

2 DESCRIPCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

La descripción del ambiente en el área donde se propone el Proyecto se discute en el Capítulo 2. Este capítulo presenta una descripción de la topografía; geología y suelos; sistemas hidrológicos, calidad de agua, zonas susceptibles a inundación, meteorología, calidad del aire ambiental, recursos ecológicos, usos de terrenos y calificación, infraestructura, recursos culturales, entorno visual y olores, niveles de ruido, medios de transportación, aspectos socioeconómicos, Justicia Ambiental y servicios públicos.

2.1 Topografía

2.1.1 Topografía Regional

La costa Norte de Puerto Rico contiene la franja cárstica del Norte también conocida como la zona caliza del Norte. La misma se extiende por unas 75 millas, desde Aguadilla hasta Loíza, con un ancho máximo aproximado de 14 millas en el área de Arecibo. El área de la franja cárstica es un 65 por ciento de la zona caliza del Norte. La elevación más alta es de 530 metros sobre el nivel del mar.

El mapa geológico, cuadrángulo de Arecibo del Servicio Geológico de los EEUU (USGS por sus siglas en inglés), (Briggs, 1968) ilustra una topografía regional variada donde se representan rasgos típicos de la topografía carsica tales como el carso de mogotes, carso de sumideros, carso enterrado, colinas de bajo relieve y planicies irregulares con rasgos cársticos menores, el Caño Tiburones, el corredor costero de bajo relieve, dunas cementadas, valles aluviales y planicies inundables.

Es importante señalar que las diferencias climatológicas redundan en los distintos rasgos topográficos. Otros factores contribuyentes a esta diferenciación de la topografía cárstica lo son, el tipo del sustrato, el ambiente de deposición y la diagénesis. Es importante resaltar que una gran porción de la topografía cárstica del centro hacia el norte del cuadrángulo topográfico, se encuentra enterrada por depósitos aluviales provenientes de la topografía escarpada del interior, los que descargan estacionalmente durante las crecidas de los Ríos Grande de Arecibo y Tanamá y aflora solamente de forma esporádica. Por consiguiente, los rasgos topográficos emergentes

dominantes son, el valle aluvial del RGA, el Caño Tiburones y la planicie discontinua costera donde sobresalen hileras de colinas cársticas irregulares y dunas de arena cementadas, entre otros.

De otra parte, el carso de mogotes se manifiesta en el centro del cuadrángulo de Arecibo con las propiedades de la clásica topografía cárstica bien desarrollada hacia el oeste y sur. Los mogotes del cuadrángulo típicamente alcanzan 50 metros sobre las planicies o valles intermogotes de depósitos de manto, con bases de 100 a 150 metros de diámetro (Briggs, 1968). No obstante, hacia la porción sur del cuadrángulo se encuentra la topografía más escarpada donde se observan picos y reducidas cadenas de mogotes que no exceden los 250 metros en elevación.

El valle inferior del RGA se encuentra aproximadamente a 45 millas al oeste de San Juan y abarca un área aproximada de 31.5 millas cuadradas (Quiñones-Aponte, 1986). El Océano Atlántico lo delimita por el norte, la ciudad de Arecibo, depresiones cársticas y lomas empinadas por el oeste y sur; el Caño Tiburones por el norte/noreste y topografía cárstica de mogotes lo delimita hacia el este.

El valle aluvial del RGA es uno de los rasgos topográficos más prominentes del Cuadrángulo. Los cambios en la gradiente topográfica de este valle aluvial varían desde paredes casi verticales a una elevación de 180 metros sobre la planicie inundable del río, hasta alcanzar los 250 metros sobre el nivel del mar hacia el sur del cuadrángulo donde predomina la topografía escarpada. Bancos irregulares con un moderado desarrollo cárstico se encuentran en los lados del valle aluvial y representan la zona transitoria con los rasgos fisiográficos adyacentes. Ambos bordes del valle evidencian una disminución progresiva hacia el norte hasta la desembocadura del RGA en el Océano Atlántico. De igual forma exhibe una disminución gradacional hacia el norte y noreste hasta alcanzar el Caño Tiburones.

El RGA posee grandes meandros y presenta cauces abandonados. Parte de su caudal se pierde subterráneamente hasta emerger como manantiales en el lado sur del Caño Tiburones (Monroe, 1976). Por otro lado, su valle aluvial alcanza un ancho que excede los 5 kilómetros en su porción más amplia, hacia el extremo norte del cuadrángulo.

Hacia el suroeste del Cuadrángulo, el Río Tanamá confluye con el RGA. Las laderas del Río

Tanamá son casi verticales y alcanzan una altura que sobrepasa los 125 metros en algunos puntos. Por otra parte, éste fluye subterráneamente a través de nueve túneles y en algunos tramos por donde discurre superficialmente, el mismo ha desarrollado planicies inundables. La más ancha de éstas mide aproximadamente 150 metros y se encuentra hacia el este de La Esperanza (Briggs, 1968).

Otro rasgo topográfico predominante en el área del Proyecto es el Caño Tiburones, el cual ocupa un área pantanosa extensa desde el valle inundable oriental del RGA hasta el Municipio de Barceloneta. Éste ocupa una extensión aproximada de 15 kilómetros de largo por 1.5 kilómetros de ancho promedio que representa un área total de aproximadamente 152 km² (58.5 mi²) de topografía prácticamente llana con elevaciones máximas de 984 pies hacia el interior hasta aproximarse a la elevación del Océano en el área de la costa. El Cuadrángulo Topográfico de Arecibo del USGS ilustra un punto de control de elevación (punto topográfico) “*benchmark*” del USGS de 3.4 metros sobre la Carr. PR-681. El Caño Tiburones contiene sedimentos pantanosos y de turba “*peaty marsh*” al nivel promedio del mar o cercano al mismo. A su vez, los depósitos del valle aluvial del RGA sirven de lindero a los pantanos del Caño Tiburones.

2.1.2 Topografía Local

El Predio está localizado en el segmento occidental de la planicie costera o llano costero y en una porción del valle aluvial del RGA, Barrio Cambalache en Arecibo, Puerto Rico.

El Predio ubica en la zona Caliza del Norte de Puerto Rico, dentro de la planicie costera discontinua y en un tramo inferior del valle aluvial del RGA. La topografía dentro del Predio y en las áreas que lo circundan está dominada por el valle inundable del RGA y es por consiguiente esencialmente plana con una elevación que varía desde 1 hasta 7.5 metros sobre el nivel de mar. La topografía es típica de planicies o valles inundables asociados a cuerpos de agua. La **Figura 2-1** ilustra la topografía existente del Predio.

En el Estudio Jurisdiccional de Humedales en el **Apéndice E** se ilustra la topografía en las áreas propuestas para la infraestructura del Proyecto.

La formación del valle aluvial comenzó con la erosión y la disolución de roca caliza para el Mioceno Medio por abrasión y la acción de la lluvia acídica (Monroe, 1976) dando paso al

desarrollo de un cañón con bancos empinados, el cual se torna estrecho a medida de que se interna hacia el sur.

La topografía local del Predio ha sido previamente alterada por las actividades industriales de la fábrica de papel Global Fibers Paper Mill que cesó operaciones en 1996. Actualmente, varias estructuras industriales abandonadas, con armazón de acero ocupan los terrenos del Predio.

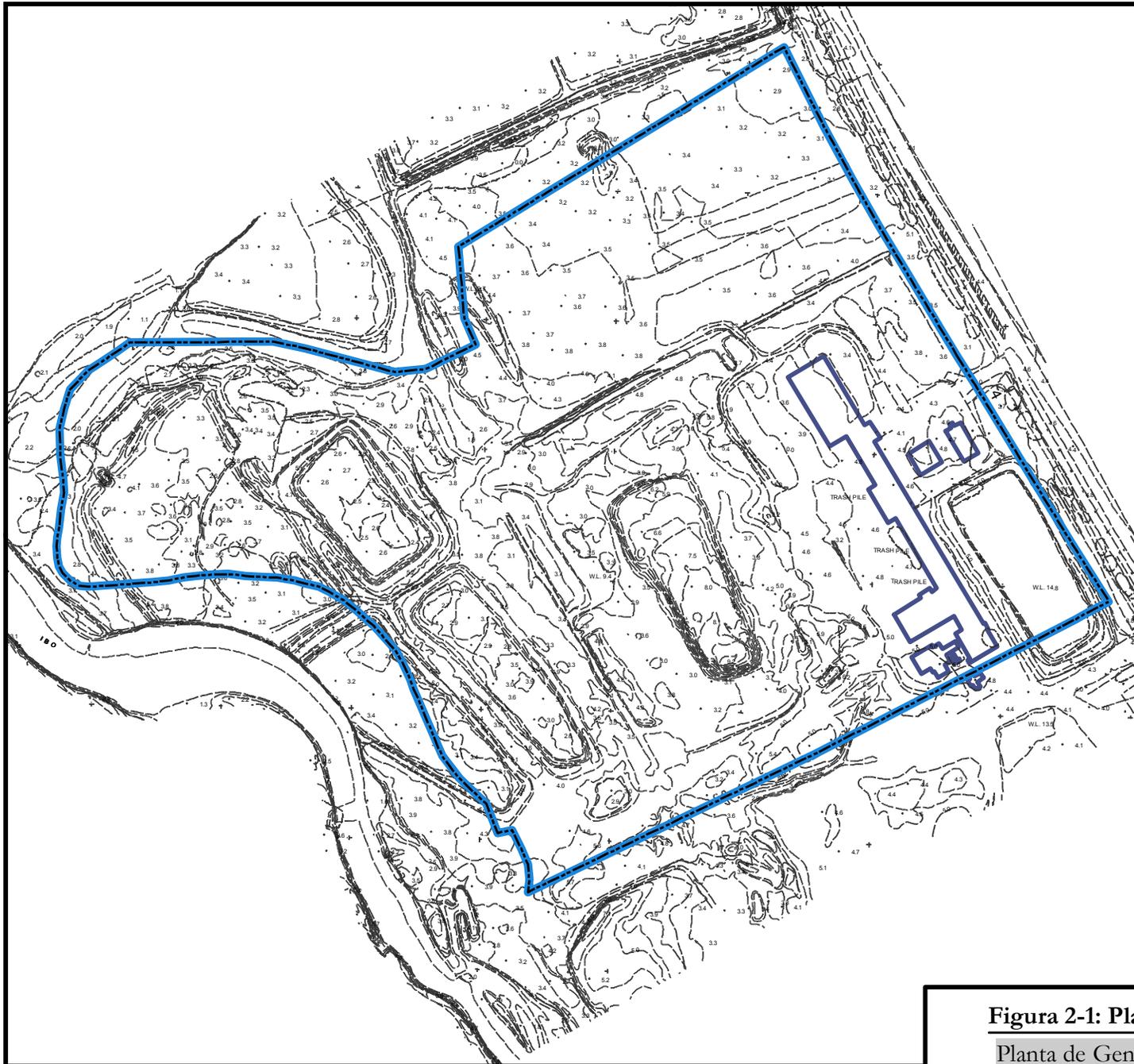
La cabida del Predio es de 82 cuerdas y posee una geometría irregular. El Predio se extiende desde el RGA que lo delimita por el oeste, hasta la Carretera PR-2 que lo delimita por el este. Terrenos baldíos de la Autoridad de Tierras lo delimitan por el norte, donde una porción de éstos se utiliza para el cultivo de heno y por el sur el Predio colinda con terrenos baldíos de la Autoridad de Tierras.

Además, cinco (5) charcas artificiales forman parte de la topografía local. Una de ellas en la porción sureste del Predio se utilizó como charca de retención para almacenar agua del proceso de producción de la fábrica de papel y las cuatro charcas remanentes en el sector occidental del Predio se utilizaban como charcas de infiltración para almacenar y descargar la escorrentía pluvial por percolación al RGA.

Unos 1,191 metros lineales de los canales artificiales discurren por el Predio, los cuales se crearon como parte del sistema de drenaje de las aguas pluviales y del sistema del proceso del Proyecto. Éstos conectan con otro canal que discurre por la colindancia norte del Predio y que a su vez descarga al RGA. Uno de los meandros del cauce del RGA constituye uno de los linderos del Predio por el oeste, los bancos del mismo poseen pendientes empinadas.

REUTILIZACIÓN DE DOCUMENTOS, ESTE DOCUMENTO Y LAS DEJAS Y FICHAS SON INSCRIBIDAS A BIENITO, COMO INSTRUMENTO DEL SERVICIO PROFESIONAL, SON PROPIEDAD DE CSA, ARQUITECTOS E INGENIEROS, SRL/CSA GROUP INC. Y NO DEBEN SER UTILIZADOS, PARCIAL, O TOTALMENTE PARA NINGÚN OTRO PROYECTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE CSA GROUP®.

H:\09PRO78\COM\Z_GIS\DATA\mod\RRH\topo\plano_8_1\masd_1 julio 2010 GIS\Team\data\recher_AV 9.2 rev 4 agosto 2010



Leyenda:

- Línea de Contorno Topográfico¹
- ▭ Edificios Existentes²
- ▭ Límite del Predio

Fuentes:
 1. Cota de elevación (metros).
 2. Centro de Recaudación de Ingresos Municipales
 Sistema de Coordenadas: Coordenadas Planas NAD83
 Puerto Rico e Islas Virgenes FIPS 5200 (metros)



Figura 2-1: Plano de Topografía del Predio
 Planta de Generación de Energía Renovable y
 Recuperación de Recursos/Arecibo, PR

2.2 Geología y Suelos

2.2.1 Geología Regional

La costa del norte de Puerto Rico se caracteriza por contener una extensa región de roca caliza conocida como la Zona Caliza del Norte. Ésta cubre aproximadamente el 24% del área superficial de Puerto Rico (aproximadamente 75 millas de este a oeste) y se extiende desde Aguadilla hasta Loíza. El Predio se encuentra ubicado en la planicie inundable del RGA, está localizada en el sector occidental de un corredor costero discontinuo de bajo relieve; no obstante, las formaciones subyacentes están constituidas por la caliza Camuy. Toda el área de bajo a moderado relieve que se encuentra entre la costa y el Caño Tiburones, así como la planicie inundable del RGA, las colinas y llanuras irregulares hacia el sur conforman este corredor costero.

El principal desarrollo de caliza en el norte de Puerto Rico data del Oligoceno y del Mioceno. La secuencia de las formaciones calizas desde el tardío a mediano Terciario, es el resultado de la dinámica del viento e intermitentes regresiones y transgresiones marinas que ocurrieron entre el Oligoceno y el Mioceno. Es durante esta última época que emergen los estratos terciarios más antiguos y se sumerge la costa norte de Puerto Rico debido a los procesos orogénicos del Caribe, hasta culminar con los depósitos de arena y dunas consolidadas del Pleistoceno y Holoceno, seguido de depósitos de sedimentos recientes.

Hacia el este y el oeste del Predio fuera de la planicie inundable del RGA prevalecen afloramientos de hileras de colinas de poco relieve o montículos de roca caliza terciaria de la formación Camuy que se seccionaron o cortaron por la invasión del mar. Esta formación geológica aparenta en esta área, haber sido fragmentada en tiempos geológicos pasados por la actividad tectónica que propició levantamientos y hundimientos periódicos, activando episodios de transgresiones marinas y procesos orogénicos. Hacia el sureste y suroeste del Predio también resaltan hileras de colinas y mogotes de la caliza Aymamón con características típicas de la topografía cárstica.

A continuación se describen las formaciones geológicas prevalecientes dentro del Predio para el Proyecto y en las áreas circundantes, de acuerdo al Mapa Geológico del Cuadrángulo de Arecibo del USGS de Briggs, 1968: la Formación Caliza Aymamón (Tay), la Formación Caliza Camuy

(Tca), depósitos de sedimentos pantanosos (Qs), depósitos de planicie aluvial (Qa) y depósitos superficiales (Qf); estos últimos datan del Cuaternario.

- Caliza Aymamón (Tay) consiste primordialmente de caliza de grano mediano a fino, su color varía desde blanco hasta un gris claro con tonos moderados de anaranjado, contiene un alto grado de pureza, en algunas localidades puede variar a un moteado “*mottled*” con raspaduras o “*streaks*” de color marrón claro, gris claro, hasta un marrón rojizo claro. Comúnmente de yacimiento grueso y tizosa. Esta puede alcanzar un espesor de 216 metros. La fisiografía cárstica de mogotes se desarrolló en la base y parte mediana de esta formación caliza.
- Roca Caliza Camuy (Tca) contiene granos de tamaño mediano a fino, con diferentes tonalidades de anaranjado, amarillento y marrón claro. La misma contiene una composición variada desde roca caliza pura hasta una caliza arcillosa interestratificada con tiza gris clara, tiza arcillosa y marga “*marl*”, con un horizonte geológico aproximado de 171 metros.
- Depósitos de planicie aluvial o suelos aluviales (Qa) consisten principalmente de granos moderadamente bien clasificados (“*well-sorted*”) con una estratificación gradacional de arena, limo, y arcilla. Primordialmente la planicie se compone de cuarzo, feldespatos y granos de arena de origen plutónico. Además, el limo de roca plutónica, guijas y guijarros de roca volcánica son comunes. El espesor de estos depósitos aluviales varía entre 0-70 metros.
- Depósitos de sedimentos pantanosos o cenagosos (Qs) se encuentran adyacentes a meandros del RGA en la planicie inundable del Río, tributarios y al Caño Tiburones hacia el este/noreste del Predio. Estos consisten de una entremezcla de arcilla, arcilla arenosa y arcilla limosa, de color negra, gris y gris azul. Estos depósitos se encuentran saturados de agua y contienen un alto grado de materia orgánica. Su profundidad varía de 0 a 3 metros.
- Depósitos de Playa (Qbq) Arena predominantemente de Cuarzo, granos de mediano a grueso, bien clasificada, con concentraciones reducidas de feldespatos, fragmentos de roca

plutónica y carbonato de calcio.

- Dunas de arena (Qd) arena de grano mediano de 0-10 metros de espesor.
- Depósitos Transicionales (Qdt) arena soplada por el viento procedente de dunas y playas mezclado naturalmente o por acción agrícola con depósitos de manto, aluviales o pantanosos.
- Dunas cementadas (Qcd) arena de friable a cementada con calcita, de estratificación cruzada eólica, localmente fosilífera, con interestratos conglomerados.
- Depósitos de manto (QTs) arena de cuarzo, de grano fino a mediano, gris claro a blanca contiene menos de 2% de impurezas.
- Depósitos de relleno (Qf) o “*Artificial Fill*” (Af) consisten de una mezcla de sedimentos pobremente clasificados de fragmentos de caliza, arena y arcilla y alcanzan una profundidad promedio de cero (0) a cuatro (4) metros a partir de la rasante del terreno.

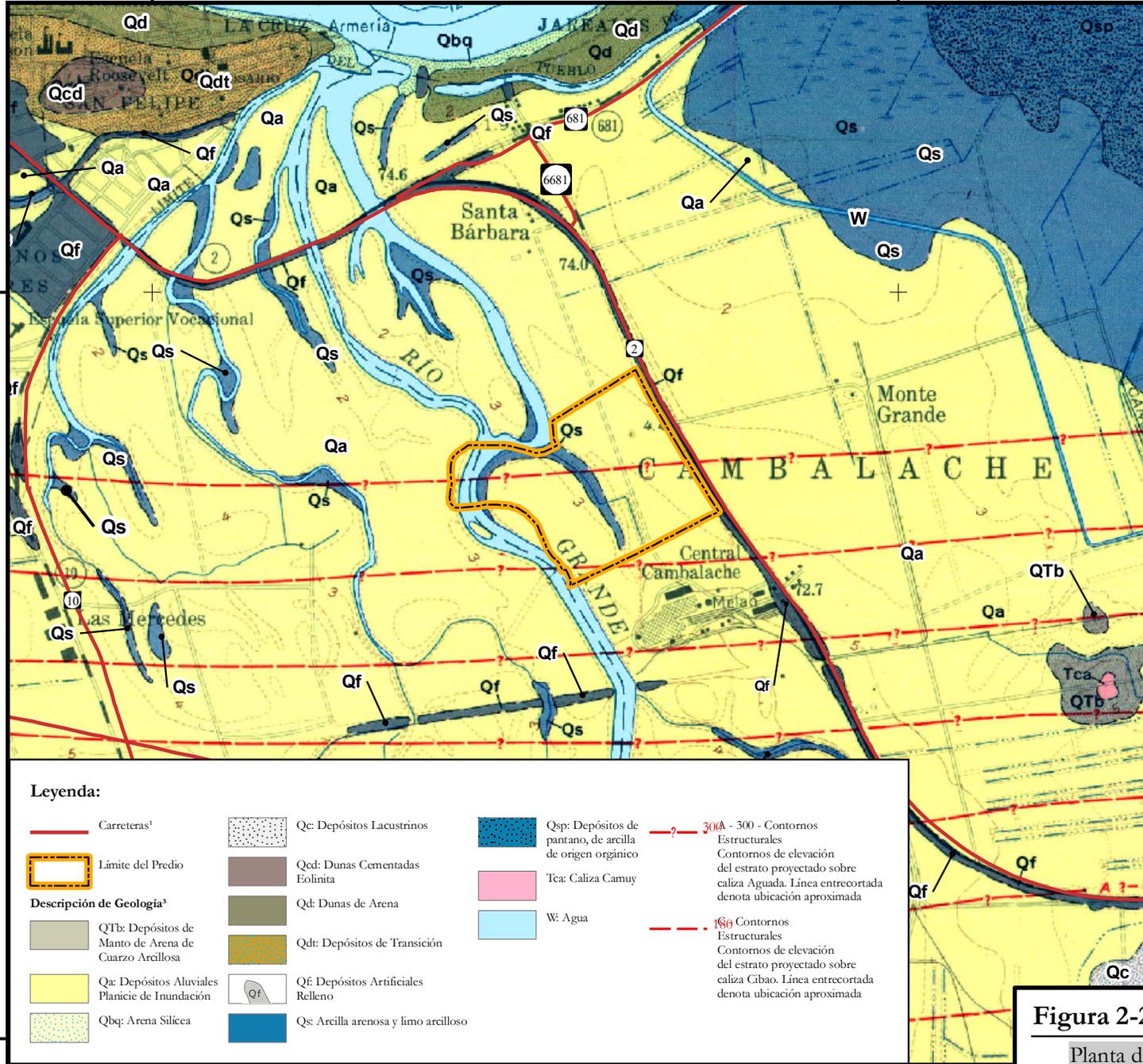
La **Figura 2-2** muestra las formaciones geológicas en el Predio mientras que en el Estudio Jurisdiccional de Humedales en el **Apéndice E** se ilustra las formaciones geológicas presentes en las áreas propuestas para la infraestructura del Proyecto.

2.2.2 Geología Local

Las formaciones geológicas subyacentes en el área del Proyecto y por consiguiente su geomorfología, demuestran que los terrenos del Predio al igual que en los terrenos cercanos, se encuentran dominados por afloramientos que datan del terciario como lo es la Caliza Camuy hasta depósitos de tiempos recientes como los aluviales. Como resultado de los procesos de degradación mecánica y química predomina este corredor costero de llano relieve donde sobresalen de forma esporádica montículos calizos y al cual pertenece la planicie inundable del RGA.

REPRODUCCIÓN DE DOCUMENTOS ESTE DOCUMENTO Y LAS IDEAS Y DISEÑOS INCORPORADOS ADJUNTO.
 CUALQUIER USO, REPRODUCCIÓN O DISTRIBUCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE CSA GROUP, INC., NO DEBERÁ SER UTILIZADO, PARCIAL O TOTALMENTE, PARA NINGÚN OTRO PROYECTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE CSA GROUP.

H:\09PR06\000\Z-GIS\ID\anal\RRF\Geologia_8_11.mxd 9 abril 2010 08:57 Team edueher AV 9.2 rev 4 agosto 2010



Legenda:

- | | | | |
|--|--------------------------------------|--|---|
| Carreteras ¹ | Qc: Depósitos Lacustrinos | Qsp: Depósitos de pantano, de arcilla de origen orgánico | 300A - 300 - Contornos Estructurales |
| Límite del Predio | Qcd: Dunas Cementadas Eolinita | Tca: Caliza Camuy | Contornos de elevación del estrato proyectado sobre caliza Aguada. Línea entrecortada denota ubicación aproximada |
| Descripción de Geología³ | Qd: Dunas de Arena | W: Agua | 150 Contornos Estructurales |
| QTb: Depósitos de Manto de Arena de Cuarzo Arcillosa | Qdt: Depósitos de Transición | | Contornos de elevación del estrato proyectado sobre caliza Cibao. Línea entrecortada denota ubicación aproximada |
| Qa: Depósitos Aluviales Planicie de Inundación | Qf: Depósitos Artificiales Relleno | | |
| Qbq: Arena Silíceica | Qs: Arcilla arenosa y limo arcilloso | | |



Escala: 1:20,000



- Fuente:
1. Autoridad de Carreteras y Transportación, junio 2006
 2. Información provista por la Junta de Planificación de Puerto Rico.
 3. Servicio Geológico de los Estados Unidos. Reporte preliminar del mapa geológico del cuadrángulo de Arcibo, Puerto Rico. Preparado por Reginald P Briggs, 1968.

Sistema de Coordenadas: Coordenadas Planas NAD83 Puerto Rico e Islas Virgenes FIPS 5200 (metros)



Figura 2-2: Geología del Área de Estudio
 Planta de Generación de Energía Renovable y Recuperación de Recursos/Arcibo, PR

La composición geológica de los terrenos del Proyecto consiste de depósitos de material orgánico entremezclado con sedimentos finos arenosos, limosos y arcillosos, el cual se compone predominantemente de depósitos de suelo aluvial pertenecientes al RGA y de depósitos pantanosos de sedimentos arcillosos orgánicos de color oscuro que generalmente se encuentran adyacentes a los meandros del RGA.

A continuación se detalla la descripción de las formaciones geológicas dentro del Predio que nos ocupa, según el Mapa Geológico del Cuadrángulo de Arecibo del USGS, Briggs, 1968 el basamento geológico que subyace el Predio se conforma de depósitos de planicie aluvial (Qa) del RGA de un espesor que sobrepasa los setenta (70) metros de profundidad y depósitos de sedimentos pantanosos (Qs), que alcanzan un espesor de sobre tres (3) metros.

La formación Qa consiste principalmente de granos moderadamente bien clasificados (“*well-sorted*”) con una estratificación gradacional de arena, limo, y arcilla. Estos sedimentos compuestos por material detrítico se depositaron como resultado de las descargas paulatinas del río. Los sedimentos pantanosos (Qs) se depositaron en áreas adyacentes al cauce del RGA y están compuestos de arcilla, arcilla arenosa y arcilla limosa, negra, gris y gris azul. Estos depósitos se encuentran saturados de agua y contienen un alto grado de materia orgánica.

Como parte de la preparación de este documento ambiental se llevó a cabo un Estudio Geotécnico Preliminar del Subsuelo realizado por Geoconsult (**Ver Apéndice A**) en el área del Predio. Las exploraciones del substrato realizadas confirman la profundidad y el origen aluvial de los suelos ya que las perforaciones penetraron el horizonte geológico hasta ciento 150 pies de profundidad máxima.

A continuación se describen las unidades estratigráficas que se encontraron en el Predio como resultado de esta investigación exploratoria del subsuelo:

Basado en los 15 barrenos exploratorios hincados a profundidades de 100 a 150 pies como parte del estudio (Véase **Apéndice A, Figura 2 Plano de Localización de Ubicación de Barrenos, del Estudio Preliminar de Recomendaciones Geotécnicas**) se encontraron depósitos aluviales de forma continua en el subsuelo hasta las profundidades máximas alcanzadas. Los barrenos se perforaron a través del área desarrollada del Predio. El nivel freático se encontró a

profundidades aproximadas que varían entre los 4 y 7 pies. (Véase el perfil del subsuelo generalizado Figuras 3, 4, 5, 6 y 7 del **Apéndice A-Estudio Preliminar de Recomendaciones Geotécnicas**) para la profundidad de las perforaciones correspondientes.

La litología de los sedimentos aluviales encontrados durante la exploración del subsuelo varía entre arcillas grasosas “*fat clays*” y arenas arcillosas “*clayey sands*”, donde el contenido de arena es también variable. Este depende del nivel de energía presente en el ambiente activo de deposición de estos sedimentos. Por otro lado, se evidenció en los barrenos que esta variación no es gradual, sino más bien heterogénea donde capas de limo arenoso “*sandy silt*” se encuentran entre capas más gruesas de arcilla grasosa. Esto es indicativo además de la heterogeneidad en las extensiones aéreas de los depósitos, lo que impactará el tipo de cimiento a utilizarse para las estructuras propuestas a través del Predio.

En general, el material aluvial encontrado evidencia la presencia de una corteza desecada de aproximadamente 20 pies de grosor. La arcilla presente en esta corteza es desde rígida a muy rígida, mientras que el sedimento de textura más gruesa exhibe pobre induración con densidades relativas desde suelta a muy suelta. Generalmente, el material que se encontró a una profundidad mayor de 20 pies tiene características opuestas; éste consiste de arcillas suaves a semi suaves y la arena tiende a ser un poco más densa. No se encontró un perfil litológico uniforme y consistente en ninguno de los barrenos perforados.

2.2.3 Geología Estructural

El Estudio Preliminar de Recomendaciones Geotécnicas incluye unas recomendaciones preliminares para el Proyecto, las que se describen a continuación: debido a que el depósito aluvial no es competente para sostener la carga de las estructuras propuestas, se recomienda hincar pilotes para asegurar la integridad estructural de los cimientos. Se utilizaron los valores de carga provistas al consultor geotécnico y se asumió la capacidad de carga de 3,000 libras por p²; también se realizaron cálculos de asentamiento tomando en consideración un perfil de subsuelo con parámetros de compresibilidad siguiendo el modelo incluido en la **Apéndice A, Figura 8**, el cual se basó en los resultados de las pruebas de consolidación de las muestras de suelos no perturbadas, incluidas en el Estudio de Subsuelo.

Como resultado, se anticipan asentamientos de hasta 6 pulgadas después de considerar el factor agravante de la heterogeneidad aérea o la porosidad del contenido de la arena en las distintas capas presentes en el subsuelo; se estimó que el tiempo para que este valor de asentamiento se efectúe variaría en distancias cortas, causando grandes asentamientos diferenciales a las estructuras propuestas. Estos asentamientos diferenciales tienden a ser temporeros ya que en tiempo (años) el asentamiento total sería similar, pero que también ocasionaría daños a los elementos estructurales. Debido a estos factores se requiere la utilización de cimientos profundos tipo pilote.

Por consiguiente, se tomó en consideración la variabilidad de las condiciones del subsuelo en el área y se realizó un análisis estático para cada barreno para establecer la profundidad requerida para los pilotes que se utilizarán en zonas distintas del Predio. Además, se analizaron 13 diferentes tipos de pilotes por cada barreno perforado. Los diferentes tipos de pilotes y sus respectivas cargas están resumidos en la **Tabla 2-1** del **Apéndice A-Estudio Preliminar de Recomendaciones Geotécnicas**.

Tabla 2-1: Capacidad de Compresión Permisible de los Pilotes

Tipo de Pilote	Carga de Compresión Permisible (toneladas)
10" pilote de concreto circular prefabricado Fuentes	60
12" pilote de concreto circular prefabricado Fuentes	100
10" Pilote de tubo vacío de acero (pared 0.188")	50
12" Pilote de tubo vacío de acero (pared 0.250")	80
18" Pilote de tubo vacío de acero (pared 0.312")	140
24" Pilote de tubo de acero vacío (pared 0.375")	200
30" Pilote de tubo vacío de acero vacío (pared 0.500")	250
10" Pilote de tubo de acero relleno (pared 0.188")	80
12" Pilote de tubo de acero relleno (pared 0.250")	120
18" Pilote de tubo de acero relleno (pared 0.312")	200
24" Pilote de tubo de acero relleno (pared 0.375")	250
30" Pilote de tubo de acero relleno (pared 0.500")	300
14x73 Pilote de acero H	150

Se consideraron los pilotes de acero de 2 formas: los pilotes hincados sin ningún tipo de relleno y los pilotes hincados utilizando un relleno de concreto, con un tapón de acero en la base de la sección rellena.

Los resultados del análisis estático se encuentran en la **Figura 2 del Apéndice A-Estudio Preliminar de Recomendaciones Geotécnicas**. Este análisis se realizó tomando en consideración un factor de seguridad de 2.5 para este estudio preliminar. No obstante, el mismo puede reducirse en la medida que se obtenga más data y se realice el mismo tipo de análisis. Más aún, el depósito de relleno artificial aplicaría una carga negativa en la fricción de la piel, lo cual resultaría en longitudes similares a las presentadas en este estudio preliminar. Debido a que la profundidad de la capa de relleno es incierta, este factor de longitud o profundidad de los pilotes se establecerá en el estudio final. Para más detalles de los hallazgos y recomendaciones del Estudio Preliminar de Recomendaciones Geotécnicas, favor de referirse al **Apéndice A**.

2.2.4 Sismicidad

Puerto Rico y Las Islas Vírgenes representan el extremo este de las Antillas Mayores y están compuestas de rocas volcánicas y sedimentarias que se formaron en los últimos 100 millones de años.

Puerto Rico está localizado en la esquina noreste del bloque tectónico conocido como la Placa del Caribe. Ésta ubica en la zona de convergencia con la Placa de Norte América, en la región sísmica del Caribe. Hacia el norte y este la misma se oblicua debajo de Puerto Rico y hacia el oeste el desplazamiento es más lateral. En el pasado se ha determinado que la velocidad relativa de movimiento de la placa de Norte América es de 3.7 cm/año, respecto a la Placa del Caribe, en dirección hacia el oeste/suroeste (Sykes et al., 1982).

La actividad sísmica en la región se concentra en las siguientes zonas: la Trinchera de Puerto Rico hacia el norte, a lo largo de la zona de subducción hacia el sur y en la zona de los 19° N, al noreste en la Zona del Sombrero, al sureste en la Depresión de las Islas Vírgenes y Anegada, en la Trinchera de Muertos al sur, al oeste en el Canal y en el Pasaje de la Mona y en la zona al suroeste del interior de la Isla.

De los rasgos mencionados, el más sobresaliente es la Trinchera de Puerto Rico, cuyo eje ubica aproximadamente a 100 kilómetros al norte de la plataforma de Puerto Rico e Islas Vírgenes y corresponde a la zona norte de convergencia de la Placa de Norte América con la Placa del Caribe. Asociada a la misma se encuentra la Zona de los 19°N, la cual contiene las fallas de pendiente Norte y Sur de Puerto Rico. Puerto Rico se encuentra aproximadamente a 60 km al sur de la pendiente Sur de la Trinchera de Puerto Rico. Esta es la zona considerada con el mayor potencial para producir terremotos con magnitudes de 8 a 8.25 (McCann, 1984). No obstante, el registro de la mayor actividad sísmica en la pendiente Sur de la Trinchera se localiza hacia el extremo oeste en el Pasaje de la Mona y hacia el extremo este se encuentra el punto de intersección entre la Cresta Principal submarina “*Main Ridge*” y el margen oriental de Islas Vírgenes.

Entre los rasgos más prominentes del Pasaje de La Mona están las fosas o “grabens”, que poseen un rumbo norte/noroeste y se extienden desde la Trinchera de Muertos al sur hasta la Trinchera de Puerto Rico al norte. La más importantes de estas fosas es el Cañón de La Mona, el cual aparenta haber sido el foco del terremoto de 1918, magnitud 7.5 y de un tsunami que inundó el litoral costero ocasionando daños severos en el área de occidente de Puerto Rico. El desplazamiento vertical de las fallas fronterizas a ambos lados del Cañón aparenta haber ocasionado el terremoto.

El Pasaje de Anegada localiza hacia el este de Puerto Rico y constituye otro foco de actividad sísmica, mayormente asociada a la geología de la cuenca de Islas Vírgenes donde ubica la Trinchera de Anegada. La ruptura de una de las fallas en el flanco norte de esta trinchera aparenta haber sido el foco del terremoto de 1867 (Reid and Taber, 1920).

La Trinchera de Muertos se encuentra en una zona de menor sismicidad que la Trinchera de Puerto Rico y ubica a 75 kilómetros al sur de Puerto Rico y se extiende desde la República Dominicana hasta la cresta “*ridge*” de Santa Cruz. Según McCann (1984), ésta constituye la frontera sur del bloque “rígido” sobre el cual yacen Puerto Rico e Islas Vírgenes.

Las regiones de la tierra que ubican en áreas sísmicas conllevan un riesgo sísmico, el cual es en esencia el riesgo probabilístico de ocurrencia de un terremoto dentro de una región en un período determinado de tiempo. La Agencia Federal de Manejo de Emergencias, FEMA por sus siglas en inglés, cataloga a Puerto Rico como un área con un alto riesgo a terremotos. Por otro lado, la ocurrencia de terremotos puede ocasionar efectos secundarios tales como tsunamis, amplificación, deslizamientos, licuación, etc.

En el interior insular de Puerto Rico se encuentran la zona de la Gran falla del Norte y de la Gran Falla del Sur (La falla de San Marcos y El Madrigal). La zona de la Gran Falla del Norte se encuentra aproximadamente a 5 km al sur del Proyecto. No obstante, los terremotos ocurridos en la historia en Puerto Rico datan de 1670, 1787, 1867, 1918 y 1943. Por ende, la actividad sísmica de la Isla ha sido escasa en el pasado y se atribuye a la estructura arqueada de las islas que conforman Las Antillas y a la complejidad estructural superficial interior de Puerto Rico. Los terremotos de Boquerón y Palmarejo ocurridos en 1987 y 1988, respectivamente se registraron en la sección sureste de la Isla.

El Predio se encuentra en el valle aluvial del RGA dentro de la planicie costera discontinua y se encuentra cercano a la costa. Por tanto, el mismo está sujeto a experimentar posibles efectos secundarios tales como la licuación, debido a que el substrato se conforma por suelos blandos que contienen arena y cieno, es de reciente deposición y el nivel freático se encuentra a diez pies o menos de profundidad de la superficie del terreno. La licuación ocasiona la reducción de la capacidad de carga del suelo lo que a la vez puede causar daños estructurales. Este efecto está directamente relacionado además a otros factores tales como la magnitud, la intensidad, la

aceleración pico del terreno (%/g), la velocidad (cm/s) de la onda, la amplificación, la falta de confinamiento lateral de los sedimentos, entre otros.

No obstante, el Estudio Preliminar Geotécnico de Geoconsult, recomienda la utilización de cimientos profundos tipo pilote para las estructuras a desarrollarse. El Estudio Geotécnico Final analizará la vulnerabilidad específica a licuación de los terrenos del Predio, para el diseño estructural de las fundaciones o cimientos.

Debido a la proximidad del Predio al litoral costero, éste podría verse afectado por Tsunamis o maremotos ya que son otro efecto secundario de terremotos. No obstante, también pueden ser producidos por deslizamientos. Cuando se generan como resultado de desplazamiento de fallas en el fondo oceánico, se genera una serie de olas, que de estar mar adentro pueden desplazarse a unas 500 mph, aunque de estar mar abierto alcanzan alturas solamente en pulgadas. Según la Red Sísmica de Puerto Rico, los Tsunamis pueden evolucionar en tres fases: generación, propagación e inundación. La última de estas fases puede manifestarse como una inundación u olas encrespadas que pueden alcanzar alturas considerables. No obstante, la intensidad del maremoto depende de otros factores como la magnitud, velocidad, duración del desplazamiento y la profundidad del mar. Sin embargo, como parte de la preparación de la DIA-P, se efectuó una búsqueda del inventario de datos sobre Tsunamis en el Programa de Alerta y Mitigación contra Maremotos de Puerto Rico, la Red Sísmica de Puerto Rico, y del Programa Sea Grant de la Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario del Colegio de Mayagüez. Como resultado, se revisó el Atlas de Tsunamis y los Mapas de Inundación de Maremotos para Puerto Rico donde la delimitación de la inundación en tierra refleja que el Predio se encuentra fuera de los límites la misma, por lo que se concluye que La Planta no estaría sujeta a inundación como resultado de maremotos. Ver **Figura 2-3**.

2.2.5 Suelos

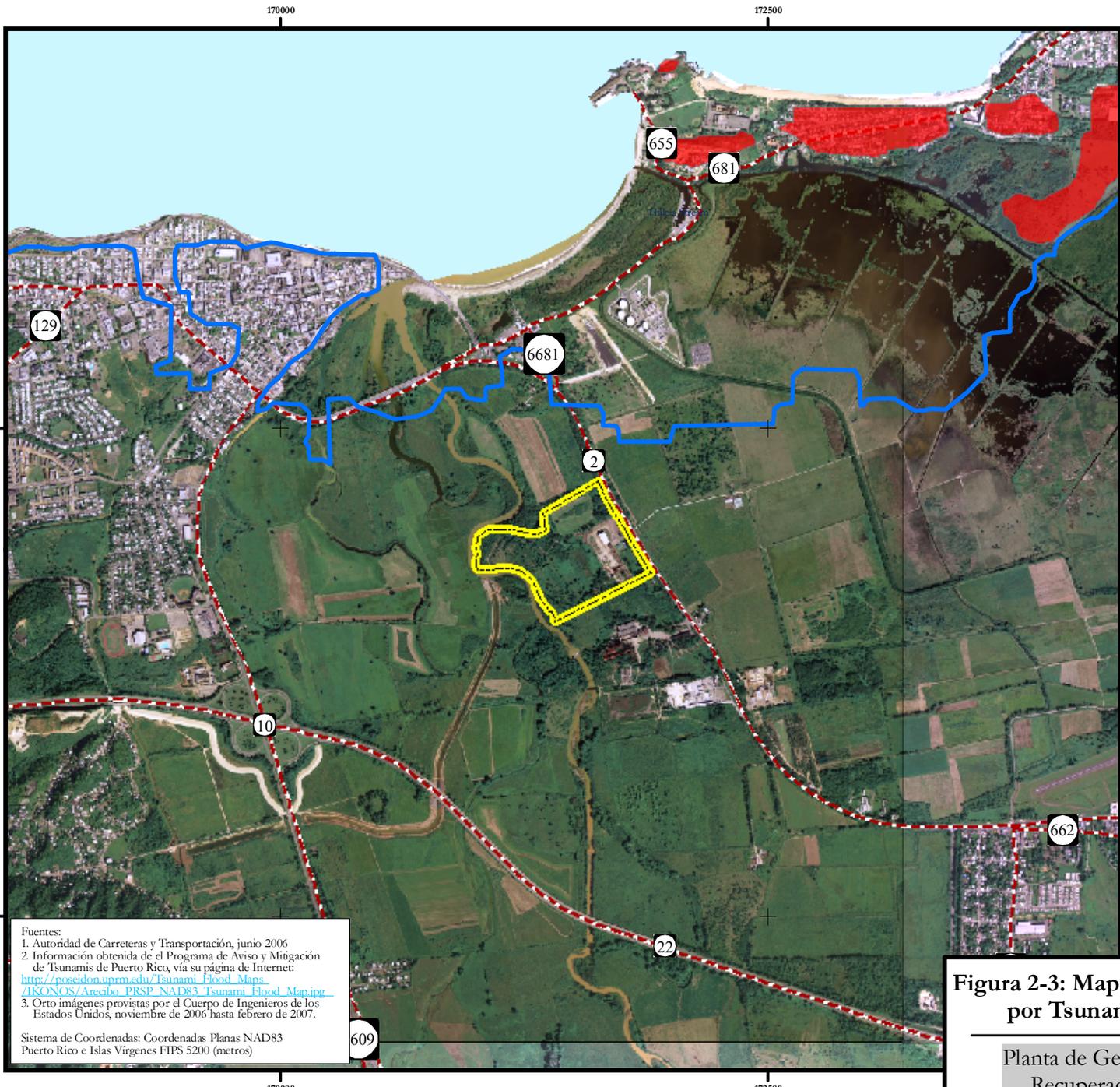
Según el mapa del catastro de suelos del área de Arecibo: Área Norte de Puerto Rico, elaborado por el Servicio de Conservación de los Recursos Naturales (NRCS, por sus siglas en inglés), el Predio se compone de suelos pertenecientes a la Asociación Toa-Coloso-Bajura. Éstos son los suelos Cieno Arcilloso Lómico Toa (To) y Cieno Arcilloso Coloso (Co) y están directamente vinculados con el valle aluvial del RGA, por lo que se caracterizan por ser suelos llanos con poca

inclinación. Éstos suelen tener un buen potencial agrícola e históricamente se utilizaron para la siembra de caña de azúcar, el cultivo de alimentos y el pastoreo de ganado. A continuación se describe la mencionada asociación:

- La Asociación Toa-Coloso-Bajura contiene suelos profundos, casi planos, con un drenaje de bueno a pobre, de arcillosos a lómicos. La Asociación cubre el 4% del área del estudio. Los suelos Toa componen cerca del 37%, los suelos coloso el 34%, los suelos Bajura el 9% y suelos menores cubren el 10%.
- Los suelos Toa ocupan la topografía más elevada y contienen un buen drenaje. Los suelos Coloso poseen un pobre drenaje y ocupan localizaciones intermedias respecto a la elevación.
- Según el mapa de catastro de suelos del USDA, la porción occidental del Predio se encuentra ocupada por suelos Coloso de arcilla cienosa. Éstos se distinguen por ser profundos, casi nivelados y de drenaje moderadamente pobre y se encuentran en planicies inundables. Las áreas de ocupación de estos suelos fluctúan desde 50 a 500 acres, con un espesor de aproximadamente 75 pulgadas, los mismos poseen una permeabilidad y escorrentía superficial lenta con una capacidad alta de agua disponible. Además, posee un alto contenido de materia orgánica y fertilidad.
- Arcilla Bajura (Ba)- se caracteriza por poseer suelos profundos, casi llanos, con pobre percolación y lenta permeabilidad. Por otro lado, son suelos que poseen un alto contenido de agua, escurren lentamente y dependiendo del contenido de agua debido a su fertilidad varía el cultivo que se podría producir. Se encuentra en planicies inundables y ocupa un área que oscila entre 50 to 800 acres. La inclinación de estos suelos fluctúa entre 300 to 2,000 pies en longitud.

UTILIZACIÓN DE DOCUMENTOS: ESTE DOCUMENTO, Y LAS IDEAS Y DISEÑOS INCORPORADOS ADIUNTO, COMO INSTRUMENTO DEL SERVICIO PROFESIONAL SON PROPIEDAD DE CSA ARCHITECTOS E INGENIEROS, S.R.L./CSA GROUP, INC. Y NO DEBEN SER UTILIZADOS, PARCIAL, OTOTAMENTE PARA NINGÚN OTRO PROYECTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE CSA GROUP.

H:\090878\00\G\GIS\DATA\mxd\RRHtsunami_8_11.mxd 20 abril 2010 08:15am dlanche AV9.2 rev 4 agosto 2010



Escala: 1:30,000



Leyenda:

- - - Carreteras¹
- Límite de Inundación por Tsunami²
- Áreas Aisladas No Inundables por Tsunami²
- - - Límite del Predio



Fuentes:
 1. Autoridad de Carreteras y Transportación, junio 2006
 2. Información obtenida de el Programa de Aviso y Mitigación de Tsunamis de Puerto Rico, via su página de Internet: http://poseidon.uprm.edu/Tsunami_Flood_Maps/IKONOS/Arecibo_PRSP_NAD83_Tsunami_Flood_Map.jpg
 3. Orto imágenes provistas por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, noviembre de 2006 hasta febrero de 2007.

Sistema de Coordenadas: Coordenadas Planas NAD83
 Puerto Rico e Islas Virgenes FIPS 5200 (metros)

Figura 2-3: Mapa de Delimitación de la Inundación por Tsunamis en el Municipio de Arecibo

Planta de Generación de Energía Renovable y Recuperación de Recursos/Arecibo, PR

- Marga Caracoles (CcD y CcE)- suelos con inclinación de 0-20% (CcD) y de 20%-40% (CcE0) varía de poco profundo a profundo con pobre contenido de agua debido a moderada percolación y de moderada fertilidad y sistema de raíces superficial.
- El suelo Toa ocupa el sector oriental del Predio. Es un suelo profundo, casi llano, con un buen drenaje y tienen un espesor aproximado de 91 pulgadas. La permeabilidad de este suelo es moderada con una alta capacidad de agua disponible. El flujo de la escorrentía superficial es lento, con un alto contenido de materia orgánica y una reacción neutral a través de estas capas de suelo. Este tipo de suelo tiene buen potencial para el cultivo de gramíneas.

La **Figura 2-4** muestra los suelos del Predio según el mapa de catastros de suelos de Arecibo.

En el 2010, CSA realizó una investigación exploratoria, muestreo de subsuelo y agua subterránea en el área anteriormente ocupada por la caldera de la fábrica de papel y en las cuatro (4) lagunas de retención, utilizadas para almacenar agua de escorrentía pluvial en el sector occidental del sitio. La investigación se llevó a cabo debido a los usos industriales anteriores del Predio objeto de desarrollo y para detectar el posible impacto adverso al subsuelo y agua subterránea en las áreas mencionadas de la instalación.

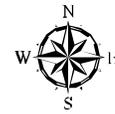
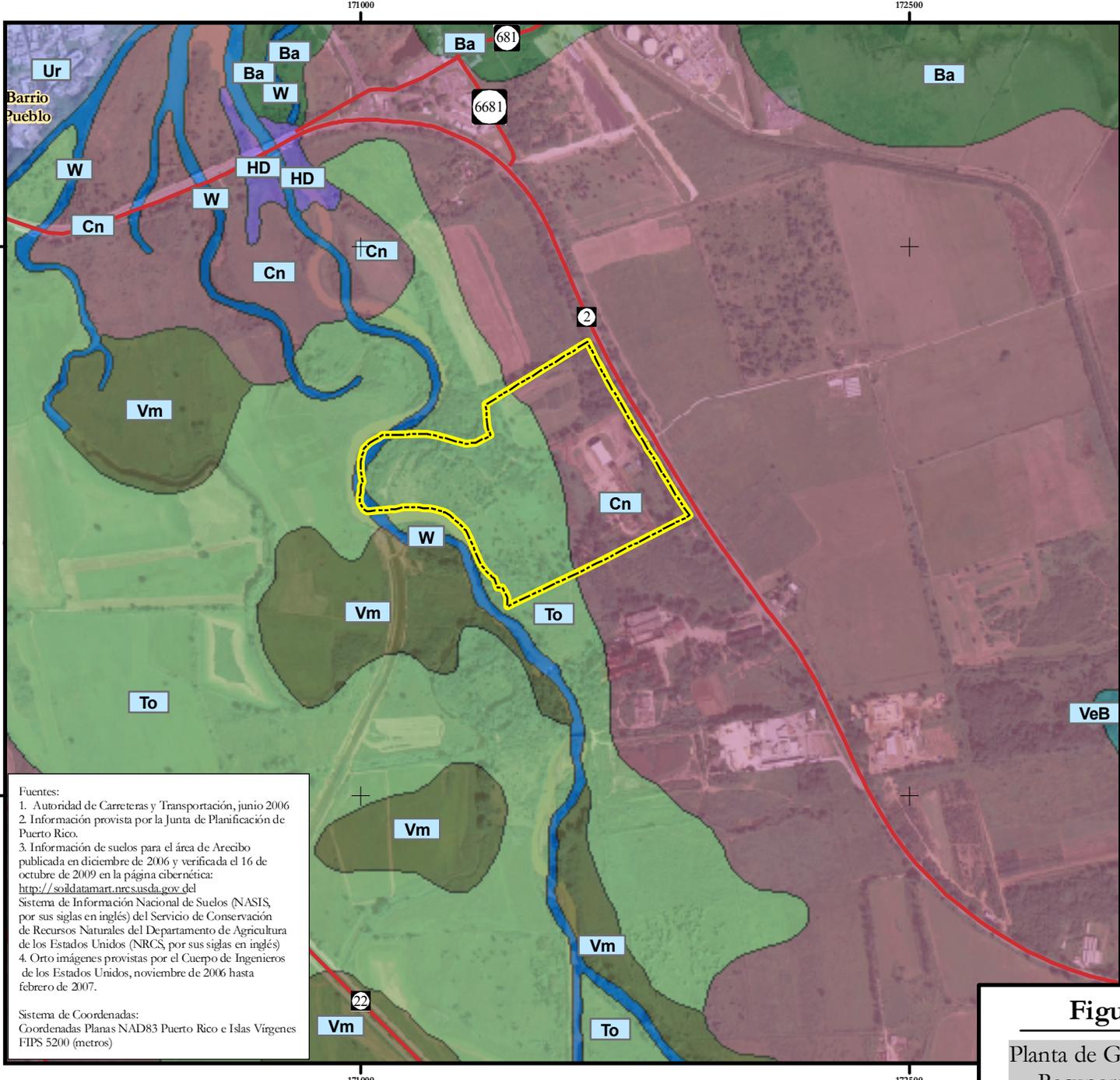
La investigación exploratoria se realizó utilizando los parámetros establecidos por las guías, reglamentos y estatutos ambientales estatales y federales vigentes al momento de la investigación ambiental. Como parte de la investigación se perforaron diez (10) barrenos, se instalaron seis (6) pozos de monitoreo en el mismo sitio de las catas exploratorias. Además, se colectaron veinte y ocho (28) muestras de suelo y once (11) de agua subterránea.

Las muestras de agua subterránea y de subsuelo se analizaron para parámetros de hidrocarburos totales derivados del petróleo, utilizando métodos aprobados estandarizados por la EPA.

Las pruebas de laboratorio de las muestras obtenidas arrojaron resultados de no detección para los contaminantes mencionados, por lo que el sitio propuesto no conllevará acciones remediativas.

REUTILIZACIÓN DE DOCUMENTOS: ESTE DOCUMENTO, ASISTIDAS Y DISEÑOS INCORPORADOS ADJUNTO, COMO INSTRUMENTO DEL SERVICIO PROFESIONAL, SON PROPIEDAD DE CSA ARQUITECTOS INGENIEROS, SRL/CSA GROUP, INC., Y NO DEBEN SER UTILIZADOS, PARCIAL O TOTALMENTE, PARA NINGÚN OTRO PROYECTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE CSA GROUP.

H:\099878\000\Z GIS\DATA\msd\BRI\Suelos_8_11.mxd 22April 2010 GIS\Team\dataher AV 9:25 ev 4 agosto 2010



Escala: 1:16,000



Leyenda:

- Carreteras¹
- Límite del Predio

Suelos³

Tipo, Descripción

- Ba: Bajura arcilloso
- Cn: Coloso limoso arcilloso
- HD: Suelo hídrico, frecuentemente inundado
- To: Toa limoso arcilloso lómico
- Ur: Terreno urbano
- VeB: Vega Baja arcilloso, pendiente de 2 a 5 porciento
- Vm: Viví lómico
- W: Agua



Fuentes:
 1. Autoridad de Carreteras y Transportación, junio 2006
 2. Información provista por la Junta de Planificación de Puerto Rico.
 3. Información de suelos para el área de Arecibo publicada en diciembre de 2006 y verificada el 16 de octubre de 2009 en la página cibernética: <http://soildatamart.nrcs.usda.gov/del>
 Sistema de Información Nacional de Suelos (NASIS, por sus siglas en inglés) del Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (NRCs, por sus siglas en inglés)
 4. Orto imágenes provistas por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, noviembre de 2006 hasta febrero de 2007.

Sistema de Coordenadas:
 Coordenadas Planas NAD83 Puerto Rico e Islas Vírgenes
 FIPS 5200 (metros)

Figura 2-4: Mapa de Suelos
 Planta de Generación de Energía Renovable y
 Recuperación de Recursos/Arecibo, PR

2.3 Sistemas Hidrológicos

Los recursos hidrológicos en la zona caliza del Norte están representados por ríos y quebradas superficiales y subterráneos, manantiales, acuíferos, cascadas, lagunas, embalses, lagunas, charcas y humedales de naturaleza variada. En esta sección se discuten los recursos hidrológicos superficiales y subterráneos presentes en la zona de la Caliza del Norte y del valle del RGA, sitio de ubicación del Predio para desarrollo. Además, se discuten los cuerpos de agua existentes dentro del Predio de ubicación de la acción propuesta.

2.3.1 Aguas Superficiales

Los cuerpos de agua superficiales prevalecientes en el valle del RGA (RGA) son el RGA, el Río Tanamá, el Caño Tiburones y un canal que transmite agua proveniente del Manantial de San Pedro.

Los cuerpos de agua existentes en un radio de 400 metros alrededor del Proyecto lo son los canales artificiales dentro del Predio; el RGA, el cual colinda con el mismo por el oeste; un canal artificial que localiza a 199 metros hacia el oeste; un cauce abandonado del RGA que discurre aproximadamente a 170 metros hacia el noroeste y otro cauce abandonado del RGA discurre a 304 metros aproximados del Predio. Los siguientes cuerpos de agua se encuentran a una distancia mayor a los 400 metros alrededor del Proyecto: el Río Tanamá (3.84 km), el Caño Tiburones (1.57 Km) y la Bahía de Arecibo a 0.84 Km. Ver **Figura 2-5** donde se muestran la hidrografía y los cuerpos de agua dentro de un radio de 400 metros del límite del Predio.

Como se indicara anteriormente en la Sección 1-Condición del Proyecto, dentro del Predio existen cinco (5) charcas hacia el oeste-noroeste y el sureste del Predio utilizadas en el pasado para almacenar agua de escorrentía y agua generada por la operación de la antigua planta de papel. En la actualidad las charcas se encuentran inoperantes y no almacenan agua. Además de dichas charcas existen canales artificiales abiertos que discurren por el Predio, los cuales se crearon como parte de los sistemas de drenaje de las aguas pluviales y del proceso de la antigua planta de producción de papel que descargan al RGA. No existen dentro del Predio ríos ni quebradas. Sin embargo, el RGA colinda con el Predio por el oeste. El mismo se encuentra a una distancia aproximada variante de 428 a 630 metros de las estructuras existentes ubicadas en

el sector oriental del Predio. El Predio ubica en la cuenca del RGA. Ver **Figura 2-6** donde se presenta la cuenca del RGA.

El RGA es el cuerpo de agua superficial más importante de este valle aluvial, tiene 42 millas de longitud, un caudal de 348,160 acres-pies/año y su cuenca ocupa un área de captación de 257.0 millas cuadradas, desde la Cordillera central en Jayuya y Adjuntas, hasta el valle aluvial costanero cerca de Arecibo. Asimismo, la cuenca del RGA produce la mayor cantidad de esorrentía por milla cuadrada con 1,357 acres-pies por año. Varios de los montes de mayor altura se elevan en la cuenca como el Cerro de Punta (4,390 pies), Monte Jayuya (4,280 pies), Cerro Rosa (4,157 pies) y Tres Picachos (3,953 pies). El RGA en su lado oeste y el Río Caonillas en su límite este, conforman los tributarios principales de esta cuenca. Varios embalses menores interconectan a Caonillas mediante túneles. Los embalses Dos Bocas y Caonillas se construyeron dentro de los cauces de estos ríos y representan la fuente de agua principal para el abastecimiento de agua potable en la cuenca. Este conjunto de embalses proveen hasta 100 mgd de agua al Superacueducto de la Costa Norte, además de ser fuentes de energía hidroeléctrica y proveer control parcial a inundaciones aguas abajo del Embalse Dos Bocas. Asimismo, el flujo del RGA se interrumpe por la planta hidroeléctrica en el Embalse Dos Bocas, el cual posee una capacidad de almacenaje de 22,000 pie-acre (Quiñones-Aponte, 1986).

Otros tributarios de importancia aportan a este gran caudal de esorrentía, el mayor en la Isla, (Plan Integral de Aguas de Puerto Rico, 2004).

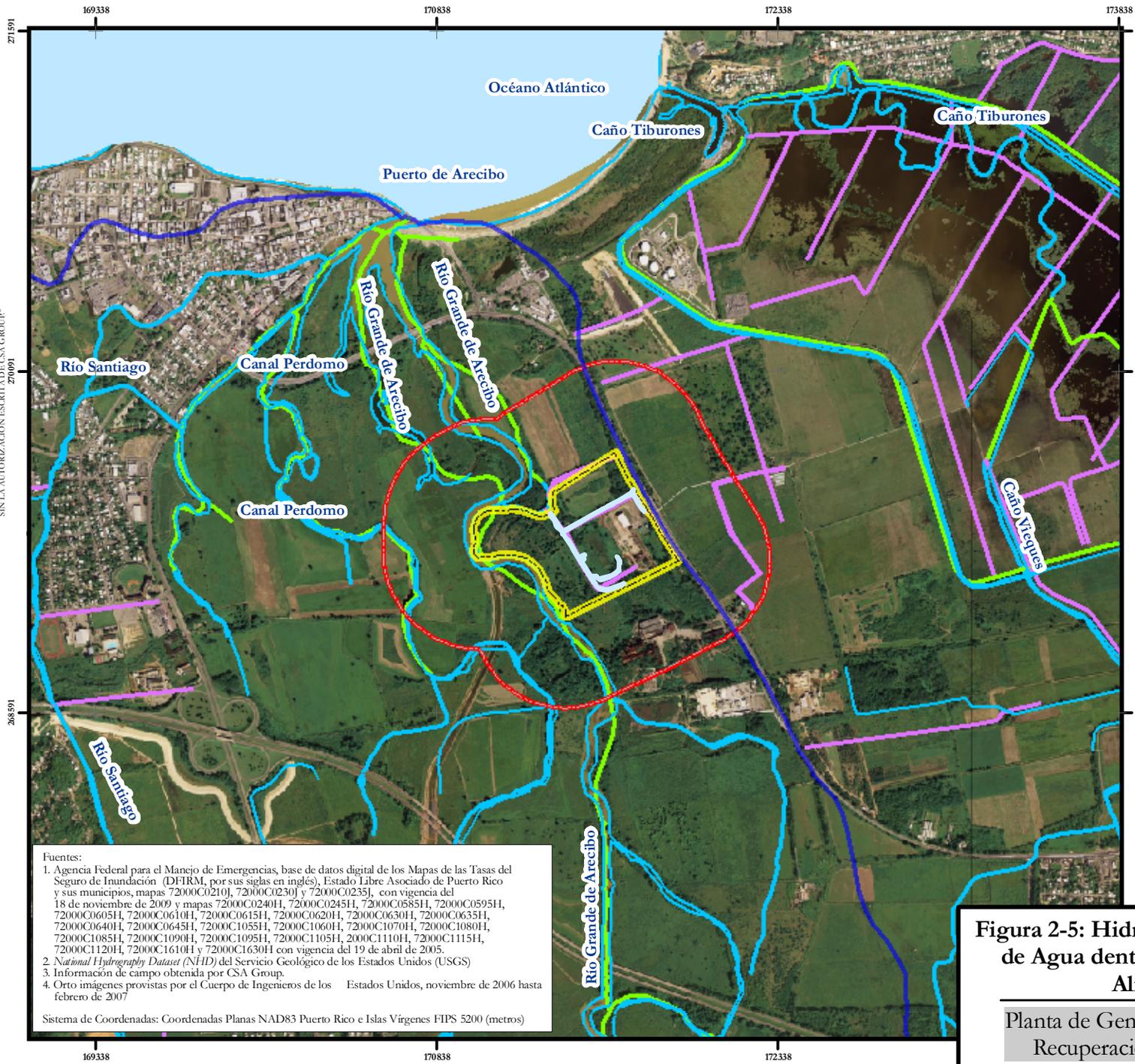
El cauce del RGA se origina en el sector occidental de la cuenca, en la Cordillera Central en el Municipio de Adjuntas. El mismo posee grandes meandros y cauces abandonados que se evidencian a través de su curso. El cauce actual del RGA ha migrado en dirección oriental. Aproximadamente una tercera parte de la cuenca es de substrato calizo. Este fluye por unos 60 kilómetros hasta el Océano Atlántico desde su origen a más de 800 metros de altura. Aproximadamente 23 kilómetros de su recorrido son sobre subsuelo calizo. El mismo experimenta un cambio abrupto de substrato de roca volcánica/plutónica a roca caliza justo río abajo del Lago Dos Bocas (Informe Técnico General WO-65 Departamento de Agricultura Federal, 2004), donde se ha formado un cañón semi-profundo por la fuerza erosiva de la descarga del río, que se extiende hasta el Barrio Tanamá, área aproximada de inicio del valle. El

RGA contiene la descarga promedio anual más abundante de todos los ríos de Puerto Rico, la cual se ha calculado en 527 pie cúbicos por segundo en 13 años de registro (Quiñones-Aponte, 1986).). Por otro lado, el USGS ha calculado un flujo de descarga promedio de 475 pie cúbico por segundo (pcs) de la estación de monitoreo número 50029000 en el RGA en 21 años de registro.

No obstante lo anterior, el RGA pierde parte de su caudal anual al Acuífero Superior cerca de la Antigua Central Cambalache durante parte del año. Esta infiltración del RGA hacia el sistema de agua subterránea, constituye probablemente la aportación principal al desarrollo del recurso de agua subterránea en el área de Arecibo, la cual se ha calculado en aproximadamente 11.6 millones de galones diarios. A la vez, el USGS estima que aproximadamente 36 pulgadas de la precipitación neta (lluvia menos evapotranspiración) se infiltra hacia el subsuelo por sumideros y cavidades en la faja caliza al sur del Lago Dos Bocas. En este tramo del Río, parte del agua que se infiltra retorna al cauce del RGA y al Río Tanamá en forma de manantiales abundantes incluyendo el de San Pedro cercano a Charco Hondo, los cuales abonan a mantener los flujos mínimos.

"REUTILIZACIÓN DE DOCUMENTOS: ESTE DOCUMENTO Y LAS IDEAS Y DISEÑOS INCORPORADOS ADJUNTO, COMO INSTRUMENTO DEL SERVICIO PROFESIONAL, SON PROPIEDAD DE CSA ARCHITECTORS AND ENGINEERS, SRI/CSA GROUP, INC. Y NO DEBEN SER UTILIZADOS, PARCIAL O TOTALMENTE PARA NINGÚN OTRO PROYECTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE CSA GROUP."

\\V09P08\COMMON\GIS\DATA\map\RRFHidro_8_11.mxd 1 julio 2010 08:51am mlarcker_AV_92 rev 15oct10



Escala: 1:25,000



Leyenda:

Hidrografía^{1,2}

-  Drenaje Artificial
-  Canal/Dique
-  Río/Quebrada
-  Canal³
-  Cuenca del Río Grande de Arcibo (RGA)²
-  Límite del Predio
-  Radio de 400 metros alrededor del predio



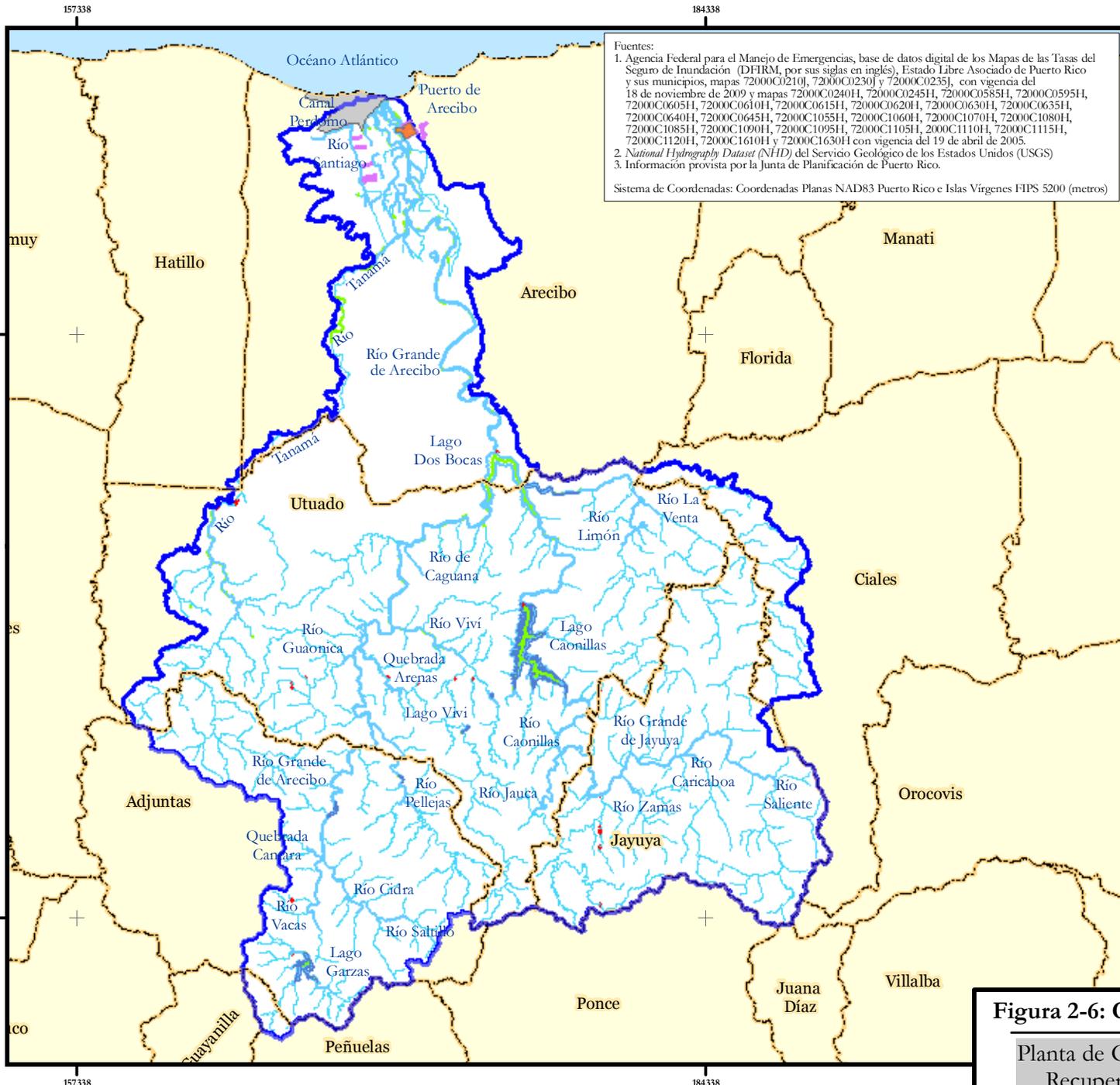
Fuentes:
 1. Agencia Federal para el Manejo de Emergencias, base de datos digital de los Mapas de las Tasas del Seguro de Inundación (DFIRM, por sus siglas en inglés), Estado Libre Asociado de Puerto Rico y sus municipios, mapas 72000C0210I, 72000C0230I y 72000C0235I, con vigencia del 18 de noviembre de 2009 y mapas 72000C0240IH, 72000C0245IH, 72000C0585IH, 72000C0595IH, 72000C0605IH, 72000C0610IH, 72000C0615IH, 72000C0620IH, 72000C0630IH, 72000C0635IH, 72000C0640IH, 72000C0645IH, 72000C1055IH, 72000C1060IH, 72000C1070IH, 72000C1080IH, 72000C1085IH, 72000C1090IH, 72000C1095IH, 72000C1105IH, 2000C1110IH, 72000C1115IH, 72000C1120IH, 72000C1610IH y 72000C1630IH con vigencia del 19 de abril de 2005.
 2. National Hydrography Dataset (NHD) del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS)
 3. Información de campo obtenida por CSA Group.
 4. Orto imágenes provistas por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, noviembre de 2006 hasta febrero de 2007

Sistema de Coordenadas: Coordenadas Planas NAD83 Puerto Rico e Islas Vírgenes FIPS 5200 (metros)

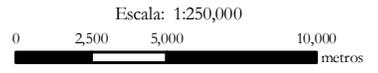
Figura 2-5: Hidrografía Generalizada y Cuerpos de Agua dentro de un Radio de 400 metros Alrededor del Predio
 Planta de Generación de Energía Renovable y Recuperación de Recursos/Arcibo, PR

"REUTILIZACIÓN DE DOCUMENTOS. ESTE DOCUMENTO Y LAS IDEAS Y DISEÑOS INCORPORADOS ADJUNTO, COMO INSTRUMENTO DEL SERVICIO PROFESIONAL, SON PROPIEDAD DE CSA ARQUITECTOS E INGENIEROS, S.L./CSA GROUP, INC., Y NO DEBEN SER UTILIZADOS, PARCIAL O TOTALMENTE PARA NINGUN OTRO PROYECTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE CSA GROUP."

E:\09\PROYECTOS\00\02_GIS\DATA\mapa\RRFCuenca_8_11.mxd 23apr10 GISTeam rdcheher AV 9.2 rev 4 agosto 2010



Fuentes:
 1. Agencia Federal para el Manejo de Emergencias, base de datos digital de los Mapas de las Tasas del Seguro de Inundación (DFIRM, por sus siglas en inglés), Estado Libre Asociado de Puerto Rico y sus municipios, mapas 72000C0210], 72000C0230] y 72000C0235], con vigencia del 18 de noviembre de 2009 y mapas 72000C0240H, 72000C0245H, 72000C0585H, 72000C0595H, 72000C0605H, 72000C0610H, 72000C0615H, 72000C0620H, 72000C0630H, 72000C0635H, 72000C0640H, 72000C0645H, 72000C1055H, 72000C1060H, 72000C1070H, 72000C1080H, 72000C1085H, 72000C1090H, 72000C1095H, 72000C1105H, 2000C1110H, 72000C1115H, 72000C1120H, 72000C1610H y 72000C1630H con vigencia del 19 de abril de 2005.
 2. National Hydrography Dataset (NHD) del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS)
 3. Información provista por la Junta de Planificación de Puerto Rico.
 Sistema de Coordenadas: Coordenadas Planas NAD83 Puerto Rico e Islas Vírgenes FIPS 5200 (metros)



- Leyenda:**
- Hidrografía^{1,2}**
- Drenaje Artificial
 - Canal/Dique
 - Conector
 - Río
 - Quebrada
 - Cuenca del Río Grande de Arecibo ²
 - Embalse
 - Casco Urbano del municipio de Arecibo ²
 - Límite Municipal³
 - Límite del Predio
- 



Figura 2-6: Cuenca del Río Grande de Arecibo
 Planta de Generación de Energía Renovable y Recuperación de Recursos/Arecibo, PR

Uno de los meandros del RGA colinda por el oeste con los terrenos del Predio. No obstante, el mismo se encuentra entre 130 a 360 metros del área propuesta para construcción.

El Río Tanamá se origina en las zona montañosa de Utuado y es el tributario principal del RGA; su confluencia se encuentra en el valle aluvial del RGA a la altura del Barrio Tanamá y a 7.3 kilómetros a partir de la desembocadura del RGA. El Río Tanamá discurre unos 19.6 kilómetros sobre roca caliza y parcialmente fluye subterráneamente hasta aflorar en el manantial de San Pedro al costado del valle del RGA, aguas arriba de la Antigua Central Cambalache. El Río Tanamá, contiene una descarga promedio anual de 67,000 acres-pies al año hacia el RGA desde donde el agua nutre al Estuario de Arecibo.

Ambos ríos poseen un flujo de agua típico de los ríos de la costa norte de Puerto Rico. El receso del flujo base ocurre entre Enero y Abril, Julio y Agosto; un incremento corto de Mayo a Junio seguido de un segundo aumento entre Septiembre y Diciembre. El flujo de agua del Río Tanamá se interrumpe por la estructura de desvío de abasto de agua pública que localiza a 2.08 kilómetros aguas arriba de la desembocadura del Río Tanamá y produce 1.60 mgd para la planta de filtración de Arecibo. El Río Tanamá pertenece a la cuenca hidrográfica del RGA y se encuentra aproximadamente a 3,848 metros o 3.84 kilómetros de distancia de los edificios existentes en el Predio.

El Caño Tiburones es uno de los humedales estuarinos más grandes de Puerto Rico y cubre una extensión territorial aproximada de 7,000 cuerdas. El mismo está delimitado por el RGA al oeste y al este por el Río Grande de Manatí. Aproximadamente 46.6 kilómetros cuadrados del mismo suprayacen a la Caliza Aymamón. El Caño posee una topografía semillana que alcanza elevaciones máximas de 984 pies hacia el sur de éste y desciende hasta casi el nivel del mar en el área costera, al norte. El USGS estableció el nivel local promedio del mar a 0.31 metros sobre el nivel promedio del mar. El punto topográfico está situado en el puente de la Carr. PR-681.

En el pasado el Caño Tiburones se nutría de la aportación de agua dulce de lluvia, del Acuífero Superior a través de múltiples manantiales, de las escorrentías de los Ríos Grande de Arecibo y Grande de Manatí, escorrentía superficial de la cuenca y descargaba estas aguas a su vez al Océano Atlántico (Giusti 1978). Al tomar en consideración el influjo continuo de agua dulce, el nivel del Caño naturalmente se encontraba sobre el nivel del mar, por lo que los conductos que

actualmente funcionan como “manantiales” de agua salada al estar el nivel de la superficie del agua del Caño por debajo del nivel del mar, eran originalmente manantiales de agua dulce que descargaban debajo del océano (Zack y Class-Cacho, 1984).

En años recientes (\pm 1949), la hidrología del Caño Tiburones sufrió cambios como resultado de la construcción de unos canales de desvío para uso agrícola y del bombeo de agua del mismo. Los mismos consisten de tres canales primarios que discurren de este a oeste y cientos de laterales de norte a sur, tenían una extensión original de 60 millas de longitud. Este sistema de canales se dirige hacia el canal principal el cual se orienta de este a oeste en la porción norte del caño desde Barceloneta hasta Arecibo. El gradiente hidráulico declina hacia el oeste dirigiendo el agua en esa dirección debido al sistema de bombas operado por el DRNA en el sector de El Vigía. El bombeo de agua ocasiona que los niveles en los canales se mantengan artificialmente bajo el nivel del mar (Giusti, 1978; Díaz, 1973; y Torres-González, 1996).

Consecuentemente, una parte del afluente de escorrentía se desvía hacia los canales de riego mediante bombeo, y disminuye el nivel freático del humedal, ocasionando intrusión salina (Zack et. Al., 1984), reduciendo la concentración de agua dulce, lo que ha ocasionado que el Caño Tiburones pierda sus características de laguna costera de agua dulce. Más de 70 mgd de agua dulce se bombean del Caño Tiburones al Océano Atlántico lo que lo convierte en un componente importante del balance hídrico regional. No obstante, los registros del USGS indican que el volumen de agua que se bombea a diario del Caño Tiburones mismo fluctúa de 106 mgd a 177 mgd dependiendo de la estación. Con la reducción de actividades agrícolas y la re-inundación de extensas áreas del caño, especialmente después del Huracán Georges en 1998, se estableció un sistema de humedal de importancia ecológica por su extensión territorial y biodiversidad. Actualmente, el mismo provee hábitat a especies nativas y migratorias de ambiente marino, estuarino y riparino.

Las fuentes de agua que nutren al Caño son: la escorrentía pluvial, la escorrentía en su cuenca, los manantiales de agua dulce, se mencionan por nombre La Cambija y Zanja Fría, por ser los más extensos y los conductos subterráneos que conectan al mar. Al presente, el sistema de bombeo de El Vigía contribuye a promover la restauración del Caño Tiburones, al minimizar la intrusión salina en el humedal para mantener y aumentar las especies de vida silvestre en éste.

Con este propósito, los niveles de agua fluctúan entre 37.9 y 49.7 y el ritmo de bombeo regularmente no excede las cuatro pulgadas en 24 horas. La data de salinidad recopilada apunta a que la proporción del agua salobre del Caño Tiburones es de 66% de agua fresca o dulce y 34% de agua de mar. El Caño Tiburones se encuentra a una distancia aproximada 1.57 kilómetros en el lado más cercano a las estructuras del Proyecto. El mismo no pertenece a la cuenca del RGA.

La Reserva Natural Caño Tiburones (RNCT) fue designada el 16 octubre de 1998. Las 3,805 cuerdas que comprenden esta Reserva y la zona de amortiguamiento compuesta por los terrenos que la bordean son parte de la extensión territorial del Caño Tiburones, aunque no todo el Caño forma parte de la Reserva. Los criterios utilizados para la designación y delimitación de la Reserva fueron la flora, la fauna, la presencia y ubicación de especies críticas, los tipos de suelos, la hidrología, las formaciones geológicas, los usos existentes y la tenencia de los terrenos. Según se indicara anteriormente, varios manantiales de agua dulce afloran en la parte sur de la Reserva, mientras que otros salados manan dentro del Caño en la porción norte.

2.3.2 Agua Subterránea

La zona caliza del Norte contiene el sistema del Acuífero de la Costa Norte (Ver **Figura 2-7** y **Figura 2-8**), el cual contiene dos de los acuíferos más productivos de la Isla. Éstos cubren el 19.7 por ciento del área de Puerto Rico (905 millas cuadradas) o el equivalente al 64 por ciento del total del área de los acuíferos de la isla (Molina Rivera 1997), territorialmente se extienden desde Luquillo hasta Aguadilla. Los dos acuíferos consisten de roca caliza, uno por encima del otro, separados por una formación de menor permeabilidad: la caliza formación Cibao. Los dos acuíferos se denominan el Acuífero Superior y el Acuífero Inferior, también conocidos como Acuífero Llano o Freático (Superior) y el Acuífero Profundo o Artesiano (Inferior).

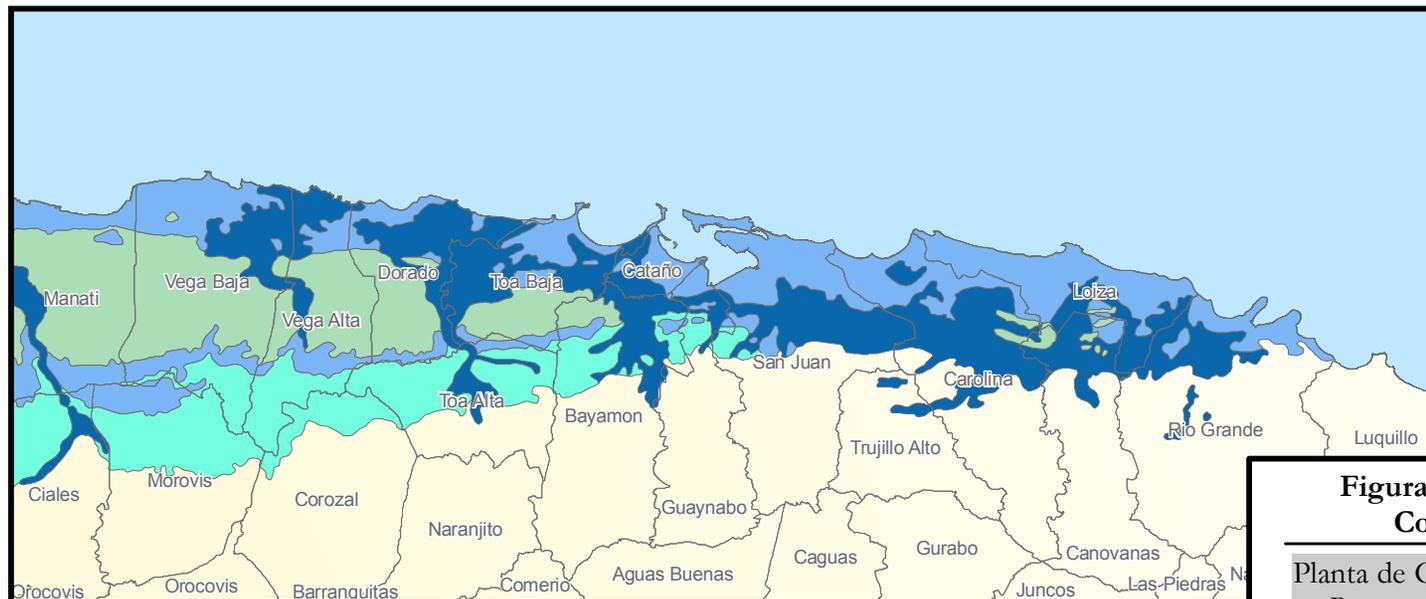
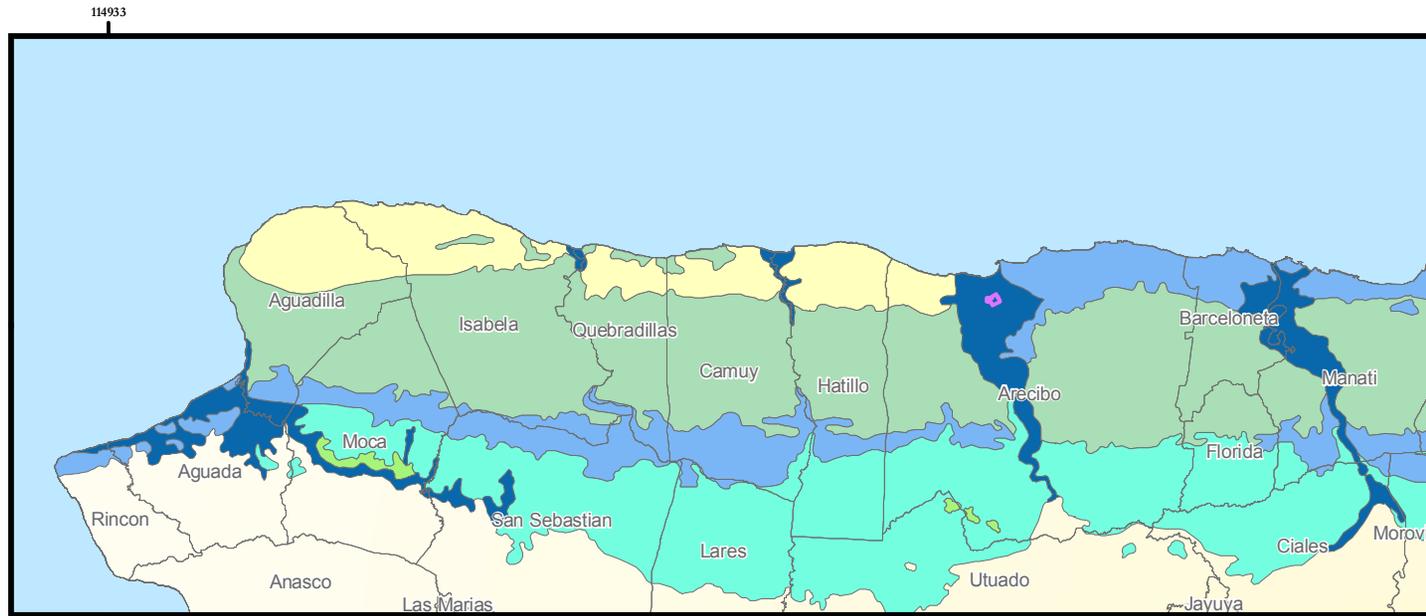
El acuífero superior se encuentra mayormente no confinado, dentro de las Formaciones Calizas Aguada, Aymamón, y dentro de los depósitos aluviales costeros en el área de Arecibo-Manatí con un grosor combinado de 600 pies, el cual disminuye progresivamente hacia el norte, y un ancho de 15 millas de norte a sur. El mismo solamente se confina cuando se sumerge. El nivel freático fluctúa en profundidad desde 15 pies a partir de la superficie del terreno en el aluvión, hasta 300 pies de profundidad en las rocas calizas localizadas en la topografía escarpada adyacente al valle. Hacia el oeste del valle aluvial el nivel freático en las calizas se encuentra a

una mayor elevación que hacia el este. La profundidad del nivel freático en el valle aluvial varía de 20 a 40 pies por encima del substrato arcilloso. Su extensión superficial es desde Río Grande hasta Aguada, ocupando un área de 600 millas cuadradas, y un espesor máximo que varía dependiendo de su ubicación de este a oeste a partir de la costa hacia el sur. El mismo es una fuente importante de abasto de agua. En el 2002 se extrajeron 52 mgd (DRNA, 2004) para uso doméstico, industrial y agrícola.

El acuífero inferior se encuentra confinado cerca de la costa y se conforma de dos acuíferos profundos, uno dentro del Miembro Calizo Montebello de la Formación Cibao y el otro dentro de la Formación Lares (Giusti Y Bennett, 1976, p.17). La unidad confinante se compone de roca arcillosa calcárea, marga, caliza tizosa y silícea y arenisca arcillosa. No obstante lo anterior, se desconoce su extensión hacia el oeste del RGA (Rodríguez Martínez 1995). Los valores más altos de transmisividad que se han estimado son los de la zona norte central donde la Caliza Lares y la Caliza Montebello poseen valores de 46.5 y 334 metros cuadrados por día, respectivamente (Rodríguez Martínez 1995).

Sin embargo, el nivel freático fluctúa en elevación de 2 a 5 pies entre los meses secos y los lluviosos. Estas variaciones pequeñas representan la recarga casi constante del RGA hacia el aluvión, donde se forma el acuífero freático (actualmente denominado Acuífero Superior de la provincia del Norte).

El Acuífero Inferior es la fuente principal de agua en usos industriales en la zona de Manatí a Barceloneta, además de suplir abastos moderados para consumo. Las extracciones de agua en este acuífero fueron de 7 mgd durante el año 2002 (DRNA, 2004). A la vez, extracciones de agua subterránea por debajo de la unidad de arcilla, reducen la presión en el acuífero profundo lo que ocasiona filtración de agua hacia abajo hasta la capa de arcilla semi-permeable. Además, se sospecha que una cantidad de agua subterránea proveniente de los sedimentos aluviales y las formaciones calizas se filtra hacia la pared oriental del valle aluvial. El equilibrio hidráulico vertical es difícil de alcanzar en este valle aluvial; agua es constantemente añadida a los sedimentos aluviales depositados sobre la unidad de arcilla confinante y fluye gradiente abajo sobre ésta.



Escala: 1:480,000



Legenda:

- Límite Municipal¹
- Límite del Predio

Acuíferos Principales²

- Acuíferos de Valle Aluvial
- Confinado
- Acuífero Inferior de la Zona Cársica de la Costa Norte
- Acuífero Superior de la Zona Cársica de la Costa Norte
- Acuíferos No Principales
- Acuífero de rocas volcánicas, ígneas, y sedimentarias

Fuente:

1. Información provista por la Junta de Planificación de Puerto Rico.
2. Servicio Geológico de Estados Unidos, 2003

Sistema de Coordenadas:
 Coordenadas Planas NAD83 Puerto Rico e Islas Vírgenes FIPS 5200 (metros)

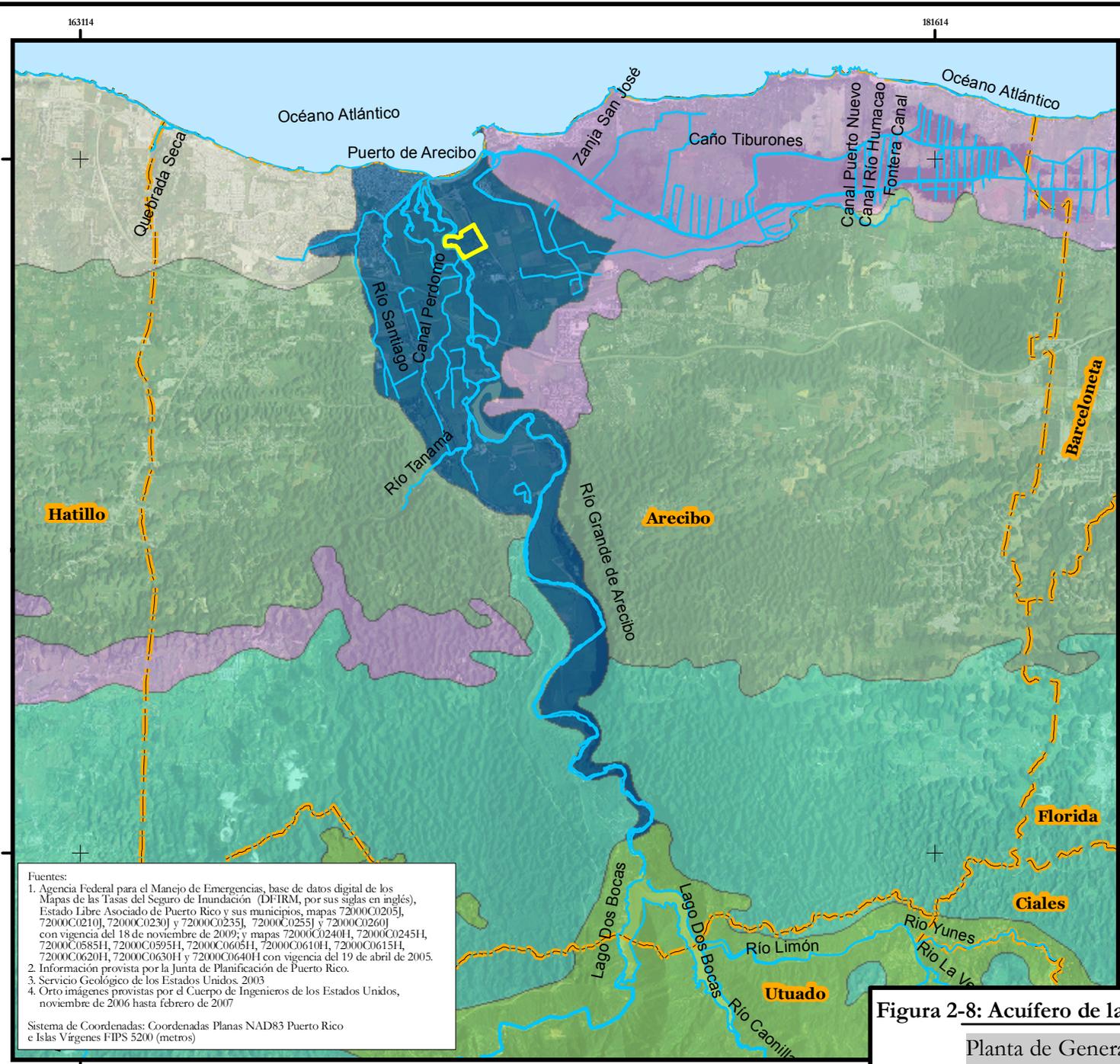


Figura 2-7: Mapa del Acuífero de la Costa Norte de Puerto Rico

Planta de Generación de Energía Renovable y Recuperación de Recursos/Arecibo, PR

"REUTILIZACIÓN DE DOCUMENTOS: ESTE DOCUMENTO Y LAS IDEAS Y DISEÑOS INCORPORADOS ADJUNTO, SON PROPIEDAD DE CSA GROUP INC. Y NO DEBEN SER UTILIZADOS, PARCIAL O TOTALMENTE PARA NINGÚN OTRO PROYECTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE CSA GROUP"

H:\09\PROYECTOS\GIS\DATA\Mapa\IBRA\Fuente_8_1.mxd, 23 abril 2010 08:27am mldelcor AV 9.2 rev 4 agosto 2010



Escala: 1:124,000



Leyenda:

- Hidrografía¹
- Límite Municipal²
- Límite del Predio
- Acuíferos Principales³**
 - Acuíferos de Valle Aluvial
 - Confinado
 - Acuífero Superior de la Zona Cársica de la Costa Norte
 - Acuífero Inferior de la Zona Cársica de la Costa Norte
 - Acuíferos No Principales
 - Acuífero de rocas volcánicas, ígneas, y sedimentarias



Fuentes:

1. Agencia Federal para el Manejo de Emergencias, base de datos digital de los Mapas de las Tasas del Seguro de Inundación (DFIRM, por sus siglas en inglés), Estado Libre Asociado de Puerto Rico y sus municipios, mapas 72000C0205J, 72000C0210J, 72000C0230J y 72000C0235J, 72000C0255J y 72000C0260J con vigencia del 18 de noviembre de 2009; y mapas 72000C0240H, 72000C0245H, 72000C0585H, 72000C0595H, 72000C0605H, 72000C0610H, 72000C0615H, 72000C0620H, 72000C0630H y 72000C0640H con vigencia del 19 de abril de 2005.
2. Información provista por la Junta de Planificación de Puerto Rico.
3. Servicio Geológico de los Estados Unidos. 2003.
4. Orto imágenes provistas por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, noviembre de 2006 hasta febrero de 2007

Sistema de Coordenadas: Coordenadas Planas NAD83 Puerto Rico e Islas Vírgenes FIPS 5200 (metros)

Figura 2-8: Acuífero de la Costa Norte en la Zona de Arecibo
 Planta de Generación de Energía Renovable y Recuperación de Recursos/Arecibo, PR

Al mismo tiempo, las extracciones de agua y la fuga de agua subterránea del valle aluvial hacia la pared oriental del valle reducen la presión en los sedimentos que se encuentran subyacentes a la arcilla (Quiñones-Aponte, 1986).

Los valores de transmisividad varían generalmente desde 18.6 a más de 26,012 metros cuadrados por día y usualmente se incrementan entre el Río de La Plata y el RGA, en donde se han calculado en varias localizaciones valores mayores a 9,290 metros cuadrados por día.

La descarga de agua subterránea de todo el sistema de acuíferos ocurre de varias maneras. La primera es hacia las áreas de bajo relieve topográfico, por lo que la dirección del flujo de agua subterránea ocurre desde el suroeste hacia el norte y noreste hasta descargar en el Océano Atlántico y el Caño Tiburones, respectivamente. La segunda, es por medio de extracciones de agua del acuífero ubicado por debajo del lecho arcilloso, a través de pozos para uso doméstico, agrícola e industrial. La descarga por evapotranspiración del borde capilar del acuífero freático constituye la tercera manera.

La intrusión salina constituye un impacto adverso producto de la explotación del recurso de agua subterránea en el área de ubicación del Predio. El lente de agua dulce subterránea fluye desde las zonas de recarga hacia la costa hasta los sitios donde descarga como el fondo de los ríos, manantiales, y filtración a través del fondo del mar. Cercano al mar los acuíferos contienen lentes de agua dulce y salada. El agua dulce al ser menos densa que el agua salada, ocupa la parte superior y el agua salada se encuentra a una profundidad mayor del acuífero. La zona de mezcla de las dos aguas se conoce como interfase y su localidad depende de la conductividad hidráulica del acuífero y el flujo de agua dulce. Al incurrir en actividades de extracción frecuentes del acuífero por la demanda de agua, el flujo de agua dulce hacia el mar se reduce, lo que a su vez ocasiona una disminución en la extensión del lente de agua dulce del acuífero, relocalizando la interfase tierra adentro hacia los niveles superiores del mismo y por consiguiente la intrusión marina.

Esta migración de agua salada hacia las partes superiores del acuífero también puede ocurrir como resultado de la fluctuación del nivel freático durante períodos de sequía. Otro factor influyente en el incremento de la intrusión salina, lo es la reducción superficial de las zonas de recarga del acuífero lo que ocasiona a su vez cierres de pozos de agua, reduciendo la

productividad del mismo. De acuerdo a Quiñones-Aponte, 1986, los terrenos del Predio se encuentran dentro de los límites del acuífero de agua salada.

Los manantiales son descargas de agua subterránea que afloran a la superficie de acuíferos. Existen varios manantiales en la porción occidental del valle aluvial inferior en la base de las formaciones calizas que lo circundan. El más grande de éstos es el manantial de San Pedro, el cual tiene una descarga promedio de 13 pies cúbicos por segundo (8.6 millones de galones por día), lo que representa el 94 por ciento del flujo de manantiales al valle aluvial. El manantial de San Pedro aflora del miembro Calizo Montebello de la Formación Cibao (Briggs, 1968). En esta área el RGA aparenta haber erosionado la roca caliza lo suficiente para liberar la presión artesiana dentro del miembro calizo Montebello.

Por último, el Manantial Zanja Fría ubica en el Caño Tiburones y tiene una descarga de 7.5 a 9.9 pcs. La data hidrogeológica recopilada indica que existe una zona de alta permeabilidad que conduce agua del valle inferior del RGA hacia el manantial Zanja Fría (Quiñones-Aponte, 1986). Esto se sustenta en barrenos exploratorios e investigaciones geofísicas que indican que la profundidad del aluvión es mayor hacia el sureste del valle. Existe un cauce abandonado del RGA que fluye en dirección al Caño Tiburones el cual podría ser el conducto del RGA hacia el Manantial Zanja Fría. En 1982, se realizó un estudio donde se midió una pérdida de 18 pies cúbicos por segundo de filtración entre las millas fluviales de 4.8 y 6.3 del RGA. Además, el flujo de manantial no se ha visto afectado por la disminución en el nivel de agua resultante del bombeo de agua subterránea proveniente de los acuíferos calizos al sur de este manantial.

En la **Figura 2-9** se muestran pozos y se demarca un radio de 460 metros desde los límites del Predio. Todos los pozos encontrados quedan fuera de este radio.

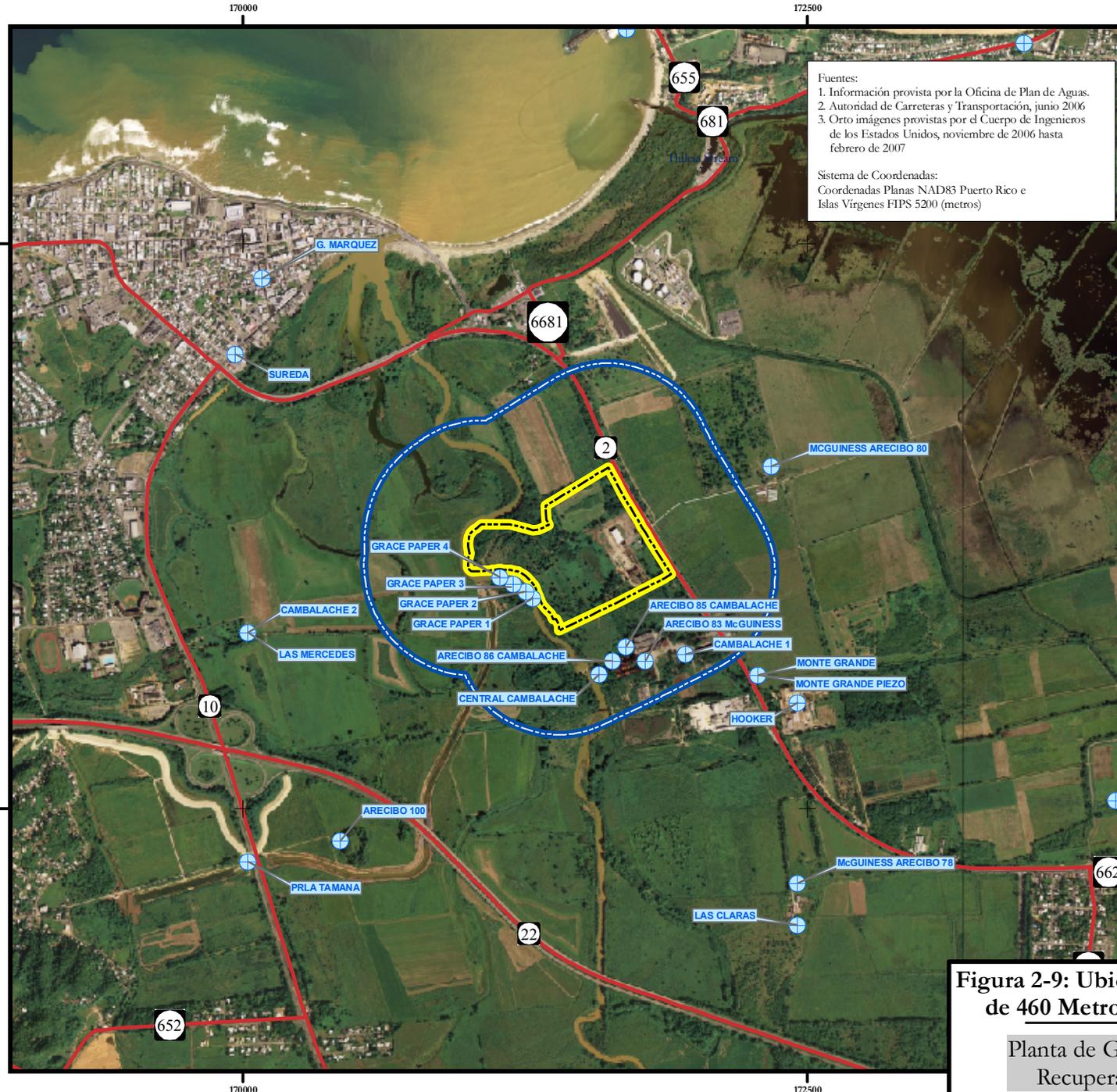
2.4 Calidad de Agua

La JCA regula los usos permitidos a nivel estatal a tenor con el Reglamento de Estándares de Calidad de Agua (RECA) para el cumplimiento con la Sección 305(b) de la Ley de Agua Limpia (CWA, por sus siglas en inglés). A esos efectos, dicha agencia preparó el informe Integrado de Calidad de Agua del 2006. Este informe contiene la evaluación de la calidad de las aguas superficiales, subterráneas y costeras de Puerto Rico.

2.4.1 Calidad del Agua Superficial

El USGS maneja la red de monitoreo de aguas superficiales en acuerdo cooperativo con Puerto Rico e incluye estaciones de monitoreo de calidad de agua en las cuencas de los 25 ríos principales localizados en las regiones hidrográficas del norte, sur, este y oeste de Puerto Rico. Los usos designados para los cuerpos de agua bajo el RECA incluyen: abasto crudo de agua potable, preservación y propagación de especies deseables (vida acuática), recreación de contacto primario (contacto directo) y recreación de contacto secundario (contacto indirecto). El monitoreo se realiza trimestralmente. Los análisis a las muestras colectadas de la estación de monitoreo número 50029000, ubicada 500 pies aguas arriba de la Antigua Central Cambalache cerca de la Carr. PR-2, en el RGA, para el año fiscal 2006 arrojaron los siguientes resultados:

- Coliformes fecal, arsénico, cianuro, turbidez, cobre, plomo y surfactantes (MBAS) se encontraron sobre las concentraciones máximas permitidas. Las concentraciones de plomo y cobre estaban dentro de las concentraciones máximas permitidas.
- Para el ciclo del 25 de noviembre del 2008 al 18 de agosto de 2009, para la misma estación de monitoreo número 50029000 se encontró que las concentraciones de arsénico y turbidez estaban sobre los límites permitidos. Los demás parámetros estaban dentro de los estándares.



Fuentes:
 1. Información provista por la Oficina de Plan de Aguas.
 2. Autoridad de Carreteras y Transportación, junio 2006
 3. Orto imágenes provistas por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, noviembre de 2006 hasta febrero de 2007

Sistema de Coordenadas:
 Coordenadas Planas NAD83 Puerto Rico e Islas Vírgenes FIPS 5200 (metros)



Escala: 1:26,000



Leyenda:

-  Pozo identificado por la Oficina de Plan de Aguas¹
-  Carreteras²
-  Límite del Predio
-  Radio de 460 metros alrededor del límite del predio



Figura 2-9: Ubicación de Pozos dentro de un Radio de 460 Metros Alrededor del Límite del Predio

Planta de Generación de Energía Renovable y Recuperación de Recursos/Arecibo, PR

La caracterización de la calidad de agua del Caño Tiburones está disponible solamente para el agua salobre. La AAA realizó unas pruebas de calidad de agua en el área del Caño Tiburones para el año 2006 donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- Bario=0.03 mg; calcio=108mg/L; Potasio=36 mg/L; Sodio=890 mg/L; Sulfato= 180 mg/L; Cloruro =1,400 mg/L; Total Carbón Orgánico=6.7 mg/L; pH= 7.8; Total Sólidos Disueltos 3,000 mg/L; Alcalinidad = 200 mg/L en forma de CaCO₃; Coliformes Fecal= CFU/100 mL= valor excesivo para conteo; total de coliformes = 2,400 CFU/100 mL; Escherichia coli= 730 CFU/100 mL; plomo 0.0032 mg/L; Nitrato= 0.17 mg/L; Nitrito=0.02 mg/l; conductancia=específica=6,300 umhos/cm; Compuestos Orgánicos Volátiles, pesticidas y PCBs registraron valores menores al límite permitido.
- Los valores obtenidos del muestreo de campo arrojaron los siguientes resultados: pH=7.6; Turbidez=9.7 NTU; Temperatura=27.1° centígrados. Las pruebas de bacteriología arrojaron resultados de 140,000 unidades formadoras de colonias de bacteria relacionadas con hierro; bacteria reductora de sulfato 700,000 cfu/ml; bacteria formadora de limo= 350,000 cfu/mL.

Por otro lado, 43.5 millas del Río Tanamá, aguas arriba de la confluencia con el RGA se encuentra en la lista 303 (d), Ciclo 2010 de Ríos y Quebradas del Área de Evaluación y Planificación Estratégica de la JCA. De acuerdo a la estación de monitoreo número 50028000 en el Río Tanamá, en el 2004, los niveles máximos de Cianuro, Cobre y Coliformes Fecales estaban sobre los niveles máximos permitidos. En el 2006, los niveles de Arsénico y Coliformes Fecales se registraron por encima de los niveles máximos permitidos. En el 2008 los Coliformes Fecales y la Turbidez se encontraron en exceso de los niveles máximos permitidos. En el muestreo del 2010, el Arsénico, la Turbidez y los Coliformes Fecales se registraron sobre los niveles permitidos.

2.4.2 Calidad del Aguas Subterráneas

En el año 2000, Morris and Associates perforó un pozo de prueba de agua subterránea (EAC-PR) hasta una profundidad máxima de doscientos sesenta (260) pies en los terrenos del Predio, penetrando los depósitos aluviales hasta alcanzar la unidad hidrogeológica de la caliza superior.

Se realizaron dos pruebas de bombeo para caracterizar la calidad del agua y la productividad. Como resultado, se encontró que la capacidad estimada de producción del pozo es de sobre 1 MGD sin afectar de forma adversa el rendimiento del acuífero. La elevación del nivel freático se registró aproximadamente a 14 pies de profundidad.

Los resultados del análisis de calidad de agua demostraron que en efecto agua salobre se encuentra en circulación en esta formación geológica. Como parte de la evaluación del agua subterránea se midió la temperatura, el pH, el total de sólidos disueltos (TSD) y la conductancia específica. Las muestras de campo arrojaron los siguientes resultados: variantes en la temperatura del agua de 25.2 °C a 24.9 °C entre la primera y segunda prueba de bombeo, un pH poco variable de 7.1 entre ambas pruebas en el pozo (EAC-PR). No obstante, la conductividad y los TSD tienden a aumentar con el bombeo: un promedio de 25.0 a 28.7 mS/cm, donde S=Siemens entre la primera prueba y segunda prueba de bombeo respectivamente. La concentración TSD es de 15,000 ppm y la concentración iónica del agua del pozo es aproximadamente 50% la de agua de mar.

2.5 Zonas Susceptibles a Inundación

Las zonas de inundación del área del Proyecto han sido definidas por la FEMA y adoptadas por la JP. En el área de ubicación del Proyecto, el RGA colinda por el oeste con el Predio. El RGA fue estudiado por FEMA en el Estudio de Seguro Contra Inundaciones en 1980, el cual determinó la descarga máxima, el nivel de inundación base y los límites del cauce mayor hasta una distancia de diez y siete (17) kilómetros aguas arriba de la desembocadura del RGA.

El dique que discurre hacia el sur de la desembocadura del Caño Tiburones y paralelo a la Carretera PR-2 por aproximadamente 11 kms se estableció como límite del estudio, según se refleja en el Mapa sobre Tasas del Seguro de Inundación (FIRM, por sus siglas en inglés) panel 230J del 18 de noviembre de 2009, ver **Figura 2-10**. Asimismo, una revisión del panel revela que el Predio está en la Zona AE, la zona de inundación de los 100 años, en el perfil “D” y que el nivel de inundación base es de 5.2 msl (17.06 pies) por encima del nivel medio del mar, lo que equivale a que las inundaciones tienen una probabilidad anual de 1% de igualar o sobrepasar dicho valor.

Para el análisis de determinación de descargas máximas, FEMA estableció las rutas de los hidrógrafos desde y a través del Lago Dos Bocas. Las descargas máximas se establecieron utilizando modelos de precipitación y escorrentía. Específicamente el Estudio de Seguro Contra Inundaciones detectó descargas máximas aguas abajo del Lago Dos Bocas y en la confluencia con el Río Tanamá. Para mayor detalle ver el Estudio Hidrológico e Hidráulico en el **Apéndice B**.

2.6 Meteorología y Calidad de Aire

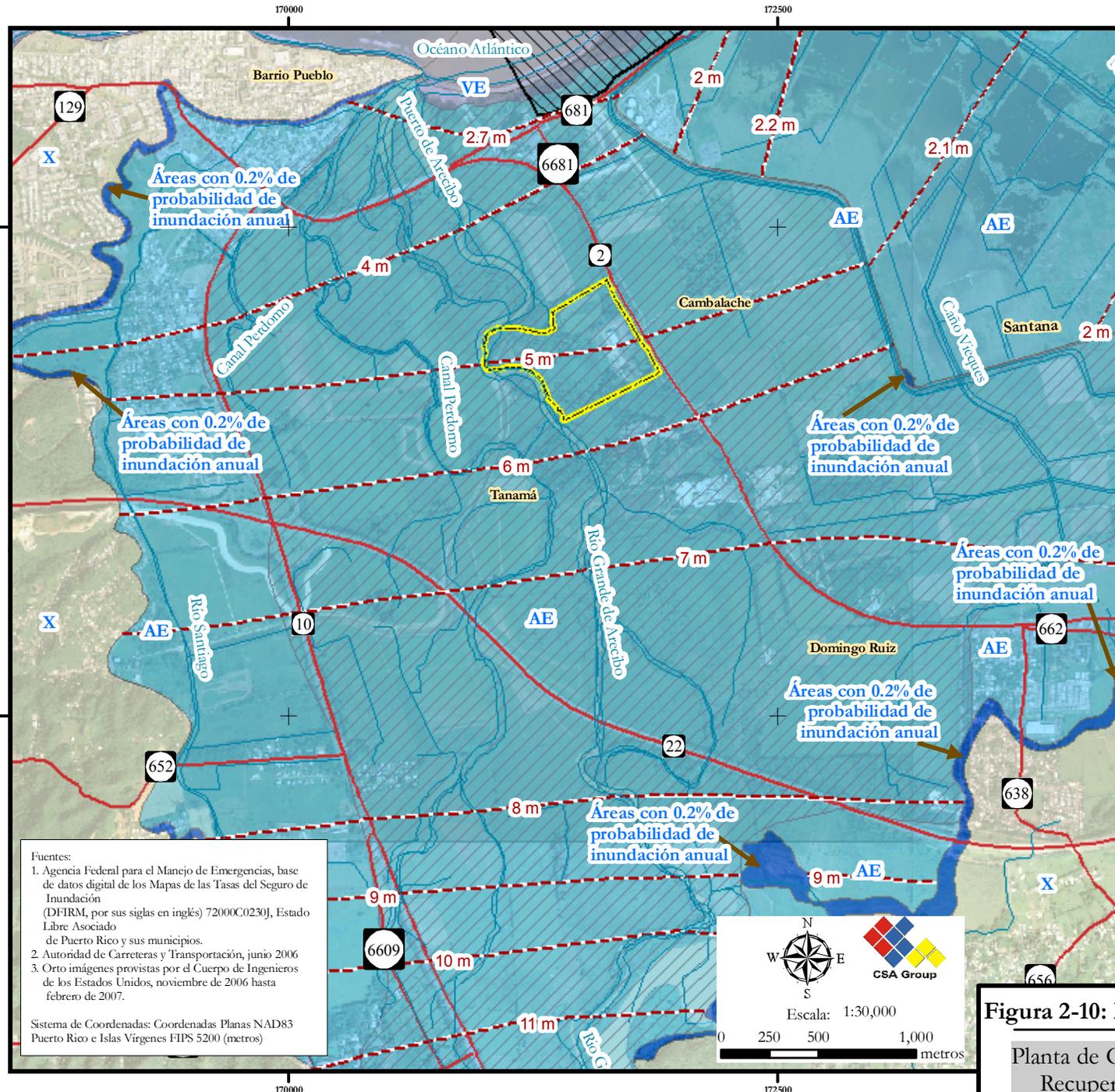
En las siguientes secciones se describen las características específicas del lugar del Proyecto que son factores importantes en la selección de la metodología y modelos descritos en la sección 3.4 que discute los Recursos Atmosféricos y Calidad de Aire.

2.6.1 Climatología

A continuación se describen los patrones históricos de precipitación, temperatura y viento, utilizados para caracterizar el estado del tiempo en Puerto Rico, en particular en Arecibo. Estas condiciones, aunque no son constantes, tienden a repetirse de forma razonablemente ordenada. Periódicamente, ocurren desviaciones considerables del promedio, lo que no significa un cambio en los patrones climatológicos del área bajo estudio. La Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés) opera estaciones que registran los datos climatológicos de la Isla. La estación climatológica más cercana al Proyecto está ubicada en Arecibo (660410). Los datos fueron obtenidos del enlace www.sercc.com para el periodo 1971-2000. Los datos de la estación de Arecibo fueron utilizados para describir el patrón de precipitación y temperatura en el área.

*REUTILIZACIÓN DE DOCUMENTOS: ESTE DOCUMENTO Y LAS IDEAS Y DISEÑOS IN-CORPORADOS ADJUNTO, COMO INSTRUMENTO DEL SERVICIO PROFESIONAL, SON PROPIEDAD DE CSA ARQUITECTOS E INGENIEROS, SRL/CSA GROUP, INC.; Y NO DEBEN SER UTILIZADOS, PARCIAL O TOTALMENTE PARA NINGÚN OTRO PROYECTO, SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE CSA GROUP.

H:\090878\COM\Z_GIS\DATA\map\RRFEMA_8_11.mxd 28-abr-2010 08:56am dlanher AV 9.2 rev 8oc2010



Fuentes:
 1. Agencia Federal para el Manejo de Emergencias, base de datos digital de los Mapas de las Tasas del Seguro de Inundación (DFIRM, por sus siglas en inglés) 72000C0230), Estado Libre Asociado de Puerto Rico y sus municipios.
 2. Autoridad de Carreteras y Transportación, junio 2006
 3. Orto imágenes provistas por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, noviembre de 2006 hasta febrero de 2007.
 Sistema de Coordenadas: Coordenadas Planas NAD83 Puerto Rico e Islas Virgenes FIPS 5200 (metros)

Leyenda:

- Hidrografía ¹
- Nivel de Inundación Base¹
- Carreteras²
- Límite del Predio
- Áreas con riesgo de inundación ¹**
- ZONA AE: Áreas susceptibles a inundaciones por el evento de inundación con probabilidad de inundación anual 1% determinado por métodos detallados. Se muestran las elevaciones de inundación base.
- ZONA VE: Áreas a lo largo de las costas susceptibles a inundaciones por el evento de inundación con probabilidad de inundación anual de 1% con riesgos adicionales causados por la velocidad del oleaje por efectos de una tormenta. Se muestran las elevaciones de inundación base.
- ZONA X: Áreas con 0.2% de probabilidad de inundación anual; áreas con 1% de probabilidad de inundación anual con profundidad promedio menor a 0.3 metros o con áreas de captación menor que 2.6 kilómetros cuadrados; y áreas protegidas por diques de la inundación con probabilidad anual de un 1%.
- ZONA X: Áreas de riesgo de inundación mínimo que están fuera de las áreas con probabilidad de inundación anual de 1% y más altas que la elevación de la inundación con el 0.2% de probabilidad de inundación anual.
- Cauce mayor regulatorio (en Zona AE)
- Sistema de Recursos de Barrera Costanera



Figura 2-10: Mapa de Zonas Inundables (FEMA)

Planta de Generación de Energía Renovable y Recuperación de Recursos/Arcibo, PR

Precipitación

Debido a la topografía de la Isla, los patrones de precipitación pluvial o lluvia, varían marcadamente entre regiones. En términos generales, las lluvias son ocasionadas cuando los vientos alisios empujan el aire húmedo de la costa hacia las áreas altas de la Cordillera Central. Una vez allí, el aire se enfría, se condensa en vapor de agua y finalmente se precipita ocasionando la lluvia. Puerto Rico tiene una precipitación promedio anual de 70 pulgadas (177.8 cm), con una variación de aproximadamente 60 pulgadas (152.4 cm) a lo largo de la costa norte y de casi 30 pulgadas (76.2 cm) en el sur. En la **Figura 2-11** se presenta un mapa de Puerto Rico mostrando la precipitación promedio en la Isla.

Según la NOAA, la lluvia “normal” es el promedio de precipitación en un periodo de 30 años consecutivos. La lluvia normal vigente representa el promedio de lluvia desde 1971-2000. Las medidas de precipitación registradas en la estación de Arecibo varían desde 2.83 pulgadas hasta 5.95 pulgadas (de 7.19 cm a 15.11 cm) por mes, resultando en una precipitación promedio total de 53.01 pulgadas (134.65 cm) por año, según se ilustra en la **Tabla 2-2**. Los meses de febrero, marzo y junio fueron de poca actividad de lluvia. En el mes de mayo aumentó dicha actividad, pero volvió a decaer durante el verano. Los meses de octubre y noviembre fueron los periodos de mayor actividad de lluvia.

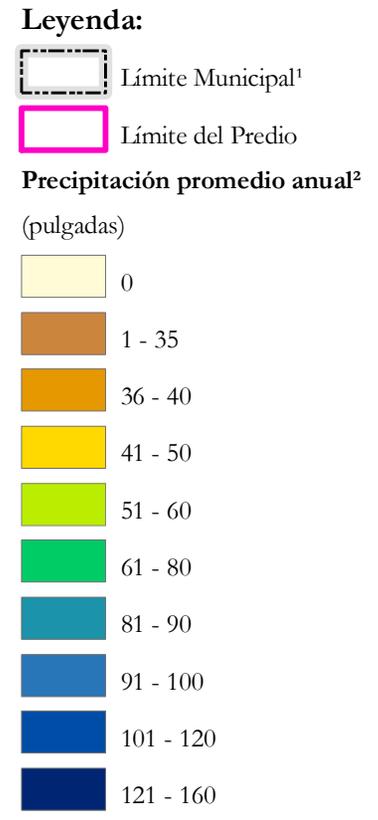
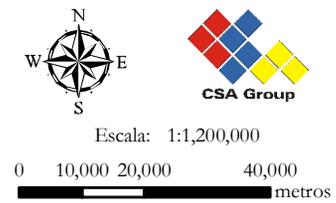
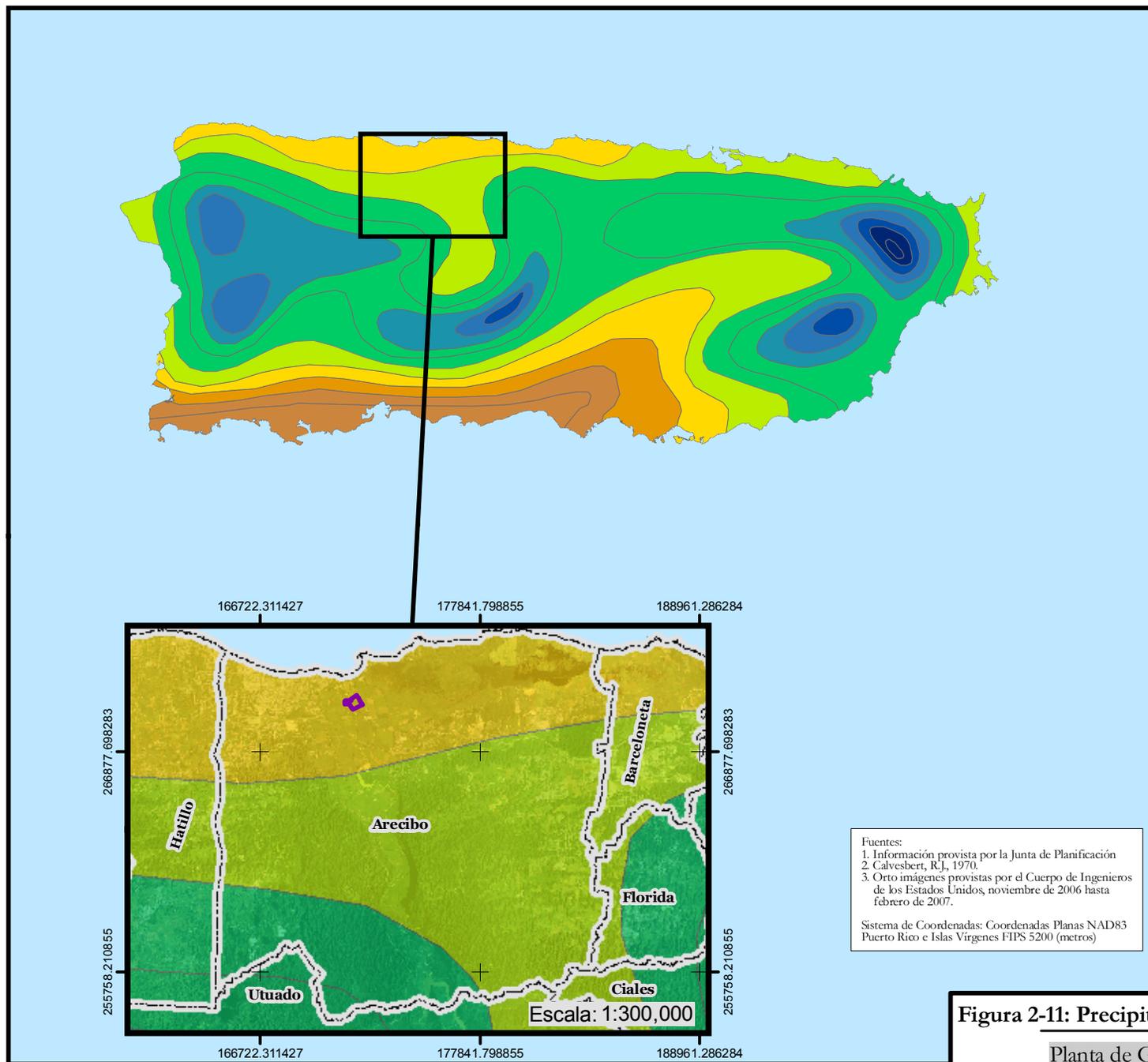
Tabla 2-2: Precipitación Normal (pulgadas) en la Estación de Arecibo, 1971-2000

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
4.50	3.03	2.83	4.28	5.56	3.64	3.49	4.27	4.75	5.33	5.95	5.37	53.01

Fuente: NOAA (2007).

*REUTILIZACIÓN DE DOCUMENTOS SINTE DOCUMENTO, Y LAS IDEAS Y DISEÑOS INCORPORADOS ADJUNTO, CS GROUP INC. Y NO DEBEN SER UTILIZADOS, PARCIAL O TOTALMENTE PARA NINGÚN OTRO PROYECTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE CS GROUP**

H:\09PR078\COM\Z_GIS\DATA\msd\RRP\Precipitacion\PR_e_1.mxd 12 mayo 2010 GIS team rdaher AV 02 rev Brcr 2010



Fuentes:
 1. Información provista por la Junta de Planificación
 2. Calvesbert, R.J., 1970.
 3. Orto imágenes provistas por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, noviembre de 2006 hasta febrero de 2007.

Sistema de Coordenadas: Coordenadas Planas NAD83 Puerto Rico e Islas Vírgenes FIPS 5200 (metros)



Figura 2-11: Precipitación Promedio Anual en Puerto Rico
 Planta de Generación de Energía Renovable y Recuperación de Recursos/Arcibo, PR

Temperatura

En la Región Costera del Noroeste la temperatura anual típica varía poco, de cinco (5) a seis (6) grados de diferencia entre los meses más cálidos y los meses más frescos. Las temperaturas del agua de mar varían desde cerca de los 78 grados Fahrenheit (°F) equivalentes a 25.6 grados Centígrados (°C) en marzo hasta alrededor de 83 °F (28.3 °C) en septiembre, lo que contribuye a mantener esta pequeña variación de mes a mes. En las secciones del interior de la Isla, las tardes son más cálidas y las noches son más frías. Exhiben un poco más de variabilidad que las áreas costeras. El resto de la Isla experimenta temperaturas similares, excepto por la disminución pronunciada de la temperatura en las elevaciones más altas del terreno que van desde los 2,953 hasta 3,937 pies (de 900 a 1,200 m) de altura. En estas áreas elevadas de la Cordillera Central, la temperatura promedio es alrededor de 14 °F más baja en la costa, a 13.7 millas hacia el sur.

La temperatura promedio anual en la zona donde ubica el área propuesta para el Proyecto, está cerca de los 77.9 °F (25.5 °C) y normalmente, varía sólo unos pocos grados de invierno a verano. Las temperaturas promedio mínima y máxima fluctúan entre 87.7 (30.9 °C) y 68.0 °F (20.0 °C) para la estación de Arecibo, según se ilustra en la **Tabla 2-3**.

Tabla 2-3: Temperatura Normal Máxima, Promedio y Mínima (°F) en la Estación de Arecibo, 1971-2000

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Máx.	84.5	84.4	85.6	86.7	88.4	89.9	90.1	90.2	90.2	89.6	87.8	85.5	87.7
Prom.	74.7	74.4	75.2	76.6	78.6	79.9	80.3	80.5	80.3	79.8	78.1	75.9	77.9
Mín.	64.9	64.3	64.8	66.5	68.7	70.0	70.6	70.8	70.4	70.1	68.4	66.4	68.0

Fuente: NOAA (2007).

Los meses más calurosos son de julio a septiembre cuando la temperatura promedio alcanza los 90.1 °F (32.2 °C) y 90.2 °F (32.3 °C), respectivamente, mientras que los meses más fríos son enero y febrero cuando las temperaturas promedio están alrededor de los 74.7 °F (23.7 °C) y 74.4 (23.6 °C), respectivamente. La **Figura 2-12** muestra las temperaturas anuales promedio en la Isla de Puerto Rico. Los meses de temperaturas más altas son de mayo a octubre y los de temperaturas más bajas son de enero a abril y noviembre a diciembre.

Vientos Predominantes

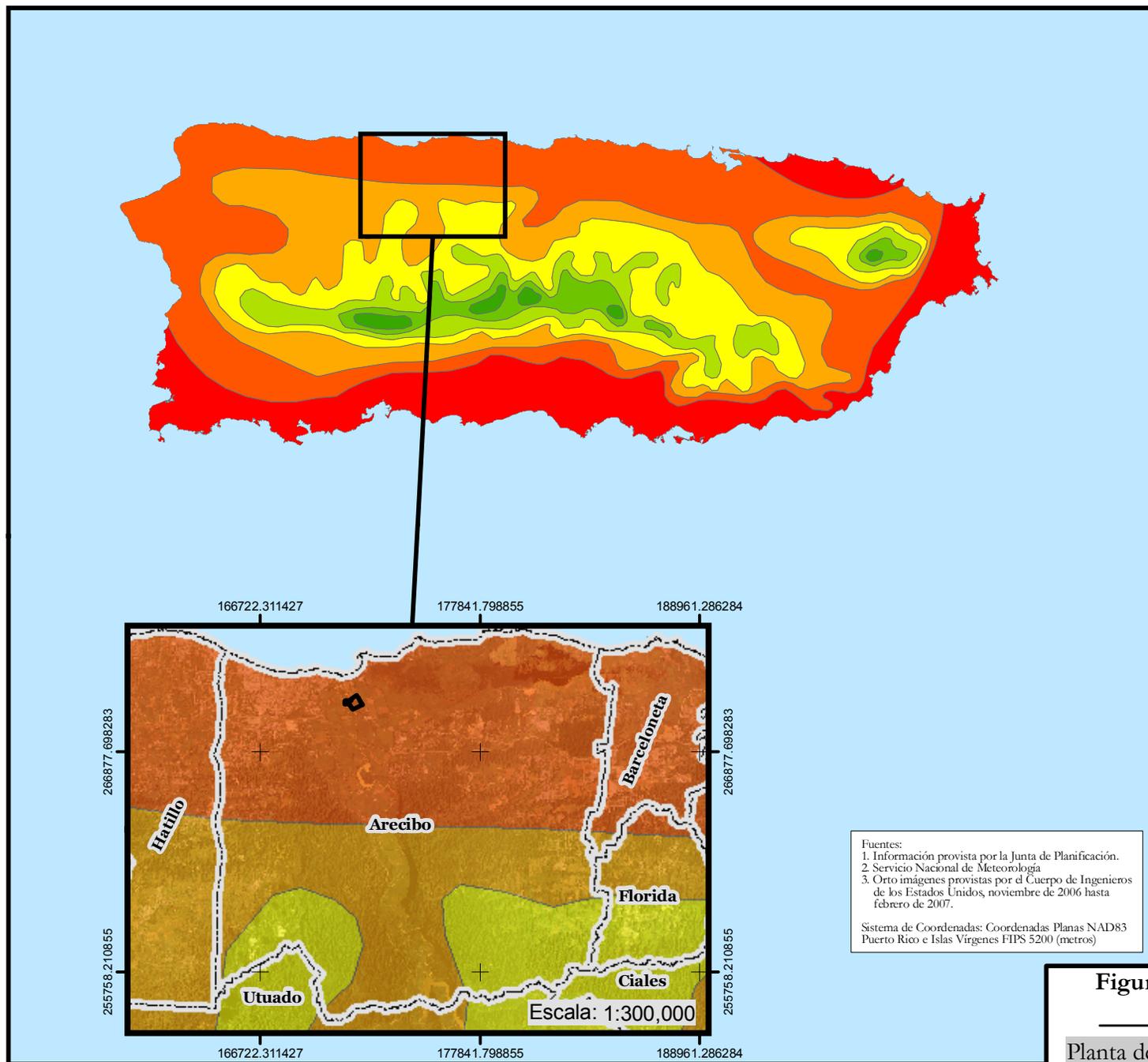
En Puerto Rico, los Vientos Alisios del este, originados en el sistema de alta presión de las Islas Azores al oeste de África, soplan durante la mayor parte del año. En las partes montañosas de Puerto Rico, el movimiento de los vientos alisios es modificado, ya que los vientos pueden ser acelerados, canalizados a través de los desfiladeros, o desviados alrededor de terrenos altos. A lo largo de la línea de la costa, la influencia orográfica sobre el movimiento de los vientos alisios es leve. Los vientos tienen componentes del este en casi todos los meses del año con una velocidad promedio que varía entre seis (6) a nueve (9) millas por hora (9.7 a 14.5 km/h).

Una característica importante en las áreas costeras es el ajuste temporero de los Vientos Alisios del este causado por las brisas diarias provenientes de la tierra y del mar, las cuales regularmente se forman en el perímetro costero de la Isla. La brisa de mar se desarrolla cuando la temperatura del aire que está sobre la planicie costera se vuelve significativamente más caliente que la temperatura del aire que está sobre el océano. Normalmente, esto ocurre a diario, comenzado a media mañana hasta las horas del final de la tarde, cuando hay suficiente calentamiento de la superficie del terreno. Este calentamiento diurno conduce a la expansión del aire sobre el terreno ya que la presión sobre el terreno es menor que la del agua más próxima. En la superficie, el aire fluye de alta presión hacia baja presión, originando la brisa del mar.

La brisa de mar continua propagándose tierra adentro hasta que la fricción con el terreno o el flujo del viento prevaleciente compensa por la brisa que está por entrar. Durante la tarde, cuando la radiación solar disminuye según el sol va poniéndose o según las nubes que son estimuladas por la brisa de mar protegen el terreno de los rayos solares, la brisa de mar se debilita y cesa. Las brisas de montaña se desarrollan de noche cuando se invierte la diferencia entre la temperatura del aire sobre el terreno y la temperatura del aire sobre el océano. El patrón típico es que durante las horas del día el viento sopla casi constantemente en dirección desde el océano hacia la tierra y después de la puesta del sol la dirección del viento cambia hacia fuera de la tierra, es decir, de las montañas hacia el mar.

REUTILIZACIÓN DE DOCUMENTOS ESTE DOCUMENTO, Y LAS IDEAS Y DISEÑOS INCORPORADOS ADJUNTO, COMO PARTE DE UN PROYECTO DE INGENIERÍA, SE DEBE ENTENDER QUE LOS DISEÑOS, Y LAS IDEAS, SON PROPIEDAD DE CSA GROUP INC. Y NO DEBEN SER UTILIZADOS, PARCIAL O TOTALMENTE PARA NINGÚN OTRO PROYECTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE CSA GROUP.

1E:\09\PROYECTOS\GIS\DATA\msd\RRFT\Temperatura\PR_K_11.mxd 12 mayo, 2010 GIS Team rdabner AV 9.2, rev 0oct 2010



Escala: 1:1,200,000



Legenda:

- Límite Municipal¹
- Límite del Predio

Temperatura promedio anual²

(grados Fahrenheit)

- 68
- 70
- 72
- 74
- 76
- 78
- 80



Fuentes:
 1. Información provista por la Junta de Planificación.
 2. Servicio Nacional de Meteorología
 3. Orto imágenes provistas por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, noviembre de 2006 hasta febrero de 2007.
 Sistema de Coordenadas: Coordenadas Planas NAD83 Puerto Rico e Islas Virgenes FIPS 5200 (metros)

Figura 2-12: Temperatura Promedio Anual en Puerto Rico
 Planta de Generación de Energía Renovable y Recuperación de Recursos/Arecibo, PR

La Isla de Puerto Rico está sujeta a tres (3) regímenes de vientos: los vientos alisios, las brisas del mar y las brisas de la tierra. Las condiciones meteorológicas de la región norte, donde se ubica el Proyecto, están determinadas por los vientos alisios que provienen la mayor parte del tiempo del este-noreste (ENE). Los patrones de viento varían de este-noreste a este-sureste dependiendo de la época del año.

2.6.2 Meteorología

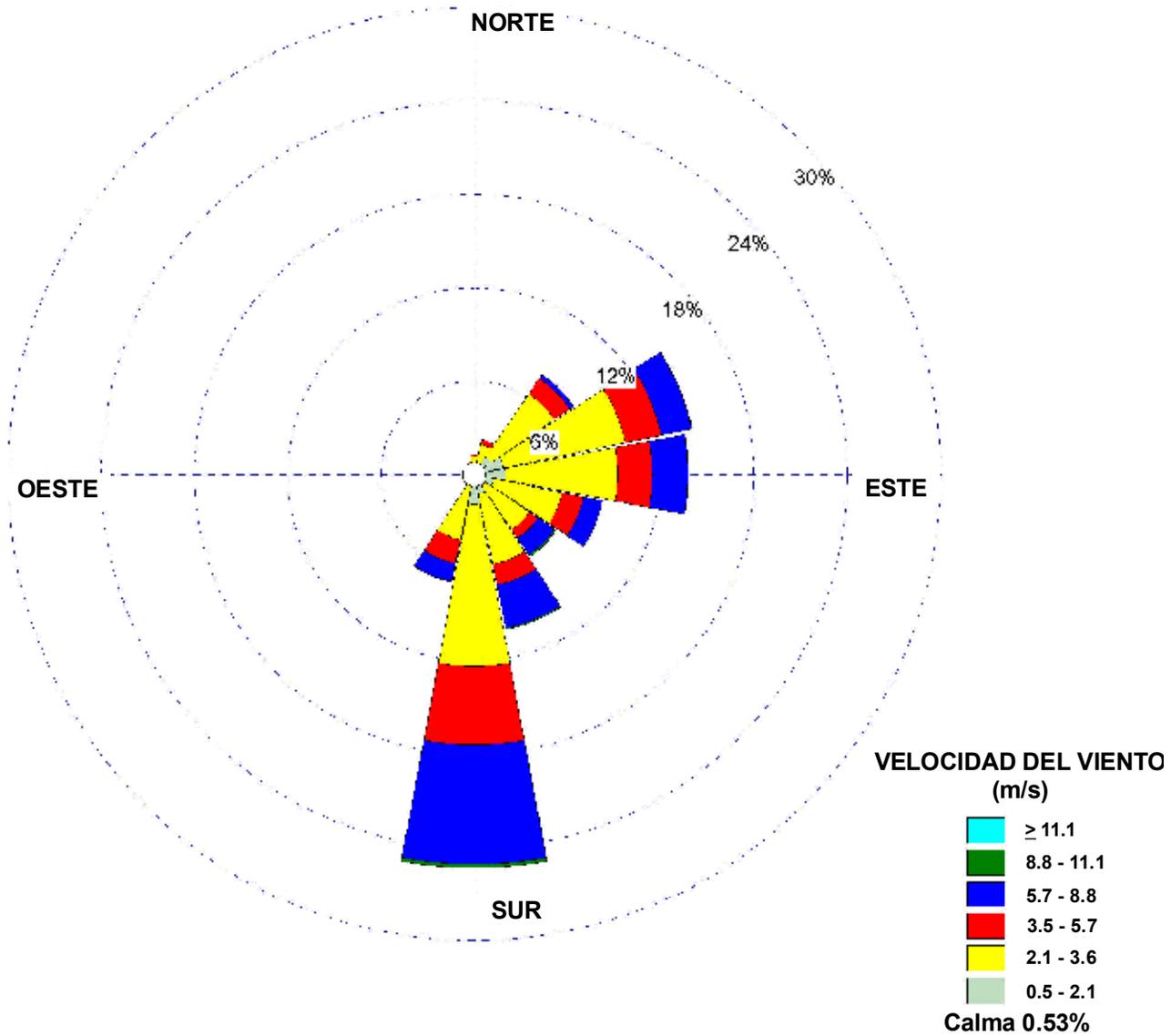
Datos meteorológicos fueron obtenidos de la estación meteorológica de la Planta de Cambalache de la AEE para el periodo de Agosto de 1992 a Agosto de 1993 la cual ubica a casi una (1) milla (noreste) del Predio objeto de estudio y de la estación meteorológica de San Juan. Los datos de la estación de la Planta Cambalache se resumen en la Rosa de Vientos presentada en la **Figura 2-13**.

2.6.3 Calidad de Aire Ambiental

La Ley de Aire Limpio regula la calidad del aire estableciendo los NAAQS para compuestos aerotransportados que causan que la calidad del aire ambiental se degrade o deteriore. Las NAAQS– se definen como las normas primarias y secundarias relativas a la calidad de aire del ambiente establecidas por la EPA en el Título 40 C.F.R. Parte 50.

Estos compuestos generalmente se conocen como los contaminantes de aire de “criterio” debido a que las concentraciones de los mismos en el aire del medio ambiente se utilizan para medir la calidad del aire ambiental. Los NAAQS son los niveles máximos de concentración para períodos de tiempo promedio, varios, bajo los cuales se establece la calidad del aire para el bienestar y la protección pública con un margen adecuado de seguridad.

Los estándares primarios NAAQS tienen como objetivo proteger la salud pública, mientras que los estándares secundarios NAAQS tienen como objetivo proteger el bienestar público de cualquier efecto adverso anticipado asociado a la presencia de contaminantes de calidad de aire tales como daño a los suelos, vegetación o vida silvestre.



Fuente:
PREPA Cambalache 1992-1993

Figura 2-13: Rosa de los Vientos para la Estación Cambalache (AEE)

Planta de Generación de Energía Renovable y Recuperación de Recursos/Arecibo, PR



Los contaminantes de aire de criterio son el monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), materia particulada o partículas con un diámetro aerodinámico de 10 micrones o menor (PM₁₀), materia particulada con un diámetro aerodinámico de 2.5 micrones o menor (PM_{2.5}), ozono (O₃), dióxido de azufre (SO₂) y plomo (Pb). Recientemente, EPA revisó los NAAQS para NO₂ y SO₂ para incluir un nuevo estándar, el cual se mide en una hora promedio. Los NAAQS se presentan en la **Tabla 2-4**.

Tabla 2-4: Normas Nacionales de Calidad de Aire Ambiental (NAAQS)

Contaminante	Tipo de Norma	Tiempo Promedio	Concentración (µg/m ³)	Concentración (ppm)
Monóxido de Carbono (CO)	Primario	8-horas ⁽¹⁾	10,000	9
	Primario	1-hora ⁽¹⁾	40,000	35
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	Primario y Secundario	Anual (Mediana Aritmética)	100	0.053
	Primario	1-hora ⁽²⁾	188	0.1
Ozone (O ₃)	Primario y Secundario	1-hora ⁽³⁾	235	0.12
		8-horasr (1997 std) ⁽⁴⁾	156	0.08
		8-horas (2008 std) ⁽⁴⁾	147	0.075
Materia Particulada (PM ₁₀)	Primario y Secundario	24-horas ⁽⁵⁾	150	-
Materia Particulada (PM _{2.5})	Primario y Secundario	Anual (Mediana Aritmética)	15.0	-
	Primario y Secundario	24 horas ⁽¹⁾	35	-
Dióxido de Azufre (SO ₂)	Primario	Anual (Mediana Aritmética)	80	0.03
	Primario	24-horas ⁽¹⁾	365	0.14
	Primario	1-hora ⁽⁶⁾	195	0.075
	Secundario	3-horas	1,300	0.5
Plomo (Pb)	Primario y Secundario	Promedio Trimestral	1.5	-
	Primario y Secundario	Promedio Continuo 3-Meses	0.15	-

(1) No debe excederse más de una vez al año.

(2) El promedio de tres años del 98a percentil del diario máximo de una (1) hora.

(3) Aplica solamente en acción temprana en *Compact Areas*.

(4) El promedio de tres años del cuarto máximo diario en un promedio de 8horas.

(5) No debe excederse más de una vez al año en un promedio de tres (3) años.

A continuación se describen el origen, características, y algunos de los potenciales efectos de los contaminantes de criterio:

Monóxido de carbono (CO) - es una sustancia gaseosa, inodora, incolora, inflamable y tóxico. Se produce cuando se queman combustibles como el gas, la gasolina, keroseno, carbón, petróleo, tabaco y madera en ambientes de poco oxígeno. Las chimeneas, las calderas, los calentadores de agua y los aparatos domésticos que queman combustible, como las estufas u hornillas de la cocina o los calentadores de gas, también pueden producirlo si no están funcionando bien. Los vehículos detenidos con el motor encendido también lo despiden y se puede observar en las áreas donde su concentración es más alta como intersecciones de tráfico congestionadas, estacionamientos multi-pisos y áreas urbanas donde los edificios y otros rasgos evitan que se disperse, en calderas industriales y plantas eléctricas. Es un agente reductor, retirando oxígeno de muchos compuestos en procesos industriales (formando CO^2), como en la producción de hierro y otros metales. También es usado en la síntesis de varios compuestos orgánicos, como ácido tico (proceso Monsanto), plásticos y metanol.

Dióxido de Nitrógeno (NO₂)- El dióxido de nitrógeno, es un compuesto químico formado por los elementos oxígeno y nitrógeno, uno de los principales contaminantes entre los varios óxidos de nitrógeno. El óxido de nitrógeno (IV) es de color marrón amarillento. Se forma como subproducto en los procesos de combustión a altas temperaturas, como en los vehículos de motor y las plantas eléctricas. El nitrógeno en aire de combustión y combustible es oxidado a dióxido de nitrógeno. La formación de NO_x (NO y NO₂) se ha encontrado que es una función de temperaturas de combustión donde según aumenta la temperatura, mayor la emisión de NO_x. El NO_x atmosférico ha sido asociado al efecto ozono.

Materia Particulada (PM₁₀, PM_{2.5}) - Son partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire con un tamaño de hasta 10 micrones o 2.5 micrones o un diámetro menor: éstas son el polvo, hollín, etc. Los mismos, provienen de fuentes como la quema de combustibles fósiles en plantas de generatrices, vehículos de motor, incluyendo el diesel, fertilizantes y pesticidas, la industria de la construcción, quema agrícola y procesos industriales.

Ozono (O₃) – Forma de oxígeno en el cual la molécula consiste de tres átomos. Usado como oxidante, blanqueador y purificador de agua. Un gas inestable de color azul y con olor fuerte. Es

un contaminante secundario formado por reacciones atmosféricas que involucran volátiles orgánicos (VOCs) y NO_x. Su formación es sumamente compleja y está influenciada por variantes que dependen de la intensidad y la distribución del espectro de la luz, mezcla atmosférica, entre otros. Es un gas incoloro, de olor acre, se encuentra de forma natural en dos capas de la atmósfera: en la estratósfera y en la tropósfera y actúa como capa protectora de la Tierra frente a los efectos adversos de la radiación ultravioleta sobre la salud y el medioambiente.

Dióxido de Azufre (SO₂) - El óxido de azufre también conocido como dióxido de azufre, gas sulfuroso y anhídrido sulfuroso, es un gas incoloro con un característico olor asfixiante. Se trata de una sustancia reductora que, con el tiempo y en contacto con el aire y la humedad, se convierte en óxido de azufre. El óxido de azufre es el principal causante de la lluvia ácida ya que en la atmósfera es transformado en ácido sulfúrico. Es liberado en muchos procesos de combustión ya que los combustibles como el carbón, el petróleo y el diesel contienen ciertas cantidades de compuestos azufrados. Por estas razones, se intenta eliminar estos compuestos previo a su combustión por ejemplo, mediante la hidrosulfuración en los derivados del petróleo o con lavados del gas natural haciéndolo más "dulce". Si a pesar de estos esfuerzos aún se generan cantidades importantes del gas se pueden aplicar lavados básicos (*e.g.*, lechada de cal para retenerlo del aire de salida o transformándolo conjuntamente con sulfhídrico en azufre elemental (proceso de Claus)).

Plomo (Pb) – Metal pesado que se encuentra en la naturaleza y en productos fabricados. Históricamente las mayores fuentes de emisión de plomo lo han sido los vehículos de motor (carros y camiones) y fuentes industriales. Como resultado de los esfuerzos realizados por la EPA para remover el plomo de la gasolina, los niveles del mismo han disminuido grandemente en las últimas dos décadas. Actualmente, los niveles más altos de plomo se encuentran en las plantas de fundición de plomo. Otras fuentes estacionarias lo son, plantas generatrices y fabricantes de baterías de ácido de plomo. Su uso en, las pinturas y la fontanería se ha restringido mediante leyes y normas.

Arecibo y áreas circundantes se encuentran clasificados como áreas de logro dentro de las Normas Nacionales de Calidad de Aire Ambiental para cada contaminante de criterio. La EPA y

la JCA mantienen estaciones de monitoreo de calidad de aire que miden las concentraciones de los contaminantes de criterio. De acuerdo a los datos registrados en varios monitores de calidad de aire en Puerto Rico, la siguiente lista presenta los valores actuales registrados del área como reportados por la base de datos de la EPA (EPA AirData database).

La **Tabla 2-5** provee los datos de Calidad de Aire Ambiental para varias estaciones de monitoreo.

Tabla 2-5: Datos de Calidad de Aire Ambiental

Número Estación	Año	Municipio	Contaminante	Período Promedio	Concentración (µg/m3)	NAAQS (µg/m3)
721270003	2008	San Juan	PM-10	24-hora	78	150
720010002	2008	Adjuntas	PM-2.5	24-hora	10.5	35
				Anual	5.21	15
720330008	2005	Barceloneta	SO ₂	1-hora	86.5 ^(a)	195
				3-hora	70.7	1300
				24-hora	55.0	365
				Anual	7.86	80
720330008	2006	Cataño	NO ₂	Anual	18.9	100
721270003	2008	San Juan	CO	1-hora	4255	40,000
				8-hora	2645	10,000
721270003	2008	San Juan	Pb	3-meses promedio	0.05	0.15

- (a) Cifra representa la concentración máxima registrada en el 2005. No obstante, el NAAQS es el promedio de 3 años de la 99a percentil anual del máximo diario para medidas de 1-hora. El estándar de SO₂ de 1 hora fue recientemente promulgado por la EPA en 2010. Datos oficiales de monitoreo de aire ambiental para el estándar de 1 hora no aún no han sido publicados.
- (b) Cifra representa la concentración máxima registrada en el 2006. No obstante, el NAAQS es el promedio de 3 años de la 98a percentil anual del máximo diario para medidas de 1-hora. El estándar de NO₂ de una hora fue promulgado por la EPA en 2010. Datos oficiales de monitoreo de aire ambiental para el estándar de 1 hora no aún no han sido publicados.

2.7 Recursos Ecológicos

2.7.1 Ecosistemas Naturales en la Vecindad del Proyecto

El Predio colinda al oeste con el RGA, el cual es una fuente muy importante de agua potable y de importancia para actividades económicas como la pesca comercial y recreativa. En dirección este del Predio, a aproximadamente 1.6 kms, se encuentra el Caño Tiburones, el cual es el humedal más extenso de Puerto Rico cubriendo un área de 5,665 cuerdas y está delimitado al este por el Río Grande de Manatí y al oeste por el RGA. Como parte de los esfuerzos de conservación de este sistema natural se estableció la RNCT, la cual ubica aproximadamente a 1.5 kilómetros del límite este del área del Proyecto. Los terrenos que forman parte de esta reserva son propiedad de la Autoridad de Tierras pero son administrados por el DRNA. El **Apéndice D** presenta una figura que muestra la relación espacial entre la reserva y el Predio. La **Figura 2-14** muestra los ecosistemas en la vecindad del Proyecto. La **Tabla 2-6** identifica los sistemas naturales que ubican dentro y fuera de un radio de 400 metros del perímetro del Predio.

Cabe señalar, que el Vertedero de Arecibo, conocido como el Vertedero de Caño Tiburones, está ubicado en la colindancia con y en parte de la RNCT.

Tabla 2-6: Sistemas Naturales Existentes en el Predio y en Áreas Adyacentes hasta una Distancia de 400 metros medidos del Perímetro del Predio

	Sistema Natural	Dentro de un Radio de 400 mts	Fuera de un Radio de 400 mts
Ríos	RGA	X	
Quebradas			X
Humedales	Canal pluvial artificial y área de desborde	X	
Mogotes			X (aproximadamente 1-3 millas al SE; 2-5 millas al SO)
Cuevas			X
Sumideros			X
Reservas Naturales			X
Bosques			X

2.7.2 Flora y Fauna Terrestre

El Predio presenta una vegetación típica de áreas industriales abandonadas donde dominan especies herbáceas, en su mayoría gramíneas y bejucos y el arbusto invasivo moriviví gigante (*Mimosa pigra*). Las especies leñosas se encuentran en pequeños parches a través de la propiedad en especial a lo largo de los bordes sur y oeste del área de estudio y asociados a las orillas del RGA y de los canales de agua (en desuso) existentes. Además del estudio de flora y fauna realizado en el Predio, se evaluaron dos áreas externas vinculadas al desarrollo propuesto. Estas áreas son: 1) la Antigua Central Cambalache, cuyos terrenos colindan al sur del Predio, y por los cuales pasará la interconexión de la energía producida desde el Proyecto hasta la Subestación de la Central; y 2) las servidumbres de las carreteras PR-2, ramal PR-6681, y PR-681, por las cuales se diseñó la ruta de la tubería para obtener agua desde la Estación de Bombas en el Barrio Islote, hasta el Predio. Se identificaron unas 159 especies de plantas en el Predio, todas comunes y de amplia distribución en terrenos cercanos a grandes ríos de la Isla. El **Apéndice D** incluye una lista de las especies de flora identificadas en el área del Proyecto, incluyendo las especies observadas en el tramo que corresponde a la interconexión de energía a través de la Antigua Central Cambalache, y las especies observadas en la ruta de la tubería del agua desde el Predio hasta la Estación de Bombas.

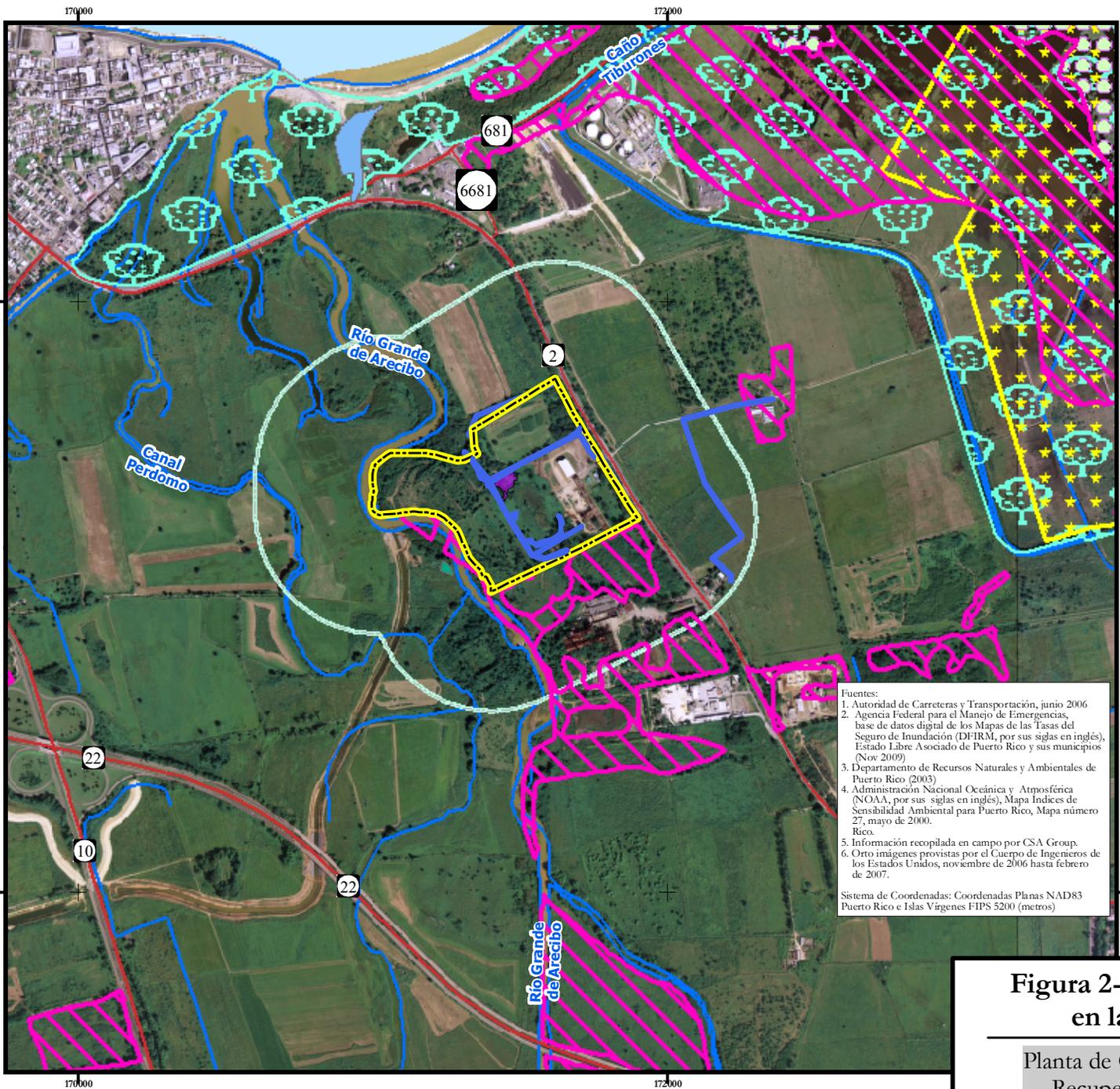
Los pastizales se extienden por gran parte del Predio y son las áreas más diversas en especies encontradas. Estas áreas están dominadas por especies de gramíneas (familia Poaceae) como yerba de guinea (*Megathyrusus máxima*), yerba estrella morada (*Cynodon nlemfuensis*), bermuda común (*Cynodon dactylon*), yerba de las traviesas (*Dichanthium annulatum*), y en menor grado otras especies como abrojo (*Cenchrus echinatus*), pata de gallina (*Eleusine indica*), y varias especies de *Paspalum*. En áreas aisladas donde se mantiene el suelo relativamente húmedo o con agua superficial se encontró que el malojillo (*Urochloa mutica*) forma parches casi monotípicos. Entre las gramíneas y otras herbáceas se pudo apreciar al moriviví gigante a veces formando setos densos en especial dentro de las cinco charcas abandonadas dentro de los terrenos. A la orilla del RGA y de las charcas se ha establecido la enorme gramínea conocida como caña brava (*Gynerium sagittatum*). También se observó una gran cantidad de bejucos formando grandes agregaciones densas y extensas donde domina el bejuco claro de luna (*Ipomoea alba*).

La cobertura de árboles es relativamente escasa y es dominada por el tulipán africano (*Spathodea campanulata*), la albicia (*Albicia procera*) y el capulín (*Muntingia calabura*). La entrada al Predio por la carretera PR-2 presenta varios árboles sembrados con propósitos paisajistas que incluyen almendros (*Terminalia catappa*), palma cola de pez (*Caryota urens*) y laurel de la India (*Ficus benjamina*).

Los terrenos de la Antigua Central Cambalache, pertenecientes a la Autoridad de Tierras, presentan una flora similar a la descrita para el área del Proyecto. En las áreas cercanas a la subestación se observa una mezcla de arbustos y herbáceas con árboles de especies comunes e invasivas características de lugares impactados. En la parcela de la antigua Central de Cambalache, colindante con la carretera PR-2, a través de la cual se propone el paso de la línea para la conexión al sistema eléctrico, se observa una cobertura dominada por la yerba de guinea (*Megathyrusus máxima*) y el matojo blanco (*Paspalum virgatum*). Entre éstas encontramos otras gramíneas de menor altura como la yerba venezolana (*Paspalum fasciculatum*) y la horquetilla (*Paspalum conjugatum*).

"REUTILIZACIÓN DE DOCUMENTOS: ESTE DOCUMENTO, LAS IDEAS Y DISEÑOS INCORPORADOS ADJUNTO, SON DE LA PROPIEDAD DE CSA GROUP INC. Y NO DEBEN SER UTILIZADOS, PARAGALE O TOTALMENTE PARA NINGÚN OTRO PROYECTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE CSA GROUP"

H:\09PROYECTOS\GIS\DDA\mod\RRF\figuras_8_11.mxd 5 mayo 2010 8:51 am 2010 GISTeam dleather AV:9.2 rev 15/OCT/2010



Escala: 1:20,000
0 150 300 600 metros

Leyenda:

- | | |
|--|---------------------------------------|
| Carreteras ¹ | Humedales⁴ |
| Hidrografía ² | Humedales de agua dulce |
| Límite del Predio | Pantanos arbustivos de agua dulce |
| Radio de 400 metros alrededor del predio | Pantanos de agua dulce |
| Áreas con Prioridad de Conservación ³ | Humedales de agua salada y salobre |
| Reserva Natural Caño Tiburones ³ | Desbordamiento del Canal ⁵ |
| | Canal ⁵ |

Fuentes:
 1. Autoridad de Carreteras y Transportación, junio 2006
 2. Agencia Federal para el Manejo de Emergencias, base de datos digital de los Mapas de las Tasas del Seguro de Inundación (DFIRM, por sus siglas en inglés), Estado Libre Asociado de Puerto Rico y sus municipios (Nov 2009)
 3. Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico (2003)
 4. Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés), Mapa Índices de Sensibilidad Ambiental para Puerto Rico, Mapa número 27, mayo de 2000, Rico.
 5. Información recopilada en campo por CSA Group.
 6. Orto imágenes provistas por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, noviembre de 2006 hasta febrero de 2007.
 Sistema de Coordenadas: Coordenadas Planas NAD83 Puerto Rico e Islas Vírgenes FIPS 5200 (metros)



Figura 2-14: Ecosistemas Naturales en la Vecindad del Predio

Planta de Generación de Energía Renovable y Recuperación de Recursos/Arecibo, PR

Con respecto a la ruta de la tubería de agua salobre a lo largo de las carreteras PR-2, Ramal PR-6681, y PR-681, la vegetación observada en la franja donde se instalará la tubería es una común de orillas de carretera y lugares impactados. En la sección de la carretera PR-2, la vegetación consiste principalmente de gramíneas, dominando la yerba de guinea (*Megatryrsus máxima*), la pata de gallina fina (*Digitaria ciliaris*) y la horquetilla (*Paspalum conjugatum*). Algunos árboles grandes de albicia (*Albizia procera*), flamboyán (*Delonix regia*), guamá americano (*Pithecellobium dulce*), jobo de la India (*Spondias cytherea*), y palmas de coco (*Cocos nucifera*) se encuentran en la franja verde. Entrando en el Ramal PR-6681, se entremezclan algunas especies comunes de lugares húmedos como la paraguíta (*Cyperus involucratus*) y el arrocillo (*Echinocloa colona*) junto a una combinación de herbáceas y bejucos que incluyen al bejuco de cundeamor (*Momordica charantia*), el cohítre (*Commelina erecta*), la margarita silvestre (*Bidens alba*), y el bejuco de gloria (*Ipomoea indica*).

Al tomar la carretera PR-681 continúa la dominancia de las gramíneas con algunas herbáceas y bejucos formando matorrales un poco más adentro de la franja verde. Detrás de los matorrales, en el canal que corre paralelo a la carretera PR-681 se observan árboles de mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y unos pocos de mangle negro (*Avicennia germinans*). Además de los mangles en las orillas del canal se observan individuos aislados de helecho de pantano (*Acrostichum danaeifolium*). Otras especies que se observan a lo largo de la carretera frente a los mangles son: las palmas de coco (*Cocos nucifera*), las emajaguíllas (*Thespesia populnea*), los almendros (*Terminalia catappa*), flamboyán (*Delonix regia*), caoba dominicana (*Swietenia mahagoni*), y el maraimaray (*Dalbergia ecastaphyllum*). Al finalizar el trayecto en la estación El Vigía, además del mangle blanco, se observa la yerba enneas (*Typha domingensis*) y los lirios de agua (*Nymphaea ampla*), ambas especies indicativas de lugares húmedos.

En lo que respecta a la fauna del área del Proyecto, se observó un total de 56 especies de vertebrados, siendo dominada por las aves, de las cuales se identificó un total de 44 especies. El **Apéndice D** incluye una lista de las especies de fauna identificadas en el área del Proyecto. Las especies de aves más comunes dentro del Predio son Reinita Común (*Coereba flaveola*), Mozambique (*Quiscalus niger*), Paloma Casera (*Columba livia*), Rolita (*Columbina passerina*), Ruiseñor (*Mimus polyglottos*), Pitirre (*Tyrannus dominicensis*), Garrapatero (*Crotophaga ani*),

Gorrion Negro (*Tiaris bicolor*) y Veterano (*Estrilda melpada*). Otros grupos de vertebrados observados incluyen dos (2) mamíferos, diez (10) especies de anfibios y reptiles. Entre estos destacan la mangosta (*Herpestes auropunctatus*), y varias especies de coquíes (*Eletherodactylus* spp.) y lagartijos (*Anolis* spp.).

En los terrenos de la Antigua Central Cambalache, y en las áreas de pastizales de la ruta de la tubería de agua cruda, se observaron las mismas especies terrestres de fauna que se identificaron en el área del Proyecto. Es de esperar que se observen otras especies en el futuro, especialmente del grupo de las aves, que incluya especies migratorias y amplíen la diversidad de especies de fauna para el área, particularmente en las zonas que colindan con la RNCT.

2.7.3 Especies Críticas, Amenazadas o en Peligro de Extinción

Previo a la realización del estudio de flora y fauna se hizo una revisión de la literatura científica disponible sobre estudios en el área del Proyecto. También se hizo una consulta con el Inventario de Especies Críticas de la Oficina de Patrimonio Natural del DRNA. Dicho inventario incluye todas las especies protegidas por leyes estatales y federales por considerarse como amenazadas o en peligro de extinción, además de otras especies (críticas) cuyas poblaciones sean bajas o que sean indicativas de hábitáculos específicos dentro de Puerto Rico.

El DRNA no presenta en su banco de datos reportes de especies consideradas como críticas, amenazadas o en peligro de extinción para las inmediaciones del Predio. Esta información fue validada en el campo por medio de las visitas realizadas al área del Proyecto donde ninguna de las especies de flora identificadas en los Predios bajo estudio es considerada como elementos críticos, amenazadas o en peligro de extinción por las leyes y reglamentos estatales y federales.

2.7.4 Humedales

El Inventario Nacional de Humedales del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos (USFWS) muestra áreas identificadas como humedales dentro del Predio (**Figura 2-15**). Estas áreas, identificadas por el USFWS, fueron determinadas a través de un análisis de información geoespacial utilizando imágenes de satélite, pero sin realizar una verificación física.

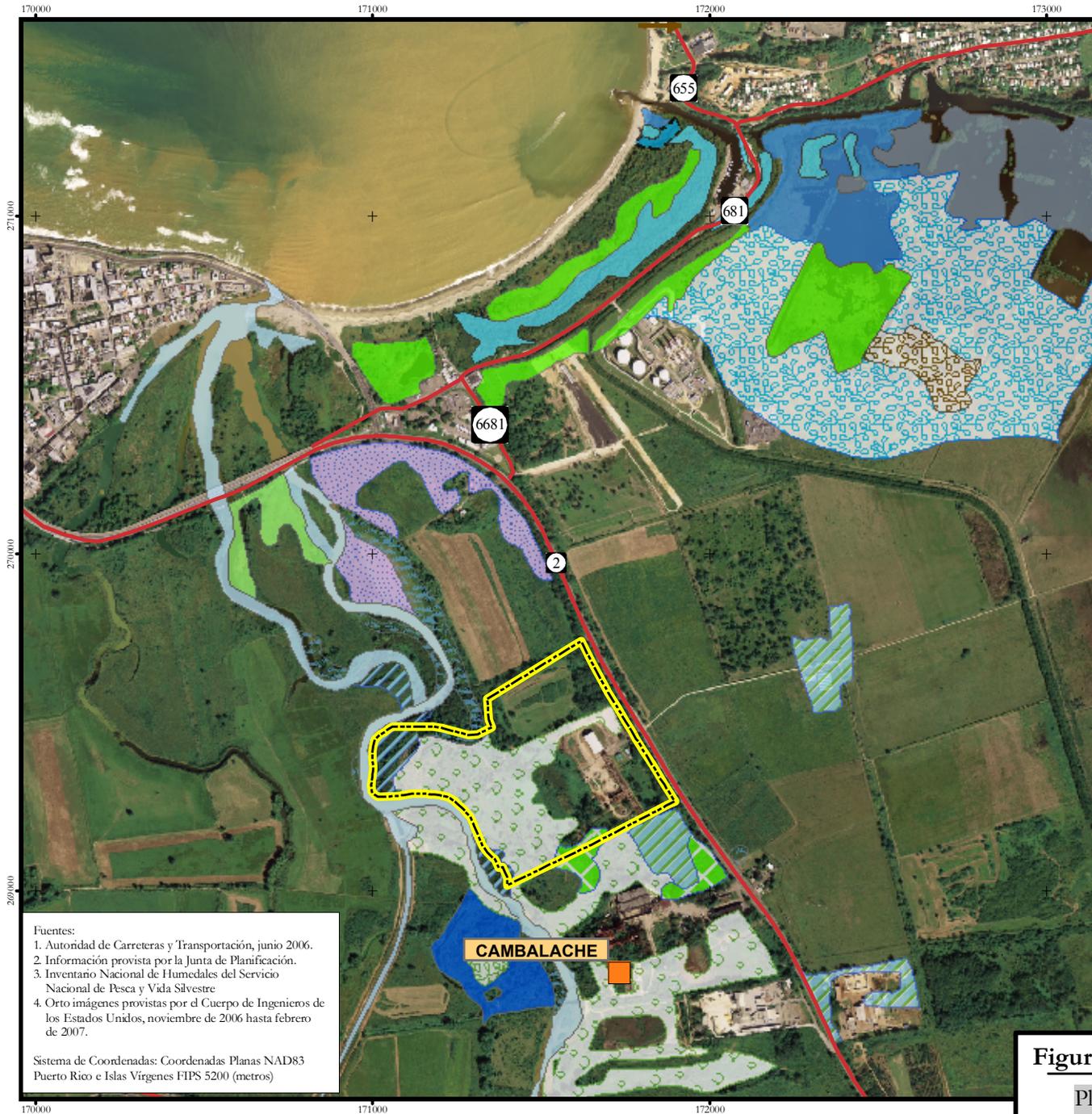
Para determinar la validez del inventario de humedales en el Predio se realizó un estudio para

determinar si existen humedales que cumplan con los requisitos de jurisdicción federal (vegetación hidrofítica, hidrología y suelos hídricos) según la Sección 404 de la CWA.

El Estudio Jurisdiccional de Humedales (**Apéndice E**) concluye que los humedales identificados por el USFWS no cumplen con los tres requisitos para ser considerados como jurisdiccionales. Sin embargo el análisis de campo refleja que en el Predio existen aproximadamente 2.49 cuerdas (2.42 acres) de cuerpos de agua jurisdiccionales, que incluye 1,191.1 metros lineales de canales artificiales en desuso cubriendo un área de 1.52 cuerdas (1.48 acres), y 0.97 cuerdas (0.94 acres) de un área donde desbordan estos canales. Los canales formaban parte del sistema de manejo de agua asociada a los procesos de manufactura de papel y del manejo de escorrentías pluviales. Al momento estos canales se encuentran abandonados y cubiertos de vegetación exótica. La **Figura 2-16** muestra los cuerpos de agua considerados como jurisdiccionales dentro del Predio. Tanto los canales, como el área de desborde, drenan en el RGA a través de un canal corto en la parte norte central del Predio.

REUTILIZACIÓN DE DOCUMENTOS: ESTE DOCUMENTO, Y LAS IDEAS Y DISEÑOS INCORPORADOS, ADJUNTO, COMO INSTRUMENTO DEL SERVICIO PROFESIONAL, SIN RESPONSABILIDAD DE CSA GROUP, INGENIEROS, SRL/CSA GROUP, INC., Y NO DEBERÁN SER UTILIZADOS, PARCIAL O TOTALMENTE PARA NINGÚN OTRO PROYECTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE CSA GROUP.*

H:\0908078\COM\Z_GIS\DATA\msd\RRH\Humedal_S_11.mxd(06 mar 10 6:58)Team tladador rev cvaquez 80CT00AV9.2



- Fuentes:
1. Autoridad de Carreteras y Transportación, junio 2006.
 2. Información provista por la Junta de Planificación.
 3. Inventario Nacional de Humedales del Servicio Nacional de Pesca y Vida Silvestre
 4. Orto imágenes provistas por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, noviembre de 2006 hasta febrero de 2007.

Sistema de Coordenadas: Coordenadas Planas NAD83
Puerto Rico e Islas Virgenes FIPS 5200 (metros)



Escala: 1:18,000



Legenda:

- Subestación²
- Límite del Predio
- Carreteras¹
- E1UBL - Estuarino, submareal, fondo no consolidado, submareal
- PEMI/SS3A - Palustrino, emergente, persistente / Matorral leñoso, siempre verde de hoja ancha, temporalmente inundado
- E1AB56Lh - Estuarino, submareal, lecho acuático, oligohalino, submareal, represado/restringido
- PEM1A - Palustrino, emergente, persistente, temporalmente inundado
- E2EM1M - Estuarino, intermareal, emergente, persistente, irregularmente expuesto
- PEMIC - Palustrino, emergente, persistente, estacionalmente inundado
- E2EM1P - Estuarino, intermareal, emergente, persistente, irregularmente inundado
- PFO3A - Palustrino, forestado, siempre verde de hoja ancha, temporalmente inundado
- E2FO3M - Estuarino, intermareal, forestado, siempre verde de hoja ancha, irregularmente expuesto
- PFO3C - Palustrino, forestado, siempre verde de hoja ancha, estacionalmente inundado
- PEMIC - Palustrino, emergente, persistente, estacionalmente inundado
- PSS3/EMIA - Palustrino, matorral leñoso, siempre verde de hoja ancha Emergente, persistente, temporalmente inundado
- PEMICd - Palustrino, emergente, persistente, estacionalmente inundado, parcialmente drenado/zanjado
- PSS3/EMIC - Palustrino, matorral leñoso, siempre verde de hoja ancha Emergente, persistente, estacionalmente inundado
- PSS3/EMIA - Palustrino, matorral leñoso, siempre verde de hoja ancha / Emergente, persistente, temporalmente inundado
- PSS3C - Palustrino, matorral leñoso, siempre verde de hoja ancha, estacionalmente inundado
- PUBHh - Palustrino, fondo no consolidado, permanentemente inundado, represado/restringido

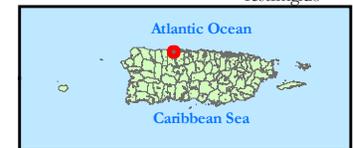
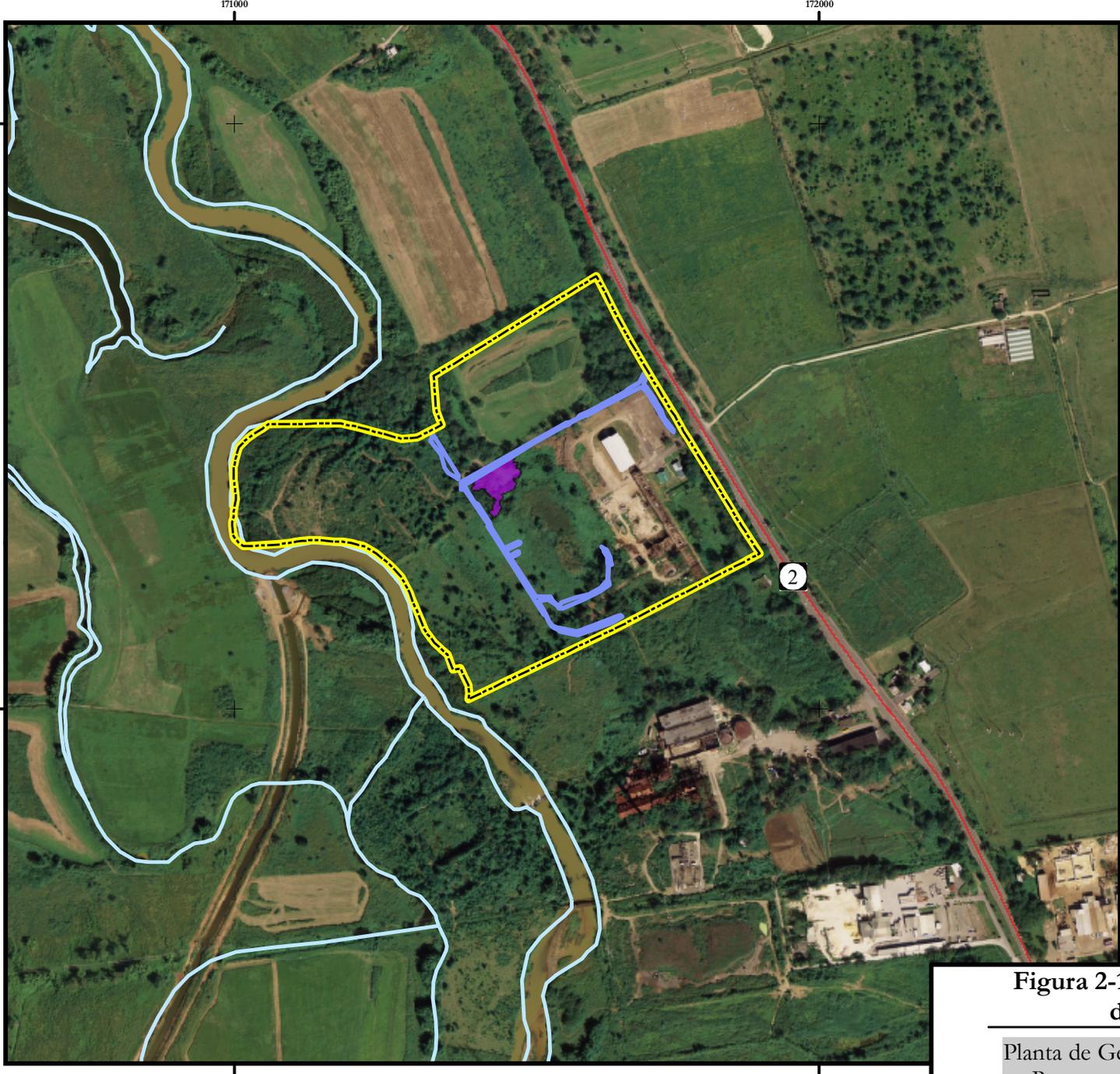


Figura 2-15: Inventario Nacional de Humedales

Planta de Generación de Energía Renovable y Recuperación de Recursos/Arecibo, PR

REUTILIZACIÓN DE DOCUMENTOS, ESTE DOCUMENTO Y LAS IDEAS Y DISEÑOS INCORPORADOS AQUÍ, COMO INSTRUMENTO DEL SERVICIO PROFESIONAL, SON PROPIEDAD DE CSA ARQUITECTOS E INGENIEROS, SRL/CSA GROUP, INC. Y NO DEBERN SER UTILIZADOS, PARCIAL O TOTALMENTE PARA NINGÚN OTRO PROYECTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE CSA GROUP.

H:\09\PROYECTOS\00\G\GIS\JD\msd\BRFJD_8_11.mxd 4 agosto 2010 8:51 Team (drachev REV 80CCT10 AV 72



Scale: 1:10,000



Leyenda:

-  Carreteras¹
-  Hidrografía²
-  Límite del Predio
- Áreas Jurisdiccionales³**
-  Canal Artificial
-  Desbordamiento del Canal

Fuentes:

1. Autoridad de Carreteras y Transportación, junio 2006
2. National Hydrography Dataset del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS)
3. Información obtenida de campo por CSA Group.
4. Orto imágenes provistas por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, noviembre de 2006 hasta febrero de 2007.

Sistema de Coordenadas: Coordenadas Planas NAD83 Puerto Rico e Islas Virgenes FIPS 5200 (metros)



Figura 2-16: Áreas Jurisdiccionales dentro del Predio

Planta de Generación de Energía Renovable y Recuperación de Recursos/Arecibo, PR