCEN cuenta con aproximadamente diez (10) vías de acceso y numerosos caminos en tierra utilizados principalmente por vecinos y otros usuarios para llegar caminando o en vehículos de motor hasta las playas de la zona (Figura 2.1). No todos estos caminos se encuentran en condiciones adecuadas para su tránsito; algunos dificultan el paso aún para vehículos todo terreno. Cuatro de estos caminos se encuentran en la jurisdicción de Luquillo, de los cuales dos conectan directamente a la carretera PR #3, y los otros dos a la comunidad Borrás. Existen otros tres caminos en tierra localizados en el municipio de Fajardo. El primero tiene sus entradas a través del proyecto residencial Vistas del Convento, el segundo al final de la Calle 11 de Fajardo

Gardens, contiguo a la cancha bajo techo de esta urbanización, y el tercero a la Avenida El Conquistador, próximo a la Urbanización Monte Brisas en el Sector Cascajo. No todos estos caminos están interconectados, por lo que es necesario salir del Corredor para poder llegar en vehículo de motor a otras áreas del mismo. Solamente existe una vía asfaltada que conduce exclusivamente a la casa de playa del gobernador de turno, conocida como El Convento, y que tiene su entrada a través de la Avenida El Conquistador, Sector Cascajo, en Fajardo. En el extremo oriental de la RNCEN existe un camino peatonal en tierra desde el Balneario de *Seven Seas*, el cual es utilizado principalmente por bañistas para llegar hasta las playas El Convento y Playa Colorá/Playa Escondida. Con excepción de este último camino, todos los demás cuentan con un portón para controlar el acceso vehicular a los terrenos y playas del área.

### **2.1.2 Titularidad**

La RNCEN está integrada por 66 fincas o propiedades, de acuerdo al parcelario producido por el Centro de Recaudaciones de Impuestos Municipales (CRIM) (Tabla 2.1 y Figura 2.2). Las fincas DRNA, San Miguel 1, San Miguel 2, Las Paulinas, Convento Norte, Convento Sur, Dos Mares y *Seven Seas* son las de mayor cabida, con un área combinada de aproximadamente 2,582.70 cds (1,015 ha). La Finca DRNA pertenece al DRNA, Las Paulinas y Convento Norte a la Compañía de Fomento Industrial (PRIDCO, por sus siglas en inglés) y *Seven Seas* a la Compañía de Parques Nacionales (CPN). Las fincas San Miguel 1, San Miguel 2, Convento Sur y Dos Mares, así como otras parcelas de menor cabida, son de tenencia privada.

Es importante notar que el CRIM cuenta con información incompleta para muchas de las parcelas. De igual manera, también cuenta con datos incorrectos, tales como otorgar un mismo número de catastro o identificación parcelaria a varias fincas a la vez. Además, la información disponible no refleja en muchas ocasiones transacciones o segregaciones relativamente recientes. Por ejemplo, en septiembre de 2007, el DRNA adquirió 255 cds segregadas de la finca San Miguel 1, identificada por el CRIM bajo el número de catastro 120-000-004-02. Esta transacción no ha sido registrada por el

CRIM a la fecha de este escrito, es decir, ocho meses después de haber sido completada.

**TABLA 2.1**  
**TITULARIDAD DE FINCAS EN LA RNCEN SEGÚN EL CRIM**  
 Los encasillados en blanco corresponden a parcelas  
 para las cuales no está disponible el nombre del titular.  
 (Fuente: CRIM, 2008)

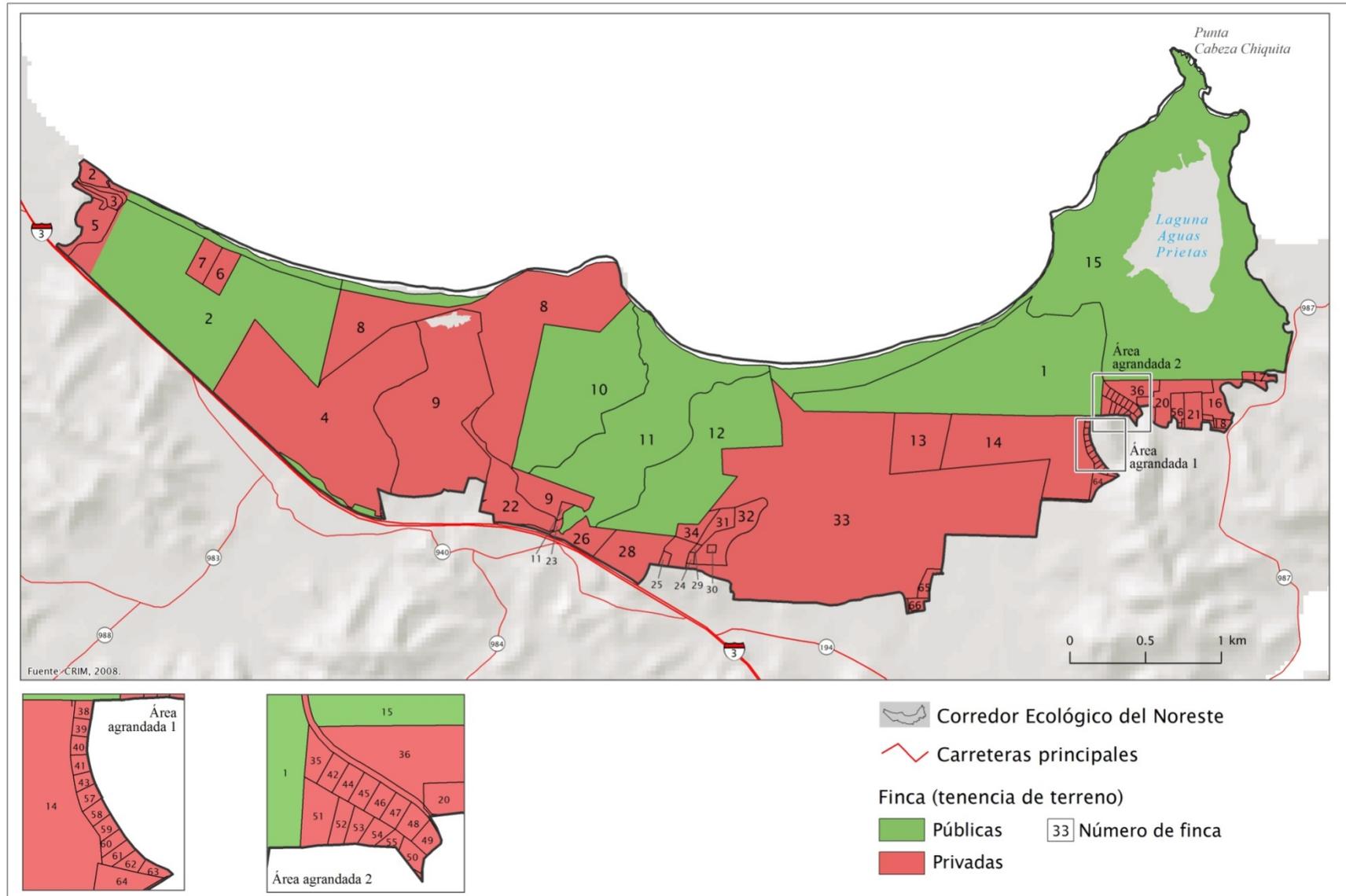
No. ID	No. CATASTRO	DUEÑO	ÁREA (cuerdas)
1		PR Industrial Development Corp. (PRIDCO)	219.25
2	120-000-004-02	Lincoln American Corp.	255.23
3	120-000-004-04		3.55
4	120-000-004-05	Juaza Inc.	231.48
5	120-000-004-07	Administración de Terrenos de Puerto Rico	13.97
6	120-000-004-09	Lincoln First Bank Rochester c/o A Rodríguez	9.75
7	120-000-004-10	EHG Enterprises Inc.	9.17
8	120-000-005-01	Lincoln American Corp	197.37
9	121-000-001-01	Juan R. Zalduondo Grier	167.87
10	121-000-001-03	PRIDCO	145.85
11	121-000-001-04	PRIDCO	165.77
12	121-000-002-02	PRIDCO	135.01
13	121-000-003-01	El Conquistador Hotel Corp.	34.10
14	121-000-003-02	El Conquistador Hotel Corp.	94.39
15	121-000-003-03	PRIDCO y Compañía de Parques Nacionales	457.93
16	121-000-004-02	Sucn. Sebastián Abraham López	9.48
17	121-000-004-05	Carlos R. Monell de Santiago	2.81
18	121-000-004-14	Ramón Quiñones Mata	1.64
19	121-000-004-16		0.87

No. ID	No. CATASTRO	DUEÑO	ÁREA (cuerdas)
20	121-000-004-26	Julia Santiago Vda. de Vigo	15.32
21	121-000-004-34	Carlos A. Lopategui Estrellas	7.27
22	121-000-005-01		32.50
23	121-000-005-04		0.87
24	121-000-006-01		0.87
25	121-000-006-02	Juan H. Velázquez y et al.	1.37
26	121-000-006-04	Elliot Giraud Padró	12.34
27	121-000-006-10	Santiago Coll Camalez	6.83
28	121-000-006-29	Amparo Rivera Calderón	26.99
29	121-000-007-02	Playa Convento SE	0.87
30	121-000-007-03	Fidel Muñiz Cortéz	0.87
31	121-000-007-04	Playa Convento SE	6.72
32	121-000-007-05	José M. Vázquez Camacho	18.47
33	121-000-007-06	Sucn. Eugenio Fernández	459.53
34	121-000-007-19	Playa Convento SE	6.50
35	121-037-563-01	Minerva Garay Nieves	0.87
36	121-037-565-01	Nereida Santiago	8.12
37	121-038-574-02	Pan Caribbean Broadcasting Corp.	1.21
38	121-046-564-01	Lindo Monte S.E.	0.87
39	121-046-564-02	Lindo Monte S.E.	0.87
40	121-046-564-03	Miguel Micheo Correa	0.87
41	121-046-564-04	Orjaluli Inc.	0.87
42	121-047-563-02	Aníbal Ventura Torres Herrero	0.87
43	121-046-564-05	Lindo Monte S.E.	0.87
44	121-047-563-03	Luis Antonio Valentín Cruz	0.87
45	121-047-563-04	Lindo Monte S.E.	0.87

No. ID	No. CATASTRO	DUEÑO	ÁREA (cuerdas)
46	121-047-563-05	Lindo Monte S.E.	0.87
47	121-047-563-06	Lindo Monte S.E.	0.87
48	121-047-563-07	Julio E. Rodríguez Navarro	0.87
49	121-047-563-08	Agustín Ribot García	0.87
50	121-047-563-09	Rufino Rodríguez Robles	0.87
51	121-047-563-14	Lindo Monte S.E.	1.82
52	121-047-563-15	Lindo Monte S.E.	0.87
53	121-047-563-16	Pablo Díaz et al.	0.87
54	121-047-563-17	Jorge L. Delgado Foriasteri	0.87
55	121-047-563-18	Omar López Haedo	0.87
56	121-047-565-03	José N. Santiago Vigo	4.01
57	121-057-564-06	Lindo Monte S.E.	0.87
58	121-057-564-07	Lindo Monte S.E.	0.87
59	121-057-564-08	Jesús M. Rivera Cruz	0.87
60	121-057-564-09	Lindo Monte S.E.	0.87
61	121-057-564-10	Lindo Monte S.E.	0.87
62	121-057-564-11	Lindo Monte S.E.	0.87
63	121-057-564-12	Lindo Monte S.E.	0.87
64	121-067-421-13		3.14
65	121-075-305-04	SETA Limited Partnership	3.71
66	121-095-305-03	Home Wood Corp.	2.73
		Zona Marítimo Terrestre	22.62
		Zona Marítimo Terrestre	14.68
<b>Total:</b>			<b>~ 2,836.75*</b>

\* No incluye el área en cuerdas correspondientes a los cuerpos de agua en la RNCEN (Ej. Laguna Aguas Prietas)

**FIGURA 2.2**  
**PROPIEDADES PÚBLICAS Y PRIVADAS EN LA RNCEN**



## 2.2 CLIMA

El clima de Puerto Rico es esencialmente uno de naturaleza marítimo tropical, en donde la temperatura y la precipitación están influenciados en gran medida por el patrón de los vientos alisios y factores orográficos (Daly, C., E. H. Helmer and M. Quiñones, 2003; Colón, J., 1977). Las sequías y los ciclones tropicales son dos fenómenos atmosféricos extraordinarios a los que está expuesta la Isla. Un total de 5 sequías fueron documentadas en el siglo XX (Larsen, M. C., 2000). Desde el año 1508, se han documentado 99 ciclones (huracanes y tormentas tropicales) tras su paso sobre o cerca de la Isla.<sup>7</sup>

### 2.2.1 Precipitación

Puerto Rico se caracteriza por una variación significativa respecto a la distribución espacial y temporal de la precipitación pluvial. El patrón geográfico de la lluvia presenta un contraste notable, desde un promedio anual en la Sierra de Luquillo de aproximadamente 118.1 pulgadas (3,000 mm) a menos de 39.4 pulgadas (1,000 mm) en el sur-suroeste de la Isla (López Marrero T. del M. y N. Villanueva Colón, 2006). La precipitación en Puerto Rico también presenta un patrón estacional. El mes de mayo, junto al periodo de tiempo entre los meses de agosto a noviembre, se caracterizan por una precipitación relativamente alta, provocada por el paso de ondas tropicales. El periodo entre los meses de enero a marzo es cuando se registra una menor precipitación pluvial, aunque ocasionalmente ocurren eventos de lluvia significativos a causa de la influencia de frentes fríos provenientes del norte (DRNA, 2007; Daly, C., Helmer, E. H., and M. Quiñones, 2003). El clima de la Isla es también afectado por la deforestación y la impermeabilización de las zonas urbanas. Los bosques contribuyen humedad a la atmósfera al transpirar agua en el proceso de fotosíntesis, por lo que la impermeabilización de los terrenos altera los patrones de evaporación, impactando así el clima (DRNA, 2004b).

---

<sup>7</sup> Obtenido el 20 de mayo de 2008, en <http://www.srh.noaa.gov/sju/hrcnhist.html>

El Servicio Nacional de Meteorología, adscrito a la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés) opera una red de estaciones climatológicas en la Isla. La estación climatológica mas cercana a la RNCEN se encuentra a aproximadamente 2.25 millas (3.6 km) al sureste de sus límites, en el municipio de Fajardo (Estación #3657). La precipitación normal mensual registrada en esta estación varía entre 2.9 y 9.8 pulgadas (7.3 a 25 cm), con un total anual promedio de de 75.8 pulgadas (193 cm) (Owenby, J. R. and D. S. Ezell; 1992).

**TABLA 2.2**  
**PRECIPITACIÓN NORMAL MENSUAL (PULGADAS)**  
**PARA LA ESTACIÓN NÚMERO 3657 EN FAJARDO (1961-1990).**

MESES												
Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
3.91	2.88	4.10	5.08	9.21	5.92	5.64	7.77	7.09	9.83	8.65	5.68	75.76

La precipitación promedio anual en el Corredor, tomando como referencia los datos de la estación meteorológica de Fajardo, y otras cercanas hacia el sur y oeste, se estima que varía entre 103 pulgadas (2616 mm) en su extremo occidental, en el área de la finca San Miguel I, disminuyendo hacia el este a menos de 90 pulgadas (2286 mm) sobre la finca Convento Norte y *Seven Seas* (DRNA, 2004b). Cabe destacar que la precipitación en estas dos fincas, particularmente en el área de Cabeza Chiquita, es relativamente escasa. Datos climatológicos registrados a corto plazo, en un periodo de dos años (1993-1995) en el vecino Faro de la Reserva Natural Las Cabezas de San Juan, reflejaron una precipitación anual promedio de 37 pulgadas (940 mm) (Weaver, P. L. and J. L. Coll Rivera, 1998). Existen datos de años anteriores (1958-1962) donde la precipitación anual promedio fue de 27.6 pulgadas (701 mm) (Briscoe, C. B., 1966).

### **2.2.2 Temperatura**

Las temperaturas en Puerto Rico exhiben poca variación estacional dada la proximidad de la Isla al ecuador. Los meses más calientes son julio y agosto, con una temperatura

promedio de alrededor de 82°F (27.7°C), mientras que el mes más frío es enero, cuando una temperatura promedio de 76°F (24.4°C). La temperatura promedio anual es de aproximadamente 79°F (26°C). En términos generales, las temperaturas son más altas en las regiones de baja elevación, mientras que en el interior montañoso son más bajas. Los valores promedios oscilan entre los 58.2°F (14.6°C) en las zonas del interior, hasta unos 87°F (30°C) en las zonas de los llanos costeros del sur y oeste (López Marrero T. del M. y N. Villanueva Colón, 2006).

La temperatura promedio registrada en la estación meteorológica de Fajardo es de aproximadamente 79.2°F (26.2°C). Al igual que para toda la Isla, los meses más calientes son los meses de julio y agosto, con una temperatura normal de 81.9°F (27.9°C) y 81.8°F (27.7°C) respectivamente, mientras que el mes de enero es también el más frío, con una temperatura de 75.9°F (24.4°C) (Owenby, J. R. and D. S. Ezell; 1992).

**TABLA 2.3**  
**TEMPERATURA (°F) NORMAL MENSUAL**  
**PARA LA ESTACIÓN #3657 EN FAJARDO (1961-1990)**

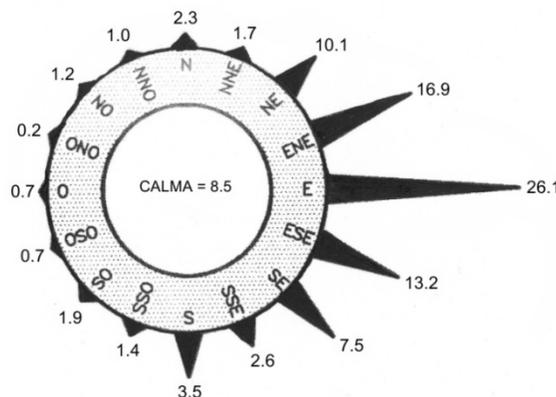
MESES												
Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom.
75.9	76.0	76.9	78.2	79.6	81.5	81.9	81.8	81.5	80.7	79.1	77.0	79.2

### 2.2.3 Viento

Los vientos alisios, originados por el sistema de alta presión localizado en el Atlántico Norte cerca a las Islas Azores, soplan del este a través del territorio isleño durante todo el año. En los sectores montañosos de Puerto Rico, el movimiento de los vientos alisios se modifica, pues los vientos pueden acelerarse sobre los picos, canalizarse a través de los desfiladeros o desviarse alrededor de los terrenos elevados. En la costa, la influencia de la topografía sobre el movimiento de los vientos alisios es leve. Los vientos prevalecientes son predominantemente del este-noreste a través de todo el año, con una velocidad máxima típica de 9.7 mph (15.6 km/h) (Estudios Científicos y Técnicos, 2004). Es importante reconocer, sin embargo, el efecto de la brisa marina y la brisa terrestre en la dirección del viento debido a la diferencia entre las temperaturas diurnas y nocturnas de la tierra y el océano. Típicamente, durante las horas del día, el viento sopla generalmente desde el mar hacia tierra adentro, y luego durante la noche, la dirección del viento se invierte desde tierra hacia el mar (CSA Group, Inc., 2001).

La estación para medir la dirección e intensidad del viento más cercana a la RNCEN utilizada como referencia en la región, se encuentra a aproximadamente 6.2 millas (10 km) al sureste de sus límites, en los predios de la antigua Base Naval Roosevelt Roads en el municipio de Ceiba. De acuerdo a los datos obtenidos, la dirección prevaleciente del viento es del este.

**FIGURA 2.3**  
**ROSA DEL VIENTO – DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDAD Y DIRECCIÓN**  
**DEL VIENTO EN POR CIENTOS, EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE LA**  
**ANTIGUA BASE ROOSEVELT ROADS EN CEIBA**  
(Fuente: CSA Group, Inc., 2001)



#### **2.2.4 Calidad del Aire**

La calidad del aire en Puerto Rico es determinada por la velocidad y dirección prevaleciente de los vientos alisios y, la intensidad y frecuencia de varios fenómenos naturales, principalmente aquellos asociados al particulado producido por nubes de polvo del desierto del Sahara que llegan hasta la región del Caribe, así como por cenizas de origen volcánico, tales como las del Volcán Soufriere en la isla de Montserrat, localizada en las Antillas Menores. Sin embargo, la calidad del aire de la Isla es afectada de forma más persistente por las emisiones relacionadas a diversas actividades de origen humano (Junta de Calidad Ambiental [JCA], 2007).

La JCA, a través de una red de estaciones de monitoreo, ha estado evaluando la calidad de aire en Puerto Rico desde el año 1974. El monóxido de carbono (CO), el bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), el bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), el ozono (O<sub>3</sub>), la materia particulada (PM<sub>10</sub>), y la materia particulada fina (PM<sub>2.5</sub>) son los contaminantes considerados bajo los criterios pertenecientes a los Estándares Nacionales de Calidad del Aire Ambiental (NAAQS, por sus siglas en inglés) establecidos por la Agencia Federal de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) y que son medidos por dicha red. La estación de monitoreo fija más cercana a la RNCEN se encuentra ubicada a aproximadamente 1.5 millas (2.4 km) al este-noreste de su extremo oriental, en el Faro de Fajardo (Estación JCA-22). Esta estación toma muestras de materia particulada (PM<sub>10</sub>) y materia particulada fina (PM<sub>2.5</sub>) (JCA, 2007).

La materia particulada corresponde a partículas sólidas o suspendidas en el aire con un tamaño de hasta 10 micrones, tales como el polvo y hollín, entre otras, producidas generalmente por fuentes como vehículos de motor, incendios, procesos industriales y cenizas volcánicas. Estas pueden producir síntomas como asma, irritación de los ojos, nariz y garganta. La materia particulada fina es aquella con un tamaño menor o igual a 2.5 micrones.

Los NAAQS establecen que las concentraciones de PM<sub>10</sub> no deben rebasar los 150 µg/m<sup>3</sup> de aire para 24 horas de exposición y el promedio anual aritmético no debe pasar de 50 µg/m<sup>3</sup>. Los datos para la Estación JCA-22 reflejan que para el periodo

entre los años 2003 al 2006 no se excedió el estándar nacional para el criterio PM<sub>10</sub> (JCA, 2007; JCA, 2004).

**TABLA 2.4**  
**PROMEDIO ANUAL ARITMÉTICO (PAA) Y PROMEDIO EN 24 HORAS (P24)**  
**REPORTADOS EN LA ESTACIÓN JCA-22 (FAJARDO) PARA EL**  
**PARÁMETRO DE PM<sub>10</sub> ENTRE LOS AÑOS 2003 AL 2006**

ESTACIÓN JCA-22 PM <sub>10</sub>	Límite Permitido	AÑOS			
		2003	2004	2005	2006
PAA (µg/m <sup>3</sup> )	50	23.0	23.0	22.0	28.1
P24 (µg/m <sup>3</sup> )	150	81	78	78	84

Los NAAQS establecen que las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> no deben rebasar los 35 µg/m<sup>3</sup> de aire para 24 horas de exposición y el promedio anual aritmético no debe pasar de 15 µg/m<sup>3</sup>. Los datos para la Estación JCA-22 reflejan que para el periodo entre los años 2003 al 2006 no se excedió el estándar nacional para el criterio PM<sub>2.5</sub> (JCA, 2007; JCA, 2004).

**TABLA 2.5**  
**PROMEDIO ANUAL ARITMÉTICO (PAA) Y PROMEDIO EN 24 HORAS (P24)**  
**REPORTADOS EN LA ESTACIÓN JCA-22 (FAJARDO) PARA EL**  
**PARÁMETRO DE PM<sub>2.5</sub> ENTRE LOS AÑOS 2003 AL 2006**

ESTACIÓN JCA-22 PM <sub>2.5</sub>	Límite Permitido	AÑOS			
		2003	2004	2005	2006
PAA (µg/m <sup>3</sup> )	15	4.93	4.35	4.63	4.63
P24 (µg/m <sup>3</sup> )	35	16.2	16.2	22.3	22.3

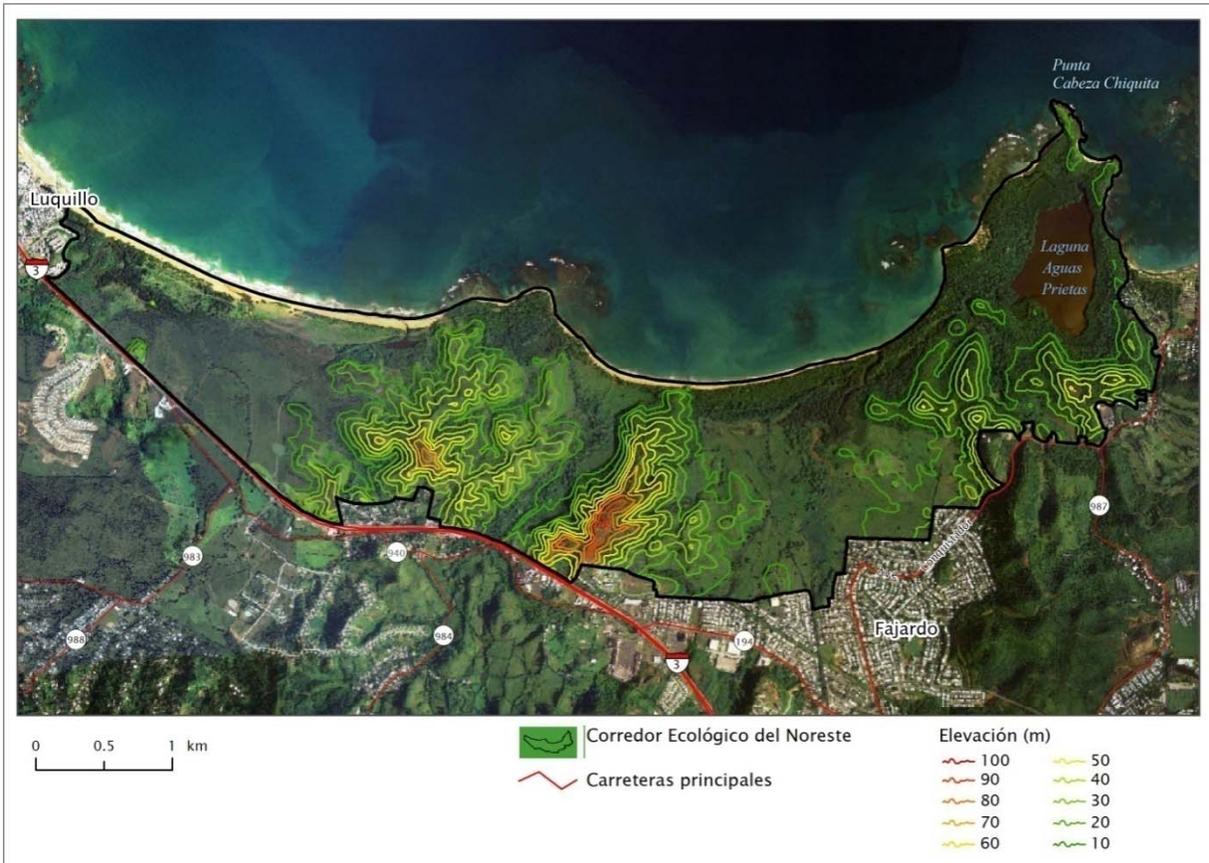
## 2.3 GEOGRAFÍA

En Puerto Rico se han identificado tres regiones geomorfológicas principales: el interior montañoso, los llanos costeros y la zona del karso norteño. El interior montañoso central es la formación más extensa de la Isla y se compone de la Cordillera Central, la Sierra de Cayey y la Sierra de Luquillo. En esta región hay extensas formaciones de rocas volcánicas antiguas, tales como las encontradas en la zona de San Lorenzo y Utuado, así como en los valles interiores de Caguas, Cidra y Cayey. Los llanos costeros, producto de la erosión y la deposición de material sedimentario transportada por los ríos, es la región de menor superficie. La región del karso se extiende principalmente a través del norte de la Isla, desde el municipio de Loíza hasta Aguadilla, y se caracteriza por la abundancia de mogotes, sumideros y cavernas. En el sur de la Isla también existe una zona discontinua de karso, así como varios afloramientos aislados en los municipios de Aguas Buenas, Las Marías, Comerío, Barranquitas y Cayey (López Marrero T. del M. y N. Villanueva Colón, 2006).

El área de la RNCEN pertenece en términos generales a la Sierra de Luquillo. El Corredor se caracteriza por una serie de llanos aluviales delimitados por varias colinas, las cuales constituyen la prolongación mas hacia el noreste de la Sierra de Luquillo en contacto con el mar (DRN, 1992). A partir del extremo oeste del Corredor, se extiende el llano inundable de los ríos Sabana y Pitahaya, de aproximadamente 1.3 millas (2.1 km) de largo. Este llano tiene una altura máxima de 16 pies (5 m) sobre el nivel del mar (snm) cerca al límite sur de la RNCEN. Inmediatamente al este del mismo comienzan una serie de lomas onduladas en los predios de las fincas San Miguel y Las Paulinas. El punto de mayor altura en esta zona es de cerca de 260 pies (80 m) snm. Continúa entonces hacia el este un estrecho valle formado por el Río Juan Martín. El mismo está restringido hacia el este por una colina de pendiente pronunciada, conocida originalmente como el Monte de los Magueyes, y actualmente como el monte de Las Paulinas. Este se extiende a todo lo ancho del Corredor hasta terminar en el mar como un promontorio. Este monte muestra la mayor elevación de toda la RNCEN, con alrededor de 328 pies (100 m) snm de altura. Continuando en dirección hacia Fajardo, la altura se reduce y la topografía vuelve a tornarse ondulada, hasta llegar al llano

inundable de la Quebrada Fajardo. A partir de donde se observan una serie de pequeñas colinas que varían entre aproximadamente 160 a 200 pies (50 a 60 m) snm de elevación y que delimitan el Corredor al pie de su ladera sur. Al norte de estas colinas se encuentra la Laguna Aguas Prietas.

**FIGURA 2.4**  
**RELIEVE TOPOGRÁFICO DE LA RNCEN**



El límite terrestre al norte del Corredor está formado por un sistema de dunas de arena de aproximadamente 10 a 15 pies (3 a 4.5 m) snm de altura, intersecadas por la desembocadura de los ríos Sabana, Pitahaya, Juan Martín y la Quebrada Fajardo. Al extremo noreste de la RNCEN se encuentra el promontorio rocoso conocido históricamente como Punta de San Diego, y actualmente como Cabeza Chiquita. La altura del mismo es de aproximadamente 65 pies (20 m) snm. En esta zona se puedan observar varias pozas mareales formadas por la erosión del mar sobre el sustrato rocoso. En el extremo noreste se hallan dos bolsillos de playa arenosa, nombradas en

conjunto como Playa Escondida o Playa Colorá. El litoral costero en el extremo este del Corredor forma parte de la ensenada conocida como *Seven Seas* o Ensenada Yeguas.

En términos generales, la línea de costa de la RNCEN tiene una extensión de aproximadamente 5.8 millas (25.4 km) de playas arenosas y 1.14 millas (1.8 km) de playas rocosas, para un total aproximado de 7 millas (11.3 km) de litoral costero. En algunos segmentos de esta zona, inmediatamente al norte de la playa La Selva, y al oeste de Cabeza Chiquita, pueden apreciarse formaciones de arrecifes de coral.

La RNCEN tiene un máximo de 1.5 millas (2.4 km) de ancho y un mínimo de 0.32 millas de ancho (0.51 km), en su área más estrecha. De este a oeste presenta una extensión lineal de 5 millas (8 km).

## 2.4 GEOLOGÍA

Puerto Rico es la más oriental del arco de islas volcánicas pertenecientes a las Antillas Mayores, con un record geológico que se extiende a través de aproximadamente 150 millones de años. La Isla consiste de rocas volcanoclásticas y silicoclásticas de origen volcánico, incluyendo rocas sedimentarias de entre el periodo Jurásico tardío hasta el Paleoceno y Eoceno, y rocas máficas intrusivas y rocas plutónicas félsicas del Cretácico tardío y el Terciario. Estas rocas están cubiertas en discordancia por rocas y sedimentos del Oligoceno (Krushensky, R. D. and J. H. Schellekens, 1998).

En términos generales, las rocas se pueden dividir en dos grupos grandes de formaciones: las de origen volcánico y las de origen sedimentario. Las rocas volcánicas extrusivas, formadas por depósitos de lava y cenizas, se concentran en el interior de la Isla. Las formaciones de rocas volcánicas intrusivas (que se enfriaron bajo la superficie) aparecen en áreas de menor extensión localizadas en el sureste, en el interior montañoso de Vieques, y en sectores de la zona central y occidental de la Cordillera Central. Las calcáreas o calizas, son rocas sedimentarias que se encuentran en los llanos costeros del norte y del sur debido a que se formaron bajo el mar (López Marrero T. del M. y N. Villanueva Colón, 2006).

Las rocas que afloran en la RNCEN pertenecen principalmente a la Formación Fajardo, a la Formación Tabonuco y a los sedimentos y rocas sedimentarias del periodo Cuaternario. Incluye también un afloramiento menor de la Formación Hato Puerco. Las rocas pertenecientes a la Formación Fajardo están compuestas mayormente de areniscas y limonita, tobas y brechas. La Formación Tabonuco, en tanto, está compuesta de limonita y arenisca calcárea estratificada con lodosita y brecha. Las rocas sedimentarias y sedimentos se subdividen en aluvión en la llanura de inundación, depósitos de playa, depósitos de pantano, depósitos en pantano de mangle y relleno artificial. El aluvión está compuesto mayormente de arena, grava y arcilla no consolidada en estratos que varían horizontal y verticalmente en su granulometría. La composición de los depósitos de playa varía desde arena de grano grueso hasta arena de grano fino que a veces contiene fragmentos grandes de rocas volcánicas. Las arenas están compuestas mayormente de carbonato de calcio. Los depósitos de pantano están compuestos de limo y arcillas con un alto contenido orgánico, con trazas de arena y saturados de agua. Los depósitos en pantanos de mangle se componen de lodo limoso y arenoso, saturado de agua, y con un alto contenido orgánico. También se encuentran limos y arcillas en áreas adyacentes al aluvión (CSA Group, Inc., 2001).

De acuerdo al Mapa Geológico del área de Fajardo preparado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) (Briggs, R.P., and E. Aguilar-Cortes, 1980) las siguientes unidades geológicas están presentes en la RNCEN:

Kftu – Formación Fajardo: De edad Albiana, esta es la unidad compuesta de estratos gruesos de tobas meteorizadas inter-estratificadas con brechas tobáceas masivas de 33 pies (de 3 m hasta 10 m) de espesor. Tobas cristalinas son predominantes, pero clastos de andesita son comunes. Las partes superiores de la unidad incluyen alguna piedra pómez y cenizas rojizas. Capas esparcidas de cienos calcáreos existen. Los clastos de brechas son andesíticos en composición y son raramente mayores de 10 centímetros en tamaño. Espesor entre 800 y 1,100 m (2,600-3,600 pies).

Kfsu – Formación Fajardo: De edad Albiana. Esta unidad se compone de estratos finos de cieno tobáceo y arenisca. Los estratos son de entre 3 y 30 centímetros de espesor.

Existen algunas capas calcáreas cerca del tope de la unidad. La deformación distorsionada es común. Se meteoriza en un suelo color marrón-amarillento de textura bloqueada. Espesor de la unidad de 170 a 250 m (560 a 820 pies).

Kt – Formación Tabonuco: De Edad Albiana. Es una unidad de toba calcárea, compuesta de arenisca inter-estratificada con arcillas calcáreas y brechas. Estas brechas están compuestas mayormente de fragmentos de cienos calcáreos en una matriz de arenas calcáreas. Algunas partes contienen fragmentos volcánicos de hasta 15 m de diámetro. También existen lentes de brecha volcanoclástica meteorizada. En el tope de la formación existen algunos flujos de lava. Espesor entre 800 a 1,000 m (2,600 a 3,280 pies).

Ktl – Formación Tabonuco: De Edad Albiana. Lava de almohadilla andesítica con escasos y pequeños fenocristales plagioclásticos. Solamente aflora en el área de Cabeza Chiquita.

Khp – Formación Hato Puerco: Brecha – Principalmente brecha volcanoclástica; en los afloramientos en la región noreste se encuentra principalmente en forma de brecha de origen volcánico, y de arenisca volcánica y arcilla calcárea subordinada en estratos que van de finas a gruesas. En el área de las Cabezas de San Juan, se compone de brecha volcanoclástica en transición hacia toba, brecha tofácea y estratos finos de arenisca tofácea. Entre 360 a 400 m (1,180 a 1312 pies) de espesor.

TKd – Diques de Diorita: De Edad Terciaria y Cretácica. Roca intrusiva de cristales de tamaño fino a grueso, comúnmente hornablenda porfirítica y diorita.

Qc – Arrecifes: De Edad Holocena. Mayormente son corales y algas coralinas bajo arena cerca de la costa. Cuando la marea está alta, se encuentra en etapa submarina.

Qsm – Depósitos de Mangles Pantanosos: Del Holoceno. Compuestos mayormente de arcillas arenosas limosas que contienen material orgánico. Incluye arcillas y cienos cuando está cerca de depósitos aluviales o roca meteorizada. Saturados de agua salada. Característico con mangle rojo (*Rhizophora mangle*). Espesor aproximado de 2 m (6 pies).

Qs – Depósitos de Pantano: Del Holoceno. Arcillas y cienos con alto contenido de material orgánico, comúnmente saturados de agua, conteniendo algunos granos de arena. Espesor de 2 a 5 m (<16 pies), aproximadamente.

Qt – Depósitos de Terraza: Del Holoceno y Pleistoceno. Arenas, gravas y arcillas, poco a moderadamente sorteadas, mayormente en los márgenes de los valles aluviales y a una altura superior al nivel de inundaciones modernas. Localmente, componentes gruesos en terrazas altas se han meteorizado en arcillas. Espesor entre 2 a 6 m (6 a 20 pies).

Qb – Depósitos de Playa: De Edad Holocena. Arenas que contienen pedazos de rocas volcánicas, no divididas, espesas y de poco a moderadamente sorteados. Compuestos mayormente de carbonato de calcio. Espesor entre 2 a 6 m (6 a 20 pies).

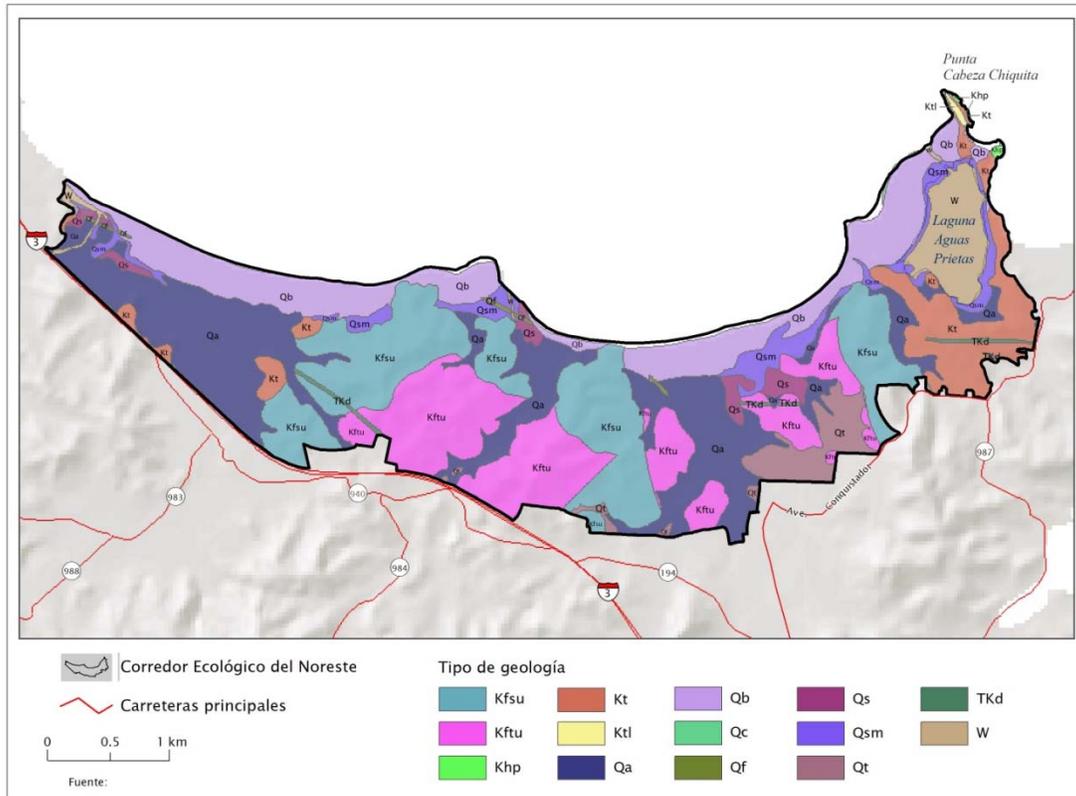
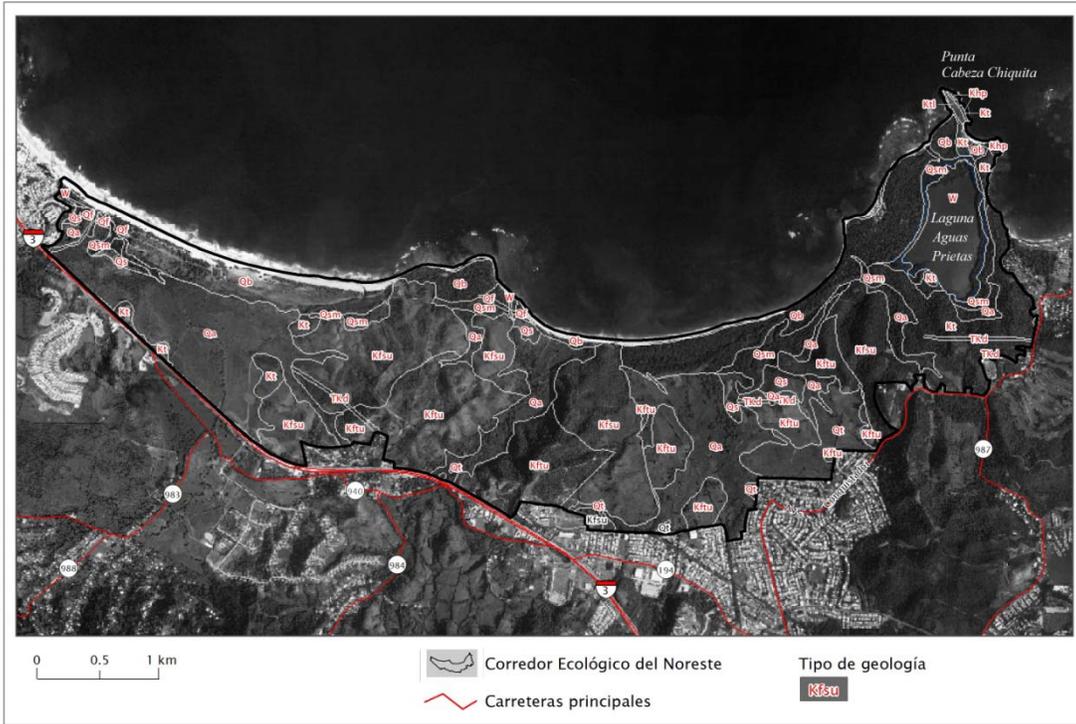
Qa- Aluvión de Planicies de Inundación: De Edad Holocena. Se compone mayormente de arenas, gravas y arcillas no consolidadas, es moderadamente sorteado y comúnmente estratificado y de gran espesor. Está localizado en valles de ríos y quebradas y cerca de áreas montañosas y se compone de peñas, de hasta 3 m en diámetro y arena. Puede tener hasta 35 m (115 pies) de espesor.

Qf – Relleno artificial: De Edad Holocena. Se compone mayormente de arena, arcilla y fragmentos de coral en o cerca de la costa. En otras partes, compuesto de tierra heterogénea y pedazos de roca. Su espesor está entre 2 y 12 m (6-39 pies).

**TABLA 2.6**  
**ÁREA COMPRENDIDA POR LAS DIFERENTES**  
**FORMACIONES GEOLÓGICAS EXISTENTES EN LA RNCEN**

<b>FORMACIONES GEOLÓGICAS</b>	<b>ÁREA (cuerdas)</b>	<b>% del CEN</b>
Formación Fajardo (Kftu)	511.1	16.8
Formación Fajardo (Kfsu)	626.6	20.6
Formación Tabonuco (Kt)	240.4	7.9
Formación Tabonuco (Ktl)	3.4	0.1
Formación Hato Puerco (Khp)	3.8	0.1
Diques de Diorita (TKd)	15.9	0.5
Arrecifes (Qc)	3.2	0.1
Depósitos de Mangles Pantanosos (Qsm)	142.9	4.7
Depósitos de Pantano (Qs)	54.0	1.8
Depósitos de Terraza (Qt)	111.1	3.7
Depósitos de Playa (Qb)	456.4	15.0
Aluvión de Planicies de Inundación (Qa)	722.6	23.8
Relleno Artificial (Qf)	12.0	0.2
Agua (W)	135.8	4.5
<b>Total:</b>	~3039.2	~100

**FIGURA 2.5  
MAPAS GEOLÓGICOS DE LA RNCEN**



## 2.5 SUELOS

Los suelos en Puerto Rico son variados e incluyen tipos o series diversas dependiendo de su ubicación en las diferentes regiones de la Isla. Existen más de 352 tipos de suelos y 115 series en la Isla. Las series más importantes han sido identificadas y segregadas en 11 grupos que proveen una visión general de las características del suelo. Esta agrupación también permite segregar los suelos de las regiones húmedas y sub-húmedas y los suelos de las regiones áridas y semi-áridas (DRNA, 2004b). Las siguientes asociaciones principales de suelos han sido identificadas en la RNCEN (DRNA, 1998):

Asociación Cataño-Aguadilla: Estos suelos son profundos, excesivamente drenados y de declives suaves. Esta asociación consiste de suelos formados por la mezcla de fragmentos de conchas y material volcánico y granos de arena de cuarzo.

Asociación Coloso-Toa-Bajura: Se compone de suelos casi nivelados con una capa de sedimentos de fina a moderada textura. Son suelos orgánicos profundos. Ocupan planicies inundables a lo largo de los ríos. Constituyen los mejores suelos para la agricultura y para muchas clases de cultivos, siempre y cuando no estén sujetos a inundaciones periódicas.

Asociación Caguabo-Múcara-Naranjito: Los suelos de esta asociación son de moderado a poco profundos, de buen drenaje, y en las alturas volcánicas, de inclinado a muy escarpado. Estos suelos se formaron de material residual producto del desgaste de la roca volcánica. Sus inclinaciones y características escarpadas, el peligro de erosión y la profundidad a la roca son las limitaciones principales para la agricultura y para usos urbanos y recreativos.

En el año 1977, el Servicio de Conservación de Recursos Naturales (antes Servicio de Conservación de Suelos) del Departamento de Agricultura Federal publicó el Catastro de Suelos para la Región Este de Puerto Rico, con el fin primordial de describir las características de los suelos en esta área según su utilidad para la agricultura y sus propiedades mecánicas como material o agregado para la construcción, así como su adecuación para la ubicación de estructuras (Boccheciamp, R. A., 1977). Las

siguientes series y tipos de suelo han sido identificadas en la RNCEN (Estudios Científicos y Técnicos, 2004; CSA Group, Inc., 2001; Molina Méndez, J. A., 1993; Boccheciamp, R. A., 1977):

Caguabo arcilloso-lómico (CbF2): La serie Caguabo consiste de suelos pocos profundos, de buen drenaje y de permeabilidad moderada en laderas de 20 a 60% de inclinación y topes de áreas volcánicas. Estos suelos se formaron de la meteorización de rocas volcánicas básicas de textura moderadamente fina. Este suelo tiene una capacidad de retención de agua moderada debido a su poca profundidad. El potencial de expansión es alto debido a su elevado contenido de arcillas expansibles. La fertilidad natural de estos suelos es mediana. El escurrimiento es rápido y la erosión es un peligro. Su uso está restringido mayormente a pastoreo o hábitculos de vida silvestre. El declive, el escurrimiento, erosión pasada, el alto potencial erosivo y la poca profundidad a la roca son limitaciones.

Cataño lómico-arenoso (Cf): La serie Cataño consiste de suelos profundos de drenaje excesivo, con pendientes de 0 a 2%, que son calcáreos y de una permeabilidad rápida, localizados cerca al mar pero sin ser cubiertos por la marea alta. Se han formado de materiales arenosos que consisten de fragmentos de caracoles, granos de cuarzo y fragmentos redondeados de roca volcánica. Estos suelos tienen una baja capacidad de retención de agua, bajo potencial de expansión y baja fertilidad natural. Este suelo no es adecuado para siembra debido a su baja capacidad de retención de agua, permeabilidad rápida y baja fertilidad.

Playa costera (Cm): Estos suelos consisten de franjas estrechas de arena de playa a lo largo de las costas. Estas arenas ocupan terrenos con pendientes de 0 a 2%, con algunas escarpas arenosas y dunas formadas por el batir de las olas sobre las playas. La profundidad al agua salada es variable. Las arenas, que son calcáreas, contienen numerosos fragmentos de caracoles, corales y conchas. Estos no son aptos para uso agrícola. La mayor parte de las áreas no tienen vegetación excepto algunas palmas de coco, uva playera y bejuco de playa.

Coloso limo-arcilloso-lómico (Co): La serie Coloso consiste de suelos profundos, de poco drenaje, con pendientes de 0 a 2%, que son ligeramente ácidos y

moderadamente permeables en los llanos inundables de los ríos que desaguan las alturas volcánicas. Se han formado en materiales aluviales que consisten en depósitos recientes de limo y arcilla. La profundidad al nivel freático fluctúa entre 24 a 48 pulgadas (61-121 cm). La capacidad de retención de agua de estos suelos es alta, la fertilidad natural también es alta y tienen un potencial de expansión moderado. La susceptibilidad a inundaciones, poca permeabilidad y el nivel freático alto son limitaciones moderadas a las actividades agrícolas.

Descalabrado arcilloso-lómico (DeE2): La serie Descalabrado se encuentra en las laderas de montañas y la cima de las lomas en las áreas mesofíticas semiáridas de origen volcánico, en pendientes de entre 20 a 40%. Incluidos con este suelo se pueden encontrar algunas áreas pequeñas de suelos Guayama y zonas rocosas. Pendientes empinadas, poco profundas, cercano a la roca madre, altamente susceptibles a la erosión y escorrentías rápidas. Muestra un severo potencial de erosión, lo que constituye un factor limitante serio para el uso agrícola. El uso de este suelo está limitado a pastos ganaderos, vida silvestre y cubierta vegetal.

Descalabrado rocoso (DrF): Este suelo de la serie Descalabrado se encuentra en laderas de las montañas y en el tope de las cordilleras en las áreas mesofíticas semiáridas de origen volcánico. El suelo Descalabrado y las tierras rocosas están entremezclados en una forma tan estrecha que resulta muy difícil separar estos suelos uno del otro. El suelo Descalabrado constituye entre el 80 al 85% de su composición, mientras que el suelo rocoso representa el restante. Estos suelos, por ocurrir en áreas escarpadas, y por ser poco profundos y rocosos, tiene muchas limitaciones para su uso agrícola. Su utilidad principal es para pastos ganaderos, vida silvestre y vegetación silvestre.

Fajardo arcilloso (FaC): La serie Fajardo consiste de suelos profundos que tienen poco drenaje y permeabilidad lenta. Estos suelos se forman en sedimentos finos de origen mixto. Se inundan frecuentemente, y estacionalmente tienen un nivel freático alto, por lo que tiene limitaciones moderadas para la agricultura.

Fajardo arcilloso (FaC2): La serie Fajardo consiste de suelos profundos pobremente drenados y de baja permeabilidad. Estos suelos se forman en sedimentos finos de

origen mixto. Ocupan los abanicos de aluvión y las terrazas. Las pendientes tienen de 2 a 10%. Estos suelos tienen una gran capacidad de retención de agua, un alto potencial expansivo y una fertilidad natural mediana. La escorrentía es lenta y debido a su textura arcillosa son difíciles de trabajar. Requiere de prácticas de conservación de suelos para reducir el potencial de erosión.

Fraternidad arcillosa (FrB): Estos suelos se encuentran presentes en las terrazas de los llanos costeros con pendientes de entre 2 a 5%. Se pueden encontrar en conjunto con afloramientos pequeños de suelos Paso Seco. Tienen baja permeabilidad, y ocurren generalmente en lugares de poca precipitación, por lo que junto a su declive, son difíciles de trabajar para la agricultura.

Jacana arcillosa (JaC2): Estos suelos se encuentran al pie de las laderas y en pequeñas colinas en zonas semiáridas con pendientes de entre 5 a 12%. Puede incluir pequeños afloramientos de suelos Descalabrado. Este suelo tiene limitaciones severas para ser utilizado con fines agrícolas debido a pendientes moderadas y la amenaza de erosión. Es apropiado para pastos.

Terreno Llano arcilloso (Lc): Suelos arcillosos con diferente plasticidad y mineralogía que han sido perturbados y aplanados para la construcción, y que debido al grado de manipulación, es prácticamente imposible identificarlos.

Mabi arcilloso (MaD2): La serie Mabi se caracteriza por suelos profundos con poco drenaje y poco permeables. Se forman por sedimentos derivados de rocas volcánicas en la base de las lomas y colinas. Las pendientes, el peligro a la erosión y lo trabajoso de su cultivo son limitaciones severas para la agricultura.

Sabana limo-arcilloso-lómicico (SaE2, SaF2): La serie Sabana consiste de suelos poco profundos, con buen drenaje y de permeabilidad moderada, localizados principalmente en laderas con pendientes de entre 20 a 60% y en los topes de montañas. Estos suelos se han formado de residuos de textura fina de rocas volcánicas básicas. En estos suelos la erosión ha removido parte de la capa superficial y en algunas áreas el subsuelo está expuesto. Estos suelos tienen una moderada capacidad de retención de agua, un potencial de expansión moderado y la escorrentía es rápida. Estos suelos tienen unas limitaciones severas para la agricultura debido a las altas pendientes, los

peligros de erosión, la escorrentía rápida que genera y la poca profundidad a la que se encuentra la capa rocosa.

Marismas (Ts): Estos suelos se encuentran en áreas que están cubiertos por una vegetación espesa de árboles de mangle. Estas áreas están a lo largo de las costas y en ensenadas. La mayor parte del tiempo están cubiertos por agua salada o salobre. Los suelos son de color claro, salino, arenoso o arcilloso y con alto contenido de materia orgánica poco descompuesta. El material subyacente a profundidades variables consiste de corales, conchas y marga. Este tipo de suelo no tiene aptitud para uso agrícola.

Toa limo-arcilloso-lómico (Tt): La serie Toa consiste de suelos profundos ligeramente ácidos, moderadamente drenados y de permeabilidad moderada. Estos suelos están en los llanos inundables a lo largo de los ríos. Se han formado sedimentos aluviales estratificados, de textura moderadamente fina y fina, lavados de los montes volcánicos. El declive varía entre 0 a 2%. Estos suelos son altamente productivos, tienen moderada capacidad de retención de agua, alta fertilidad natural y son fáciles de trabajar.

Vega Alta limo-arcilloso-lómico (VeB): Estos suelos se encuentran en áreas húmedas de llanuras costeras y terrazas. Son suelos profundos, de buen drenaje, moderadamente permeables. Se encuentran generalmente en pendientes de entre 2 a 5%. La escorrentía es lenta a mediana. Tiene limitaciones moderadas para la agricultura debido a problemas de erosión y declive.

Vega Alta limo-arcilloso-lómico (VeC): Estos suelos se hallan en los llanos y terrazas costeras. Incluye pequeños afloramientos de suelos pertenecientes a las series Fajardo y Vega Baja. Tiene limitaciones moderadas para la agricultura debido a que se encuentran en pendientes de entre 5 a 12%, por lo que pueden sufrir de erosión.

Terreno Aluvial Húmedo (Wa): Estos suelos se encuentran en depresiones en los llanos inundables de los ríos y quebradas. El nivel freático se encuentra en o cerca de la superficie la mayor parte del año. Durante el periodo de lluvia estos suelos se encuentran cubiertos de agua. Debido al alto nivel freático, que causa condiciones casi

permanentes de inundación, estos suelos no son adecuados para actividades agrícolas.

Yunes limo-arcilloso-lómico (YuF2): La serie Yunes consiste de suelos poco profundos que tiene buen drenaje, son bien ácidos y tiene permeabilidad moderada. Estos suelos se formaron de residuos bien gravosos de esquistos sedimentarios. Se encuentran en las laderas y topes de montes altamente disectados con pendientes de 20 a 60%. Estos suelos tienen baja capacidad de retención de agua, alto potencial de erosión y son difíciles de trabajar. Dadas estas condiciones no se recomiendan para uso agrícola.

El lecho de la Laguna Aguas Prietas, ubicada en el extremo noreste de la RNCEN, tiene una composición granulométrica con una mayor proporción de arena (24.78%) y cieno (29.87%) en su sección central norte, mientras que la mayor proporción de arcilla (71.43%) y materia orgánica (31.3%) se halla en su mitad sur (Negrón González, L., 1986).

El riesgo a deslizamientos en las lomas y colinas halladas en la RNCEN es moderado, aún cuando varias de las series de suelos encontradas en el área poseen características favorables hacia este tipo de movimiento de terreno. Las pendientes en la RNCEN pueden considerarse estables, sin embargo, siempre y cuando no se realicen cortes en el terreno o actividades de remoción de la capa vegetal que puedan provocar erosión y eventualmente el deslizamiento del terreno (Monroe, W. H., 1979).

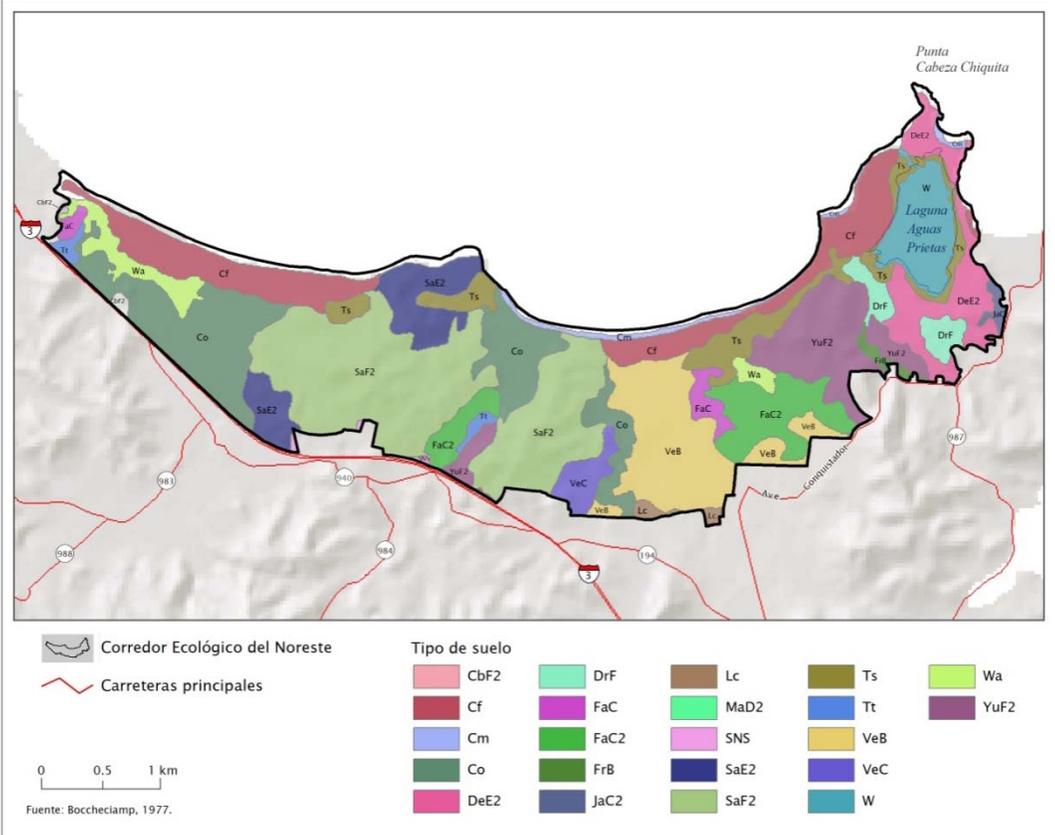
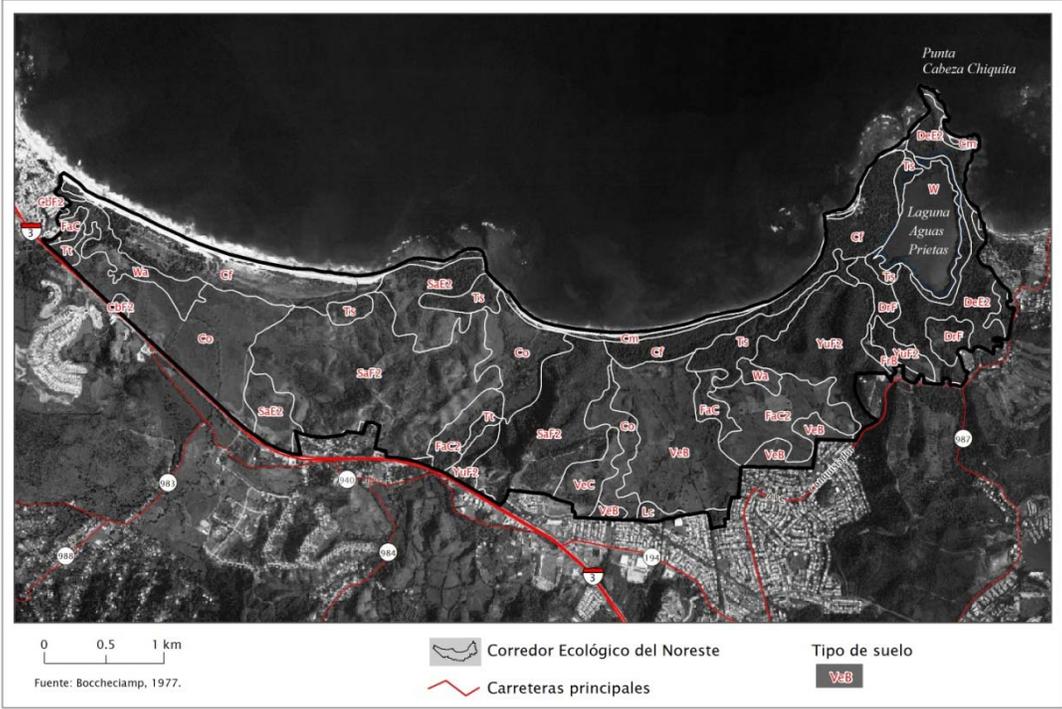
Las series Fajardo, Fraternidad, Jacana, Mabí y Sabana son suelos con una gran susceptibilidad o potencial a la expansión, por lo que no son convenientes para la construcción de cimientos y la ubicación de estructuras permanentes (Boccheciamp, R. A., 1977). Aquellos suelos con una composición arenosa significativa, tales como los de la serie Cataño y Playa Costera, son susceptibles a la licuación, principalmente si se encuentran en la zona del llano costero donde el nivel freático se encuentra cerca de la superficie.

**TABLA 2.7**  
**ÁREA COMPRENDIDA POR LOS DIFERENTES**  
**TIPOS DE SUELO EXISTENTES EN LA RNCEN**

TIPOS DE SUELO	AREA (cuerdas)	% del CEN
Caguabo arcilloso-lómico (CbF2)	6.7	0.2
Cataño lómico-arenoso (Cf)	325.3	10.9
Playa costera (Cm)	31.3	1.1
Coloso limo-arcilloso-lómico (Co)	390.1	13.1
Descalabrado arcilloso-lómico (DeE2)	165.5	5.5
Descalabrado rocoso (DrF)	54.3	1.8
Fajardo arcilloso (FaC)	36.6	1.2
Fajardo arciloso (FaC2)	171.0	5.7
Fraternidad arcillosa (FrB)	15.0	0.5
Jacana arcillosa (JaC2)	12.1	0.4
Terreno llano arcilloso (Lc)	15.7	0.5
Mabi arcilloso (MaD2)	1.3	0.04
Suelo no estudiado (SNS)	6.1	0.2
Sabana limo-arcilloso-lómico (SaE2, SaF2)	805.9	27.0
Marismas (Ts)	166.3	5.6
Toa limo-arcilloso-lómico (Tt)	19.8	0.7
Vega Alta limo-arcilloso-lómico (VeB)	285.1	10.0
Vega Alta limo-arcilloso-lómico (VeC)	46.6	1.6

<b>TIPOS DE SUELO</b>	<b>AREA (cuerdas)</b>	<b>% del CEN</b>
Agua (W)	127.3	4.3
Terreno Aluvial Húmedo (Wa)	78.3	2.6
Yunes limo-arcilloso-lómico (YuF2)	222.8	7.5
<b>Total:</b>	~2,983	~100

**FIGURA 2.6  
MAPAS DE SUELOS DE LA RNCEN**



## 2.6 HIDROLOGÍA

Puerto Rico cuenta con 224 ríos y 553 quebradas identificadas con nombres. Muchas de estas corrientes son tributarios de cerca de 54 ríos que descargan al litoral costero, así como de un número adicional de quebradas que descargan al mar (JCA, 2007). Todas estas corrientes se encuentran dentro de 134 cuencas hidrográficas de tamaño y complejidad diversa, incluyendo áreas de drenaje poco definidas en la región caliza y la región costera. Las cuencas principales incluyen áreas en las tres cadenas de montañas que se levantan en la Isla de oeste a este, incluyendo la Cordillera Central, la Sierra de Cayey y la Sierra de Luquillo. Esta última es la extensión oriental de la Cordillera Central, formando una divisoria entre Juncos y Canóvanas que se extiende hasta Fajardo. La lluvia es copiosa en esta cadena de montañas, resultando en escorrentías que alimentan cientos de quebradas y ríos que descienden hacia valles costaneros formados por aluvión y depósitos marinos, incluyendo calizos. Estos depósitos en los valles costaneros han formado acuíferos de importancia en las regiones norte y sur, alimentados por la escorrentía que se infiltra al subsuelo en las laderas de las montañas y los canales de los ríos. Los acuíferos de mayor extensión en la Isla encuentran localizados en el norte de la Isla como parte de la zona kárstica.

Todas las cuencas hidrográficas en Puerto Rico experimentan generalmente períodos de poca precipitación o estiaje en comparación con el promedio anual, durante los meses entre enero a abril, y en ocasiones extendiéndose hasta julio y agosto. Esto resulta en una reducción significativa en los flujos promedio de los ríos, lo que tiene consecuencias a su vez sobre el volumen de agua que se infiltra hacia los acuíferos (DRNA, 2004b).

El agua dulce de los ríos y quebradas se mezcla con el agua salada de mar en su trayecto final hacia el mar. Esta zona de mezcla, conocida como estuario, suele estar en la desembocadura de los ríos y en las lagunas costeras, donde tienen influencia las mareas, el oleaje o la infiltración de agua de mar, aún cuando no haya una conexión permanente con el océano. La desembocadura de la mayoría de los ríos y quebradas en Puerto Rico suele estar cerrada con frecuencia y separada del mar por una berma

de arena depositada por la acción del oleaje, la cual se abre en periodos de lluvia (DRNA, 2004b).

En Puerto Rico, Vieques y Culebra existen 35 lagunas naturales principales, con un área superficial mayor de 10 cds (5 ha) y cientos de lagunas y charcas menores. Las lagunas naturales se encuentran principalmente en las costas, en zonas bajo la influencia de las mareas y la intrusión salina, por lo que las aguas que contienen son salobres, con concentraciones de sales marinas variables. Algunas, como la Laguna Tortuguero, reciben descargas considerables de agua dulce proveniente de numerosos manantiales localizados en su lecho.

La calidad de los cuerpos de agua superficiales en Puerto Rico es determinada por la JCA. Esta agencia cuenta con una red de 57 estaciones permanentes que miden la calidad de agua superficial de 26 cuencas hidrológicas en Puerto Rico. En aquellos ríos, quebradas y lagunas donde no existen estaciones de muestreo, la JCA evalúa su calidad basándose en inspecciones realizadas por personal técnico de la agencia, querellas de ciudadanos, inventarios de fuentes potenciales de contaminación, informes de mortandad de peces, incidentes de derrames de sustancias peligrosas y una evaluación de cumplimiento con los distintos permisos otorgados por ésta y la EPA. En estos casos donde no existen estaciones de monitoreo, la JCA identifica a todo aquel cuerpo de agua como uno en cumplimiento con los usos designados cuando la fuente de contaminación potencial no revela ningún tipo de violación o si la naturaleza de la fuente identificada cerca del cuerpo de agua no representa una amenaza directa a los usos designados (CSA Group, Inc., 2001).

Es necesario destacar que es política pública del ELAPR conservar y proteger aquellos usos existentes y designados de los cuerpos de agua de Puerto Rico, y con ello la calidad de agua necesaria para proteger estos usos. En aquellos sitios donde existan aguas de alta calidad que constituyan un recurso excepcional, tal como las aguas del Bosque Nacional El Yunque y bosques estatales, refugios de vida silvestre y aguas de valor excepcional recreativo o ecológico, esa calidad de agua será conservada y protegida (JCA, 2003).

### **2.6.1 Ríos y Quebradas**

A través de la RNCEN discurren los ríos Sabana, Pitahaya y Juan Martín, la Quebrada Fajardo, y la Quebrada Aguas Prietas, que desemboca eventualmente en la Laguna Aguas Prietas, en el extremo oriental de la Reserva Natural. Con excepción de esta última quebrada, todas las demás corrientes se originan en la Sierra de Luquillo. Los ríos Sabana y Pitahaya tienen su nacimiento propiamente en terrenos del Bosque Nacional El Yunque. Todos estos cuerpos de agua tienen un patrón de drenaje dendrítico, cuentan con cuencas relativamente cortas y escarpadas y desembocan finalmente hacia el norte en el Océano Atlántico.

La calidad del agua de estas corrientes no ha sido muestreada con regularidad ni de forma comprensiva, por lo que la información existente sobre su condición actual y tendencias históricas es bastante limitada. Aún así, los datos disponibles junto a los patrones en el uso del suelo, son dos factores que ayudan a proveer una idea general sobre la calidad de las aguas en estos ríos y quebradas. Los estudios realizados hasta el momento, por ejemplo, han evidenciado una relación inversa entre la altura y la temperatura de las aguas. Este patrón es uno típico de los ríos en general y está asociado a una disminución en la temperatura del aire a mayores elevaciones. El espesor o desarrollo de la vegetación en la ribera de los ríos también tiene efectos sobre este patrón, ya que la sombra de los árboles tiende a reducir aún más la temperatura de las aguas. Es normal observar también una mayor concentración de oxígeno disuelto a mayores elevaciones debido a la turbulencia y caída de las aguas en los segmentos más escarpados y rocosos de los ríos, lo que provoca una mayor aeración en comparación a la forma en que fluyen las aguas a través de los llanos costeros. Sin embargo, cuando la desembocadura de los ríos y quebradas está abierta al mar, el efecto del oleaje puede aumentar nuevamente la concentración de oxígeno disuelto en las aguas (CSA Group, Inc., 2001a).

**FIGURA 2.7**  
**MAPA HIDROLÓGICO DE LA RNCEN**



### **Río Sabana**

El Río Sabana tiene una longitud de aproximadamente 8 millas (12.9 km) y su área de captación tiene una extensión de cerca de 7.2 mi<sup>2</sup> (18.65 km<sup>2</sup>). Tiene su origen en elevaciones cerca de los 1,900 pies (579 m) sobre el nivel del mar. Discurre primordialmente a través de áreas de bosque, pastos y zonas rurales, desembocando eventualmente en el extremo oeste de la RNCEN, a través de la finca San Miguel I (DRNA, 2004b). La cuenca de este río tiene aproximadamente un promedio de 7% de inclinación (CSA Group, Inc., 2001a).

El Río Sabana es la única corriente de agua de las que atraviesa el Corredor con una estación de aforo permanente para medir su caudal, localizada a aproximadamente 260 pies (80 m) sobre el nivel del mar (Estación 50067000). La misma ha sido operada de forma continua por el USGS desde octubre de 1979 (Figueroa Álamo, C., Aquino, Z.,

Guzmán Ríos, S., and A. V. Sánchez, 2006). Es necesario mencionar que el flujo de este río es afectado por una toma de agua operada por la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA) la cual extrae un promedio de 2,240 acres-pies por año (2.0 millones de galones diarios [MGD]). La toma de agua se encuentra a aproximadamente 1 milla (1.6 km) de distancia aguas arriba de la estación de aforo. La AAA también opera una planta de tratamiento de aguas sanitarias que descarga 958 acres-pies por año (0.86 MGD) de efluentes cerca de la desembocadura del río (DRNA, 2004b). Esta planta de tratamiento dejará de descargar al río, según programado, a partir de mediados del año 2008, cuando su efluente será desviado hacia la Planta de Alcantarillado Sanitario Regional de Fajardo.

De acuerdo a los datos de la estación de aforo, se estima que el Río Sabana tiene una descarga promedio anual neta hacia el mar de aproximadamente 36,840 acres-pies (32.9 MGD), equivalente a un flujo promedio de aproximadamente 1.44 metros cúbicos por segundo (m<sup>3</sup>s).

**TABLA 2.8**  
**DATOS HIDROLÓGICOS SOBRE LA CUENCA DEL RÍO SABANA**  
(Fuente: DRNA, 2004b)

<b>Componente Hidrológico</b>	<b>(acres-pies/año)</b>
Precipitación	45,300
Evapotranspiración	15,510
Flujo promedio anual	36,840
Flujo estiaje (90 días)	3,760
Flujo estiaje (150 días)	4,330
Descarga de agua subterránea al mar	500

La calidad del agua del Río Sabana ha sido estudiada de forma esporádica. Entre el 23 y 24 de marzo de 1994, USGS realizó un estudio cuyos datos indican que el Río Sabana mostraba señales serias de contaminación fecal, particularmente en su cuenca

alta, y en menor grado aguas abajo, mas no así en su segmento costero (Pérez Blair, F. and R. A., Carrasquillo Nieves, 1996). El estudio identificó además el punto de cero altitud, o hasta donde podría penetrar la cuña de agua salada en caso de que no hubiera ningún flujo de agua dulce, a aproximadamente 2,477 pies (755 m) de su desembocadura.

El USGS llevó a cabo un segundo estudio en el 1995, como parte de una evaluación sobre el potencial de extracción de agua subterránea en los acuíferos aluviales del noreste de la Isla (Pérez Blair, F., 1997). El muestreo tuvo lugar el 8 de febrero de 1995.

Entre los meses de junio, julio y agosto de 1998, se realizó otro estudio en el cual se muestreó diariamente la temperatura, pH, conductividad y oxígeno disuelto del agua en siete puntos del Río Sabana (Dinno, A. 2000). En este estudio se determinó que la conductividad promedio del agua del río aumentaba drásticamente aguas abajo del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Sanitarias de Luquillo debido, en particular, a esta descarga, así como a la penetración de la cuña del agua de mar. El pH en el segmento correspondiente al estuario del río fue menor al límite inferior establecido por los estándares de calidad de agua de la JCA (pH 7.3), aunque se desconoce si esto se debió a impactos por actividades humanas o a factores naturales. También se documentaron variaciones diurnas en las concentraciones promedio de oxígeno disuelto, temperatura y conductividad, lo que sugería actividad fotosintética en el río. Ocasionalmente, la concentración de oxígeno disuelto en el río durante el periodo de estudio bajó del límite reglamentario de 5 mg/L, aún a 1 km. de la costa. Estos datos sugieren que la descarga de nutrientes por parte del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Sanitarias de Luquillo estaba teniendo impactos negativos significativos sobre la calidad de agua en el estuario del Río Sabana, diferente a lo documentado por el USGS en marzo de 1994. Esta apreciación fue confirmada en ese entonces por el testimonio de varias personas que habían confrontado varias condiciones de salud (Ej. erupciones en la piel) luego de haber estado en contacto directo con las aguas en la desembocadura del río (Ej. *surfers*) (Dinno, 2000).

Entre el 18 y 19 de julio de 2005, y como parte del Estudio Integrado 305(b) y 303(d) realizado por la JCA, se llevó a cabo un muestreo sinóptico del Río Sabana. Los datos de esta evaluación evidenciaron niveles en exceso y en violación a los estándares de calidad de agua para el parámetro de coliformes fecales en la parte baja de la cuenca. Existe una gran probabilidad que esta condición se debía entonces a la descarga de aguas sanitarias tratadas provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Sanitarias de Luquillo.

El Estudio Integrado 305(b) y 303(d) mas reciente, publicado en el 2008, determinó que para el último ciclo de evaluación (2006-2008) no existen datos o información suficientes como para poder determinar el cumplimiento con cualquiera de los usos designados a las aguas del Río Sabana (Environmental Quality Board [EQB], 2008). Extrañamente, y contrario a las tendencias indicadas por los muestreos realizados en los últimos años, la JCA determinó que en el segmento del Río Sabana correspondiente a su estuario no existen datos o información suficientes como para poder determinar el cumplimiento con los parámetros relacionados a recreación de contacto primario. La JCA determinó además que la calidad del agua en este segmento cumple con todos los estándares para todos los parámetros relacionados a la recreación de contacto secundario así como para la propagación y preservación de especies deseables (vida acuática).

### **Río Pitahaya**

El Río Pitahaya tiene aproximadamente 7 millas (11.3 km) de largo y su cuenca hidrográfica tiene un área aproximada de 6.7 mi<sup>2</sup> (17.35 km<sup>2</sup>). Tiene su origen a una altura de aproximadamente 1,325 pies (403.9 m) sobre el nivel del mar, desembocando justo en el estuario del Río Sabana (DRNA, 2004b). El Río Pitahaya cuenta además con una desembocadura secundaria, localizada a aproximadamente 1,200 metros al este de su desembocadura principal. Parte de su flujo descarga también hacia una laguna de origen artificial localizada en el litoral costero de la finca San Miguel, durante eventos considerables de lluvia. De acuerdo a mapas históricos, la desembocadura del Río Pitahaya estaba localizada precisamente en este punto a principios del siglo XIX

(Sepúlveda Rivera, A., 2004). Actualmente, el cauce del Río Pitahaya cruza mayormente zonas de bosque, pastos, así como comunidades rurales en el municipio de Luquillo (DRNA, 2004b). Su cuenca tiene una pendiente general de aproximadamente 6.9%, y es considerado como de orden 3 de acuerdo al sistema de ordenamiento de ríos de Strahler (CSA Group, Inc., 2001a).

**TABLA 2.9**  
**DATOS HIDROLÓGICOS SOBRE LA CUENCA DEL RÍO PITAHAYA**  
(Fuente: DRNA, 2004b)

<b>Componente Hidrológico</b>	<b>(acres-pies/año)</b>
Precipitación	35,790
Evapotranspiración	16,550
Flujo promedio anual	28,350
Flujo estiaje (90 días)	3,500
Flujo estiaje (150 días)	4,030
Descarga de agua subterránea al mar	500

El Río Pitahaya descarga al mar un estimado promedio anual de aproximadamente 28,350 acres-pies (25.31 MGD), equivalente a un flujo promedio de aproximadamente 1.1 m<sup>3</sup>s, luego de perder parte de su flujo al acuífero en el llano costero (DRNA, 2004b; Pérez Blair, F., and R. A., Carrasquillo Nieves, 1996). Se estima que el punto de cero altitud hasta donde podría penetrar la cuña de agua salada a través de la desembocadura secundaria del río, en caso de que no hubiera ningún flujo de agua dulce, se encuentra a aproximadamente 1001 pies (305 m) de su desembocadura.

En el estudio sobre calidad de agua llevado a cabo por el USGS en el 1994, se detectaron en el Río Pitahaya concentraciones de coliformes fecales y estreptococos fecales sobre el nivel establecido en los Estándares de Calidad de Agua de la JCA, en todas las cuatro estaciones de muestreo localizadas a lo largo del río. La calidad de

agua del Río Pitahaya fue muestreada nuevamente por el USGS el 8 de febrero de 1995 (Pérez Blair, F., 1997).

Concentraciones de coliformes fecales en exceso a los niveles máximos establecidos por la JCA fueron detectados nuevamente a través de un estudio limnológico realizado en este río durante flujos moderados, entre el 18 al 27 de octubre de 2000 (CSA Group, Inc., 2001a). En dicho estudio se establecieron 6 estaciones de muestreo sinóptico y 3 estaciones de muestreo intensivo a lo largo del Río Pitahaya. Los parámetros físico-químicos estudiados en las estaciones sinópticas incluyeron datos sobre temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, salinidad, pH y sólidos disueltos totales. En las estaciones de muestreo intensivo se midió, además de los parámetros estudiados en las estaciones sinópticas, la demanda bioquímica de oxígeno, nitrógeno inorgánico total, nitrato + nitrito, amonía, fósforo total, turbidez, ortofosfato, coliformes fecales y totales, y carbono orgánico total. También se realizaron medidas sobre la descarga del río en una de las estaciones muestreadas.

De los parámetros analizados, el aumento registrado en la demanda bioquímica de oxígeno, al igual que en las concentraciones de carbono orgánico total, y carbono orgánico disuelto, y coliformes fecales aguas abajo del Río Pitahaya, sugieren contaminación por actividades de origen humano. Lo más probable, como resultado del efluente de aguas sanitarias proveniente de los pozos sépticos de los que se sirve la inmensa mayoría de la población en su cuenca hidrográfica del río, así como a la ganadería que todavía persistía en los terrenos de la RNCEN al momento de llevarse a cabo el estudio. Esta apreciación se sostiene a su vez por las concentraciones de oxígeno disuelto por debajo de los niveles establecidos precisamente en los tramos del río donde ubican asentamientos humanos, como la mayor actividad ganadera al momento de realizarse el estudio.

El 19 de julio de 2005, y como parte del Estudio Integrado 305(b) y 303(d) realizado por la JCA, se llevó a cabo un muestreo sinóptico del Río Pitahaya. Los datos de esta evaluación evidenciaron niveles en exceso y en violación a los estándares de calidad de agua para el parámetro de coliformes fecales en la parte baja de la cuenca. El incremento notable en las concentraciones de coliformes fecales en la estación de

muestreo Luquillo apuntan a que esta condición pueda deberse a los efluentes provenientes de los asentamientos o residencias establecidas aguas arriba, los cuales se sirven de pozos sépticos para disponer de sus aguas sanitarias.

El Estudio Integrado 305(b) y 303(d) mas reciente, publicado en el 2008, determinó que para el último ciclo de evaluación (2006-2008) no existen datos o información suficientes como para poder determinar el cumplimiento con cualquiera de los usos designados a las aguas del Río Pitahaya. Estas se agruparon bajo la misma cuenca del Río Sabana (EQB, 2008). Por tal razón, se concluyó que para el estuario del Río Pitahaya no existen datos o información suficientes como para poder determinar el cumplimiento con los parámetros relacionados a recreación de contacto primario. La JCA determinó además que la calidad del agua en este segmento del río cumple con todos los estándares para todos los parámetros relacionados a la recreación de contacto secundario, así como para la propagación y preservación de especies deseables (vida acuática).

### **Río Juan Martín**

El Río Juan Martín tiene aproximadamente 4 millas (6.4 km) de largo. Su cuenca hidrográfica tiene un área de aproximadamente de 2.9 mi<sup>2</sup> (7.51 km<sup>2</sup>), y una pendiente general de aproximadamente 13.2% (CSA Group, Inc., 2001a). Se origina a una elevación de aproximadamente 843 pies (256.9 m) sobre el nivel del mar, y se considera de orden 2 según el sistema de ordenamiento de ríos de Strahler (DRNA, 2004b; CSA Group, Inc., 2001a). Su desembocadura histórica se encuentra en la finca Las Paulinas, por donde descarga aproximadamente 9,790 acres-pies/año, equivalente a un flujo promedio de aproximadamente 0.38 m<sup>3</sup>s.

Durante eventos considerables de lluvia, gran parte de su flujo se desvía y discurre través de un antiguo camino en tierra en dirección perpendicular a la playa, descargando hacia el mar a aproximadamente 1,640 pies (500 m) hacia el este de su desembocadura. Esto ha abierto una brecha de aproximadamente 98 pies (30 m) de ancho en las dunas de esta zona por donde desemboca en dichas ocasiones el río. El flujo ha socavado a su vez la base de las dunas, formándose entonces una pequeña

laguna de aproximadamente 328 pies (100 m) de largo y de escasa profundidad en este lugar.

**TABLA 2.10**  
**DATOS HIDROLÓGICOS SOBRE LA CUENCA DEL RÍO JUAN MARTÍN**  
(Fuente: DRNA, 2004b)

<b>Componente Hidrológico</b>	<b>(acres-pies/año)</b>
Precipitación	13,760
Evapotranspiración	7,600
Flujo promedio anual	9,790
Flujo estiaje (90 días)	1,520
Flujo estiaje (150 días)	1,750
Descarga de agua subterránea al mar	100

Los usos del suelo en su cuenca hidrográfica corresponden en su inmensa mayoría a bosques y pastos, con un mínimo de actividades agrícolas y residencias dispersas. Utilizando correlaciones con cuencas adyacentes, se estima que el río descarga un promedio de 9,790 acres-pies por año (8.7 MGD) al mar (DRNA, 2004b). Durante un muestreo realizado por el USGS el 17 de diciembre de 1993, se registró la penetración de la cuña de agua salada a través del río a una distancia de aproximadamente 548 pies (167 m) de su desembocadura.

El USGS también estudió el Río Juan Martín durante el mismo periodo de tiempo en esta agencia evaluó la calidad de agua en el Río Sabana y el Río Pitahaya en el 1994 (Pérez Blair, F., and R. A., Carrasquillo Nieves, 1996). Al igual que el Río Pitahaya, el Río Juan Martín mostró concentraciones de coliformes fecales y estreptococos fecales significativamente superiores a los niveles establecidos por la JCA, justo antes de su trayecto por la RNCEN, así como en su estuario. Esto pudo deberse a la actividad ganadera que para ese entonces todavía se llevaba a cabo en el área.

La calidad de agua del Río Juan Martín fue muestreada nuevamente por el USGS el 8 de febrero de 1995 (Pérez Blair, F., 1997). El pH registrado fue uno bastante alto (8.9), aunque no igualó o sobrepasó el límite máximo de 9.0 establecido por los estándares de calidad de agua de la JCA.

La concentración de coliformes fecales en el Río Juan Martín en exceso a los límites establecidos por la JCA fue detectada nuevamente como parte del estudio limnológico llevado a cabo entre el 18 al 27 de octubre de 2000 (CSA Group, Inc., 2001a). En el Río Juan Martín se establecieron 12 estaciones de muestreo sinóptico, de las cuales 3 consistieron también de un muestreo intensivo.

Los resultados sobre calidad de agua en el Río Juan Martín en el estudio limnológico mostraron una tendencia muy similar a la del Río Pitahaya. La demanda bioquímica de oxígeno, y las concentraciones de carbono orgánico total, carbono orgánico disuelto, y coliformes fecales aumentaron aguas abajo del río, evidenciando con gran probabilidad el efecto de descargas sanitarias provenientes de los pozos sépticos utilizados en las comunidades establecidas en las partes altas y medias de la cuenca hidrográfica del río, como también del ganado presente en ese entonces en los terrenos de la RNCEN.

El 19 de julio de 2005, y como parte del Estudio Integrado 305(b) y 303(d) realizado por la JCA, se muestreo el Río Juan Martín en un punto justo al norte de la carretera PR #3. Los datos de esta evaluación evidenciaron niveles en exceso y en violación a los estándares de calidad de agua para el parámetro de coliformes fecales. Es muy probable, que al igual que como ocurre en la cuenca del Río Pitahaya, esta condición pueda deberse a los efluentes provenientes de los asentamientos o residencias establecidas aguas arriba del punto de muestreo, las cuales se sirven en su inmensa mayoría de pozos sépticos para disponer de sus aguas sanitarias.

El Estudio Integrado 305(b) y 303(d) mas reciente, publicado en el 2008, determinó que para el último ciclo de evaluación (2006-2008) no existen datos o información suficientes como para poder determinar el cumplimiento con cualquiera de los usos designados a las aguas del Río Juan Martín (EQB, 2008). Nuevamente, y contrario a las tendencias indicadas por los muestreos realizados en los últimos años, la JCA determinó que la calidad del agua en el segmento correspondiente al estuario del Río

Juan Martín cumple con todos los estándares para todos los parámetros relacionados a la recreación de contacto primario, contacto secundario, así como para la propagación y preservación de especies deseables (vida acuática).

### **Quebrada Fajardo**

La Quebrada Fajardo tiene una extensión de aproximadamente 4.5 millas (7.2 km) de largo y su cuenca hidrográfica tiene un área de aproximadamente de 4.7 mi<sup>2</sup> (12.2 km<sup>2</sup>). Históricamente, se le conocía como el Río de Aguas Prietas (Sepúlveda Rivera, A., 2004). Se origina a una elevación de aproximadamente 492 pies (150 m) sobre el nivel del mar. La desembocadura de la Quebrada Fajardo, localizada en la finca Convento Norte, es una de las más hondas en Puerto Rico con 23 pies (7.0 m) de profundidad (Morris, G., 2000). Parte de su flujo, sin embargo, discurre hacia la Laguna Aguas Prietas durante eventos considerables de lluvia. Cerca de la mitad de su cuenca está urbanizada completamente, y un segmento de su cauce ha sido canalizado previo a continuar su curso por terrenos de la Reserva Natural.

**TABLA 2.11  
DATOS FÍSICOS SOBRE LA QUEBRADA FAJARDO**

<b>Componente Hidrológico</b>	<b>Medida</b>
Longitud	4.5 millas / 7.2 km.
Área cuenca hidrográfica	4.7 mi <sup>2</sup> / 12.8 km <sup>2</sup>
Elevación en la que se origina	492 pies / 150 metros

El USGS evaluó la calidad del agua de la Quebrada Fajardo como parte del mismo estudio realizado para el Río Sabana, Río Pitahaya y el Río Juan Martín en marzo de 1994 (Pérez Blair, F., and R. A., Carrasquillo Nieves, 1996). De todos estos cuerpos de agua, la Quebrada Fajardo fue la que mostró una mayor concentración de coliformes fecales. Esto pudo deberse muy probablemente a la poca distancia que había entre la estación de muestreo y el corral o “cepo” utilizado en ese entonces para concentrar el

ganado en la finca Convento Sur, lo que garantizaba que gran parte de la escorrentía con desechos biológicos provenientes de los animales discurriera directamente hacia el punto de muestreo.

La calidad de agua de la Quebrada Fajardo para varios parámetros físico químicos fue muestreada nuevamente por el USGS el 9 de febrero de 1995 (Pérez Blair, F., 1997).

El 19 de julio de 2005, y como parte del Estudio Integrado 305(b) y 303(d) realizado por la JCA, se muestreó la Quebrada Fajardo. Los datos de esta evaluación evidenciaron niveles en exceso y en violación a los estándares de calidad de agua para el parámetro de coliformes fecales, coliformes totales y oxígeno disuelto.

Al igual que en el muestreo realizado por el USGS en 1994, la Quebrada Fajardo fue el cuerpo de agua que mostró una mayor concentración de coliformes fecales de todos los que discurren por la RNCEN. Tal y como se mencionó anteriormente, esto pudo deberse a la poca distancia que había entre la estación de muestreo y el corral o “cepo” utilizado en ese entonces para concentrar el ganado en la finca Convento Sur, lo que garantizaba que gran parte de la escorrentía con desechos biológicos provenientes de los animales discurriera directamente hacia el punto de muestreo. Hoy en día la actividad ganadera ha desaparecido casi por completo en esta parte de la RNCEN, por lo que es probable que la calidad del agua haya mejorado notablemente tras haberse eliminado esta fuente de contaminación.

El Estudio Integrado 305(b) y 303(d) más reciente, publicado en el 2008, determinó que para el último ciclo de evaluación (2006-2008) no existen datos o información suficientes como para poder determinar el cumplimiento con cualquiera de los usos designados a las aguas de la Quebrada Fajardo (EQB, 2008). El estudio no hizo ninguna determinación con respecto a la calidad de agua en el segmento correspondiente al estuario de la Quebrada Fajardo.

### **Quebrada Aguas Prietas**

La Quebrada Aguas Prietas tiene un largo de aproximadamente 1.86 millas (3 km) y su área de captación tiene aproximadamente 0.7 mi<sup>2</sup> (1.8 km<sup>2</sup>). Se origina a una altura de

aproximadamente 164 pies (50 m) sobre el nivel del mar. Su flujo ha sido interrumpido por un dique en tierra justo al sur de la RNCEN con el fin de convertir su cauce en una charca de retención de sedimentos como parte de la construcción de un proyecto residencial turístico. No se conoce sobre la existencia de datos relacionados a la calidad de sus aguas.

**TABLA 2.12  
DATOS FÍSICOS SOBRE LA QUEBRADA AGUAS PRIETAS**

<b>Componente Hidrológico</b>	<b>Medida</b>
Longitud	1.86 millas / 2.99 km.
Área cuenca hidrográfica	0.7 mi <sup>2</sup> / 1.8 km <sup>2</sup>
Elevación a la que se origina	2. es / 50 metros

### **2.6.2 Lagunas**

La RNCEN cuenta con dos lagunas, la Laguna Aguas Prietas y una laguna artificial sin nombre propio ubicada en la finca San Miguel, en el área conocida como La Selva.

La Laguna Aguas Prietas, con un área aproximada de 109 cds (43 ha), se encuentra localizada en el extremo este de la RNCEN, en el ámbito de la finca *Seven Seas*. Tiene una profundidad promedio de 1.6 pies (0.5 m), mientras que su profundidad máxima es de aproximadamente 3.6 pies (1.1 m) (Negrón González, L., 1986). Esta se encuentra rodeada por una franja de mangle rojo (*Rhizophora mangle*). Recibe agua dulce de su cuenca inmediata, incluyendo descargas de la Quebrada Aguas Prietas. En eventos considerables de lluvia también recibe parte del caudal de la Quebrada Fajardo. Las aguas de la Laguna Aguas Prietas desembocan en el mar, en la playa El Convento, a través de un canal de aproximadamente 820 pies (250 m) de largo que tiene origen al norte de este cuerpo de agua. Su desembocadura se encuentra cerrada generalmente por una berma de arena.

**TABLA 2.13**  
**DATOS FÍSICOS SOBRE LA LAGUNA AGUAS PRIETAS**  
(Fuente: Negrón González, L., 1986)

Área	109 cuerdas (43 ha)
Largo	3,937 pies (1,200 m)
Ancho	2,297 pies (700 m)
Perímetro	2.1 mi (3.4 km)
Profundidad Promedio	1.6 pies (0.5 m)
Profundidad Máxima	3.6 pies (1.1 m)
Volumen	260,000 m <sup>3</sup>

De acuerdo a estudios sobre calidad de agua realizados en la Laguna Aguas Prietas a principios de la década de 1980, la visibilidad promedio obtenida con el disco Secchi fue de 1.6 pies (0.5 m) y el coeficiente de extinción promedio de la luz fue de 3.01. La temperatura osciló entre 79.3°F (26.3°C) a 87.8°F (31°C), para un promedio de 82.9°F (28.3°C). En términos de salinidad y oxígeno disuelto, la columna vertical de agua era bastante homogénea, aunque se observó un gradiente horizontal en salinidad, temperatura y oxígeno en dirección hacia la desembocadura de la Quebrada Aguas Prietas. El oxígeno disuelto de la Laguna Aguas Prietas varió entre 5.3 partes por mil (ppm) y 9.2 ppm, con un promedio de 7.9 ppm. La salinidad promedio de la Laguna para dicha fecha era de aproximadamente 34‰, mientras que en el extremo suroeste donde desemboca la Quebrada Aguas Prietas era de aproximadamente 22‰, para un promedio de 34‰. Las aportaciones de agua dulce provenientes de esta quebrada, por lo tanto, juegan un rol importante en el régimen de salinidad de la laguna. La relación entre las concentraciones de coliformes fecales y estreptococos fecales medidas en la desembocadura de esta quebrada en la laguna sugiere que la calidad del agua estaba siendo afectada en ese entonces por los desechos del ganado en su cuenca hidrográfica (Negrón González, L., 1986). La ganadería en la cuenca de la

Laguna Aguas Prietas, sin embargo, ha cesado prácticamente por completo al día de hoy.

El Estudio Integrado 305(b) y 303(d) mas reciente, publicado en el 2008, determinó que para el último ciclo de evaluación (2006-2008) la calidad del agua en la Laguna Aguas Prietas cumple con todos los estándares para todos los parámetros relacionados a la recreación de contacto primario, contacto secundario, así como para la propagación y preservación de especies deseables (vida acuática) (EQB, 2008). Esto, aún cuando no se ha realizado un muestreo de sus aguas desde hace más de 25 años.

La Laguna Aguas Prietas es un cuerpo de agua bioluminiscente, aunque este fenómeno es uno estacional o variable dependiendo de la época del año (Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico, 2002). La bioluminiscencia pudiera estar siendo producida por el dinoflagelado *Pyrodinium bahamense*, ya que su presencia ha sido documentada en sus aguas. Otros organismos planctónicos del género *Oscillatoria*, *Chlamydomonas*, *Closteriopsis*, *Actinocynclis*, *Chaetoceros*, y *Cocconeis*, entre otros 26, han sido identificados también en esta laguna (Negrón González, L., 1986).

La laguna localizada en la finca San Miguel fue creada como parte de las actividades de extracción de arena llevadas a cabo entre finales de las décadas de 1960 y principios de 1970. Tiene una extensión de aproximadamente 4.5 cds (1.8 ha). No se conoce estudio alguno sobre las características físico-químicas de sus aguas, aunque es evidente que su salinidad está influenciada de forma significativa por el agua de mar dada la presencia de árboles de mangle en toda su orilla o periferia.

### **2.6.3 Acuíferos**

La provincia de la costa Este de Puerto Rico incluye una serie de acuíferos de tamaño menor y capacidad limitada, por lo que no se consideran un recurso hídrico significativo (DRNA, 2004b; Veve, T. D., and Taggart, B.E., 1996).

La geología de la RNCEN y sus alrededores es primordialmente de origen volcánico, por lo que la baja porosidad de las rocas impide el almacenaje de cantidades significativas de agua en el subsuelo. Los acuíferos existentes han sido formados por

depósitos aluviales de espesor limitado en valles relativamente estrechos, recargados principalmente por la escorrentía superficial de los ríos que discurren a través de la Reserva Natural. Los depósitos aluviales en esta zona varían generalmente desde 0 pies a 65 pies (19.8 m) de espesor, llegando hasta un máximo reportado de aproximadamente 100 pies (30.5 m) de profundidad (CSA Group, Inc., 2001b).

El USGS realizó una evaluación sobre los recursos de aguas subterráneas en los valles aluviales del noreste de Puerto Rico entre diciembre de 1993 a marzo de 1994 (Pérez Blair, F., 1997). Este estudio determinó que la calidad del agua subterránea en esta región puede estar limitada para algunos usos debido a que contiene altas concentraciones de sólidos disueltos, principalmente asociados a hierro y manganeso. El estudio calculó a su vez la descarga de agua subterránea proveniente de los valles aluviales pertenecientes al Río Sabana y Río Pitahaya. Para el llano aluvial del Río Sabana se calculó una descarga diaria promedio de aproximadamente 0.02 metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ), mientras que para el llano aluvial del Río Pitahaya se estimó una descarga diaria de aproximadamente 0.01  $m^3/s$ . El estudio concluyó que los acuíferos freáticos o superficiales relacionados a estos dos ríos no proveían un potencial o caudal significativo para poder ser explotados como fuente de abasto de agua.

Posteriormente, entre los años 2000 al 2002, se llevaron a cabo estudios adicionales para tratar de caracterizar en mayor detalle la hidrogeología de los llanos aluviales del Río Pitahaya y el Río Juan Martín, con el fin de determinar con mas precisión su potencial como fuente de abasto de agua para la construcción del proyecto residencial turístico San Miguel Four Seasons Resort, propuesto entonces en la RNCEN (Pérez Blair Consulting Engineers, 2003; CSA Group, Inc., 2001b). Como parte de los estudios se hincaron 16 pozos en el valle aluvial del Río Pitahaya y 9 pozos en el valle aluvial del Río Juan Martín para llevar a cabo pruebas de bombeo y de calidad de agua subterránea, así como observaciones sobre el nivel freático y las propiedades hidráulicas de los acuíferos en esta zona. Gran parte de los pozos de producción fueron hincados cerca al límite sur de la RNCEN.

Según los hallazgos resumidos y reportados en la Declaración de Impacto Ambiental Preliminar Actualizada de este proyecto, el acuífero aluvial del Río Pitahaya puede conceptualizarse como uno formado por tres capas: 1) una capa superior no confinada desde 0 hasta 20 pies (6.1 m) de profundidad bajo la superficie del suelo. Esta capa está formada por suelos arcillosos y de grano fino y está desconectada hidráulicamente de las capas inferiores. En esta capa están el cauce del río y los humedales; 2) una capa inferior bajo condiciones confinadas ubicada entre 20 a 40 pies (6.1 a 12.2 m) bajo la superficie del suelo formada mayormente por arena y gravilla; y 3) una capa ubicada debajo de la anterior formada por arena y gravilla y en contacto con la roca madre, y de gran producción de agua subterránea. El agua subterránea en esta zona se encuentra en condiciones confinadas y está contenida en un estrato que alcanza hasta 60 pies (18.3 m) de grosor cerca de la carretera PR #3, adelgazándose hacia la costa donde su espesor es de aproximadamente 20 pies (6.1 m). La transmisividad de la capa inferior confinada se reduce hacia la costa, de unos 1,860 pies<sup>2</sup>/día cerca de la carretera PR #3, hasta unos 340 pies<sup>2</sup>/día en el litoral (CSA Group, Inc, 2003a; Pérez Blair Consulting Engineers, 2003).

De acuerdo a un modelo hidrogeológico desarrollado como parte de los estudios antes señalados, el acuífero aluvial del Río Pitahaya es capaz de producir alrededor de 400,000 galones de agua diarios sin provocar la penetración y su eventual contaminación por intrusión de agua de mar, siempre y cuando se pueda mantener la elevación del agua subterránea sobre los 2.0 pies (0.61 m) sobre el nivel promedio del mar cerca de la costa (Pérez Blair Consulting Engineers, 2003). Es importante destacar, sin embargo, que el Río Pitahaya pierde parte de su flujo al acuífero en el llano costero (DRNA, 2004b; Pérez Blair, F., and R. A., Carrasquillo Nieves, 1996). Cualquier extracción se estaría haciendo entonces de forma indirecta al propio río. Como consecuencia, se reduciría el volumen de agua del río que discurre normalmente y nutre la capa superior no confinada del acuífero. Esto resultaría en posibles impactos a los humedales y demás sistemas naturales que dependen de este insumo regular de agua para mantener así su integridad ecológica.

En cuanto al acuífero aluvial del Río Juan Martín, se concluyó que el mismo es relativamente llano, lateralmente angosto, y no está confinado, consistiendo principalmente de un basamento rocoso expuesto a la intemperie. El grosor del aluvión y su extensión lateral no son suficientes como para proporcionar almacenamiento significativo de agua subterránea, por lo que cualquier extracción hecha al mismo sería esencialmente a un flujo de corriente inducido proveniente propiamente del río. Los estudios estimaron que este acuífero es capaz de producir entre 300,000 a 400,000 galones por día siempre y cuando la descarga del Río Juan Martín cerca de la costa no sea menor de 0.085 m<sup>3</sup>/s, cifra considerada como el flujo base del río (Pérez Blair Consulting Engineers, 2003). Esta conclusión, sin embargo, merece ser revisada a la luz de la gran diferencia en los estimados de descarga promedio publicados por varios estudios, los cuales varían desde un máximo de 0.38 m<sup>3</sup>/s a un mínimo de 0.009 m<sup>3</sup>/s (DRNA, 2004b; Pérez Blair, F., and R. A., Carrasquillo Nieves, 1996). Medidas de descargas tomadas al Río Juan Martín durante periodos de flujos moderados en octubre de 2000, característicos de la época lluviosa, mostraron a su vez una variabilidad de entre un máximo de 0.132 m<sup>3</sup>/s a un mínimo de 0.010 m<sup>3</sup>/s (CSA Group, Inc., 2001a). Además, y al igual que con el acuífero del Río Pitahaya, cualquier extracción de agua subterránea propuesta en el acuífero del Río Juan Martín se estaría haciendo propiamente y de forma indirecta al río. Esto podría impactar eventualmente los humedales que dependen de su descarga al facilitar las condiciones para una mayor penetración de la cuña de agua salada.

Pruebas sobre la calidad del agua subterránea fueron efectuadas como parte de los estudios realizados para determinar el potencial de los acuíferos aluviales del Río Pitahaya y el Río Juan Martín. Entre los hallazgos mas significativos se encuentran las concentraciones de coliformes totales y fecales detectadas en violación del límite establecido por el Departamento de Salud de Puerto Rico, en todas las muestras tomadas. Las aguas subterráneas en ambos acuíferos también evidencian una leve acidez y un alto contenido de sales disueltas (CSA Group, Inc., 2001; CSA Group, Inc., 2001b).

La calidad del agua subterránea del acuífero aluvial del Río Sabana podría ser bastante parecida a la del Río Pitahaya, ya que ambos comparten el mismo llano costero, así

como características naturales (Ej. geología) y usos del suelo muy similares. Al día de hoy, sin embargo, no se tiene conocimiento sobre estudio alguno relacionado a este particular. Tampoco existen datos disponibles sobre la capacidad potenciométrica y la calidad de las aguas subterráneas del acuífero aluvial de la Quebrada Fajardo y la Quebrada Aguas Prietas.

#### **2.6.4 Aguas Marinas**

La JCA tiene a cargo un programa de monitoría de playas y notificación pública en diversos balnearios públicos y playas en Puerto Rico. Este programa, que incluye muestreos bisemanales, tiene el fin de alertar a la ciudadanía sobre posibles riesgos a la salud humana debido al contacto directo con aguas costeras que puedan exceder los límites establecidos para los parámetros de coliformes fecales y enterococos fecales en determinado momento.

La JCA no tiene ningún punto de muestreo en las playas de la RNCEN, por lo que la calidad de sus aguas es desconocida. No existen datos, por lo tanto, del efecto que podrían estar teniendo las descargas de los ríos y quebradas que desembocan al litoral del Corredor, y que al menos durante el pasado reciente sufrían de contaminación fecal. Las dos estaciones más cercanas a la RNCEN muestreadas por la agencia se encuentran en el Balneario de Luquillo (RW-1) y el Balneario de *Seven Seas* (RW-2). Los datos sobre calidad de agua tomados en estos dos puntos no son representativos de la calidad de las aguas costeras de la RNCEN ya que se encuentran a una distancia considerable de la misma.

La única información disponible sobre la calidad de las aguas costeras en la RNCEN se limita a la evaluación disponible como parte del Estudio Integrado 305(b) y 303(d) realizado por la agencia. Este concluyó que las aguas costeras de la RNCEN, correspondientes al segmento identificado como “Río Juan Martín” (PRES0002z1\_02), cumplen con todos los estándares para todos los parámetros relacionados a la recreación de contacto primario, contacto secundario, así como para la propagación y preservación de especies deseables (vida acuática) (EQB, 2008). Esta determinación se hizo a pesar de que se han documentado niveles significativos en las

concentraciones de coliformes fecales, y en violación a los estándares de calidad, en las aguas de los segmentos estuarinos o las desembocaduras de los ríos y quebradas que descargan al litoral costero de la Reserva Natural. Además, no se tiene conocimiento de estudio alguno que haya medido la calidad de las aguas en esta zona en alguna ocasión durante el pasado.

### **2.6.5 Inundaciones**

Todos los ríos y quebradas que discurren y desembocan en el litoral de la RNCEN cuentan con cuencas relativamente cortas y escarpadas. Esto permite que la escorrentía generada en las partes altas de estas cuencas asociadas a la Sierra de Luquillo, y en donde se registra una gran precipitación pluvial, discurra con bastante rapidez hacia la costa. Esta condición, junto al relieve y a la poca elevación de los llanos costeros en el Corredor, permite que un área considerable de sus terrenos sea susceptible a inundaciones. La inundabilidad de los terrenos de la RNCEN ha promovido a su vez el desarrollo de grandes extensiones de humedales. En reconocimiento a su susceptibilidad a inundaciones y a su valor ecológico, en el año 1990, la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA, por sus siglas en inglés) designó una extensión considerable de los terrenos de la RNCEN como parte del sistema de barreras costaneras. Esta designación, amparada en la Ley Federal de Barreras Costaneras, tiene el fin de evitar la pérdida de vida y propiedad, prohibiendo el financiamiento con fondos federales de cualquier estructura propuesta en aquellos terrenos designados en zonas inundables costeras.

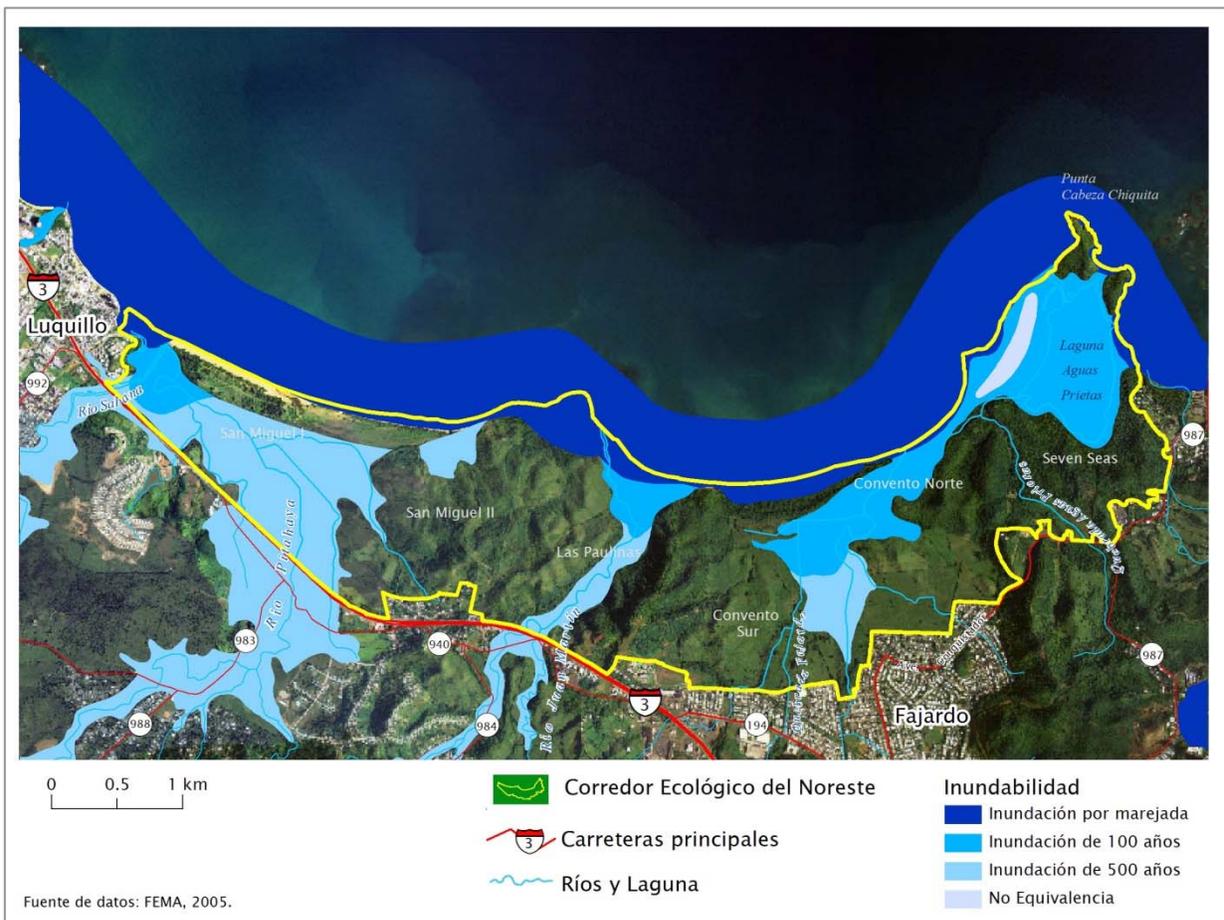
**FIGURA 2.8**  
**MAPA DE ÁREAS DE BARRERAS COSTANERAS EN LA RNCEN**



De acuerdo al Mapa de Seguros contra Inundaciones de FEMA, un total de 1,136.65 cds de terrenos de la RNCEN, correspondiente a un 38.7% de su área total (excluyendo los cuerpos de agua), es susceptible a inundaciones. El área inundable de la RNCEN estimada por FEMA representa el cálculo hecho para un evento con una ocurrencia de una vez cada 100 años. Este estimado, sin embargo, es uno estadístico, y no refleja necesariamente la realidad en términos de frecuencia y magnitud. El 17 de abril de 2003, la lluvia producida tras el paso de una vaguada por la Isla provocó una gran inundación en los terrenos de la RNCEN. Los niveles de agua en el Río Sabana y el Río Pitahaya sobrepasaron los puentes de la carretera PR #3, los cuales se encuentran a una elevación de aproximadamente 16.4 pies (5 m) sobre el nivel del mar. Este evento estableció un récord para la descarga promedio diaria en el Río Sabana, de aproximadamente 31.7 m<sup>3</sup>/s, mientras que el flujo máximo o pico fue de aproximadamente 228 m<sup>3</sup>/s (Figuroa Álamo, C., Aquino, Z., Guzmán Ríos, S., and A.

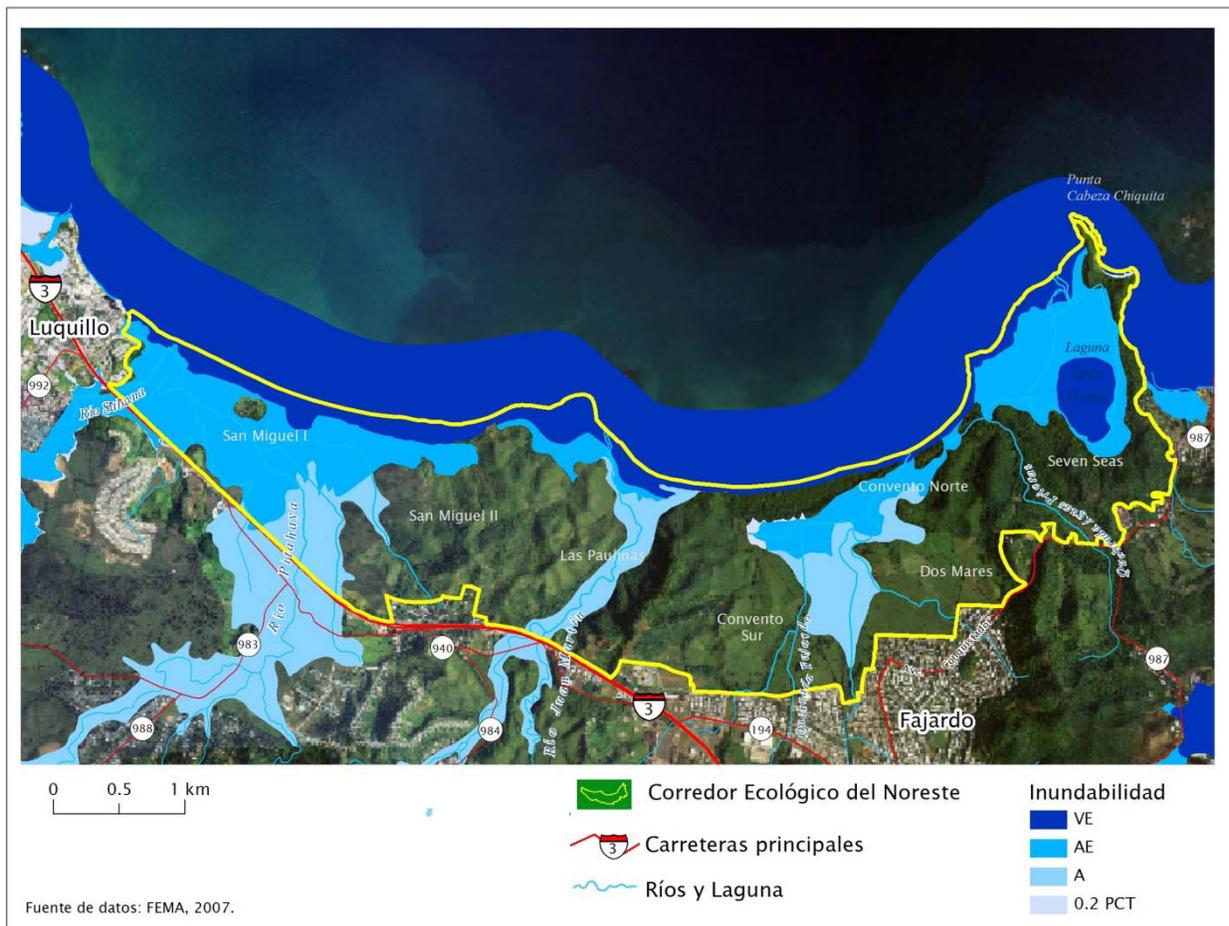
V. Sánchez, 2006). La inundación de la RNCEN durante este evento sobrepasó los niveles y la extensión estimada en los mapas producidos por FEMA. Menos de dos años después, el 15 de septiembre de 2004, la Tormenta Tropical Jeanne cruzó a través de Puerto Rico. La descarga promedio para ese día registrada en el Río Sabana fue de 25.1 m<sup>3</sup>/s, y el flujo pico, aproximadamente 151 m<sup>3</sup>/s (Figueroa Álamo, C., et al., 2006). La inundación ocurrida en ese día sobrepasó nuevamente el nivel y la extensión estimada hasta ese entonces por FEMA para un evento con una recurrencia de una vez cada 100 años.

**FIGURA 2.9**  
**MAPA DE LAS ÁREAS INUNDABLES EN LA RNCEN**



En agosto de 2007, FEMA publicó unos nuevos mapas de seguros contra inundaciones preliminares con el fin de actualizar y mejorar los mapas vigentes publicados en el 2005. Estos mapas estimaron mejor el área propensa a inundaciones en la RNCEN, según evidenciaron los eventos ocurridos en los años 2003 y 2004. Según los mismos, un total aproximado de 1,282.68 cds de terrenos, correspondiente a aproximadamente un 43.7% del área total de la RNCEN (excluyendo los cuerpos de agua) es susceptible a inundaciones. Esto representa una diferencia de 146.03 cds de terrenos adicionales que han sido identificados como susceptibles a inundaciones, en comparación a los mapas del año 2005.

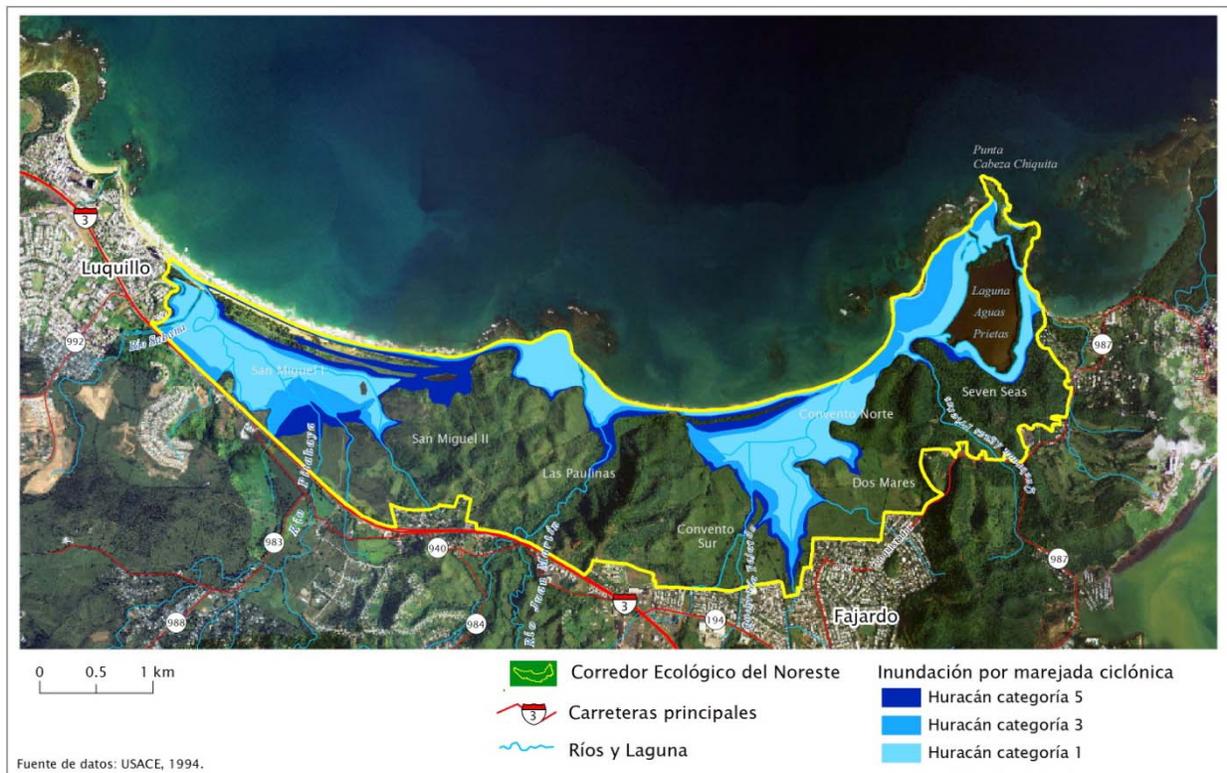
**FIGURA 2.10**  
**MAPAS PRELIMINARES DE LAS ÁREAS INUNDABLES EN LA RNCEN**



**Datos sobre Leyenda del Mapa:** (1) VE es una zona de inundación costera con peligro de velocidad (acción del oleaje/marejada) y con la elevación de la inundación base determinada; (2) AE es una zona de inundación con la elevación de la inundación base determinada; (3) A es una zona de inundación con la elevación de la inundación base sin determinar; y (4) 0.2 PCT es un área con una probabilidad de ser inundada 0.2% al año.

La escorrentía provocada por eventos de lluvia considerables y su efecto sobre los ríos y quebradas que discurren a través de la RNCEN, es responsable de la mayoría de las inundaciones que se registran en esta área. Sin embargo, es importante reconocer el efecto que pueden tener las marejadas sobre los niveles de inundación. En particular, la marejada ciclónica y el oleaje ocasionado por un evento de gran magnitud como un huracán.

**FIGURA 2.11**  
**MAPA DE ÁREAS PROPENSAS A INUNDACIONES POR LA MAREJADA**  
**CICLÓNICA ASOCIADA A UN HURACÁN CATEGORÍA 1, 3 Y 5 EN LA RNCEN**



Durante el paso del Huracán Hugo por la RNCEN el 18 de septiembre de 1989, la marejada ciclónica y el nivel del oleaje alcanzaron una elevación de 9.9 pies (3.0 m) sobre el nivel promedio del mar, según se documentó en un punto justo al oeste de la playa La Selva (Torres Sierra, H., 1996).

Las marejadas y el oleaje tienden a aumentar la extensión y elevación de las inundaciones en los llanos costeros. Esto ocurre cuando se combina la escorrentía y el aumento en el flujo de los ríos y quebradas como consecuencia de un evento de lluvia considerable, sumado al volumen de agua de mar que pueda penetrar hacia tierra adentro a causa de una marejada ordinaria, el oleaje, o en mayor grado, a una marejada ciclónica. En ocasiones, las marejadas y el oleaje pueden ser lo suficientemente fuertes como para reducir de forma significativa la descarga de los ríos y quebradas hacia el mar, ocasionando un remanso al “represar” las aguas tierra adentro. Este fenómeno provoca que se eleven aún más los niveles ordinarios de la inundación ocasionada solamente por la escorrentía.

Los mapas de seguros de FEMA no incorporan el efecto combinado del oleaje con la escorrentía en la determinación de los niveles y extensión de las inundaciones costeras en Puerto Rico. Tampoco consideran la erosión resultante, la cual puede aumentar aún más la influencia del mar sobre la inundabilidad de los terrenos. Por tal razón, es imprescindible actuar con precaución en cualquier esfuerzo de planificación relacionado a usos del suelo en la costa en donde se utilicen los mapas publicados por FEMA como referencia, debido a que estos subestiman los niveles de inundación verdaderos.

Es necesario reconocer que las inundaciones en la RNCEN aumentaran en intensidad y frecuencia de cara al futuro, como consecuencia de los efectos previsibles del cambio climático. El aumento en el nivel del mar, junto con la posibilidad de eventos meteorológicos más intensos y frecuentes afectando el área (Ej. huracanes), son dos elementos que requieren seria consideración como parte de cualquier designación de usos de terrenos y acciones de manejo a llevarse a cabo en la RNCEN (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2007).

## 2.7 FLORA Y FAUNA

La RNCEN es un mosaico de ecosistemas costeros que permiten el establecimiento de una gran diversidad biológica. Cuenta con 156 familias y 867 especies de las cuales 47 son endémicas. Se han documentado 54 especies consideradas como

elementos críticos, de este grupo, 17 fueron designadas a nivel local o federal como especies en peligro crítico de extinción; peligro de extinción; amenazadas o vulnerables (Anejo 6).

El grupo de invertebrados está representado por cinco filos, 89 familias, y 188 especies, de las cuales 13 son endémicas, 98 nativas y 12 exóticas (Anejo 7). Para 65 especies no se identificó el origen. Los grupos más diversos de invertebrados son las mariposas (Lepidóptera) con 34 especies de las cuales tres son endémicas, y los arácnidos, con 30 especies de las cuales seis son endémicas.

La mayoría de los peces en la RNCEN tienen un valor comercial y recreativo (Anejo 8). Este grupo cuenta con 36 especies nativas de las cuales cuatro son de agua dulce y 32 marinas. Algunos como el dajao (*Agonostomus monticola*) y el cetí (*Sycidium plumieri*) son especies anfípodas, los juveniles viajan río arriba para alimentarse y reproducirse en agua dulce, sus larvas viajan río abajo hasta llegar a estuarios u océanos donde completan su desarrollo.

Leptodactylidae es la más diversa de las tres familias de anfibios encontradas en la RNCEN (Anejo 9). De las siete especies observadas cinco se agrupan como endémicas y dos introducidas. En el primer grupo se encuentran cuatro especies de coquíes y la ranita de labio blanco (*Leptodactylus albilabris*), mientras que en el segundo grupo se observó el sapo común (*Bufo marinus*) y la rana toro (*Rana catesbeiana*). Todas estas especies se encuentran comúnmente en las tierras bajas de Puerto Rico.

De las ocho familias de reptiles presentes en la RNCEN, Gekkonidae y Polychrotidae cuentan con el mayor número de especies (Anejo 10). La primera incluye dos salamangueras, y tres salamanguitas; la segunda familia se compone de 5 especies de lagartijos. Del total de especies 11 son endémicas, cinco nativas y dos introducidas. Además se han reportado una especie de siguana y dos de boas. Destacan dos tortugas de agua dulce y dos especies de tortugas marinas, el carey (*Eretmochelys imbricata*) y el tinglar (*Dermodochelys coriacea*), esta última se ha convertido en la especie emblemática de la RNCEN.

**TABLA 2.14**  
**LISTA DE GRUPOS REPRESENTADOS EN LA RNCEN Y**  
**EN ECOSISTEMAS MARINOS RELACIONADOS**

<b>Grupos</b>	<b>Familias</b>	<b>Especies</b>
Invertebrados	90	188
Porifera	1	1
Cnidarios	6	12
Moluscos	6	9
Anélidos	1	1
Arácnidos	14	30
Crustáceos	8	18
Diplópodos	5	6
Odonatos	3	8
Blatodeos	2	5
Isóptero	1	1
Ortóptero	3	5
Fásmido	2	2
Hemípteros	4	5
Homópteros	3	6
Coleópteros	5	9
Himenóptera	4	18
Dípteros	8	15
Lepidópteros	11	34
Efemerópteros	1	1
Equinodermos	2	2
Peces	21	36
Anfibios	3	7
Reptiles	8	18
Aves	44	124
Mamíferos	6	6
Plantas	96	488
<b>Total</b>	<b>157</b>	<b>867</b>

El tinglar es la tortuga viviente de mayor tamaño en el planeta, alcanzando un tamaño entre 4.4 pies (1.34 m) a 5.5 pies (1.67 m) en el largo de su cuerpo (Zug et al., 2001). Es una especie pelágica con la distribución más amplia de todas las tortugas marinas, ya que se puede encontrar en el Océano Pacífico, Atlántico e Índico desde Labrador (Canadá) y Alaska hasta Cabo de Buena Esperanza en África del Sur. No obstante se considera una especie en peligro de extinción a nivel federal y estatal, ya que se ha documentado que su anidaje ha disminuido debido al desarrollo de las playas y áreas costeras (NMFS & USFWS, 1992). Además cabe destacar que la especie está protegida por la Convención de Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES, según sus siglas en inglés) y clasificada como una especie en peligro crítico de extinción en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés).<sup>8</sup>

Las costas de la RNCEN son una de las áreas más importantes de anidaje del tinglar en Puerto Rico y en la jurisdicción de los Estados Unidos. Desde 1986, el DRNA ha realizado recorridos de monitoreo en las costas de la RNCEN. Con base en un monitoreo sistemático desde 1993 hasta 2007, se han contabilizado 3,188 nidos con un promedio de anidamiento anual de 213. En este periodo, el año con menor anidaje fue en 1993 con 79 nidos reportados, y el mayor fue en 2007 con 411 nidos. La playa de San Miguel fue la más utilizada por los tinglares con 1,181 nidos documentados, seguido por Las Paulinas con 1,159 y El Convento con 848.

---

<sup>8</sup> La Lista Roja de la IUCN es un inventario del estado de conservación de especies de plantas y animales a nivel mundial. Varios criterios se utilizan para determinar el riesgo de extinción de las especies y subespecies. También, la lista contiene información sobre la taxonomía, distribución y conservación de las especies en riesgo. A su vez, tiene como objetivo servir de instrumento educador a las naciones para salvaguardar las especies de la extinción. La Lista Roja es revisada constantemente y está disponible en internet.

**TABLA 2.15**  
**REGISTRO DE ACTIVIDADES DE ANIDAJE DE TINGLAR**  
**DESDE 1993-2007 EN LA RNCEN**

(Fuente: DRNA, sin publicar)

Año	Playas			Total por año
	El Convento	Las Paulinas	San Miguel	
1993	23	48	8	79
1994	38	40	46	124
1995	14	12	25	51
1996	31	31	28	90
1997	41	44	72	157
1998	47	39	39	125
1999	32	51	19	102
2000	21	64	85	170
2001	97	121	128	346
2002	55	98	154	307
2003	116	130	114	360
2004	58	90	67	215
2005	89	149	169	407
2006	69	110	65	244
2007	117	132	162	411
<b>Total</b>	<b>848</b>	<b>1,159</b>	<b>1,181</b>	<b>3,188</b>

En el grupo de especies exóticas halladas en la RNCEN se destaca la gallina de palo o iguana verde (*Iguana iguana*). Este reptil es nativo de Centro y Sur América, e introducido en Puerto Rico en la década de 1970 por las tiendas de mascotas. Actualmente son consideradas una plaga (Mckeown, 1996, Engeman Smith y Constantin, 2005). Suelen habitar y reproducirse en áreas costaneras, ríos y lagunas donde puedan escapar nadando con gran habilidad si se sienten acorraladas por depredadores (Conantand y Collins, 1998). Su época de reproducción es de noviembre a diciembre donde los machos crean territorio y rechazan a cualquier macho que se les acerque. Las hembras pueden tener, dependiendo de la edad, de 12 a 90 huevos (González y Ríos, 1997) que depositan en arena o zonas boscosas abiertas expuestas al sol; crean nidos complejos de uno a varios metros de profundidad. Esta especie es herbívora, pero además consume un pequeño porcentaje de invertebrados, y se ha identificado que se alimenta de carroña (Gingell y Harding 2005) y huevos de

aves (Schwartz y Henderson, 1991). Entre los posibles efectos que puede representar esta especie para el ecosistema, se ha reportado por Mckie et al. (2005) en el estado de la Florida que perturban y destruyen huevos y crías nativas del estado y se ha documentado en Venezuela daños considerables a plantaciones (Rivero, 1998).

El grupo de vertebrados terrestres con mayor diversidad documentada son las aves. Este taxón está representado por 16 órdenes, 43 familias y 124 especies (Anejo 11). De las 124 especies reportadas hasta el presente, nueve son endémicas, 60 residentes, 39 migratorias, y 16 introducidas. El orden Paseriformes agrupa la mayoría de las familias. Scolopacidae es la familia con mayor cantidad de especies, incluye 15 especies de playeros. Un total de 16 elementos críticos se cuentan en este grupo como la chiriría caribeña (*Dendrocygna arborea*), pato quijada colorada (*Anas bahamensis*), chorlito blanco (*Charadius alexandrinus*), chorlito melódico (*Charadius melodus*), palometa (*Sterna dougalli*), gallinazo caribeño (*Fulica caribea*), paloma sabanera (*Patagioenas inornata wetmorei*) y paloma cabeciblanca (*Patagioenas leucocephala*).

Los mamíferos están representados por seis especies contenidas en seis familias (Anejo 12). Tres de estas especies son nativas: dos murciélagos y el manatí antillano (*Trichechus manatus*). Este último es un mamífero marino en peligro de extinción que utiliza las praderas de yerbas marinas como refugio y para alimentarse. Entre las especies exóticas cabe mencionar la presencia de la mangosta (*Herpestes javanicus*) introducida erróneamente para el control de plagas. Esta especie se ha convertido en una amenaza para la fauna nativa y endémica de la Isla.

Cuatrocientas ochenta y ocho especies contenidas en 96 familias del Reino Plantae han sido descritas en la RNCEN (Anejo 13). Nueve de éstas son especies endémicas, 400 son nativas y 77 introducidas. La Fabacea es la familia más diversa con 65 especies, seguida por la Poaceae con 41. Once especies están catalogadas como elementos críticos por el Programa de Patrimonio Natural del DRNA entre las que destacan la araña (*Shoepfia arenaria*), la cóbana negra (*Stahlia monosperma*), el matabuey (*Goetzea elegans*), todas clasificadas como elementos en peligro de extinción o amenazadas a nivel local y federal, y el guayabacón de Fajardo (*Eugenia*

*fajardensis*), especie endémica cuya distribución actual se limita a la RNCEN y Vieques.

## 2.8 ECOSISTEMAS

La estructura compleja de las comunidades vegetales de Puerto Rico y la alta variabilidad de sus componentes biofísicos, tales como: sucesión, altitud, geología, precipitación, y tipo de suelo, determinan los tipos de bosques y comunidades vegetales presentes en la Isla. La combinación de estos y otros factores como el cambio de uso del suelo, ha servido de base para desarrollar diversos sistemas de clasificación utilizados para agrupar e identificar las asociaciones vegetales de la Isla.

Para los fines de este estudio, los ecosistemas de la RNCEN se delimitaron en función de la distribución y cobertura de la vegetación dominante excepto en el caso de ríos, quebradas, lagunas y ecosistemas marinos. Las áreas que definen los límites de los ecosistemas equivalen a unidades de manejo.

Debido a su gran extensión y variabilidad biofísica la RNCEN es un área natural representativa de la diversidad de ecosistemas costeros existentes en la costa norte de Puerto Rico, por lo tanto, la clasificación y delimitación de sus ecosistemas es compleja. En términos de su manejo a largo plazo, la diversidad de ecosistemas terrestres, particularmente la ocurrencia de parchos discretos de vegetación, dificultan el manejo y la toma de decisiones, por lo tanto para este estudio, estos ecosistemas fueron zonificados integrando tres sistemas de clasificación de vegetación con el fin de poder delimitar unidades de mayor tamaño.

Los sistemas de clasificación de comunidades vegetales son los siguientes:

- ***Mapa de Zonas de Vida de Holdridge como herramienta para el desarrollo de mapas de ecosistemas (Lugo A. E. et al., 1999).*** El desarrollo de mapas de ecosistemas basados en el sistema de Zonas de Vida de Holdridge tiene grandes fortalezas metodológicas porque está basado en procesos ecosistémicos impulsados por factores climáticos y porque reconoce respuestas ecofisiológicas de las plantas; es jerárquico, y permite el uso de criterios

diferentes en los niveles de comunidad y estado sucesional de la vegetación. Este mapa reconoce 38 zonas de vida a lo largo de Estados Unidos. En Puerto Rico existen seis zonas de vida de acuerdo al sistema Holdridge (Ewel, J.J. & Whitmore, J. L., 1973). Esas son, en orden de extensión territorial: bosque húmedo subtropical, bosque muy húmedo subtropical, bosque seco subtropical, bosque muy húmedo montano bajo subtropical, bosque pluvial montano bajo subtropical y bosque pluvial subtropical (Lugo, A. E., 2005).

- **Clasificación por Zonas Geoclimáticas.** Sistema que combina los seis tipos de climas o zonas de vida identificados en el sistema Holdridge, con las seis agrupaciones geológicas primarias en la Isla, resultando en 28 unidades o zonas geoclimáticas para Puerto Rico. Lugo consolidó recientemente estas 28 zonas geoclimáticas en 10 tipos o grupos de bosques para facilitar su comprensión y aplicación a nivel isla (Lugo, A. E., 2005).
- **El Proyecto GAP de Puerto Rico (Puerto Rico Gap Analysis Project - PRGAP).** Desarrollado e implementado por el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IITF, por sus siglas en inglés), el DRNA, el USGS y *North Carolina State University*, constituye el esfuerzo más reciente de caracterización de los usos del suelo y los tipos de vegetación existentes en la Isla. En éste se definieron 70 clases de patrones de cobertura del terreno para Puerto Rico bajo un sistema jerárquico de clasificación. La vegetación natural se clasificó en bosque cerrado, bosque abierto, arbustos o pastizales. Las clasificaciones de bosque cerrado y pastizales son definidas más a fondo en seco, húmedo, mojado o inundado. Estas unidades han sido diferenciadas entre, si ocurren en suelos derivados de caliza, aluvial, serpentina o substratos no calcáreos. Varios de los tipos de bosque cerrado fueron clasificados de acuerdo a su edad (*i.e.* primario, secundario maduro, o joven secundario). Los humedales fueron clasificados en arbolado, herbáceo, salino o no salino, y temporalmente inundado o emergente. Finalmente, información sobre comunidades de flora dominante, y especies representativas de la unidad de cobertura de terreno, fue incorporada cuando ésta estuvo disponible (Gould, W., et al., 2007).

En el área de la RNCEN se han identificado varios tipos de bosques. De acuerdo al sistema Holdridge, en el Corredor se pueden observar el bosque húmedo subtropical y el bosque seco subtropical. Es importante destacar que todas las zonas de vida identificadas en Puerto Rico están representadas en una región de apenas 13 millas (21 km) de longitud, formada por la RNCEN, la Reserva Natural de Las Cabezas de San Juan y el Bosque Nacional El Yunque. Los cambios en precipitación, elevación y temperatura observados en toda esta zona constituyen uno de los gradientes ambientales más marcados de todo el Caribe (Lugo, A. E., 2005). Esto ha fomentado a su vez una biodiversidad extraordinaria en toda esta región.

En la RNCEN se han identificado a su vez tres zonas geoclimáticas. Estas son: el bosque seco subtropical sobre terreno aluvial y otros sedimentos no consolidados, el bosque húmedo subtropical sobre terreno aluvial y otros sedimentos no consolidados y el bosque húmedo subtropical sobre roca volcánica efusiva que sufre alteraciones hidrotermales. De acuerdo a las descripciones hechas en Lugo, A. E., 2005, en la RNCEN existen cuatro tipos de bosques: bosques secos costeros sobre sustrato volcánico, bosques secos y húmedos en valles aluviales, bosques húmedos costeros sobre sustrato arenoso y bosques húmedos en tierras bajas sobre sustrato volcánico.

El Proyecto GAP de Puerto Rico identificó para la RNCEN 29 de las 70 clases de cobertura de terreno definidas para la Isla, de las cuales 26 corresponden a la clase principal de vegetación natural (Gould, W., 2008).

Los métodos y sistemas de clasificación de comunidades vegetales descritos anteriormente, fueron utilizados como referencia para delimitar y zonificar los ecosistemas presentes en la RNCEN. Con el propósito de facilitar su descripción y poder ser más efectivos en el desarrollo de las acciones para su manejo, los ecosistemas y asociaciones vegetativas de la RNCEN se han agrupado en las categorías siguientes: bosques, humedales leñosos, humedales herbáceos, pastos, suelo expuesto, playas, cuerpos de aguas, arrecifes de coral y praderas de yerbas marinas. El desarrollo o estructura vegetativa y el régimen hídrico de los suelos fueron los dos factores principales utilizados para definir estos ecosistemas.

Los humedales leñosos son considerados típicamente como bosques. Sin embargo, los hemos agrupado como un ecosistema principal formado por dos asociaciones identificadas bajo manglares y otros pantanos.<sup>9</sup> El resto de los bosques definidos como tal en la RNCEN crecen en suelos no hídricos o firmes. La información a continuación incluye una descripción de cada uno de los ecosistemas antes mencionados, las especies predominantes o más comunes presentes en éstos, incluyendo especies raras, y elementos críticos documentados, junto a una breve descripción de aquellos factores o actividades negativas que representan una amenaza a su integridad ecológica.

Las playas, las praderas de yerbas marinas y los arrecifes de coral se discuten como parte de los ecosistemas presentes en la RNCEN. Aunque éstos no se encuentran propiamente dentro de los límites oficiales de la Reserva Natural, si mantienen una estrecha relación funcional con los ecosistemas que forman parte de esta área natural protegida. Por tal razón, es imprescindible reconocerlos e incorporarlos como parte de los esfuerzos de preservación y conservación propuestos, para así garantizar el manejo integral de la RNCEN.

Es importante destacar que los ecosistemas localizados en las llanuras costeras y colinas bajas de la RNCEN, representan una de las regiones más impactadas por actividades antropogénicas en Puerto Rico. En la actualidad, esta zona fisiográfica es una de las menos protegidas en la Isla (Gould, W., et al., 2007). La designación de la RNCEN provee una oportunidad extraordinaria para lograr preservar la integridad ecológica de este patrimonio natural amenazado. Su conservación y restauración, esto último en aquellas áreas que lo necesiten, merece por lo tanto prioridad.

---

<sup>9</sup> El término pantano denota humedales en los cuales su vegetación predominante está constituida por vegetación leñosa, principalmente arbórea. Para propósitos de este documento, hemos distinguido los humedales leñosos arbóreos llamados manglares aparte de otros tipos de pantanos también presentes dentro de la RNCEN. La salinidad de los suelos sería un factor determinante empleado para distinguir entre las asociaciones de Manglar con respecto a los demás tipos de Pantano.

**TABLA 2.16  
ECOSISTEMAS DE LA RNCEN**

<b>Ecosistema</b>	<b>Cuerdas</b>	<b>Hectáreas</b>	<b>% de cobertura</b>
Bosque Seco Arenoso	94.487	37.137	3.1
Bosque Húmedo Arenoso	168.348	66.167	5.5
Bosque Seco Volcánico	215.094	84.540	7.0
Bosque Húmedo Volcánico	596.495	234.446	19.5
Manglar	219.735	86.365	7.2
Pantano	28.104	11.046	0.9
Humedal Herbáceo	529.293	208.033	17.3
Cuerpo de Agua	126.153	49.583	4.1
Playa Arenosa	92.118	36.206	3.0
Playa Rocosa	4.201	1.688	0.1
Pastos	915.686	359.901	30.0
Suelo Expuesto	67.511	26.534	2.2
<b>Total:</b>	<b>3,057.225</b>	<b>1,201.610</b>	<b>100.0</b>

**FIGURA 2.12  
ECOSISTEMAS EN LA RNCEN**

