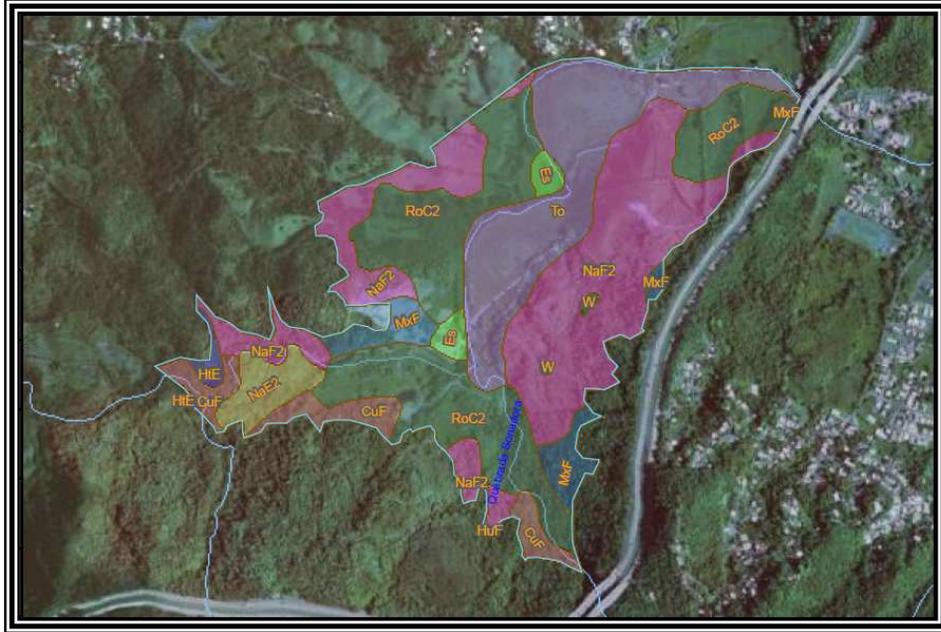


# ESTUDIO DE VIABILIDAD AGRÍCOLA EMBALSE BEATRIZ



PREPARADO PARA:



PREPARADO POR:

AGRO. RUBÉN A. RIVERA ROSARIO M.SC., REM.  
LIC. 4201  
PROFESIONAL DE SIEMBRA Y FORESTACIÓN PSF-113

MAYO 2007

# ESTUDIO DE VIABILIDAD AGRÍCOLA – EMBALSE BEATRIZ

## TABLA DE CONTENIDO

<i>TABLA DE CONTENIDO</i> .....	<i>i</i>
<i>LISTA DE TABLAS</i> .....	<i>ii</i>
<i>LISTA DE FIGURAS</i> .....	<i>ii</i>
<b>I. RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	<b>1</b>
<b>II. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>6</b>
<b>III. SITUACIÓN ACTUAL</b> .....	<b>10</b>
<b>IV. DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA Y AGRÍCOLA</b> .....	<b>11</b>
<i>UBICACIÓN</i> .....	<i>11</i>
<i>PANORAMA HISTÓRICO REGIÓN CENTRAL-SURESTE</i> .....	<i>11</i>
<i>SITUACIÓN AGRÍCOLA</i> .....	<i>12</i>
<i>TOPOGRAFÍA</i> .....	<i>13</i>
<i>HIDROGRAFÍA</i> .....	<i>14</i>
<i>CLIMATOLOGÍA</i> .....	<i>14</i>
<i>FLORA</i> .....	<i>19</i>
<i>CLASIFICACIÓN NRCS-USDA “PRIME FARMLAND”</i> .....	<i>20</i>
<i>SERIES DE SUELO</i> .....	<i>22</i>
<i>ÍNDICES DE CAPACIDAD</i> .....	<i>34</i>
<i>MANEJO DE BOSQUES Y SU PRODUCTIVIDAD</i> .....	<i>43</i>
<b>V. METODOLOGÍA ANÁLISIS DE SUELOS ÍNDICE DE STORIE</b> .....	<b>46</b>
<i>CALIFICACIÓN DE LOS SUELOS POR EL ÍNDICE DE STORIE</i> .....	<i>46</i>
<i>MÉTODO DE CALIFICACIÓN</i> .....	<i>47</i>
<b>VI. POTENCIAL AGRÍCOLA DE LOS SUELOS</b> .....	<b>51</b>
<i>VIABILIDAD DE LOS SUELOS EN EL ÁREA</i> .....	<i>54</i>
<b>VII. ACTIVIDADES AGRÍCOLAS EXISTENTES</b> .....	<b>57</b>
<b>VIII. POSIBLES ALTERNATIVAS AGRÍCOLAS</b> .....	<b>59</b>
<i>GANADO LECHERO Y DE CARNE</i> .....	<i>59</i>
<i>PRODUCCIÓN DE HENO</i> .....	<i>61</i>
<i>PRODUCCIÓN DE PLÁTANOS</i> .....	<i>62</i>
<i>PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN PARA DESARROLLO AGRÍCOLA</i> .....	<i>66</i>
<i>ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA DESARROLLO AGRÍCOLA</i> .....	<i>69</i>
<b>IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>71</b>
<i>RECOMENDACIONES</i> .....	<i>72</i>
<b>X. REFERENCIAS</b> .....	<b>73</b>

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1: ÍNDICES DE CAPACIDAD Y CABIDA DE LAS SERIES DE SUELO PARA LOS DIFERENTES COMPONENTES DE PROYECTO .....	37
TABLA 2: MANEJO DE BOSQUES Y PRODUCTIVIDAD POTENCIAL DE LOS SUELOS .....	44
TABLA 3: RANGO DE LOS SUELOS BASADO EN LAS CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL.....	49
TABLA 4: RENDIMIENTO PROMEDIO ESTIMADO POR CUERDAS DE PASTOS.....	53
TABLA 5. POTENCIAL AGRÍCOLA DE LOS SUELOS PRESENTES EN EL PROYECTO. ....	54
TABLA 6: COSTOS APROXIMADOS (\$/CUERDA) DE ESTABLECER PASTOS PARA MANEJO INTENSIVO.....	58
TABLA 7. COSTOS E INGRESOS APROXIMADOS DE PRODUCIR PLÁTANOS INTENSIVAMENTE EN LA ZONA MEDIANÍA DE PUERTO RICO UTILIZANDO UNA DENSIDAD DE 1,175 PLANTAS POR CUERDA.....	64

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: MAPA TOPOGRÁFICO Y LOCALIZACIÓN EMBALSE BEATRIZ Y SUS COMPONENTES - <i>Figura adaptada DIA-P Embalse Beatriz, PSC Greg L. Morris, 2007</i> .....	8
FIGURA 2: FOTOGRAFÍA AÉREA EMBALSE BEATRIZ Y SUS COMPONENTES - <i>Figura adaptada DIA-P Embalse Beatriz, PSC Greg L. Morris, 2007</i> .....	9
FIGURA 3: DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS CLIMÁTICAS PARA PUERTO RICO, FUENTE: BUREAU OF THE CENSUS USDA-NRCS, 1992.....	16
FIGURA 4: PRECIPITACIÓN PROMEDIO ANUAL PARA PUERTO RICO, FUENTE: PUERTO RICO WATER RESOURCES AUTHORITY, 1991 .....	17
FIGURA 5: TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL PARA PUERTO RICO, FUENTE BUREAU OF THE CENSUS USDA-NRCS, 1992.....	18
FIGURA 6: MAPA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE TIERRAS AGRÍCOLAS PRIMORDIALES EMBALSE BEATRIZ.....	23
FIGURA 7: MAPA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE TIERRAS AGRÍCOLAS PRIMORDIALES COMPONENTES EMBALSE BEATRIZ .....	24
FIGURA 8: MAPA DE SUELOS DEL ÁREA PROPUESTA PARA DESARROLLO DEL EMBALSE BEATRIZ.....	25

FIGURA 9: MAPA DE SUELOS DEL ÁREA PROPUESTA PARA DESARROLLO COMPONENTES DEL EMBALSE BEATRIZ .....	26
FIGURA 10: ÍNDICE DE CAPACIDAD SUELOS DEL ÁREA PROPUESTA PARA DESARROLLO DEL EMBALSE BEATRIZ .....	39
FIGURA 11: SUB-CAPACIDAD SUELOS DEL ÁREA PROPUESTA PARA DESARROLLO DEL EMBALSE BEATRIZ. ....	40
FIGURA 12: ÍNDICE DE CAPACIDAD SUELOS DEL ÁREA PROPUESTA PARA DESARROLLO COMPONENTES DEL EMBALSE BEATRIZ .....	41
FIGURA 13: SUB-CAPACIDAD SUELOS DEL ÁREA PROPUESTA PARA DESARROLLO COMPONENTES DEL EMBALSE BEATRIZ .....	42

## **I. RESUMEN EJECUTIVO**

Como parte del Plan de Mejoras Capitales de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados se propone la construcción del Embalse Beatriz, para de esta forma mejorar el suministro de agua potable para la ciudad de Caguas. El proyecto propone la creación de un embalse para agua potable, la construcción de una planta de filtración de agua, tanques para almacenamiento, y líneas de transmisión en el municipio de Caguas. Para crear el embalse, se construirá sobre la Quebrada Beatriz en el Bo. Beatriz de Caguas, una represa en tierra con 36 metros de altura máxima sobre el nivel natural del suelo y un largo de cresta de 450 metros.

El Área de Estudio se define como el área a ser cubierta por la huella de inundación del embalse, el área de amortiguamiento de la cortina de la represa, el área de disposición de sedimentos (de aquí en adelante referidos como componentes asociados al embalse) y la nueva planta de filtración. La huella de inundación cubrirá unas 170 cuerdas, aproximadamente. Los demás componentes como el área de amortiguamiento de la represa, el área para disposición de sedimentos y el área para la construcción de la planta de filtración ocupan unas 93 cuerdas, para un total de 263 cuerdas aproximadamente. Las áreas identificadas para la instalación de los otros componentes como lo son las tomas y tuberías de agua cruda, líneas de distribución y tanques de almacenaje no fueron evaluadas. Esto responde a que generalmente, las líneas de distribución discurren a lo largo de las vías de acceso o carreteras existentes, por lo que no causarán un impacto directo a terrenos con algún potencial agrícola. Por otra parte, los tanques propuestos ubican en los terrenos de la planta de filtración.

El área propuesta para la construcción del Embalse Beatriz está clasificada bajo diferentes distritos de zonificación. Existen tres clasificaciones a lo largo de todo el Proyecto, entre éstos se pueden mencionar distritos RA-2, RA-3 y RCR-2, los cuales presentan una densidad poblacional baja. El área a ser cubierta por la huella de inundación del embalse, sus componentes relacionados y el predio para la construcción de la planta de filtración están clasificadas como suelos rústico agropecuario (RA-2) y rústico con conservación de recursos (RCR-2).

Durante las visitas de campo se pudo observar que la mayor parte del área propuesta y áreas circundantes han sido objeto de algún uso agrícola. Algunas de las colindancias están cercadas, lo que indica que el área ha sido utilizada para actividades de pastoreo de ganado (caballos, vacas y/o cabras). Se observó ganado de carne pastando en el área. No se observaron prácticas de ganadería intensiva, sólo de forma artesanal o pasatiempo.

En el Área de Estudio se encuentran suelos que han sido clasificados por el Departamento de Agricultura Federal (USDA-NRCS) como tierras primordiales para la agricultura. Entre éstas se encuentran las series de suelo arcilloso Río Arriba (RoC2), la serie limo arcilloso lómico Toa (To) y la serie arcilloso Humatas (HtE). Estas series de suelo se encuentran en las áreas propuestas para la construcción del embalse y los componentes asociados, además de la planta de filtración, ocupando un área aproximada de 140 cuerdas del total de 263 cuerdas, para un 53.4% del área propuesta para inundación y construcción de la planta de filtración.

A continuación se resumen los suelos presentes en el Área de Estudio:

Las series de suelo presentes son las series Consumo (CuF), Estación (Es), Humatas (HtE), Múcara (MxF), Naranjito (NaE2 y NaF2), Río Arriba (RoC2) y Toa (To). Estas fueron clasificadas por el Servicio de Conservación de Suelos (ahora NRCS por sus siglas en inglés) el cual describe los suelos presentes en el área de estudio, como suelos generalmente lómicos, arcillosos y limo arcilloso lómicos, con pendientes predominantes entre 5 a 60 por ciento y con gran potencial de erosión (excepto los suelos Toa y Estación).

- De acuerdo a las Unidades de Capacidad asignadas por el Servicio de Conservación de Suelos, los suelos Toa (To) están clasificados bajo la unidad de capacidad I. Estos son suelos que tienen pocas limitaciones que restringen su uso. El por ciento de ocupación dentro del área delimitada para el proyecto es de aproximadamente un 22%.
- Las series Estación (Es) y Río Arriba presentan unidades de capacidad IIIs, y IIIe, respectivamente. De acuerdo a las unidades de capacidad en las que fueron clasificados, éstos presentan severas limitaciones que reducen los

cultivos a ser sembrados y requieren prácticas de conservación especiales para el desarrollo de actividades agrícolas. Estos suelos ocupan aproximadamente un 33% del área propuesta para la construcción del proyecto.

- La unidad de capacidad para el suelo Humatas (IVe), clasifica el suelo con muchas limitaciones severas que restringen los cultivos a ser sembrados y requieren manejo especial para evitar el peligro de erosión existente en el predio. El por ciento de ocupación de estos suelos dentro del área a ser utilizada para el desarrollo del proyecto no es significativa comparada con las otras series existentes (0.92%).
- La serie Naranjito (NaE2, VIe), fue clasificada como suelos con severas limitaciones que los hacen no deseables para cultivo y limitan su utilización para pastos, bosques o vida silvestre, además están sujetos a erosión severa, lo que los hace no aptos para el desarrollo de cultivos. El 3.5% de los terrenos a ser cubiertos por la huella de inundación están ocupados por esta serie.
- Por último las series Consumo, Múcara y Naranjito (NaF2) fueron clasificadas bajo la unidad de capacidad VIIe. Estos suelos tienen limitaciones muy severas, que no se prestan para cultivo, y su uso está restringido mayormente a pastos, bosques o hábitat de vida silvestre. Estos suelos ocupan aproximadamente un 40% del área total del proyecto.

A continuación se describen los suelos de acuerdo a la clasificación de suelos agrícolas, desarrollada por el NRCS, conocida como Índice de Storie.

- Del área total a ser utilizada en el proyecto un 23.8 por ciento (62.6 cuerdas) está clasificada bajo el Grado 1 del Índice de Storie. De acuerdo a esta clasificación, los suelos bajo las series Toa y Estación, son considerados como suelos excelentes para la agricultura y adecuados especialmente para las plantas de raíces profundas.
- Los suelos Río Arriba presentaron un valor de 50.5%, lo que los coloca en el Grado 3 del Índice. Este grado los clasifica como suelos adecuados para la agricultura que generalmente son de buena calidad, con una variación menos

amplia de bondad que los grados 1 y 2. Los suelos Río Arriba ocupan alrededor de un 31% del área total a ser utilizada para la creación del embalse y sus componentes.

- El análisis de los suelos utilizando el Índice Storie refleja que aproximadamente el 55% de los suelos presentes en el área a ser utilizada para la creación del embalse y sus componentes están clasificados como suelos excelentes o adecuados para la agricultura.
- Los suelos Humatas, Múcara y Naranjito (NaE2, NaF2) fueron clasificados bajo el Grado 4 del Índice de Storie. Estos suelos presentan poca amplitud de posibilidades agrícolas, ya que están en el rango entre 20 y 39 por ciento en el Índice de Storie. Alrededor de un 42% del área total propuesta para la creación del embalse y sus componentes cae bajo esta clasificación.
- La serie Consumo, la cual ocupa aproximadamente 3.7% del área cubierta por la huella de inundación, fue clasificada como suelos muy pobres para el desarrollo de actividades agrícolas. Estos suelos no son considerados de buena calidad, debido a su pronunciada pendiente y alto potencial erosivo.

El mejoramiento y producción de los pastos existentes en el área es la mejor alternativa para el manejo y uso de estos terrenos, aunque no sea la alternativa con mayor rendimiento económico. Las características presentes en los suelos, como por ejemplo, el alto potencial erosivo, pueden ser controladas utilizando una cobertura vegetal permanente que reduce los riesgos de erosión. Sin embargo, esta práctica no es económicamente viable debido a los costos relacionados con el manejo intensivo de los mismos y la poca extensión de terreno mecanizable en el área.

Las yerbas de pasturas que mayor rendimiento ofrecen bajo manejo intensivo son la yerba Pangola (*Digitaria decumbens*) y la yerba Merker (*Pennisetum purpureum*). La capacidad de acarreo aproximada de estos suelos con los pastos existentes es de 1 vaca/cuerda. Con manejo adecuado y utilización de especies mejoradas se puede aumentar hasta 5 vacas por cuerda.

La capacidad de pastoreo existente representa un ingreso bruto para el agricultor de \$517 dólares por cuerda/año. Bajo pastos mejorados, cada año el agricultor podría vender 2 vacas/cuerda, lo cual representa un ingreso de \$1,292.50/cuerda/año. El

costo de establecer una cuerda de pastura mejorada es de \$853.60/cuerda, aproximadamente (sin el costo de los animales, arrendamiento de la finca, infraestructura, etc.). El bajo ingreso obtenido no hace económicamente viable invertir dinero para mejorar los presentes pastos de baja calidad.

Utilizando los suelos nivelados y con pendiente entre 5 a 40% el número total de cuerdas que podría ser utilizado para la siembra de pastos mejorados es de 155 cuerdas. Usando la producción estimada de 600 pacas por cuerda por año a un precio de venta de \$3.00 dólares por paca, el total devengado por el agricultor es de \$1,800 dólares por cuerda. Utilizando el costo aproximado de establecer pastos mejorados de \$853.60 dólares por cuerda, la ganancia por cuerda es de \$946.40 dólares utilizando pastos mejorados y las mejores prácticas de manejo y conservación existentes.

Entre las alternativas agrícolas recomendadas para el predio, la que presenta mejor viabilidad económica para su desarrollo es el cultivo de plátanos. Utilizando una densidad de 1,175 plantas, la ganancia neta por cuerda es de aproximadamente \$2,547 dólares. Prácticas de conservación deben ser implantadas para el manejo adecuado de los suelos con alto potencial erosivo bajo actividades agrícolas.

El desarrollo de empresas agrícolas utilizando sistemas de hidroponía o riego por goteo podrían representar una alternativa para el área propuesta. Sin embargo, estas actividades necesitan invernaderos, líneas para soporte de las plantas, líneas de riego, sistemas de bombeo, tanques para almacenaje de fertilizantes líquidos, equipo electrónico y demás infraestructura necesaria para el desarrollo de éstas. No obstante, un análisis detallado por cultivo y tipo de infraestructura puede ser realizado para conocer su viabilidad económica. Cabe mencionar que el tipo de suelo y sus características no es tomado en cuenta para este tipo de tecnología. El alto grado de tecnología y la considerable inversión inicial, limitan su utilización como alternativas viables en el desarrollo de actividades agrícolas en propiedades que no reciben algún tipo de incentivo gubernamental o están arrendadas.

## II. INTRODUCCIÓN

Como parte del Plan de Mejoras Capitales de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados se propone la construcción del Embalse Beatriz para mejorar el suministro de agua para la ciudad el Municipio de Caguas. El proyecto propone la creación de un embalse para agua potable, la construcción de una nueva planta de filtración de agua, tanques para almacenamiento y líneas de transmisión. El Proyecto discurrirá y proveerá servicio (total o parcial) a los barrios Borinquen, Turabo y Beatriz del Municipio de Caguas.

Para crear el embalse, se construirá sobre la Quebrada Beatriz en el Bo. Beatriz de Caguas, una represa en tierra con 36 metros de altura máxima sobre el nivel natural del suelo y un largo de cresta de 450 metros. El embalse será alimentado por una toma en el Río Turabo y por la misma quebrada Beatriz, en una configuración que se conoce como Embalse Fuera del Cauce. La huella de inundación cubrirá unas 170 cuerdas, aproximadamente. El área de ocupación del embalse y todos sus componentes se estima en unas 263 cuerdas, aproximadamente. Las **Figuras 1 y 2** muestran los componentes del proyecto propuesto y localización de cada uno de éstos.

Las zonas a ser estudiadas para conocer su viabilidad o potencial para el desarrollo de actividades agrícolas, son el área a ser cubierta por la huella de inundación del embalse, el área de amortiguamiento de la cortina de la represa, el área de disposición de sedimentos (de aquí en adelante referido como componentes asociados al embalse) y la nueva planta de filtración. Como fuera mencionado anteriormente, el Área de Estudio ocupa un área aproximada de 263 cuerdas. Las áreas identificadas para la instalación de los otros componentes, como lo son las tomas y tuberías de agua cruda, tuberías de distribución y tanques de almacenaje no fueron evaluadas. El sistema de transmisión de agua potable de la planta de filtración consistirá de líneas de transmisión y tanques de almacenaje de agua potable. Generalmente, las líneas de distribución discurren a lo largo de las vías de acceso o carreteras existentes, por lo que no causarán un impacto directo a terrenos con algún potencial agrícola. Por otra parte, los tanques de almacenamiento ocupan un área relativamente pequeña en cada uno de los puntos seleccionados para su instalación, y en este caso estarán ubicados

en los terrenos de la nueva planta de filtración. La escasa extensión de terreno que será utilizada para la construcción de los tanques de de almacenaje, es una de las razones por la cual los predios identificados no presentan características idóneas para el desarrollo de actividades agrícolas que permitan el desarrollo económico de los mismos.

A continuación se describen las características del área propuesta y el análisis de los suelos e infraestructura disponible que limiten o promuevan el desarrollo de actividades agrícolas.

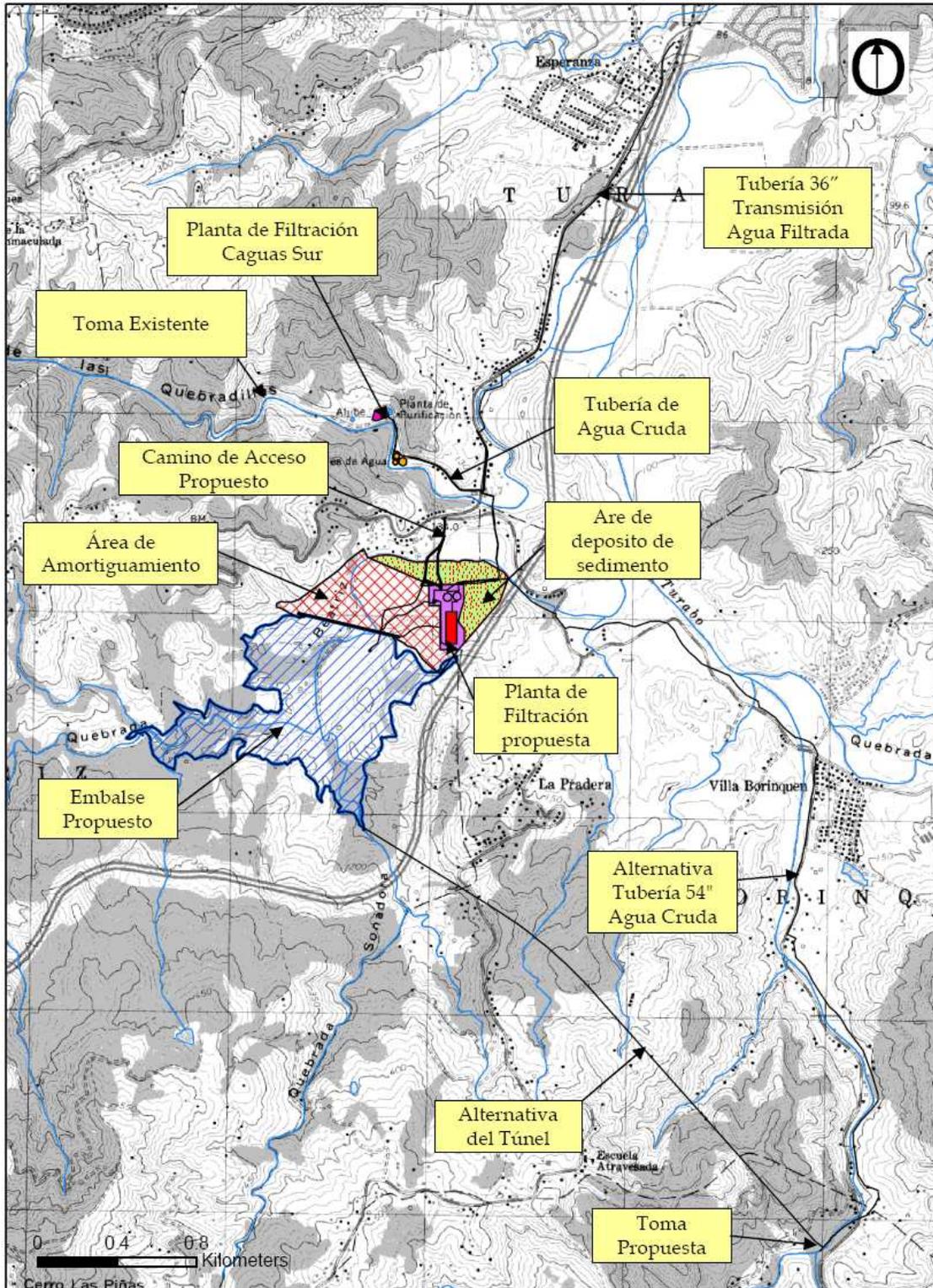


FIGURA 1: MAPA TOPOGRÁFICO Y LOCALIZACIÓN EMBALSE BEATRIZ Y SUS COMPONENTES - *Figura adaptada DIA-P Embalse Beatriz, PSC Greg L. Morris, 2007*

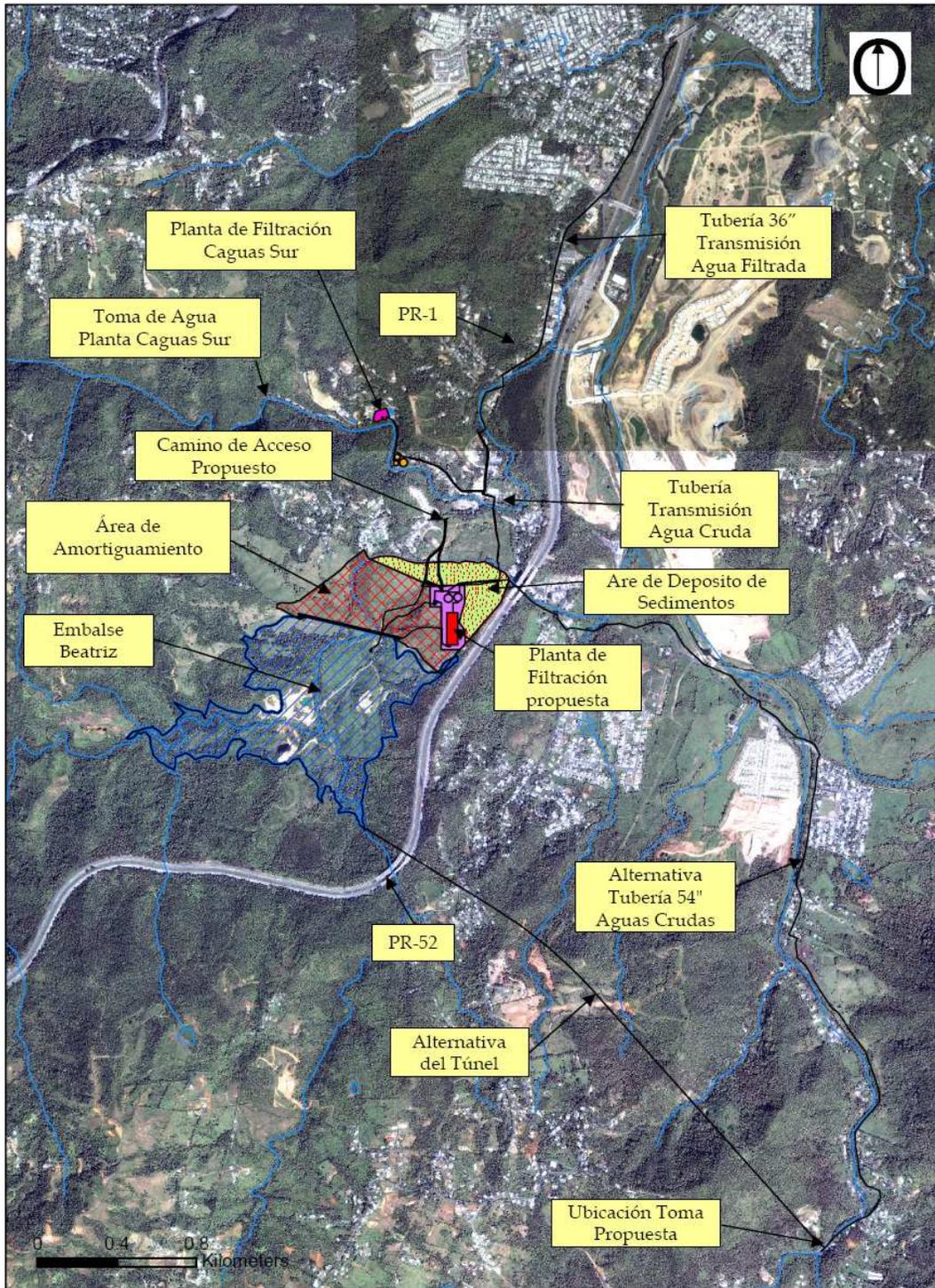


FIGURA 2: FOTOGRAFÍA AÉREA EMBALSE BEATRIZ Y SUS COMPONENTES - *Figura adaptada DIA-P Embalse Beatriz, PSC Greg L. Morris, 2007*

### III. SITUACIÓN ACTUAL

El área propuesta para la construcción del Embalse Beatriz está clasificada bajo diferentes distritos de zonificación. Existen tres clasificaciones a lo largo de todo el Proyecto, entre estos se pueden mencionar distritos RA-2, RA-3 y RCR-2. El área a ser cubierta por la huella de inundación del embalse, sus componentes asociados y el predio para la construcción de la planta de filtración están clasificadas como suelos rústico agropecuario (RA-2) y rústico con conservación de recursos (RCR-2) (según los mapas de zonificación de Caguas, JP 1998). A continuación se describen estos distritos agrícolas según el Reglamento de Zonificación de la Junta de Planificación:

- Distrito Rústico Agropecuario (RA-2) – Este es un distrito que se utiliza para identificar áreas utilizadas o con potencial reconocido para ser utilizadas en actividades agropecuarias en las que generalmente predominan los suelos de las clases V, VI y VII según clasificadas por el Servicio de Conservación de Suelos Federal. Estas son áreas cuyo patrón general de desarrollo agropecuario se afecta adversamente con la introducción de usos residenciales en forma dispersa.
- Distrito Rústico Conservación de Recursos (RCR-2) – Este es un distrito que se utiliza para identificar áreas con limitaciones severas a su uso intensivo, que requieren un tratamiento especial ya que cuentan con recursos de valor singular o escénico, que deben mantenerse y protegerse.

El lugar donde se propone construir la toma de agua en el Río Turabo está clasificado como (RCR-2). Las líneas de transmisión de agua cruda desde la toma al embalse y de este a la planta de filtración transcurren por terrenos de calificación RA-2 y RCR-2. La línea de transmisión de agua filtrada desde la planta de filtración hasta Caguas Pueblo transcurre por terrenos de calificación RA-2. La mayoría de estos predios están baldíos y han recibido la presión del desarrollo de residencias. No obstante, varias actividades agrícolas de carácter agropecuario artesanal fueron observadas en el área.

#### **IV. DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA Y AGRÍCOLA**

##### UBICACIÓN

El Municipio de Caguas se encuentra en el extremo oriental de la Cordillera Central rodeado por las Sierras de Cayey. Colinda por el norte con Guaynabo, San Juan y Trujillo Alto, por el sur con Cayey y San Lorenzo, oeste con Aguas Buenas, Cidra y Cayey y por el este con Gurabo y San Lorenzo. El Río Grande de Loíza divide a este municipio de Gurabo. También lo riegan el Río Turabo, el Cagüitas, Cañaboncito, Bairoa y Cañas.

##### PANORAMA HISTÓRICO REGIÓN CENTRAL-SURESTE

La región central-sureste de Puerto Rico fue una de las áreas de mayor producción de caña de azúcar y suplidora de materia prima para los dos principales ingenios azucareros del sureste; la Central Aguirre y la Central Mercedita. Dado los altos costos de producción y el bajo rendimiento, la industria prácticamente desapareció de la Isla. El área propuesta para la construcción del embalse Beatriz ha sido utilizada para la producción de caña de azúcar, tabaco, plátanos, ñame y otros productos menores.

La parte central de la Isla a diferencia de los valles costeros, presenta una topografía con pendientes más pronunciadas, lo que dificulta la mecanización de los predios para cultivos como la caña de azúcar. Estas características provocaron el desarrollo de otros cultivos como tabaco, ñame, guineos, plátanos y frutos menores, muchos de estos de forma artesanal. La mayoría de estos terrenos han sido abandonados o son utilizados para actividades de ganadería y agricultura artesanal. La utilización de estos terrenos para pastoreo es la práctica que mayormente ha predominado en el área del proyecto, una vez se abandonó el cultivo de productos menores. Las pendientes pronunciadas, el peligro de erosión y la poca profundidad de estos suelos han limitado las actividades agrícolas que pueden ser desarrolladas en la región central-este de la Isla.

### SITUACIÓN AGRÍCOLA

De acuerdo al Censo Agrícola realizado en el año 2002, la región del Municipio de Caguas contaba con 130 fincas y un total de 5,851 cuerdas en uso agrícola. Para el año 1998 y 1992 el número de fincas reportado en el Municipio de Caguas era de 190 y 697, respectivamente. Comparando los valores del año 1992 con los registrados para el año 2002, se observa una disminución de un 82 por ciento para el periodo de diez años. Según el Censo Agrícola 2002, el promedio de cabida para las fincas en el Municipio de Caguas disminuyó de 54 cuerdas en el 1998 a 45 cuerdas para el año 2002, reflejando una disminución de un 17 por ciento.

En esta región existen aproximadamente 130 agricultores dueños de sus fincas y 219 trabajadores agrícolas. Las actividades agropecuarias principales son la industria lechera (incluyendo la ganadería de carne), la industria avícola, cerdos, cabros y caballos en menor escala. Comparando el número de tierras destinadas para uso agrícola durante el 1998 y el 2002, se pudo observar una disminución de un 32 por ciento para el municipio.

Comparando los resultados del Censo de 1998 con el del 2002, el Municipio de Caguas presenta una merma en las cuerdas dedicadas al desarrollo agrícola. El área utilizada para actividades agrícolas en el 1998 era de 10,219 cuerdas, mientras que en el 2002 se registró la cifra antes mencionada de 5,851 cuerdas, lo que presenta una disminución de un 43 por ciento. Del total de fincas presentes en el Municipio de Caguas, aproximadamente 48 fincas cuentan con cabidas entre 1 a 25 cuerdas dedicadas al cultivo principalmente de productos farináceos (plátanos, ñames, malangas, guineos), frutales (variedades de cítricas), hortalizas (recao, cilantrillo, ají dulce), plantas ornamentales de follaje y a empresas pecuarias (caballos, cerdos, pollos parrilleros, gallinas ponedoras y aves exóticas). La fragmentación de las fincas agrícolas de gran extensión es notable ya que en el año 1998 aparecían registradas unas 9 fincas con sobre 260 cuerdas en su extensión; para el año 2002 no se reportaron fincas de este tamaño.

Entre las iniciativas que se han desarrollado para evitar el continuo y acelerado cambio en uso de suelos agrícolas, se designó en la región este la Reserva de Yabucoa. Según datos ofrecidos por la Junta de Planificación de Puerto Rico, esta reserva cuenta con un área aproximada de 7,987 cuerdas. Estos terrenos se utilizaban para la producción de caña de azúcar y la ganadería de carne. Actualmente la actividad agrícola principal de esta reserva es el cultivo de plátanos. Los principales cultivos agrícolas para el Municipio de Caguas son los pastos (1,076 cuerdas), plátanos (440 cuerdas) y café (173 cuerdas).<sup>1</sup>

### TOPOGRAFÍA

La topografía en esta área este-central es predominantemente montañosa y escarpada. El municipio de Caguas se extiende a través del amplio Valle de Caguas o Del Turabo, entre la Sierra de Cayey y ramificaciones de la Cordillera Central. Sus elevaciones mayores son el cerro Lucero con 2,887 pies, Altos de la Mesa con 1,210 pies y los Altos de San Luis con 886 pies de altura. Por el norte presenta elevaciones menores de la Sierra de Luquillo. El área propuesta para la construcción del embalse está localizada al pie de la zona montañosa al sur de Caguas.

El área donde se propone el desarrollo del Proyecto presenta una topografía predominantemente ondulada y con pendientes medianamente pronunciadas. La vegetación presente en el área está dominada por barbechos, pastos y árboles. La mayoría de los árboles observados son de amplia distribución en la Isla. El área presenta diversos usos, mayormente rural, con residencias, pequeños comercios y uso mixto. Por otra parte, no se observaron estructuras que fueran utilizadas para la operación de alguna industria agrícola dentro del área identificada para desarrollo del embalse.

---

<sup>1</sup> Censo Agrícola de los Estados Unidos, 2002

### HIDROGRAFÍA

El Río Grande de Loíza divide a este municipio de Gurabo. También lo riegan el Río Turabo, el Cagüitas, Cañaboncito, Bairoa y Cañas. Los cuerpos de agua existentes en un radio de 400 metros del área del proyecto son el Río Turabo, la Quebrada Beatriz y la Quebrada de las Quebradillas.

### CLIMATOLOGÍA

Los factores determinantes del clima en el Municipio de Caguas son muy similares a los pueblos localizados en el área central-este de Puerto Rico. El Municipio de Caguas presenta características de un clima tropical húmedo, con una precipitación anual entre 60 hasta 70 pulgadas (PRWRA, 1998), considerándose una precipitación anual de 65 pulgadas como promedio (NOAA, 2002). Con este nivel de precipitación Caguas es incluido en la región de valles y montañas húmedas del interior este de Puerto Rico (ver **Figura 3**). De la precipitación total anual, la mayoría proviene de tormentas tropicales o disturbios atmosféricos entre los meses de mayo a noviembre. El mayor porcentaje de precipitación usualmente se registra durante estos meses. La precipitación en el área del Proyecto varía en unos patrones similares a la temperatura, aunque en ocasiones los disturbios atmosféricos tropicales pudieran afectar los patrones normales de lluvia. Debido a los patrones de precipitación existentes, el Río Turabo presenta un sistema de drenaje permanente, o sea, los cauces de sus quebradas y manantiales se mantienen con flujo durante la mayor parte del año y tienen agua permanentemente a través de la temporada de sequía.

La temperatura en esta región de Puerto Rico se caracteriza por temperaturas medianas (65 a 87°F). Los vientos diurnos marinos procedentes del Mar Caribe presentan una trayectoria de este a oeste. Las **Figuras 4 y 5** muestran los valores promedio para precipitación y temperatura anual para Puerto Rico y la Isla de Vieques.

Uno de los aspectos más notables y críticos de la climatología de la Isla es su localización en términos de la ruta que siguen las depresiones, tormentas y ciclones tropicales históricamente. Esta posición coloca a la Isla en una situación de alto riesgo y susceptibilidad ante tales fenómenos climatológicos, lo que agudiza aún más los tipos de cultivo y las áreas que puedan ser utilizadas para el desarrollo de empresas agrícolas. Esta característica de la climatología debe ser integrada de forma especial para permitir el desarrollo adecuado y seguro de tierras que presenten cualidades para el desarrollo agrícola en la Isla. Por ejemplo, en áreas inundables se pueden establecer cultivos resistentes a eventos de inundación o suelos anegados, en áreas de la montaña se pueden establecer cultivos y prácticas de manejo para resistir los vientos durante estos fenómenos. El conocer el comportamiento y características del área a ser utilizada para el desarrollo de una actividad agrícola en especial durante eventos climatológicos especiales, puede ser de gran ayuda a la hora de escoger el tipo de cultivo y las prácticas de manejo y conservación necesarias que promuevan la protección y desarrollo adecuado del cultivo.

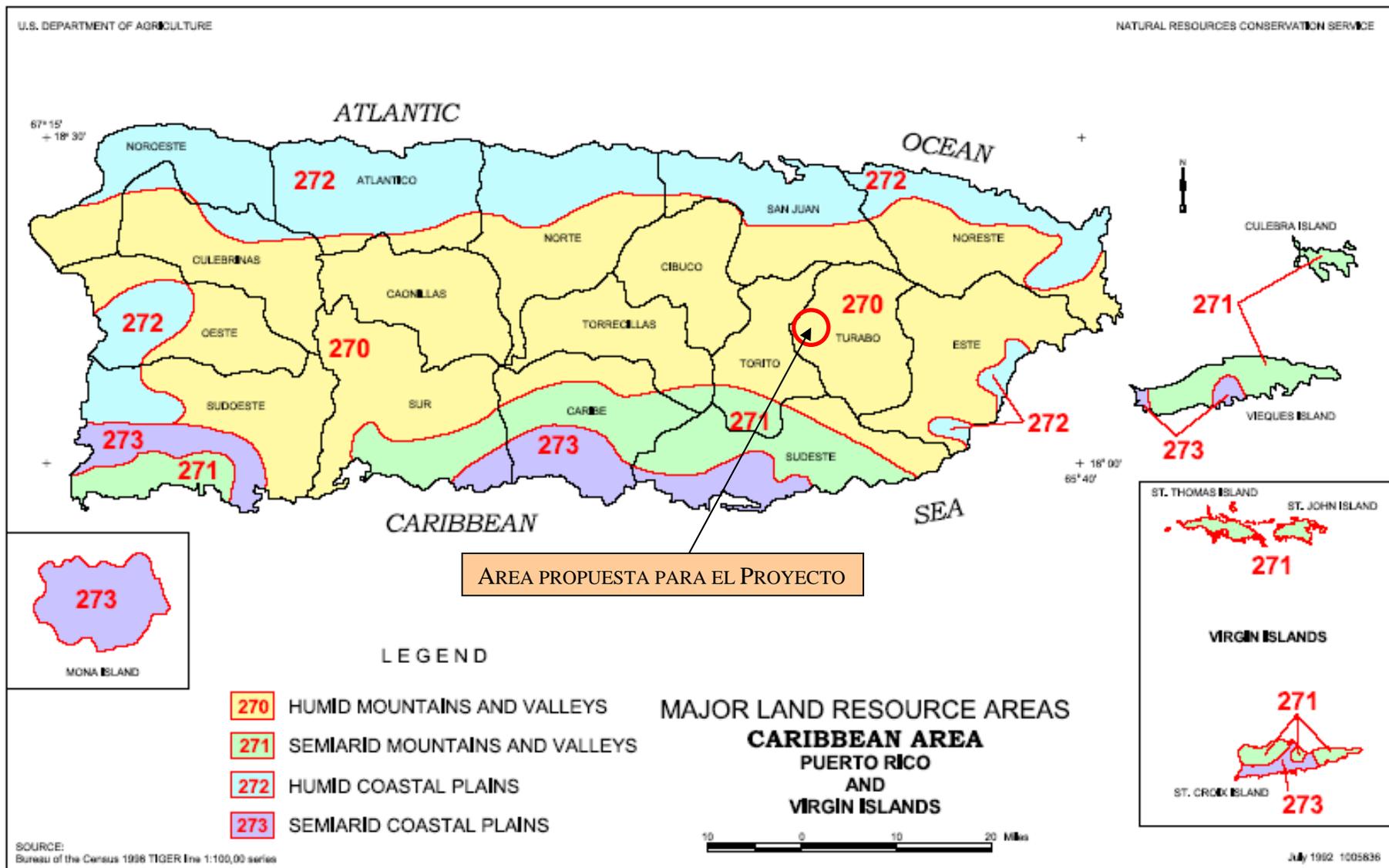


FIGURA 3: DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS CLIMÁTICAS PARA PUERTO RICO, FUENTE: BUREAU OF THE CENSUS USDA-NRCS, 1992

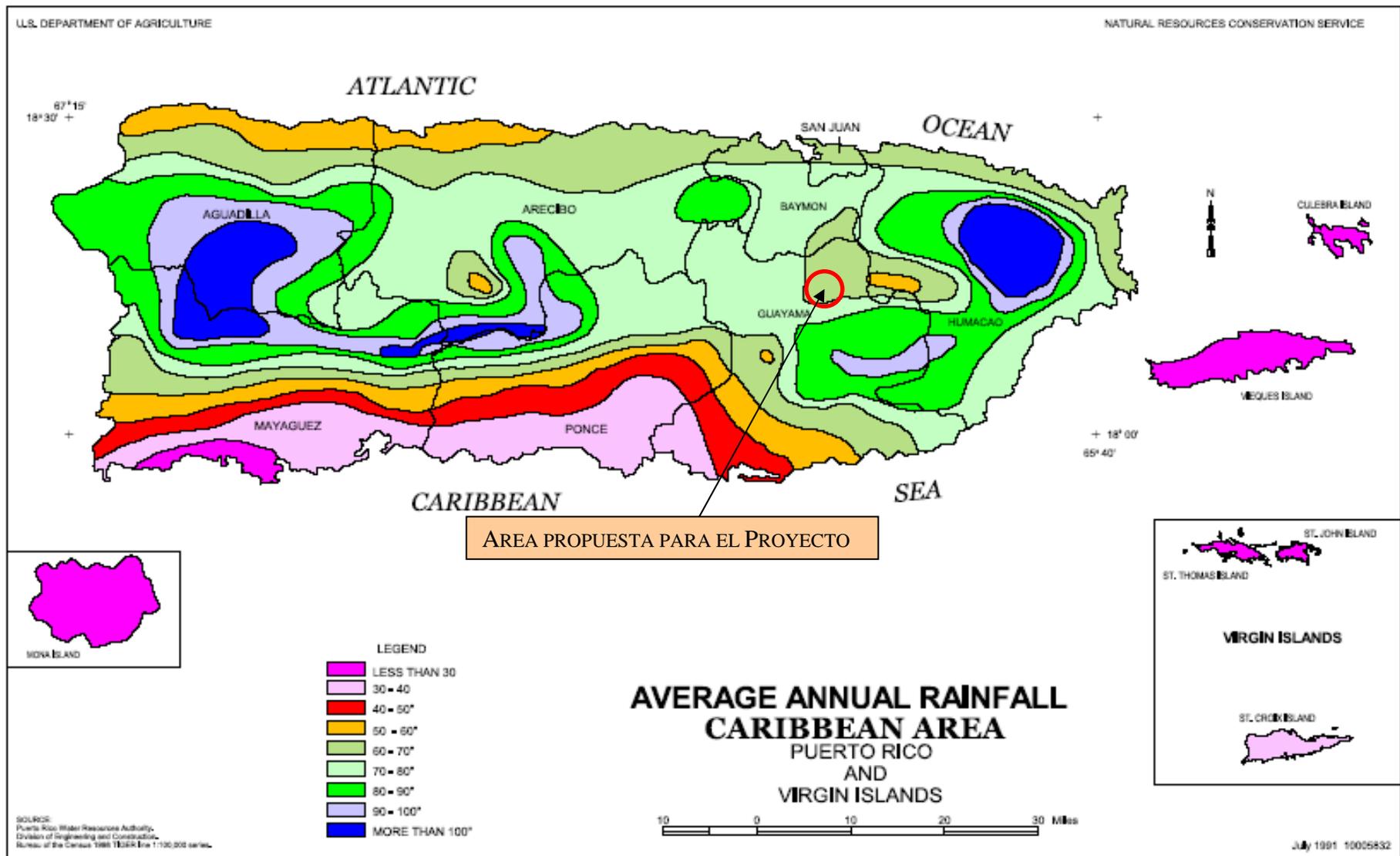


FIGURA 4: PRECIPITACIÓN PROMEDIO ANUAL PARA PUERTO RICO, FUENTE: PUERTO RICO WATER RESOURCES AUTHORITY, 1991

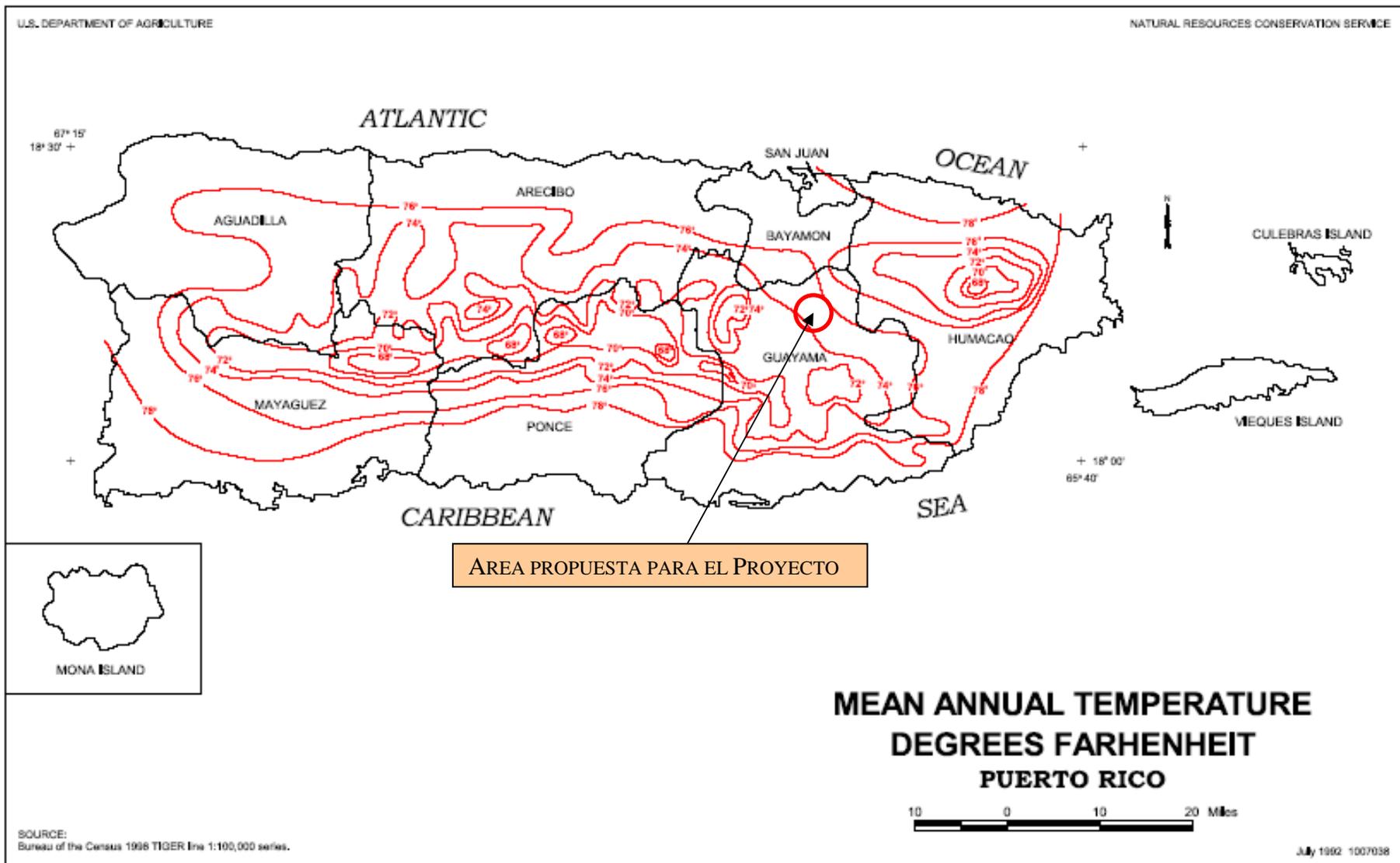


FIGURA 5: TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL PARA PUERTO RICO, FUENTE BUREAU OF THE CENSUS USDA-NRCS, 1992

## FLORA

En términos generales, la vegetación presente en el área propuesta para el desarrollo del Proyecto presenta características de áreas urbanas, agrícolas, áreas de bosque secundario y pastizales. La vegetación es típica de áreas que han sido previamente impactadas y se pudo observar algunas especies relacionadas o asociadas a humedales.

Algunas especies invasoras, pero típicas del área crecen en los alrededores del área propuesta. La mayor parte de la vegetación observada en la zona del proyecto son especies de rápido crecimiento y exóticas relacionados al desarrollo urbano y pastizales abandonados en la zona. Las zonas de pastizales estaban dominadas por especies como el malojillo (*Brachiaria purpurascens*), el arrocillo (*Paspalum paniculatum*) y la paragüita morada (*Chloris inflata*). Las especies de gramíneas presentes son especies nativas no mejoradas que han colonizado las áreas que no están bajo uso o que fueron posiblemente utilizadas como áreas para pastaje durante actividades de ganadería artesanal. Estas especies no promueven el maximizar la producción de pastos, ya que su rendimiento es muy inferior comparado con yerbas mejoradas.

Para los suelos presentes en el área, las especies de yerbas de pasturas recomendadas con manejo intensivo son: Yerba Estrella (*Cynodon nlemfuensis*), Yerba Pangola (*Digitaria decumbens*), Yerba Merker (*Pennisetum purpureum*) y Yerba Guinea (*Urochloa maxima*).

En el área del Proyecto se identificaron especies de plantas de amplia distribución en la Isla, que en su mayoría son especies de áreas impactadas o de bosques secundarios. Entre estas especies predominan las gramíneas (Poaceae), leguminosas (Fabaceae), y árboles típicos de áreas perturbadas como el almendro (*Terminalia catappa*) y el tulipán africano (*Spathodea campanulata*).

### CLASIFICACIÓN NRCS-USDA “PRIME FARMLAND”

El Departamento de Agricultura Federal y el Servicio de Conservación de Recursos Naturales (USDA-NRCS, por sus siglas en inglés) han clasificado diferentes tierras como primordiales o excelentes para el desarrollo de actividades agrícolas, esto en gran parte como respuesta a una tendencia en la disminución de estos terrenos, debido a su utilización para el desarrollo industrial o urbano. La Ley Federal para la política de Protección de Tierra Agrícola (“Farmland Protection Policy Act”, Subtítulo I del Título XV de la Ley Agrícola y de Alimentos de 1981, Ley Pública 97-98), tiene el propósito de minimizar el grado con el cual los programas federales contribuyen a la pérdida innecesaria e irreversible de tierras agrícolas primordiales o localmente importantes. La ley requiere que las agencias federales identifiquen y tomen en cuenta los efectos adversos de las acciones federales sobre los terrenos agrícolas, considerar alternativas apropiadas que mitigan los efectos adversos y asegurarse que las acciones federales son compatibles con los programas de gobierno locales y entidades privadas diseñadas para proteger las tierras agrícolas.

Como parte de esta clasificación se generó una lista con las series de suelo que cumplen con las características necesarias para ser catalogadas como tierras agrícolas primordiales (“*prime farmland*” por su término en inglés). Los terrenos catalogados como “*prime farmland*” o tierras agrícolas primordiales son los que poseen una combinación de características físicas y químicas para la producción de comida, alimento (animales), forraje, fibra y otros cultivos. Pueden ser catalogadas como tierras primordiales las tierras cultivadas, tierras en pastos, áreas de bosque u otro uso que no sean áreas desarrolladas o cubiertas por agua.

Las series de suelo fueron utilizadas para catalogar las áreas en cada uno de los distritos del NRCS.

Para el distrito de San Juan existen veintiocho (28) series de suelo catalogadas como tierras primordiales para la agricultura. Entre éstas se encuentran las series de suelo arcilloso Río Arriba (RoC2), la serie limo arcilloso lómico Toa (To) y la serie arcilloso Humatas (HtE). Estas series de suelo se encuentran en las áreas propuestas para la construcción del embalse y los componentes asociados, además de la planta de

filtración, ocupando un área aproximada de 140 cuerdas del total de 263 cuerdas, para un 53.4 por ciento del área propuesta para inundación y construcción de la planta de filtración (ver **Figuras 6 y 7**).

Dentro de la clasificación de tierras agrícolas para el distrito de San Juan, también existen trece (13) series de suelo clasificadas como tierras agrícolas de importancia para el estado (“*farmland of statewide importance*” por su término en inglés). Estos suelos no cuentan con las características necesarias para ser catalogados como primordiales, no obstante, presentan limitaciones que de ser mejoradas pueden ser utilizados efectivamente en la producción de alimento y cosechas. Dentro del área propuesta para localizar el embalse está presente la serie limo arcilloso lómico Estación (Es). Esta serie de suelo ocupa aproximadamente 5 cuerdas del área total a ser utilizada para el desarrollo del embalse, la planta de filtración y sus componentes. Las pendientes para estos suelos fluctúan entre suelos sin pendiente, hasta suelos con 5 a 12 por ciento de declive.

## **DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS PRESENTES EN EL ÁREA**

### SERIES DE SUELO

El Servicio de Conservación de Suelos (ahora el Servicio de Conservación de Recursos Naturales bajo el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, USDA-NRCS por sus siglas en inglés) realizó el Catastro de Suelos para el área de San Juan (1978). En este catastro se describen los suelos de la región central-este. Las series de suelo presentes son la serie Consumo (CuF), Estación (Es), Humatas (HtE), Múcara (MxF), Naranjito (NaE2 y NaF2), Río Arriba (RoC2) y Toa (To). Estas fueron clasificadas como suelos lómicos, arcillosos y limo arcilloso lómicos, con pendientes predominantes entre 5 a 60 por ciento. Las **Figuras 8 y 9** muestran las series de suelo presentes en el área propuesta para el desarrollo del embalse y planta de filtración.

### SERIE CONSUMO

La Serie Consumo consiste de suelos arcillosos, profundos, de buen drenaje y baja permeabilidad. Estos suelos se encuentran en el área propuesta para ser utilizada como embalse y ocupan unas 9.76 cuerdas. Estos suelos se han formado a partir de residuos de rocas volcánicas clásicas. La mayoría de estos suelos se encuentran en laderas y tierras altas, presentando pendientes entre 20 a 60 por ciento.

Los suelos Consumo están asociados a los suelos Daguey, Humatas, Morada y Múcara. Estos suelos son menos profundos que los suelos Humatas y Daguey. Por lo general son más rojos, más ácidos y poseen una textura más fina que los suelos Morado y Múcara.

Estos suelos presentan una permeabilidad y capacidad de agua disponible moderada. La escorrentía es rápida y el peligro de erosión alto. Estos suelos son difíciles de labrar por su pendiente, por la pegajosidad y plasticidad de estos. La mayoría de estos suelos han estado bajo cultivos como el café y son apropiados para la yerba Pangola. A continuación se describe la serie arcillosa Consumo (CuF).

Farmland Classification–San Juan Area, Puerto Rico  
(Clasificación Suelos Area Propuesta Embalse Beatriz)

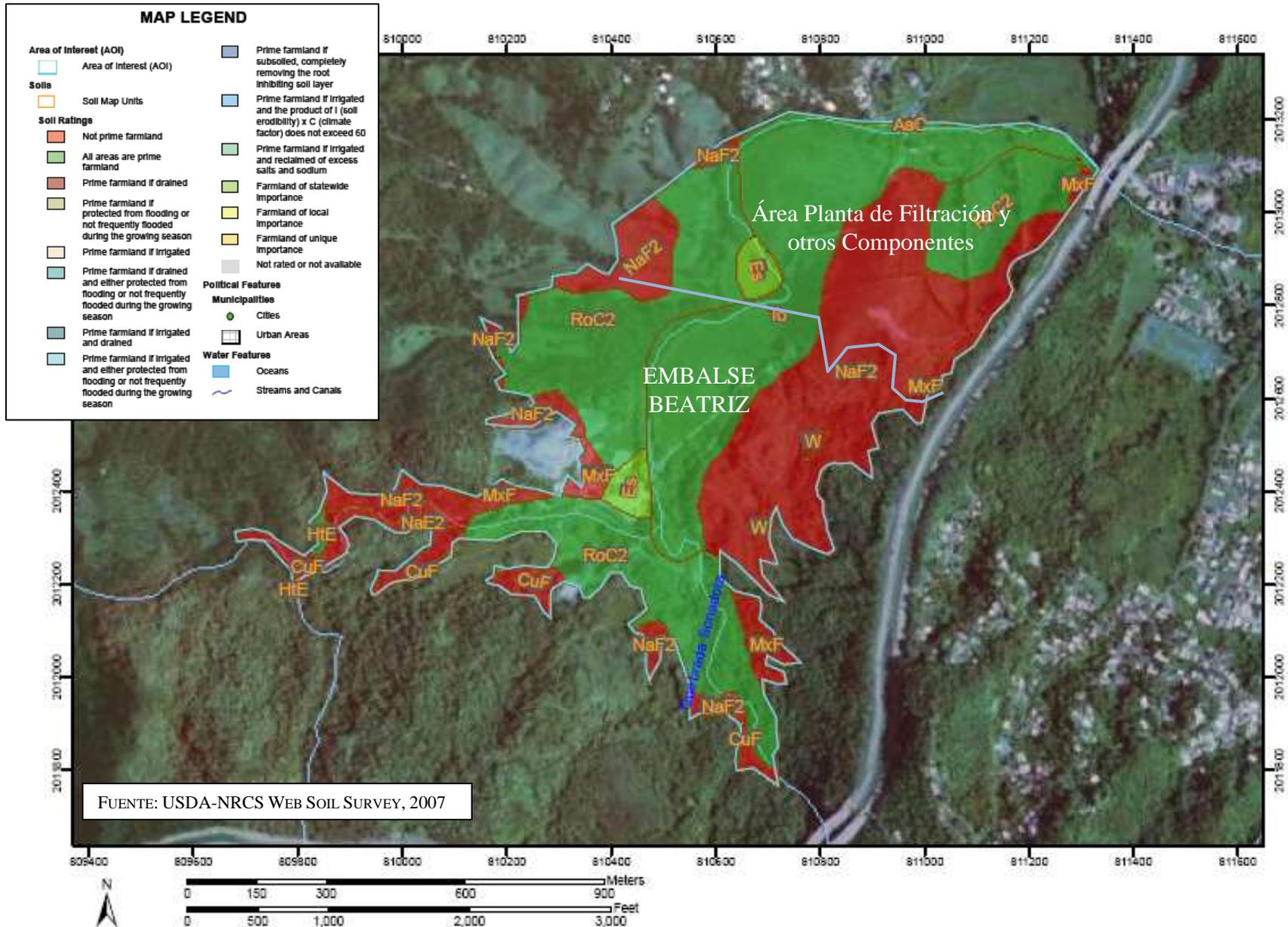


FIGURA 6: MAPA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE TIERRAS AGRÍCOLAS PRIMORDIALES EMBALSE BEATRIZ



Map Unit Name—San Juan Area, Puerto Rico  
(Suelos Existentes Embalse Beatriz)

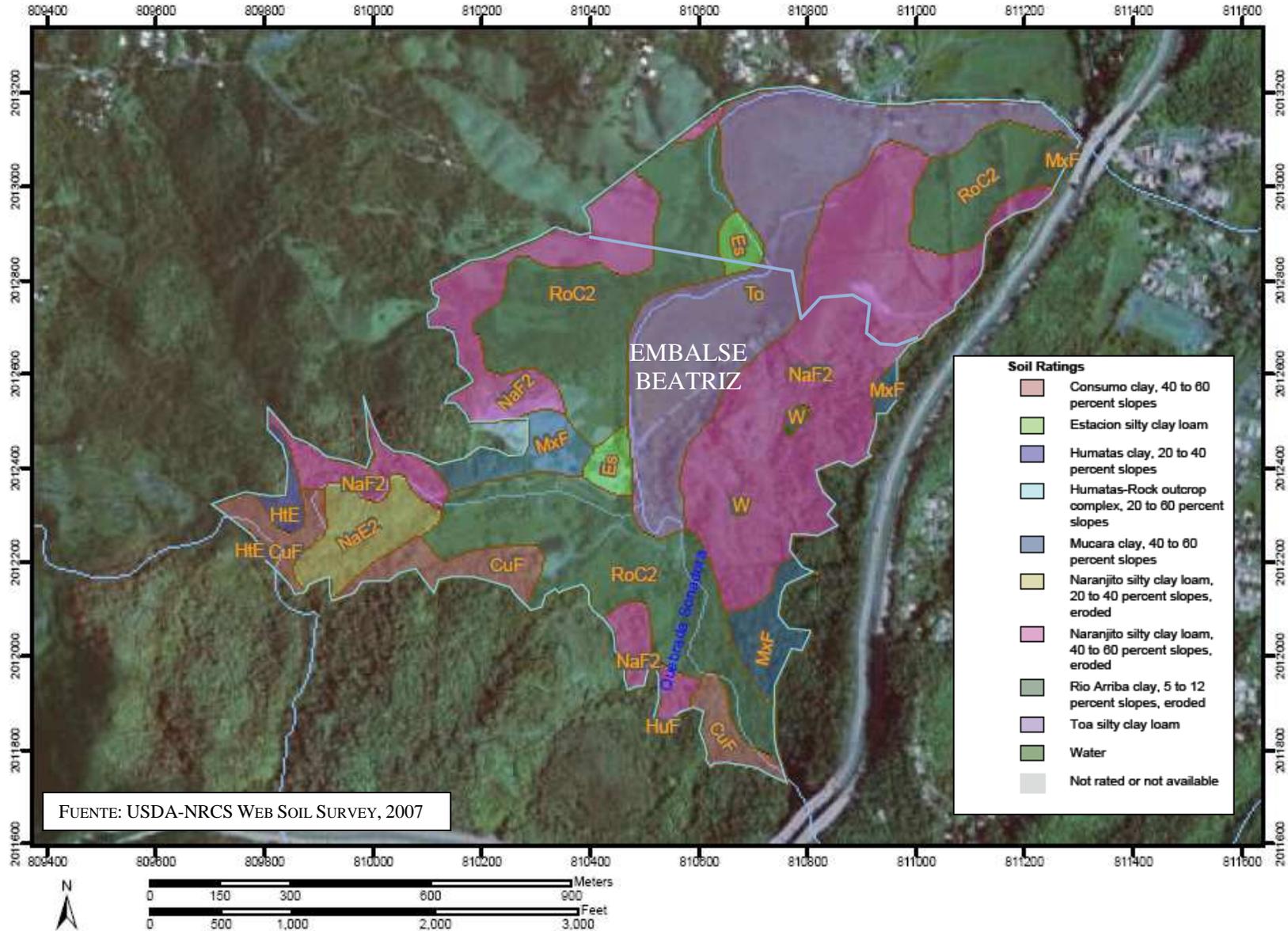


FIGURA 8: MAPA DE SUELOS DEL ÁREA PROPUESTA PARA DESARROLLO DEL EMBALSE BEATRIZ

Map Unit Name—San Juan Area, Puerto Rico  
(Suelos Existentes Embalse Beatriz)

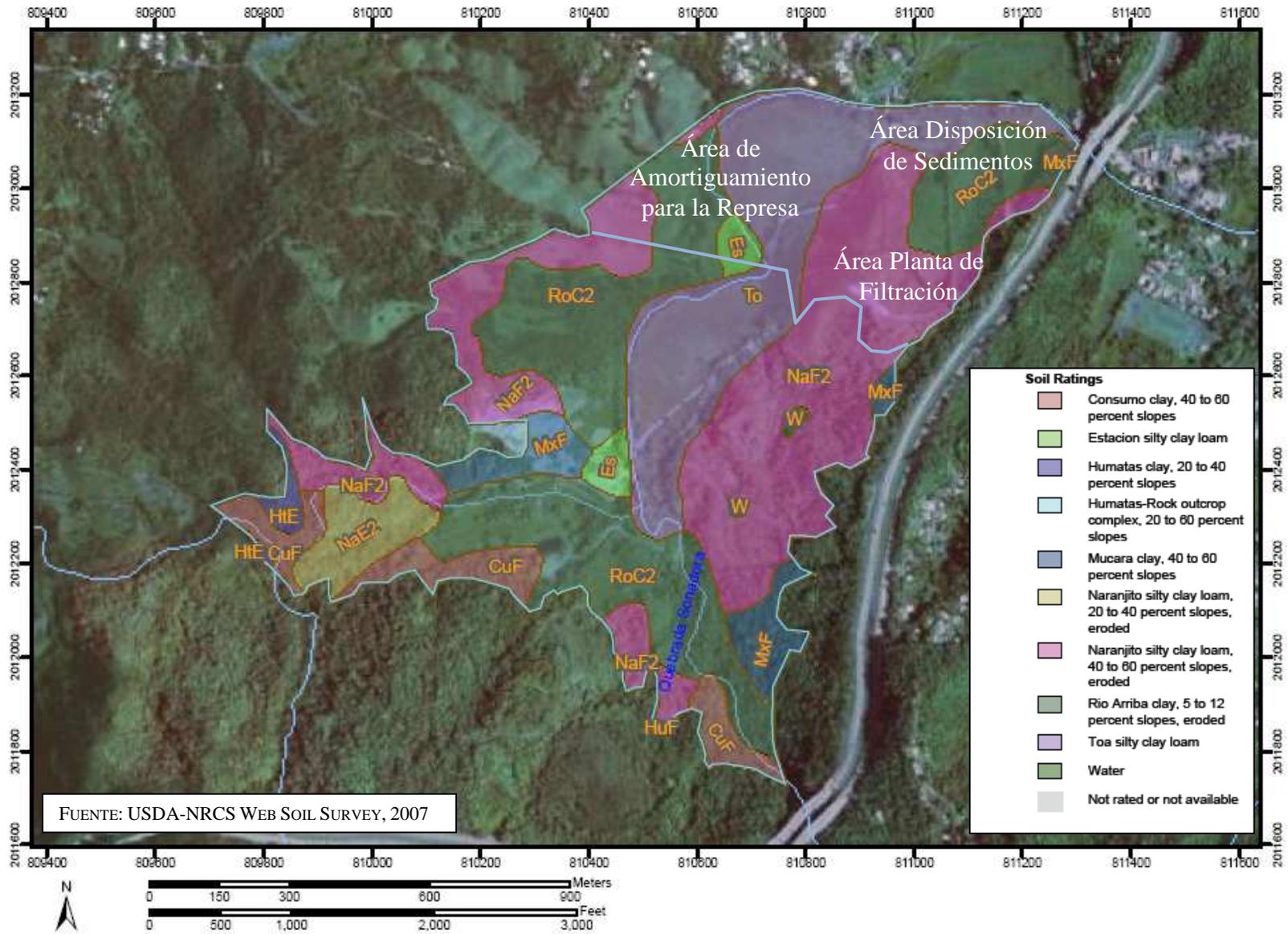


FIGURA 9: MAPA DE SUELOS DEL ÁREA PROPUESTA PARA DESARROLLO COMPONENTES DEL EMBALSE BEATRIZ

- **Consumo (CuF) arcilloso, 40 a 60% de pendientes** – Este es un suelo bien inclinado de buen drenaje en laderas. Las pendientes son irregulares de 200 a 800 pies de largo. Estos suelos han perdido la mayoría de la capa superficial original debido a la erosión. La zona radicular es profunda y la fertilidad natural mediana. Estos suelos presentan severas limitaciones para ser utilizados para actividades agrícolas debido a su pegajosidad, plasticidad y alto potencial erosivo. Prácticas de conservación y manejo adecuado de estos suelos son necesarias para sobrellevar estas limitaciones. Si los suelos son drenados, encalados y fertilizados pueden ser utilizados para pastos y producción forestal. La remoción de vegetación debe ser evitada en todo momento. El índice de capacidad descrito por el USDA-NRCS para estos suelos es VIIe.

#### **SERIE ESTACIÓN**

La Serie Estación consiste de suelos lómicos finos, poco profundos y de buen drenaje. Estos suelos ocupan unas 2.8 cuerdas en el área identificada para la creación del embalse y 2.2 cuerdas en el área de amortiguamiento de la represa, para un total de 5 cuerdas. Los mismos se han formado a partir de sedimentos estratificados de textura moderadamente fina sobre capas de origen cascajoso mezclado. La mayoría de estos suelos se encuentran en las planicies de inundación ribereñas. Las pendientes fluctúan entre 0 a 2 por ciento. Se encuentran asociados a los suelos Reilly, Toa, Coloso, Bajura y Dique.

En un perfil representativo de la serie, la superficie del mismo es limo arcilloso lómica, marrón oscura y de unas 8 pulgadas de espesor. Bajo esta capa existe una capa grisácea-marrón oscura, de aproximadamente 8 a 20 pulgadas de espesor de cascajo arcilloso lómico. El material bajo estas capas es típicamente arenoso de color marrón oscuro.

Estos suelos presentan una fertilidad natural alta. La escorrentía es lenta. La mayoría de estos suelos han estado sembrados bajo el cultivo de caña de azúcar. A continuación se describe la serie limo arcilloso lómico Estación (Es):

- **Estación (Es) limo arcilloso lómico, pendientes de 0 a 2%** – Este tipo de suelo está localizado en las planicies de inundación ribereñas, presentan buen drenaje y nivelados. Este suelo presenta el perfil representativo de la serie, descrito anteriormente. La permeabilidad es moderada y la capacidad de retención de agua es baja. La labranza de estos suelos es fácil y la zona radicular es moderadamente profunda. La fertilidad natural es alta. Los cultivos utilizados en estos suelos responden bien a la aplicación de fertilizantes. Estos suelos han sido utilizados para el cultivo de caña de azúcar. Pueden ser utilizados para el establecimiento de pastos como Pangola, yerba Merker, y yerba bermuda. El manejo en el número de unidades animal bajo pastoreo, al igual que actividades de encalado y fertilización son prácticas de manejo esenciales en el manejo de estos suelos. El índice de capacidad para estos suelos es IIIs.

#### **SERIE HUMATAS**

La Serie Humatas consiste de suelos arcillosos, profundos y de buen drenaje. La presencia de estos suelos en el área de estudio es mínima (2.4 cuerdas). Estos suelos se han formado a partir de residuos de rocas volcánicas. La mayoría de estos suelos se encuentran en laderas y cumbres presentando pendientes entre 20 a 60 por ciento. Los suelos Humatas están asociados con las series Catalina, Consumo y Daguey. También están asociados con los suelos Naranjito, pero son más profundos que éstos. A continuación se describe la serie arcillosa Humatas (HtE):

- **Humatas (HtE) arcilloso, pendientes de 20 a 40%** – Estos suelos de buen drenaje están localizados en las laderas y cumbres de las montañas húmedas. Típicamente la superficie es marrón oscura de arcilla friable de unas 5 pulgadas de grosor. El subsuelo presenta una profundidad de aproximadamente 29 pulgadas de grosor; de arcilla friable rojiza y limo arcilloso amarillenta-rojiza. El substrato, comienza a una profundidad de 34 pulgadas con diferentes tonalidades de rojo y marrón. La permeabilidad y capacidad de retención de agua son moderadas. La escorrentía es rápida y la

erosión un peligro. Estos suelos presentan severas limitaciones para ser utilizados para actividades agrícolas debido a su pegajosidad, plasticidad y alto potencial erosivo. La zona radicular es profunda y de fertilidad natural media. Los cultivos responden bien a altas aplicaciones de carbonato calizo y fertilizantes. El control de la erosión el mayor requerimiento a la hora de manejar estos suelos. Esta serie de suelo ha sido utilizada para ñame, plátano tabaco y café. Pastos como Pangola y yerba Merker pueden ser utilizados en estos suelos. El manejo en el número de unidades animal bajo pastoreo, al igual que actividades de encalado y fertilización son prácticas de manejo esenciales en el manejo de estos suelos. La remoción de vegetación debe ser evitada en todo momento. El índice de capacidad para estos suelos es IVe.

#### **SERIE MÚCARA**

La Serie Múcara consiste de suelos arcillosos moderadamente profundos y de buen drenaje. Una extensión de aproximadamente 7.5 cuerdas está cubierta por esta serie en el área identificada para la construcción del embalse. En el área de amortiguamiento de la represa y el área de disposición de sedimentos estos suelos ocupan alrededor de 1.5 cuerdas, para un total de 9 cuerdas. Estos suelos se han formado a partir de residuos de rocas volcánicas clásicas. La mayoría de estos suelos se encuentran en laderas y tierras altas disectadas, con pendientes entre 12 a 60 por ciento. Se encuentran asociados a los suelos Caguabo, Morado y Naranjito. A continuación se describe la serie arcillosa Múcara (MxF):

- **Múcara (MxF) arcilloso, pendientes de 40 a 60%** – Este tipo de suelo presenta una inclinación bastante pronunciada, con buen drenaje y están localizados en las laderas y cumbres de las montañas húmedas. Típicamente la superficie es grisácea marrón oscura de arcilla firme de unas 5 pulgadas de grosor. El subsuelo presenta una profundidad de aproximadamente 7 pulgadas de grosor; de arcilla firme marrón oscura. El substrato, comienza a una profundidad de 12 pulgadas de material altamente meteorizado de roca volcánica. La permeabilidad es moderada y la capacidad de retención de agua es baja. La escorrentía es rápida y la erosión es un peligro. Estos suelos

presentan severas limitaciones para ser utilizados para actividades agrícolas debido a su pegajosidad, plasticidad y alto potencial erosivo. La zona radicular es moderadamente profunda y de buena fertilidad natural. El control de la erosión es el mayor requerimiento a la hora de manejar estos suelos. Esta serie de suelo ha sido utilizada para pastos. La yerba Pangola es la recomendada para este tipo de suelo. El manejo en el número de unidades animal bajo pastoreo, al igual que actividades de encalado y fertilización son prácticas de manejo esenciales en el manejo de estos suelos. La remoción de vegetación debe ser evitada en todo momento. El índice de capacidad para estos suelos es VIIe.

#### **SERIE NARANJITO**

La Serie Naranjito consiste de suelos arcillosos, moderadamente profundos y de buen drenaje. La serie Naranjito (NaE2) cubre aproximadamente 9.2 cuerdas del área propuesta para inundación. La serie Naranjito (NaF2) ocupa aproximadamente 52.6 cuerdas del área propuesta para inundación, 25.7 cuerdas en el área de amortiguamiento de la represa y 4.84 cuerdas en el área propuesta para la disposición de sedimentos. El área total de ocupación para la serie Naranjito (NaE2 y NaF2) es de 92.4 cuerdas. Estos suelos se han formado a partir de residuos de rocas volcánicas. La mayoría de estos suelos se encuentran en laderas y cumbres presentando pendientes entre 12 a 60 por ciento.

Los suelos Naranjito están asociados con las series Múcara, Caguabo, Sabana y Consumo. A continuación se describen las series arcillosas Naranjito (NaE2 y NaF2):

- **Naranjito (NaE2) arcilloso, pendientes de 20 a 40%** – Estos suelos de buen drenaje están localizados en las laderas y cumbres de las montañas húmedas. Estos suelos han perdido la mayor parte de su superficie debido a la erosión. Típicamente la superficie es marrón o marrón oscura de limo arcilloso lómico friable de unas 4 pulgadas de grosor. El subsuelo presenta una profundidad de aproximadamente 20 pulgadas de grosor; de arcilla firme marrón rojiza y amarillenta-rojiza. El substrato, comienza a una profundidad de 24 pulgadas

con diferentes tonalidades de rojo y marrón. La permeabilidad es moderada y la capacidad de retención de agua es baja. La escorrentía es rápida y la erosión un peligro. Estos suelos presentan severas limitaciones para ser utilizados para actividades agrícolas debido a su pegajosidad, plasticidad y alto potencial erosivo. La zona radicular es moderadamente profunda y de fertilidad natural media. Los cultivos responden bien a altas aplicaciones de carbonato calizo y fertilizantes. El control de la erosión el mayor requerimiento a la hora de manejar estos suelos. Esta serie de suelo ha sido utilizada para pastos. La yerba Pangola es la recomendada para este tipo de suelo. El manejo en el número de unidades animal bajo pastoreo, al igual que actividades de encalado y fertilización son prácticas de manejo esenciales en el manejo de estos suelos. Estos suelos son recomendados para la siembra de pino hondureño, caoba hondureña y otras especies arbóreas madereras. La remoción de vegetación debe ser evitada en todo momento. El índice de capacidad para estos suelos es VIe.

- **Naranjito (NaF2) limo arcilloso lómico, pendientes de 40 a 60%, erodado** – Estos suelos sumamente inclinados de buen drenaje están localizados en las laderas y cumbres de las montañas húmedas. Típicamente la superficie es marrón o marrón oscura de limo arcilloso lómico friable de unas 4 pulgadas de grosor. El subsuelo presenta una profundidad de aproximadamente 20 pulgadas de grosor; de arcilla firme marrón rojiza y amarillenta-rojiza. El substrato, comienza a una profundidad de 24 pulgadas con diferentes tonalidades de rojo y marrón. La permeabilidad es moderada y la capacidad de retención de agua es baja. La escorrentía es rápida y la erosión un peligro. Estos suelos presentan severas limitaciones para ser utilizados para actividades agrícolas debido a su pegajosidad, plasticidad y alto potencial erosivo. La zona radicular es moderadamente profunda y de fertilidad natural media. El control de la erosión el mayor requerimiento a la hora de manejar estos suelos. Esta serie de suelo ha sido utilizada para pastos. La yerba Pangola es la recomendada para este tipo de suelo. El manejo en el número de

unidades animal bajo pastoreo, al igual que actividades de encalado y fertilización son prácticas de manejo esenciales en el manejo de estos suelos. Estos suelos son recomendados para la siembra de pino hondureño y Eucalipto. El peligro de erosión y las restricciones en el uso de equipo son las mayores limitaciones en el uso de estos suelos para actividades agrícolas. La remoción de vegetación debe ser evitada en todo momento. El índice de capacidad para estos suelos es VIIe.

### **SERIE RÍO ARRIBA**

La Serie Río Arriba consiste de suelos finos, profundos y moderadamente drenados. Estos suelos ocupan aproximadamente 57 cuerdas del área propuesta para inundación, 10.0 cuerdas en el área de amortiguamiento de la represa y 8.4 cuerdas en el área propuesta para la disposición de sedimentos. Estos suelos se han formado a partir de sedimentos de origen mixto. La mayoría de estos suelos se encuentran en las llanuras inundables de riachuelos y ríos. Las pendientes fluctúan de 2 a 12 por ciento pero predominan entre 5 a 12 por ciento. Los suelos Río Arriba están asociados con las series Mabi, Montegrande, Múcara y Caguabo. A continuación se describe la serie arcillosa Río Arriba (RoC2):

- **Río Arriba (RoC2) arcilloso, pendientes de 5 a 12%** – Este tipo de suelo está localizado en las llanuras inundables de riachuelos y ríos, moderadamente bien drenados y nivelados. Estos suelos han perdido la mayor parte de su superficie debido a la erosión. Típicamente la superficie es marrón de arcilla firme de unas 8 pulgadas de grosor. El subsuelo presenta una profundidad de 8 a 28 pulgadas de grosor; de arcilla firme amarillenta-rojiza. La permeabilidad es moderadamente baja y la capacidad de retención de agua es alta. La zona radicular es profunda y de fertilidad natural media. Los cultivos utilizados en estos suelos responden bien a la aplicación de fertilizantes y carbonato calizo. El control de la erosión es uno de los factores más importantes a la hora de manejar estos suelos. Estos suelos han sido utilizados para el cultivo de caña de azúcar. Pueden ser utilizados para el establecimiento de pastos como Pangola, yerba Merker, y yerba bermuda

mejorada. El manejo en el número de unidades animal bajo pastoreo, al igual que actividades de encalado y fertilización son prácticas de manejo esenciales en el manejo de estos suelos. Estos suelos están limitados para uso urbano debido a su naturaleza arcillosa, baja permeabilidad, alto potencial expansivo y el peligro de inundación. El índice de capacidad para estos suelos es IIIe.

### **SERIE TOA**

La Serie Toa consiste de suelos nivelados, moderadamente drenados en llanuras inundables de ríos y riachuelos. Estos suelos ocupan aproximadamente 28.3 cuerdas del área propuesta para inundación, 17.7 cuerdas en el área de amortiguamiento de la represa y 11.5 cuerdas en el área propuesta para la disposición de sedimentos, para un total de 57.6 cuerdas. Estos suelos se han formado a partir de sedimentos de origen mixto. La mayoría de estos suelos se encuentran en las llanuras inundables de riachuelos y ríos. Las pendientes fluctúan de 0 a 2 por ciento. Los suelos Toa están asociados con las series Dique, Reilly, Coloso y Bajura. A continuación se describe la serie arcillosa Toa (To):

- **Toa (To) limo arcilloso lómico** – Este tipo de suelo está localizado en las llanuras inundables de riachuelos y ríos, moderadamente bien drenados y nivelados. Típicamente la superficie es marrón oscura de limo arcilloso lómico friable de unas 8 pulgadas de grosor. El subsuelo presenta una profundidad de 8 pulgadas de grosor; de limo arcillosos lómico friable marrón oscuro con manchas marrón rojizas oscuras, gris claras y marrón. La permeabilidad y la capacidad de retención de agua son moderadas. Son suelos de fácil labranza. La zona radicular es profunda y de alta fertilidad. Los cultivos utilizados en estos suelos responden bien a la aplicación de fertilizantes y carbonato calizo. Estos suelos han sido utilizados para el cultivo de caña de azúcar. Pueden ser utilizados para el establecimiento de pastos como Pangola y yerba Merker. El manejo en el número de unidades animal bajo pastoreo, al igual que actividades de encalado y fertilización son prácticas de manejo esenciales en el manejo de estos suelos. Estos suelos

están limitados para uso urbano debido a su naturaleza arcillosa, poca fuerza y el peligro de inundación. El índice de capacidad para estos suelos es I.

### ÍNDICES DE CAPACIDAD

Los índices de capacidad descritos por el NRCS demuestran en una forma general la adaptabilidad de los suelos para la mayor parte de las cosechas. Los suelos se agrupan de acuerdo a sus limitaciones cuando se usan para cosechas, el peligro de daños cuando se usan, y la forma en que responden al tratamiento. Esta agrupación no toma en consideración cambios mayores en el suelo, que generalmente son costosos y que cambiarían el declive, la profundidad y otras características del suelo.

En el sistema de capacidad, las diferentes clases de suelos están agrupadas en tres niveles; la clase de capacidad, la subclase, y la unidad.

Las clases de capacidad de uso y subclases serán definidas en los siguientes párrafos. Un área determinada pudiera no tener todas las clases de suelos. Las clases de capacidad de uso están designadas por números romanos del I al VIII. Los números indican en forma progresiva mayores limitaciones y menores posibilidades de uso. La definición de las clases es la siguiente:

- Clase I son suelos que tienen pocas limitaciones que restringen su uso.
- Clase II son suelos que tienen limitaciones moderadas que reducen la elección de cultivos, y que requieren prácticas de conservación especiales, o ambas.
- Clase III son suelos que tienen limitaciones severas que reducen la selección de cultivos, y que requieren prácticas especiales de conservación, o ambas.
- Clase IV son suelos que tienen limitaciones muy severas que reducen la selección de cultivos, y que requieren un manejo muy cuidadoso, o ambas.
- Clase V son suelos que están sujetos a poca o ninguna erosión, pero que presentan otras limitaciones, imprácticas de remover, que limitan su uso mayormente a pastos, bosques o hábitat de vida silvestre.
- Clase VI son suelos que tienen limitaciones severas que los hacen no aptos para el cultivo, y que limitan su uso mayormente a pastos, bosques o hábitat de vida silvestre.

- Clase VII tienen limitaciones muy severas, y que no se prestan para cultivo, y su uso está restringido mayormente a pastos, bosques o hábitat de vida silvestre.
- Clase VIII son suelos y formas de terrenos que tienen limitaciones que precluyen su uso para plantas comerciales que restringen su uso a recreación, hábitat de vida silvestre, a protección de fuentes de agua, o a propósitos estéticos.

A pesar que existen siete series de suelo en el área propuesta, la serie de suelo Naranjito (por sus variaciones en la pendiente) permite que sea clasificada en dos clases de capacidad distintas. La Serie Naranjito (NaE2), con una pendiente entre 20 a 40 por ciento está clasificada bajo la Clase VIe, mientras que la Serie Naranjito (NaF2), con una pendiente entre 40 a 60 por ciento fue catalogada como Clase VIIe. Al igual que la serie Naranjito (NaF2), las series Consumo (CuF) y Múcara (MxF) presentan la clase de capacidad de uso VIIe. Las series Estación (Es) y Río Arriba fueron clasificadas bajo la clase IIIs y IIIe, respectivamente. La serie Humatas (HtE) fue catalogada como IVe, mientras que la serie Toa presenta una clasificación I. La **Tabla 1** presenta las series de suelo y la clasificación descrita por el NRCS para las diferentes áreas que serán ocupadas por los componentes del Proyecto. Además, las **Figuras 10 a la 13** muestran representación gráfica de cada una de estas series. Todas las series de suelo presentan subclases y unidades de capacidad las cuales serán discutidas a continuación.

Todas las series fueron clasificadas bajo la subclase e, excepto las series Estación, la cual presenta una subclase s y la serie Toa la cual no fue subclasificada. Las subclases de capacidad de uso son grupos de suelos dentro de una clase. Estos grupos se designan agregando al número romano de la Clase una letra: e, w, s o c (por ejemplo IIe). La letra e significa que existe un alto riesgo de erosión, a menos que se mantenga una cubierta vegetativa. La letra w significa que exceso de agua en o sobre el suelo interfiere con el crecimiento del cultivo (en algunos suelos, el exceso de agua puede ser corregido con drenaje artificial). La letra s significa que los suelos están limitados por características propias. La letra c (usada sólo en parte de EU) significa

que la limitación principal es que el clima es muy frío o seco. La clase I no tiene subclases, porque en este caso, suelos clase I tienen muy pocas limitaciones. La clase V contiene sólo subclases w, s o c porque los suelos de esta clase no presentan erosión o ésta es muy leve, sin embargo, éstas pueden tener otras limitaciones que restringen su uso como praderas, áreas forestadas y hábitat para vida silvestre o recreación.

Cabe mencionar que el potencial agrícola de un suelo, especialmente los suelos con alto potencial de erosión o inundados, pueden ser desarrollados utilizando nuevas prácticas científicas o técnicas que promuevan el desarrollo viable del mismo. Entre estos avances se puede mencionar el riego por goteo, cultivos hidropónicos y prácticas de conservación y manejo para minimizar las características inherentes en los suelos. Algunas de éstas serán analizadas como posibles alternativas que promuevan el desarrollo de actividades agrícolas en los suelos antes descritos.

TABLA 1: ÍNDICES DE CAPACIDAD Y CABIDA DE LAS SERIES DE SUELO PARA LOS DIFERENTES COMPONENTES DE PROYECTO

SERIE DE SUELO	ÍNDICE DE CAPACIDAD	DESCRIPCIÓN NRCS	ÁREA DE OCUPACIÓN* (CUERDAS)				TOTAL
			HUELLA DE INUNDACIÓN EMBALSE	ÁREA DE AMORTIGUAMIENTO REPRESA	ÁREA DISPOSICIÓN DE SEDIMENTOS	PLANTA DE FILTRACIÓN	
<b>Consumo</b> arcilloso (CuF)	VIIe	Suelos con severas limitaciones por el peligro de erosión, alta plasticidad, pendiente pronunciada y difícil labranza	9.76	--	--	--	9.76
<b>Estación</b> limo arcilloso lómico (Es)	IIIs	Suelos con severas limitaciones que reducen los cultivos a ser sembrados, requieren practicas de conservación especiales, de permeabilidad moderada y baja capacidad de retención de agua	2.88	2.17	--	--	5.05
<b>Humatas</b> arcilloso (HtE)	IVe	Suelos con muchas limitaciones severas que restringen los cultivos a ser sembrados y requieren manejo especial para evitar la erosión severa, de pendiente pronunciada, alta plasticidad y pegajosidad	2.43	--	--	--	2.43
<b>Múcara</b> arcilloso (MxF)	VIIe	Suelos con severas limitaciones por el peligro de erosión, alta plasticidad, pendiente pronunciada y difícil labranza, están sujetos a erosión severa si son cultivados sin protección, de pendiente pronunciada	7.56	0.95	0.59	--	9.10

SERIE DE SUELO	ÍNDICE DE CAPACIDAD	DESCRIPCIÓN NRCS	ÁREA DE OCUPACIÓN* (CUERDAS)				
			HUELLA DE INUNDACIÓN EMBALSE	ÁREA DE AMORTIGUAMIENTO REPRESA	ÁREA DISPOSICIÓN DE SEDIMENTOS	PLANTA DE FILTRACIÓN	TOTAL
<b>Naranjito</b> limo arcilloso lómico (NaE2)	VIe	Suelos con severas limitaciones que los hacen no deseables para cultivo y limitan su utilización para pastos, bosques o vida silvestre, alta plasticidad, pendiente pronunciada y difícil labranza	9.21	--	--	--	9.21
<b>Naranjito</b> limo arcilloso lómico (NaF2)	VIIe	Suelos con severas limitaciones por el peligro de erosión, alta plasticidad, pendiente pronunciada y difícil labranza	52.62	25.74	4.84	5.43	88.63
<b>Río Arriba</b> arcilloso (RoC2)	IIIe	Suelos con severas limitaciones que reducen los cultivos a ser sembrados, requieren practicas de conservación especiales, requieren manejo especial para evitar la erosión severa	57.12	10.0	8.37	5.35	80.84
<b>Toa</b> limo arcilloso lómico (To)	I	Suelos que tienen pocas limitaciones que restringen su uso, de fácil labranza, de permeabilidad y capacidad de retención de agua moderada, fertilidad natural alta	28.30	17.77	11.50	--	57.57

\*Las áreas cubiertas por las diferentes series de suelo están expresadas en cuerdas.

El área de ocupación para cada suelo fue suministrada por el Departamento de Sistemas de Información Geográfica de la Compañía CSA Group.

Nonirrigated Capability Class–San Juan Area, Puerto Rico

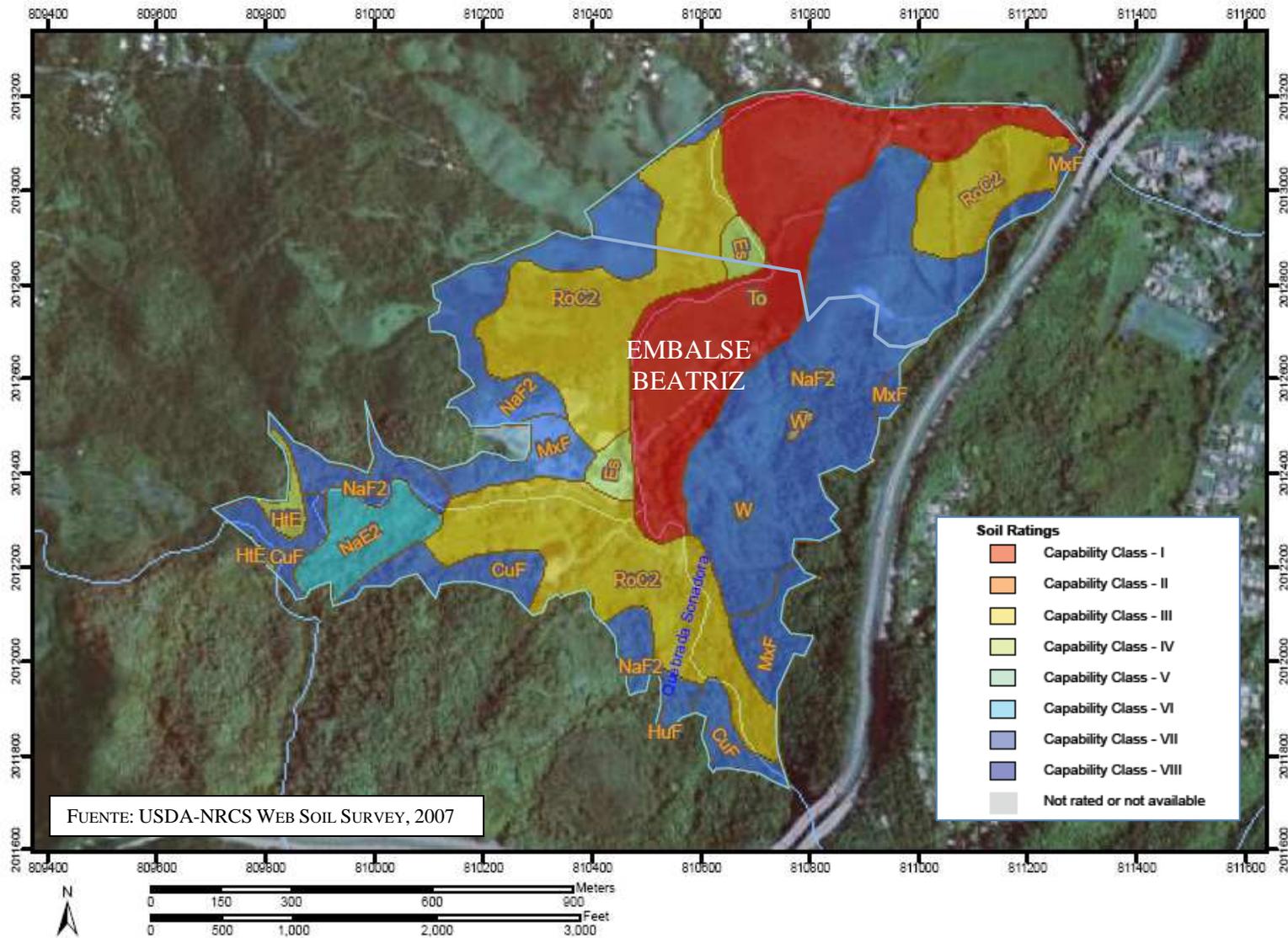


FIGURA 10: ÍNDICE DE CAPACIDAD SUELOS DEL ÁREA PROPUESTA PARA DESARROLLO DEL EMBALSE BEATRIZ

Nonirrigated Capability Subclass–San Juan Area, Puerto Rico  
(Suelos Area Propuesta Embalse Beatriz)

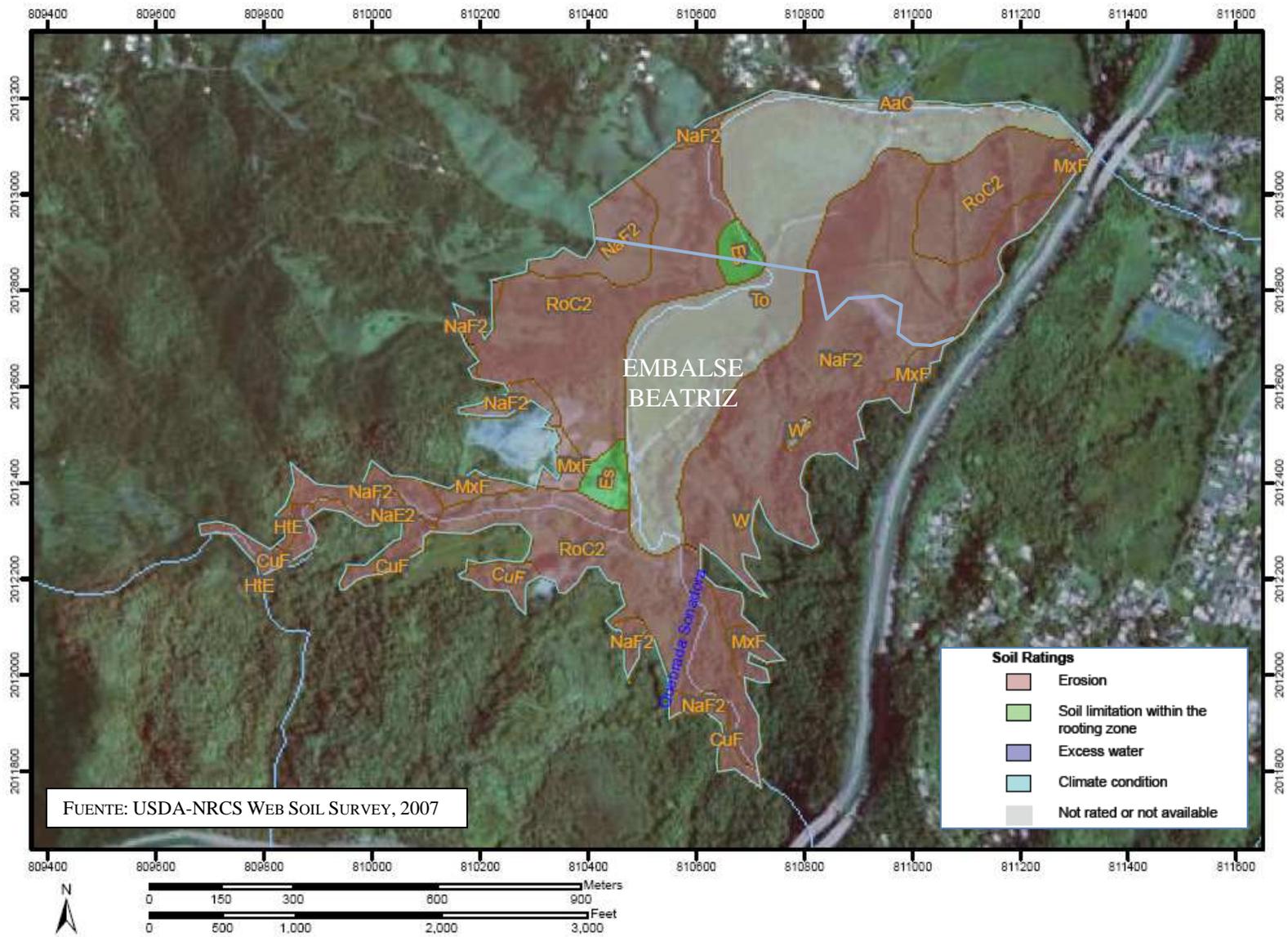


FIGURA 11: SUB-CAPACIDAD SUELOS DEL ÁREA PROPUESTA PARA DESARROLLO DEL EMBALSE BEATRIZ.

Nonirrigated Capability Class–San Juan Area, Puerto Rico

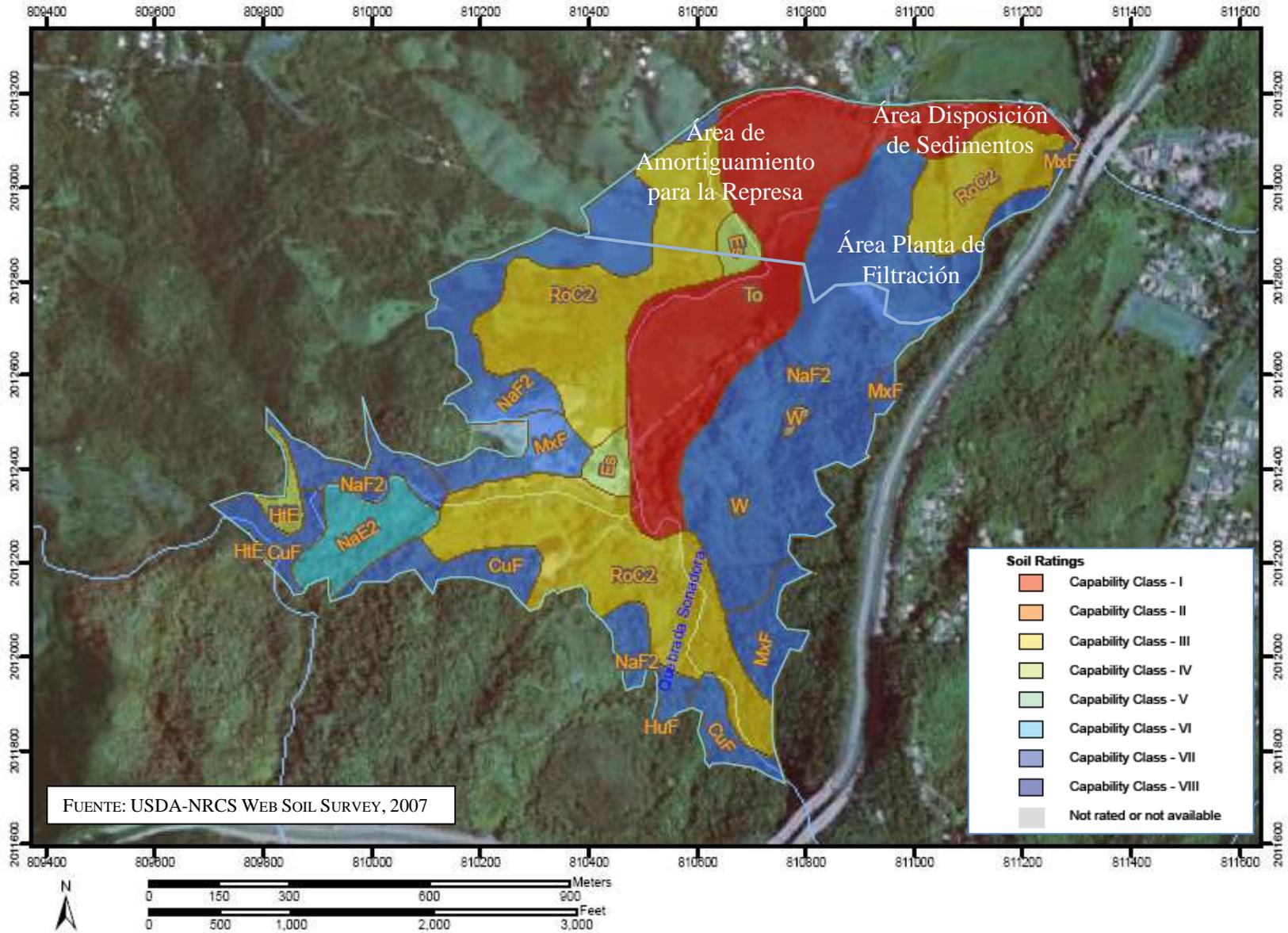


FIGURA 12: ÍNDICE DE CAPACIDAD SUELOS DEL ÁREA PROPUESTA PARA DESARROLLO COMPONENTES DEL EMBALSE BEATRIZ

Nonirrigated Capability Subclass–San Juan Area, Puerto Rico  
 (Suelos Area Propuesta Embalse Beatriz)

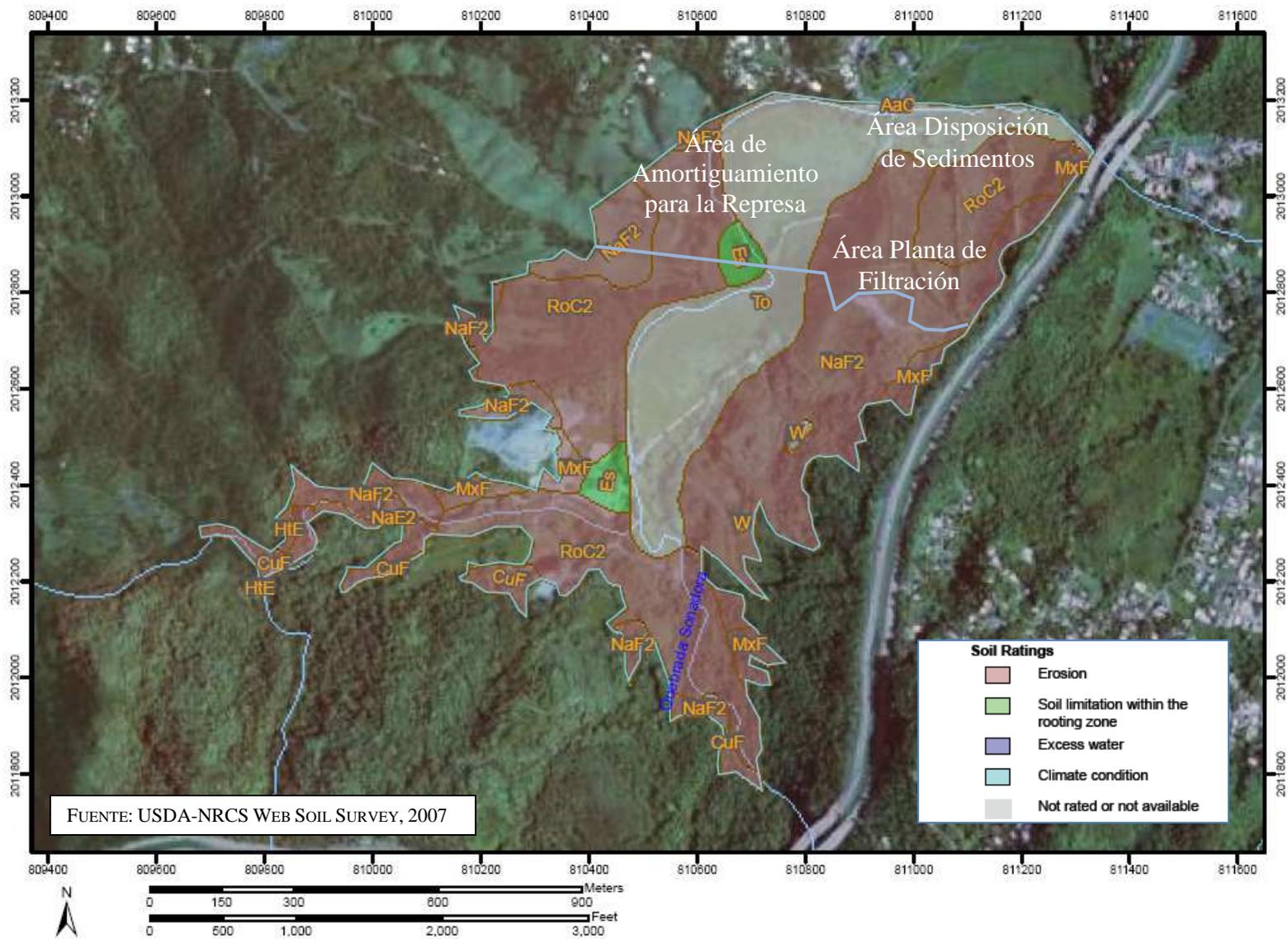


FIGURA 13: SUB-CAPACIDAD SUELOS DEL ÁREA PROPUESTA PARA DESARROLLO COMPONENTES DEL EMBALSE BEATRIZ

### MANEJO DE BOSQUES Y SU PRODUCTIVIDAD

El USDA-NRCS clasificó algunos de los suelos del área de San Juan en diferentes grupos de bosques, para de esta forma promover la siembra de especies arbóreas en el área. Estos suelos fueron agrupados bajo un número de ordenación, de acuerdo a las características idóneas para el desarrollo de especies arbóreas de la misma especie, bajo el mismo mantenimiento, donde la vegetación existente es similar y con el mismo potencial de producción.

La primera parte del símbolo de ordenación es un número el cual indica el potencial de productividad de los suelos para especies arbóreas de importancia económica. El potencial de productividad de los suelos en el grupo es identificado por el primer número del símbolo: 1 representa un muy alto potencial de productivo; 2, alto; 3 moderadamente alto; 4 moderado y 5 bajo. Estos rangos están basados en estimados de productividad en pie tablar por acre por año de especies deseadas para la producción de madera. De las ocho series de suelo presentes en el área de estudio, cinco presentan símbolos de ordenación (Consumo, Humatas Múcara y Naranjito (NaE2 y NaF2). Estas series fueron catalogadas bajo los números 2 y 3, lo que representa un potencial de producción alto o moderadamente alto. Las series de suelo Estación, Río Arriba y Toa no fueron catalogados bajo esta clasificación presumiblemente por sus características para ser utilizados bajo cultivos agrícolas tradicionales.

El segundo componente del símbolo de ordenación es una letra minúscula. Esta letra representa la mayor limitación presente en el suelo. En el catastro de suelos del área de San Juan las letras utilizadas son x, w, t, d, c, s, f y r. Las series Consumo, Humatas y Naranjito presentan la letra c, la cual representa a suelos con limitación por su alto contenido de arcilla en la parte superficial de su perfil. Por otra parte, la serie Múcara fue clasificada con la letra d, la cual representa que el suelo tiene poca profundidad y una zona radicular restringida. La **Tabla 2** muestra los parámetros descritos por el USDA-NRCS para los suelos clasificados bajo los símbolos de ordenación antes descritos.

TABLA 2: MANEJO DE BOSQUES Y PRODUCTIVIDAD POTENCIAL DE LOS SUELOS

SERIE DE SUELO (SÍMBOLO DE ORDENACIÓN)	PRODUCTIVIDAD POTENCIAL		RIESGOS Y LIMITACIONES QUE AFECTAN EL MANEJO DE ESTOS SUELOS			OCUPACIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO (%)
	ESPECIES ARBÓREAS RECOMENDADAS	PROMEDIO ANUAL DE CRECIMIENTO POR ACRE (PIE TABLAR)	MORTALIDAD DE SEMILLAS	PELIGRO DE EROSIÓN	LIMITACIONES PARA LABRANZA UTILIZANDO MAQUINARIA	
<b>Consumo</b> – CuF (3c)	Pino Hondureño Eucaliptus robusta	1000	Poca	Severo	Severo	3.70
<b>Humatas</b> – HtE (2c)	Pino Hondureño Eucaliptus robusta	1100	Poca	Moderada	Moderada	0.92
<b>Múcara</b> – MxF (3d)	Pino Hondureño Eucaliptus robusta	900	Poca	Severo	Severo	3.45
<b>Naranjito</b> - NaE2 (2c)	Pino Hondureño Caoba hondureña Kadam, Mahoe Eucaliptus robusta	1100	Poca	Poca	Moderada	3.5
<b>Naranjito</b> - NaF2 (3c)	Pino Hondureño Eucaliptus robusta	900	Poca	Severo	Severo	33.66

Adaptado del Catastro de Suelos del Área de San Juan Puerto Rico, 1978

De acuerdo al catastro de suelos, las series Naranjito (NaE2), y Humatas, presentan pocas o moderadas limitaciones de acuerdo al peligro de erosión, mortandad de semillas y labranza mecánica cuando es utilizada para la producción comercial de madera. Del total de cuerdas que ocupa el proyecto, el 45.2% de estas pueden ser utilizadas para la producción de madera. Las especies recomendadas para estos suelos son el Pino hondureño y el Eucalipto, no obstante otras especies pueden ser utilizadas. Los suelos Consumo, Múcara y Naranjito (NaF2) presentan grandes limitaciones en términos de labranza y peligro de erosión asociados a estas prácticas durante el periodo de siembra inicial.

La práctica de utilizar fincas o proyectos destinados a la producción de madera (en la mayor parte de los casos) no son viables económicamente por varios factores. Entre los factores se puede mencionar, el alto costo para el desarrollo y mantenimiento de las áreas identificadas para la siembra de árboles, el tiempo requerido para que los árboles crezcan a una escala comercial (30 a 40 años) y disponibilidad de fincas o terrenos con una cabida extensa que permitan este uso. En la Isla existen varios viveros que suplen especies arbóreas para proyectos de reforestación, y de esta forma suplen material necesario para cumplir con el Reglamento #25 de la Junta de Planificación y el Reglamento de Vida Silvestre del DRNA.

## V. METODOLOGÍA ANÁLISIS DE SUELOS ÍNDICE DE STORIE

El Servicio de Conservación de Recursos Naturales (NRCS, por sus siglas en inglés) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos ha desarrollado varios sistemas para clasificar terrenos agrícolas, la mayoría basados en las características específicas del suelo. Éstos incluyen el sistema de capacidad de uso de suelos que contiene ocho clases basadas en las limitantes del suelo en términos de su uso agrícola y, más recientemente, el sistema de clasificación basado en calidad del suelo y la importancia económica en el ámbito local. Varios otros sistemas de valoración fueron desarrollados por el gobierno federal para programas de manejo predial y programas de uso de suelos, tales como el Índice de Storie, el cual será utilizado para la evaluación del predio descrito anteriormente, el sistema de valoración agrícola del condado de Tulare en California (Tulare County, 1975) y el sistema de evaluación de tierras agrícolas del condado de Jackson en Oregon (Stockman, 1976).

### CALIFICACIÓN DE LOS SUELOS POR EL ÍNDICE DE STORIE

Para determinar el potencial agrícola de los suelos presentes en el área del Proyecto se utilizó el método de evaluación de suelos de Storie<sup>2</sup>. El Índice de Storie es una expresión numérica del grado en que un suelo particular presenta condiciones favorables para el crecimiento de plantas y para la producción agrícola bajo buenas condiciones climáticas y humedad adecuada. Este es un método semi-cuantitativo donde las propiedades del suelo y del terreno que son importantes en el proceso productivo reciben una puntuación basada en índices de productividad.

Este índice consta de cuatro factores que se multiplican entre sí para evaluar el rango del suelo estudiado. Los cuatro factores considerados para determinar el Índice de Storie son:

- A- el perfil del suelo
- B- la textura de la capa superficial del suelo
- C- la pendiente del terreno

---

<sup>2</sup> Storie, R.E. 1970. Manual de evaluación de suelos. University of California, Berkeley, Calif. 225p.

X- factores modificantes del suelo que incluyen el desagüe, salinidad y alcalinidad, nivel de fertilidad, acidez, erosión y topografía.

Estos factores son evaluados en una base de 100 por ciento para representar condiciones más favorables o ideales, con aproximaciones limitantes máximas y mínimas, atribuidas a las condiciones que son menos favorables para el desarrollo de las plantas.

#### MÉTODO DE CALIFICACIÓN

La calificación utilizando el Índice de Storie se obtiene multiplicando las calificaciones para los cuatro factores mencionados anteriormente (A, B, C, y X). Este método permite que cualquiera de estos factores domine la calificación final para el suelo. Los caracteres incluidos en cada uno de estos factores se describen a continuación y se discute su influencia en la calificación y calidad de los suelos presentes en el área del Proyecto.

El factor A utiliza las propiedades físicas del perfil del suelo que afectan el crecimiento de las plantas, excepto la textura de la superficie del suelo. Para ello Storie agrupa las series de suelos en 12 grupos de perfiles de los cuales 9 están descritos en la **Tabla 3**. Los suelos se separan en suelos primarios y suelos secundarios. Los suelos primarios son aquellos que se forman in situ a partir del material parental rocoso presente en el área. Los suelos secundarios se forman de material transportado de algún otro lugar. Estos incluyen los suelos aluviales.

Los suelos primarios se subdividen en 3 subgrupos basados en los tipos de roca y los suelos secundarios se subdividen en 5 subgrupos basados en el nivel de desarrollo del perfil.

Los valores numéricos en el factor A se asignan a base de la profundidad al horizonte argílico, a mayor profundidad mayor el valor. Esto refleja la resistencia a penetración de las raíces, la capacidad de retención de agua del suelo y la facilidad de labranza.

El factor B evalúa la textura de la capa superficial del suelo. La textura determina la consistencia, porosidad, permeabilidad y facilidad de labranza de un suelo. Los valores mayores (85-100) se otorgan a suelos de textura mediana (limosos o lómicos y francos) debido a que estos suelos exhiben una consistencia media suave, toman el

agua rápidamente, tienen buena capacidad retentiva de agua, son friables y de fácil labranza. Los suelos de textura arcillosa reciben valores entre 50 a 90 por ciento, mientras que los suelos arenosos presentan valores entre 30 a 80 por ciento y los suelos con alto contenido de rocas y gravilla de 10 a 70 por ciento. Los valores bajos para los suelos pedregosos o con alto contenido de grava se deben a la interferencia de estos materiales en las operaciones de labranza y la baja capacidad del suelo para retener el agua. La calificación para estos suelos puede variar dentro del rango antes descrito de acuerdo al contenido de piedras o grava que presente el mismo. A mayor cantidad de estos materiales menor será la calificación para este suelo dentro del factor B.

El factor C evalúa la pendiente del suelo. La pendiente determina el uso del terreno. Suelos con pendientes pronunciadas no pueden ser labrados mecánicamente, dificultando de esta forma, el proceso de limpieza y preparación del terreno. Por otra parte, estos suelos presentan un alto potencial erosivo y requieren de manejo especial. Dos criterios se utilizan para determinar el valor de C: la pendiente del terreno y la complejidad de la pendiente. Los suelos con pendientes casi plana (0-2%) reciben un valor de 100 y los suelos con pendientes abruptas (>45%) reciben valores de 5-30. El valor es menor mientras más pronunciada es la pendiente.

El factor X incluye propiedades del suelo que pueden ser modificadas por manejo. Mientras mejores son las características del suelo más alto el valor. A mayor número de características negativas menor el valor del factor X.

TABLA 3: RANGO DE LOS SUELOS BASADO EN LAS CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL

GRUPO DE PERFIL DEL SUELO	NÚMERO DE GRUPO	DESARROLLO DEL SUELO	TOPOGRAFÍA	FACTOR A DEL PERFIL
No desarrollado	I	Suelos secundarios sin horizonte argílico	Llana o de pendiente muy ligera	100
Ligeramente desarrollado	II	Suelo secundario ligeramente desarrollado	Pendiente muy ligera a ligera	95-100
Moderadamente desarrollado	III	Horizonte argílico moderadamente desarrollado	Terrazas	80-95
Suelo secundario bien desarrollado	IV	Horizonte argílico bien desarrollado	Antiguo lecho aluvial	40-80
Suelos maduros con presencia de capas endurecidas	V	Presencia de capas endurecidas	Antiguo lecho aluvial	5-80
Suelo con subsuelo denso sobre material consolidado	VI	Estrato duro sobre el substrato	Terrazas más antiguas	40-80
Suelos primarios desarrollados sobre rocas ígneas	VII	Formado <i>in situ</i> sobre rocas ígneas	Suelos de altura, lomas, ondulado, pendientes escarpadas	10-90
Suelos primarios sobre roca sedimentarias duras	VIII	Formado <i>in situ</i> sobre rocas sedimentarias duras	Suelos de altura, lomas, ondulado, pendientes escarpadas	10-100
Suelos primarios sobre material sedimentario blando	IX	Formado <i>in situ</i> sobre rocas sedimentarias blandas	Suelos de altura, lomas, ondulado, pendientes escarpadas	20-90

Una vez analizados todos los factores para la serie de suelo estudiada, se clasifica en una de las seis categorías o grados de suelos. La gradación en el Índice de Storie es:

- Grado 1** - excelentes para la agricultura (80-100). Los suelos del grado 1 son adecuados especialmente para las plantas de raíces profundas.
- Grado 2** - buenos para la agricultura (60-79). Los rendimientos son generalmente buenos a excelentes
- Grado 3** - adecuados para la agricultura (40-59). Generalmente son de buena calidad, con una variación menos amplia de bondad que los grados 1 y 2.
- Grado 4** - pobres para la agricultura (20-39). Suelos con poca amplitud de posibilidades agrícolas
- Grado 5** - muy pobres para la agricultura (10-19). Suelos de uso limitado, generalmente se utilizan para pastos por sus condiciones adversas de escasa profundidad o irregularidad de la superficie.
- Grado 6** - suelos no agrícolas (<10). Usualmente tierras pedregosas y escabrosas.

Además de utilizar el método Storie, se utilizó como referencia las Unidades de Capacidad asignadas por el Servicio de Conservación de Suelos<sup>3</sup>. Como fuera discutido anteriormente, este sistema agrupa los suelos de acuerdo a sus limitaciones cuando es usado para cultivo intensivo, el riesgo a daños cuando son utilizados y la manera en que éstos responden a los tratamientos. Este sistema no toma en cuenta otros factores como: la pendiente, profundidad y otras características que el método Storie considera. Esta información generada por el NRCS permite validar los valores o resultados obtenidos utilizando el Índice de Storie.

---

<sup>3</sup> U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service. Soil Survey of San Juan Area of Puerto Rico. 1978.

## VI. POTENCIAL AGRÍCOLA DE LOS SUELOS

De acuerdo a las Unidades de Capacidad asignadas por el Servicio de Conservación de Suelos, los suelos Toa (To) están clasificados bajo la unidad de capacidad I. Estos son suelos que tienen pocas limitaciones que restringen su uso. El porcentaje de ocupación dentro del área delimitada para inundación, área de amortiguamiento y área de disposición de sedimentos es de aproximadamente un 22%.

Las series Estación (Es) y Rio Arriba presentan unidades de capacidad IIIs, y IIIe, respectivamente. De acuerdo a las unidades de capacidad en las que fueron clasificados, éstos presentan severas limitaciones que reducen los cultivos a ser sembrados y requieren prácticas de conservación especiales para el desarrollo de actividades agrícolas. Estos suelos ocupan aproximadamente un 32.6% del área propuesta para la construcción del proyecto.

La unidad de capacidad para el suelo Humatas (IVe), clasifica el suelo con muchas limitaciones severas que restringen los cultivos a ser sembrados y requieren manejo especial para evitar el peligro de erosión existente en el predio. El por ciento de ocupación de estos suelos dentro del área a ser utilizada para el desarrollo del proyecto no es significativa comparada con las otras series existentes (0.92%).

La serie Naranjito (NaE2, VIe), fue clasificada como suelos con severas limitaciones que los hacen no deseables para cultivo y limitan su utilización para pastos, bosques o vida silvestre, además están sujetos a erosión severa, lo que los hace no aptos para el desarrollo de cultivos. El 3.5% de los terrenos identificados para la construcción del proyecto (huella de inundación) están ocupados por esta serie.

Por último las series Consumo, Múcara y Naranjito (NaF2) fueron clasificadas bajo la unidad de capacidad VIIe. Estos suelos tienen limitaciones muy severas, que no se prestan para cultivo, y su uso está restringido mayormente a pastos, bosques o hábitat de vida silvestre. Estos suelos ocupan aproximadamente un 38.8% del área total del proyecto.

Con excepción de las series Toa y Estación, todas las series de suelo existentes en el área propuesta para la construcción del embalse y demás componentes asociados son susceptibles a erosión severa, si al ser cultivados no son protegidos con una cubierta vegetativa permanente. Para minimizar estas limitaciones en estos suelos, se recomienda una reducción o selección concienzuda en el número de cultivos que pueden ser desarrollados en éstos suelos y proveer un manejo cuidadoso de los mismos. Aunque los suelos Río Arriba presentan suelos profundos, el potencial erosivo de los mismos, los convierte en suelos poco adecuados para cultivos que requieren labranza intensiva.

El alto potencial de erosión de los suelos presentes en el predio propuesto (excepto los suelos Toa y Estación) limita su uso para cultivos limpios. La erosión causaría una reducción en la capacidad productiva de éstos suelos. Cuidado especial debe ser requerido al manejar estos suelos, ya que los sedimentos, nutrimentos y plaguicidas transportados por la escorrentía podrían llegar a los cauces de las quebradas o ríos existentes, propiciando un deterioro ambiental de estos ecosistemas. El mejoramiento y producción de pastos es la mejor alternativa de uso y conservación de estos terrenos, debido a la protección que una cobertura vegetal permanente ofrece para reducir los riesgos de erosión. Los suelos Toa y Estación también pueden ser utilizados para este tipo de actividad agrícola, no obstante al no presentar problemas de erosión pueden ser utilizados con cultivos que requieran una labranza intensiva del suelo.

Para conocer el potencial de los suelos en el área utilizando la producción de pastos como alternativa se utilizaron los valores promedio en el rendimiento de las principales variedades de pastos mejorados. La **Tabla 4** muestra las variedades de pastos recomendadas por el NRCS y su rendimiento para cada una de las series de suelo con alto potencial erosivo.

TABLA 4: RENDIMIENTO PROMEDIO ESTIMADO POR CUERDAS DE PASTOS

Suelo	Cuerdas	Yerba Pangola (Ton, <sup>1,2</sup> )	Yerba Merker (Ton, <sup>1,2</sup> )
Consumo (CuF)	9.76	14	--
Humatas (HtE)	2.43	21	--
Múcara (MxF)	9.1	12	--
Naranjito (NaE2)	9.21	21	--
Naranjito (NaF2)	88.63	15	--
Río Arriba (RoC2)	80.84	--	15

1 – (Peso seco por cuerda por año)

2 – (Rendimiento bajo manejo intensivo)

Adaptado del Catastro de Suelos del Área de San Juan Puerto Rico, 1978

Utilizando la yerba Pangola como pastos mejorados en los suelos estudiados se logra un rendimiento entre 12 a 21 toneladas de forraje (excepto los suelos Río Arriba), bajo un alto nivel de manejo. Los suelos Río Arriba presentan un rendimiento de 15 toneladas por cuerda por año de la variedad Merker. El rendimiento mayor lo presentan las series Humatas y Naranjito (NaF2) con 21 toneladas por año por cuerda. El suelo Múcara presenta el menor rendimiento de todos los suelos presentes en el área.

El manejo necesario para alcanzar estos rendimientos en los pastos depende del tipo de suelo y la variedad de pasto utilizada. Dicho manejo proveerá drenaje, control de erosión y protección a inundaciones, ya que se disminuye la velocidad de la escorrentía permitiendo alcanzar un tiempo de concentración mayor. El rendimiento de estos pastos mejorados puede ser mayor o menor a los valores presentados, debido a las fluctuaciones en precipitación y otros factores climáticos. Bajo las presentes condiciones de manejo, donde no se aplican fertilizantes para suplir nutrientes a los pastos, y no existen variedades de pastos mejorados, los rendimientos estimados para el área estudiada son de 4 a 6 toneladas por cuerda por año.

El pastoreo intensivo en terrenos de baja producción de forraje, la concentración excesiva de animales por cercado y el paso de los animales dentro de los ríos y quebradas son algunas de las actividades principales que pueden amenazar la calidad de los recursos.

VIABILIDAD DE LOS SUELOS EN EL ÁREA

El estudio de viabilidad de los suelos para el desarrollo de actividades agrícolas estará enfocado en los terrenos a ser cubiertos por la huella de inundación, el área de amortiguamiento de la represa, el área de disposición de sedimentos y la planta de filtración ver (**Figura 1**). El potencial agrícola de los suelos, según el Índice de Storie se indica en la **Tabla 5**.

TABLA 5. POTENCIAL AGRÍCOLA DE LOS SUELOS PRESENTES EN EL PROYECTO.

Serie de Suelo	Área* %	A %	B %	C %	X %	Índice Storie %	Grados Storie	NRCS
<b>Consumo</b> (CuF)	3.7	60	70	50	64	13.4%	5	VIIe
<b>Estación</b> (Es)	1.9	95	90	100	100	85.5%	1	IIIs
<b>Humatas</b> (HtE)	1.0	80	70	80	80	35.8%	4	IVe
<b>Múcara</b> (MxF)	3.5	75	70	50	80	21%	4	VIIe
<b>Naranjito</b> (NaE2)	3.5	80	90	80	65	37.4%	4	VIe
<b>Naranjito</b> (NaF2)	33.7	75	90	50	65	21.9%	4	VIIe
<b>Río Arriba</b> (RoC2)	30.7	95	70	95	80	50.5%	3	IIIe
<b>Toa</b> (To)	21.9	100	90	100	100	90%	1	I

\*PORCENTAJE APROXIMADO DE OCUPACIÓN DE CADA SERIE DE SUELO EN LOS TERRENOS OBJETO DEL ESTUDIO.

Del área total a ser utilizada en el proyecto un 23.8 por ciento (62.6 cuerdas) está clasificada bajo el Grado 1 del Índice de Storie. De acuerdo a esta clasificación, los suelos bajo las series Toa y Estación, son considerados como suelos excelentes para la agricultura y adecuados especialmente para las plantas de raíces profundas. Los suelos Río Arriba presentaron un valor de 50.5%, lo que los coloca en el Grado 3 del Índice. Este grado los clasifica como suelos adecuados para la agricultura que generalmente son de buena calidad, con una variación menos amplia de bondad que los grados 1 y 2. Los suelos Río Arriba ocupan alrededor de un 31% del área total a ser utilizada para la creación del embalse y sus componentes. El análisis de los suelos utilizando el Índice Storie refleja que aproximadamente el 55% de los suelos presentes en el área a ser utilizada para la creación del embalse y sus componentes están clasificados como suelos excelentes o adecuados para la agricultura.

Los suelos Humatas, Múcara y Naranjito (NaE2, NaF2) fueron clasificados bajo el Grado 4 del Índice de Storie. Estos suelos presentan poca amplitud de posibilidades agrícolas, ya que están en el rango entre 20 y 39 por ciento en el Índice de Storie. Alrededor de un 42% del área total propuesta para la creación del embalse y sus componentes cae bajo esta clasificación. La serie Consumo, la cual ocupa aproximadamente 3.7% del área cubierta por la huella de inundación, fue clasificada como suelos muy pobres para el desarrollo de actividades agrícolas. Estos suelos no son considerados de buena calidad, debido a su pronunciada pendiente y alto potencial erosivo.

Con excepción de los suelos Estación y Toa, el USDA-NRCS, mediante su sistema de clasificación de suelos, catalogó los suelos existentes con serias limitaciones para su desarrollo agrícola. Entre las limitaciones que restringen su uso agrícola se pueden mencionar: el alto potencial de erosión, pendientes pronunciadas y difícil labranza de los mismos. Por otra parte, las pendientes pronunciadas hacen de estos suelos unos poco mecanizables. Los suelos no mecanizables (suelos en los cuales no se puede utilizar maquinaria para su preparación) representan un inconveniente en la agricultura en la Isla. Estos suelos no son fáciles de manejar y se debe recurrir a su labranza de forma manual, incrementando considerablemente los costos de

producción, haciendo de éstos unos suelos no deseados para el desarrollo de cultivos limpios u hortícolas.

Para las series de suelo presente en el área estudiada, el encalado y la aplicación de fertilizantes puede mejorar las características de acidez y baja fertilidad. No obstante, debido a los costos de aplicación, el carácter erosivo de los suelos y la posible contaminación de cuerpos de agua cercanos, es necesario se implanten prácticas de conservación para el manejo cauteloso e intensivo de estos suelos si se decide utilizar cultivos limpios. Entre las medidas de conservación que pueden ser desarrolladas para estos suelos, se pueden mencionar las zanjas de ladera, franjas de amortiguamiento, cultivos al contorno y barreras vegetativas. En fincas con poca cabida el uso de estas alternativas compromete el área disponible para siembra reduciendo el área efectiva de siembra. Este factor no es limitante en el área bajo estudio ya que se pudo observar grandes extensiones de terreno disponibles para siembra. Las características descritas por el USDA-NRCS, sustentan los resultados obtenidos según el Índice de Storie para las series de suelo antes descritas, resultando en varias alternativas agrícolas para el área bajo estudio.

## VII. ACTIVIDADES AGRÍCOLAS EXISTENTES

Durante las visitas de campo se pudo observar que la mayor parte del área propuesta y áreas circundantes han sido objeto de algún uso agrícola. Algunas de las colindancias están cercadas, lo que indica que el área ha sido utilizada para actividades de pastoreo de ganado (caballos, vacas y/o cabras). Se observó ganado de carne pastando en el área. No se observaron prácticas de ganadería intensiva, sólo de forma artesanal o pasatiempo.

Las empresas basadas en animales forrajeros constituyen uno de los renglones más importantes de la agricultura de la Isla. El manejo adecuado de los recursos es esencial para aumentar la producción de forraje y mantener la calidad de los abastos de agua. De esta manera se puede mantener la producción animal a la vez que se protege el ambiente.

Otra de las actividades agrícolas presentes en el área son las siembras de plátano y guineo. Al igual que las actividades de ganadería, éstas son realizadas en los remanentes de las áreas desarrolladas para uso residencial. Siembras de carácter comercial no fueron observadas.

Las áreas utilizadas para agricultura no presentan prácticas de conservación, por lo que se encuentran en deterioro, principalmente debido a la erosión, ya que zanjas o canales formados por la escorrentía pudieron ser observados. Al momento, estos terrenos una vez se erosionaron, dejaron de utilizarse y fueron colonizados por yerbajos de bajo rendimiento y palatabilidad para el ganado. Como resultado, estos terrenos terminan siendo utilizados como áreas para pastos, pero no se han concretizado esfuerzos para mejorarlos. Para mejorar estos pastos, es necesario encalar los suelos para reducir la acidez, aplicar fertilizantes, controlar la erosión o el flujo laminar a través del predio, sembrar variedades mejoradas y adoptar mejores prácticas de manejo de las pasturas (ver **Capítulo 9**, sección Prácticas de Conservación para Desarrollo Agrícola). Los costos de establecer pasturas mejoradas se indican en la **Tabla 6**.

Para los suelos presentes en el área, el desarrollo de pastos mejorados representa un costo mayor a los descritos en la **Tabla 6**, ya que presentan pendientes pronunciadas o escarpadas imposibilitando la utilización de maquinaria agrícola para su labranza. Estos estimados no incluyen los costos relacionados al desarrollo de infraestructura (riego, construcción de estructuras para almacenaje de fertilizantes, plaguicidas y equipo necesario para siembra).

TABLA 6: COSTOS APROXIMADOS (\$/CUERDA) DE ESTABLECER PASTOS PARA MANEJO INTENSIVO<sup>4</sup>

OPERACIÓN	UNIDAD	COSTO
Limpieza y preparación del terreno con maquinaria	\$12.00/hr	48.00
Fertilización (1 ton @ \$13.50/qq)	13.50/qq	270.00
Encalado	5.00/ton	10.00
Costo de labor + 21% beneficios marginales	4.50/hr	86.40
Siembra (por semillas)	4.50/hr	86.40
Control de yerbajos, resiembra, reparación de cercas	4.50/hr	172.80
Plaguicidas	2 galones	<u>180.00</u>
	<b>TOTAL</b>	<b>\$853.60</b>

---

<sup>4</sup> Algunos de estos costos son subsidiados por agencias del gobierno estatal o federal y por ende el costo real al agricultor puede ser menor

## VIII. POSIBLES ALTERNATIVAS AGRÍCOLAS

A continuación se describen algunas de las alternativas agrícolas que pudieran ser desarrolladas en los suelos antes descritos. Varias alternativas agrícolas serán presentadas para los suelos presentes en el área con excepción de la serie Consumo, la cual presenta suelos con poco o ningún valor agrícola.

Contrario a las limitaciones descritas anteriormente hay otras prácticas agrícolas que podrían ser viables para estos terrenos, como los cultivos hidropónicos, algunas industrias pecuarias y cultivos con riego por goteo. A estos cultivos se le proveen los nutrientes necesarios a las plantas para su desarrollo en aquellas áreas que presentan pendientes moderadas y donde los riesgos a erosión son mínimos. Los suelos Humatas (20-40%), Múcara (40-60%) y Naranjito (20-60%) son susceptibles a erosión y presentan pendientes pronunciadas, por lo que un manejo especial es necesario si se quiere desarrollar estas actividades en el predio. Los posibles usos agrícolas para los suelos Humatas Múcara y Naranjito, están condicionados por las características edáficas presentes. A continuación se describen algunas de las alternativas agrícolas más comunes que pudieran ser desarrolladas para estos suelos.

### GANADO LECHERO Y DE CARNE

La industria lechera es la principal actividad agrícola en el Municipio de Caguas<sup>5</sup>. Para el año 2002, el valor devengado por esta actividad fue de \$1,714,722 dólares, representando un 28 por ciento del valor total de las actividades agrícolas presentes para el municipio. La cuarta actividad en el Municipio es la producción de ganado de carne, con un total de \$296,635 dólares. Esta industria es influenciada por la actividad lechera, ya que los animales que no son aptos para la producción de leche son utilizados para la producción de carne. El uso de los terrenos para la producción de ganado de leche podría estar limitado por la ausencia de cuotas de producción de leche que otorga la Industria Lechera de Puerto Rico, sin la cual la rentabilidad de cualquier vaquería es muy baja. Sin embargo, se puede considerar el uso del terreno

---

<sup>5</sup> Según Censo Agrícola 2002, realizado por el USDA y el Servicio de Estadísticas Agrícolas de Puerto Rico

para ganado de carne, mediante el mejoramiento de los pastos y la utilización de mejores prácticas de conservación y manejo de estos suelos. Para lograr una producción rentable de ganado de carne se necesitan grandes extensiones de terreno, ya que la precipitación es moderada y la producción de forraje en el área es mínima. A pesar que los suelos Estación, Río Arriba y Toa pueden ser utilizados para cultivos, estos también pueden ser utilizados para el desarrollo de actividades agropecuarias como la ganadería de carne.

Utilizando el área estudiada bajo la condición de los pastos existentes, se requiere un área mayor para mantener un animal o un menor número de animales puede ser mantenido por finca. Esto hace importante aumentar los niveles de producción de los pastos y de esta forma aumentar la capacidad de pastoreo. La capacidad de pastoreo bajo las presentes condiciones de manejo es de una vaca por cuerda. Con manejo intensivo, para yerba Pangola, se puede aumentar a 5 vacas/cuerda, lo cual representa un ingreso bruto para el agricultor de \$646.25 por vaca llevada al matadero (1,100 libras/vaca x 0.47 peso de la canal = 517 libras de peso mercadeable x \$1.25/lb = \$646.25<sup>6</sup>). Toma alrededor de 30 meses para crecer el ganado al peso mercadeable. Si los predios que componen el área de estudio fueran utilizados para la ganadería, cada año el agricultor podría vender 2 vacas/cuerda, lo cual representa un ingreso de \$1,292.50/cuerda/año. Este precio por carne de res, no representa un margen de ganancia para el agricultor, que justifique el mejorar sus pastos. Como fuera mencionado en el capítulo anterior, el costo aproximado de establecer pastos mejorados es de \$853.60 por cuerda, sin incurrir en gastos capitales de infraestructura y adquisición de las tierras. Este costo inicial de mejoramiento de pastos, comparado con el bajo costo de la carne de res en el país, hacen de esta actividad una poco rentable debido a los altos costos de establecimiento y mejoramiento de las características existentes del área.

---

<sup>6</sup> Desglose de costos confirmado mediante comunicación telefónica con personal del Departamento de Agricultura, Mayagüez.

### PRODUCCIÓN DE HENO

Para el Censo del 2002 el cultivo agrícola que más terreno utilizaba en el Municipio de Caguas era la producción de pastos. Unas 1,076 cuerdas fueron dedicadas para este uso. El establecimiento de un negocio para la producción de heno requiere de una inversión de capital alta. El establecimiento de los pastos mejorados y la adquisición de la maquinaria se llevan una buena porción de la inversión de capital en el negocio. Por otro lado, la cosecha y el empaque de este forraje tienen unos costos fijos altos. El agricultor deberá realizar una planificación y manejo cuidadoso de los insumos y recursos para que la empresa sea una exitosa. Un heno de calidad producido de forma cuidadosa y responsable siempre tendrá demanda por parte de la clientela que lo utiliza para la alimentación de sus animales. Un mínimo de 100 cuerdas en pastos son necesarias para que este negocio sea viable, aunque el terreno no tiene que ser en una misma finca<sup>7</sup>. Si esto es posible, al agricultor se le facilitarán muchos de los procesos en la operación de su negocio. Unas 100 cuerdas o más le permiten al productor tener predios listos para el corte y el empaque, mientras que en otros las yerbas están en rebrote. El control de malezas, la aplicación de fertilizante y otras enmiendas a los suelos se pueden realizar de forma planificada. Inclusive, el agricultor puede establecer nuevas siembras de pastos o resembrar otras variedades que produzcan un mayor rendimiento.

Los predios en yerbas se pueden cortar unas seis veces al año a intervalos de cada 60 días. Los días cortos al final del año y la poca precipitación suelen reducir los cortes a cinco por año.

- El rendimiento por cuerda se estima en un mínimo de unas 100 pacas por corte.
- Una producción estimada de 500 a 600 pacas por cuerda por año se puede esperar en una finca sembrada con algunas de las yerbas recomendadas y donde se aplican buenas prácticas de manejo.

---

<sup>7</sup> Siembra de Pastos para Henificar, Agosto 2004, Yamil Quijano Cabrera, Especialista en Forrajes UPR Mayagüez, Servicio de Extensión Agrícola.

Utilizando los suelos nivelados y con pendiente entre 5 a 40%, el área que podría ser utilizada para la siembra de pastos mejorados es de 155 cuerdas. Usando la producción estimada de 600 pacas por cuerda por año a un precio de venta de \$3.00 dólares por paca, el total devengado por el agricultor es de \$1,800 dólares por cuerda. Utilizando el costo aproximado de establecer pastos mejorados de \$853.60 dólares por cuerda, la ganancia por cuerda es de \$946.40 dólares utilizando pastos mejorados y las mejores prácticas de manejo y conservación existentes.

### PRODUCCIÓN DE PLÁTANOS

El cultivo de plátanos, cultivo medianamente importante del área este de Puerto Rico, requiere suelos de buen desagüe, puesto que los farináceos no toleran condiciones de inundación aún por periodos cortos. Los suelos existentes en el área poseen buen drenaje o drenaje moderado y permeabilidad moderada lo cual presenta características idóneas para el desarrollo de esta actividad. Por otra parte, deben existir facilidades de riego para suplir la alta demanda de agua necesaria para el desarrollo adecuado de este tipo de cultivo. No obstante, la precipitación en el área es moderada, por lo que el desarrollo de una infraestructura de riego no es imprescindible.

Entre los cultivos agrícolas recomendables para el área bajo estudio, se encuentra la producción de plátanos. Según el censo agrícola para Puerto Rico (2002), la cabida de terrenos con potencial agrícola es de 690,687 cuerdas de las cuales se cultivaron 453,091 cuerdas para representar el 65.6 por ciento del total de las cuerdas destinadas para producción. Del total de cuerdas cultivadas, unas 26,582 cuerdas se destinaron al cultivo del plátano registrando ventas ascendentes a \$22,538,646 dólares que representan el 19 por ciento del ingreso bruto generado por los cultivos agrícolas. Para el Municipio de Caguas se utilizaron unas 440 cuerdas para el cultivo de plátanos, generando un ingreso aproximado de unos \$569,817 dólares.

El plátano puede sembrarse en cualquier época del año si la lluvia es 65 pulgadas o más, está bien distribuida o existen facilidades de riego en el área. Este cultivo requiere de suelos profundos, sueltos y de buen desagüe. Sin embargo se ha demostrado que crece bien en los suelos rojos y de baja fertilidad como lo son los

suelos de la altura húmeda de P.R. Se recomienda hacer siembras escalonadas para que haya producción durante todo el año, en donde la distancia de siembra entre plantas debe ser de 6 pies x 6 pies ó de 6 pies x 7 pies para un total de 1,175 y 1,000 plantas por cuerda, respectivamente. En suelos inclinados con pendientes irregulares la erosión puede ser un factor que limite el rendimiento del cultivo y aumenta las posibilidades de contaminar cuerpos de agua dado al aumento en la escorrentía de fertilizantes y plaguicidas. Como fuera discutido anteriormente, los tipos de suelos presentes en el área varían desde suelos nivelados, hasta suelos con pendientes pronunciadas (60%), además son susceptibles a erosión; con la excepción de los suelos Estación y Toa; por lo tanto se recomienda utilizar el sistema de ahoyado de semillas al contorno para sembrar y controlar las malezas mecánicamente o con herbicidas y de esta forma reducir los problemas asociados con la erosión. Prácticas de conservación como la rotación de cultivos, la labranza de conservación, las zanjas de ladera y barreras vegetativas son algunas de las prácticas recomendadas por el NRCS para el control de erosión (ver **Capítulo 9**).

Los suelos en el área de estudio poseen una fertilidad natural media y buena, lo que sugiere la utilización moderada o reducida de fertilizantes para obtener buenos rendimientos, de esta forma se reducen los costos de producción por cuerda. La **Tabla 7** muestra los costos e ingresos aproximados para la producción de plátanos en la Isla.

TABLA 7. COSTOS E INGRESOS APROXIMADOS DE PRODUCIR PLÁTANOS INTENSIVAMENTE EN LA ZONA MEDIANÍA DE PUERTO RICO UTILIZANDO UNA DENSIDAD DE 1,175 PLANTAS POR CUERDA.

Partida	Unidad	Cantidad	Valor (\$)
<b>Gastos</b>			
Mano de obra <sup>1</sup>			
Saque y preparación de la semilla	hombres-día	9	225.00
Ahoyado	“ “	8	200.00
Encalado	“ “	2	50.00
Siembra	“ “	6	150.00
Resiembra	“ “	2	50.00
Aplicaciones de herbicidas	“ “	4	100.00
Aplicaciones de herbicidas granulados	“ “	2	50.00
Abonamiento	“ “	4	100.00
Cosecha	“ “	10	250.00
Tareas misceláneas	“ “	2	<u>50.00</u>
<b>Total mano de obra</b>			1,225.00
Materiales			
Abono (10-2-25-3)	quintales	28	360.00
Nematicidas-Insecticidas <sup>2</sup>	libras	150	500.00
Herbicidas <sup>3</sup>	galones	2	135.00
Carbonato Calizo	toneladas	2	<u>10.00</u>
<b>Total materiales</b>			1,005.00

<sup>1</sup> Jornales a \$25.00 por día.

<sup>2</sup> Dos aplicaciones, una al sembrar y otra 4 a 6 meses después. El costo del material y mano de obra se pueden reducir a \$330.00 por cuerda si el agricultor se acoge al programa de incentivos del Departamento de Agricultura.

<sup>3</sup> Cuatro aplicaciones por año.

COSTOS E INGRESOS APROXIMADOS DE PRODUCIR PLÁTANOS INTENSIVAMENTE EN LA ZONA MEDIANÍA DE PUERTO RICO UTILIZANDO UNA DENSIDAD DE 1,175 PLANTAS POR CUERDA. (CONTINUACIÓN)

Partida	Unidad	Cantidad	Valor (\$)
Otros gastos			
Desmonte y preparación Terreno con máquina (A.S.D.A)			70.00
Uso o alquiler del terreno (Aut. Tierras)			80.00
Aspersiones contra la sigatoka, A.S.D.A. <sup>4</sup>	Aplicaciones	12	120.00
(\$10.00/aplicación)			
Seguros (estado, social y desempleo), bono de navidad y vacaciones <sup>5</sup>			300.00
Seguro de la plantación <sup>6</sup>			95.00
Intereses de refacción <sup>7</sup>			148.00
Otros gastos misceláneos			<u>50.00</u>
<b>Total otros gastos</b>			<b><u>863.00</u></b>
<b>Total de gastos</b>			<b>3,093.00</b>
Ingresos			
Venta de plátanos <sup>8</sup>	Frutas	37,600	5,640.00
<b>Ganancia neta<sup>9</sup></b>			<b>\$2,547.00</b>

<sup>4</sup> A base de \$10.00 por aplicación.

<sup>5</sup> Alrededor del 24.5% del gasto de mano de obra.

<sup>6</sup> El seguro cubre el 65% de la plantación (1,175 plantas) a un costo de \$2.30 por cada \$100.00 asegurados.

<sup>7</sup> La mitad de \$2,950.00 al 10% de interés.

<sup>8</sup> Cosecha de 940 racimos (80% de las plantas) con una media de 40 frutas por racimo, vendidas a \$150.00 el millar de frutas. **Promedio HOJA DE PRECIOS AL POR MAYOR RECIBIDOS POR LOS CAMIONEROS EN LAS PRINCIPALES PLAZAS DEL MERCADO, Año 2002**

<sup>9</sup> La ganancia neta podría aumentar en alrededor de \$3243.00 adicionales si se toma en cuenta el reembolso por pago suplementario a razón de \$7.00 por hombre-día usado en mano de obra.

Los costos descritos anteriormente en la **Tabla 7** no incluyen los gastos asociados al desarrollo y mantenimiento de una infraestructura de riego. Por otra parte, el rendimiento o ganancia neta puede disminuir dependiendo de la adaptabilidad del cultivo al área y los costos de acarreo debido al alza en el costo del combustible.

#### PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN PARA DESARROLLO AGRÍCOLA

Se han desarrollado un conjunto de prácticas que permiten el desarrollo de suelos con baja fertilidad, susceptibles a erosión o que no presentan características para el desarrollo de actividades agrícolas. Como fuera mencionado anteriormente, el uso de zanjas de ladera, barreras vegetativas, cultivos al contorno, desagües protegidos y manejo de residuos de cosecha son algunas de las prácticas que pueden ser utilizadas para controlar la escorrentía y erosión en los suelos. Estas alternativas permiten un rendimiento mayor del cultivo y facilitan la industrialización del mismo. No obstante, su implantación conlleva una aportación económica sustancial durante los primeros años, además de requerir con el apoyo de los agricultores los cuales ya tienen estilos de operación que no necesariamente protegen la calidad de sus suelos. Estos factores limitan su utilización y establecimiento en la Isla. En la actualidad no existen valores promedio que describan el costo de utilización de estas alternativas para un cultivo en específico. El bajo costo de los productos agrícolas, escasez en la mano de obra, y el alto grado tecnológico que envuelven son algunos de los factores negativos cuando se utilizan. A continuación se describen las diferentes técnicas y sus beneficios ambientales y económicos:

#### ***Zanjas de ladera***

Las zanjas de ladera son canales pequeños que se construyen al contorno del terreno para acortar la distancia o largo del predio y disponer de la escorrentía. Entre los beneficios que estas prácticas imparten a las actividades agrícolas se puede mencionar, una reducción de la erosión y transporte de sedimentos fuera del predio y a cuerpos de agua, conducen el agua de forma controlada a desagües protegidos, reducen la escorrentía, aumentan la infiltración de agua, facilitan la aplicación de

fertilizantes y plaguicidas, el recogido de la cosecha y el establecimiento de otras prácticas agrícolas.

Algunos de los requisitos para la construcción y utilización de esta práctica de conservación se encuentran los siguientes:

- Las zanjas de ladera pueden ser construidas en suelos con la profundidad adecuada y que sean resistentes a la fuerza erosiva del agua.
- Su construcción no es recomendada en suelos arenosos y poco profundos.
- La distancia entre zanjas puede variar entre 20 a 50 pies, dependiendo del grado de inclinación presente en los suelos. A mayor inclinación menor debe ser la separación entre zanjas.
- Al final de cada zanja se debe proveer un área protegida con vegetación u otro material que resista la erosión y que pueda disponer efectivamente la escorrentía.
- El uso de maquinaria agrícola para la construcción de zanjas se debe limitar a los terrenos que sean semiplanos y profundos y la textura no sea arenosa o con un contenido de arcilla alto.
- Las operaciones de labranza cerca de los bordes de las zanjas deben evitarse para reducir el riesgo de debilitarlas.

### ***Barreras Vegetativas***

Las barreras vegetativas son hileras de plantas al contorno, que interceptan y reducen la velocidad de la escorrentía, filtran los sedimentos y controlan la erosión de terrenos inclinados. Entre los beneficios que estas prácticas imparten a las actividades agrícolas se puede mencionar, la conservación de la capa fértil del suelo, mejoran la fertilidad natural del suelo, reducen la cantidad de sedimentos que llega a los cuerpos de agua, dispersan uniformemente la escorrentía, evitan la erosión y proveen refugio y alimento para la vida silvestre.

Algunos de los requisitos para la construcción y utilización de esta práctica de conservación se encuentran los siguientes:

- Las barreras se pueden establecer en cualquier terreno inclinado, aún aquellos con limitaciones para establecer las zanjas de ladera.
- La planta seleccionada se debe adaptar a los suelos de la finca, el clima y tener las características de crecer en forma erecta y abundante. Una de las plantas más recomendadas es “vetiver”, mejor conocida como pacholí.
- El ancho mínimo de las barreras es de 12 pulgadas.

- Debido a que la infiltración de agua aumenta, los fertilizantes y plaguicidas se deben aplicar apropiadamente para evitar la contaminación del agua subterránea.
- Al igual que las zanjas de ladera, la distancia entre una barrera y la otra puede variar entre 20 a 50 pies dependiendo de la inclinación del terreno. La separación es menor a mayor inclinación de la ladera.
- Use desagües protegidos en áreas donde la esorrentía sea excesiva.

### ***Cultivos al contorno***

Utilizando esta práctica de conservación se prepara y se siembra el terreno siguiendo las curvas o relieve natural del terreno, en lugar de realizarse en línea de arriba hacia abajo de la ladera. Entre los beneficios que estas prácticas imparten a las actividades agrícolas se puede mencionar, la conservación de la capa fértil de los predios y la calidad del agua, aumentan el agua disponible para las plantas y facilita el establecimiento y manejo de otras prácticas, por ejemplo sistemas de riego por goteo.

Algunos de los requisitos para la construcción y utilización de esta práctica de conservación se encuentran los siguientes:

- Los surcos al contorno acortan el largo del predio y reducen la fuerza erosiva del agua.
- La inclinación de los surcos puede variar con el tipo de suelo, las ondulaciones en el terreno, la distancia entre surcos y las prácticas de cultivo.
- Es una de las prácticas más sencillas y económicas para instalar y manejar.
- En suelos muy inclinados, es necesario establecer prácticas adicionales, como las zanjas de ladera o las barreras vegetativas, para controlar la esorrentía en exceso.
- Use desagües protegidos en áreas donde hay abundante esorrentía.

### ***Desagües protegidos***

Un desagüe protegido es un canal natural o construido que tiene el tamaño adecuado para disponer la esorrentía y la suficiente protección para resistir la fuerza erosiva de la esorrentía. Entre los beneficios que estas prácticas imparten a las actividades agrícolas se puede mencionar, permiten la disposición adecuada de esorrentía, evitan

la formación de cárcavas, filtran parte de los contaminantes adheridos a los sedimentos, proveen refugio y alimento para la vida silvestre de la finca.

Algunos de los requisitos para la construcción y utilización de esta práctica de conservación se encuentran los siguientes:

- La salida del desagüe se debe proteger de la escorrentía.
- Se debe controlar la erosión en los alrededores del desagüe para prevenir la sedimentación.
- Prepare los surcos para siembra en dirección hacia el desagüe, dejando sin surcar una franja de terreno antes del borde del desagüe para evitar que se formen canchales.

#### ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA DESARROLLO AGRÍCOLA

##### ***Cultivos Hidropónicos***

La alternativa de producción utilizando cultivos hidropónicos surge como una alternativa al deterioro progresivo del suelo y de las zonas de producción hortícola en general, además de la contaminación por fungicidas y la salinidad de los suelos cada vez mayor. El cultivo hidropónico en su concepción más amplia, engloba a todo sistema de cultivo en el que las plantas completan su ciclo vegetativo sin la necesidad de emplear suelo, suministrando la nutrición hídrica y la totalidad o parte de nutrición mineral mediante una solución en la que van disueltos los diferentes nutrientes esenciales para su desarrollo. El concepto es equivalente al de “cultivo sin suelo”. Esta técnica, de tener perfectamente controladas las variables de cultivo, permite la obtención de una mayor cantidad de producto con el consumo mínimo de agua y fertilizantes. Sin embargo, la elevada tecnificación que exige la implantación de técnicas hidropónicas implica una inversión económica bastante considerable. Para que exista rentabilidad, los cultivos deben mantener una producción, calidad y precio de mercado sostenidos. Este último aspecto es uno que tiene grandes limitaciones en Puerto Rico ya que los productos que provienen del exterior acaparan el mercado

local por sus bajos precios promoviendo que los agricultores locales compiten contra gigantes extranjeros en la oferta.<sup>8</sup>

### *Riego por Goteo*

Otro método que puede utilizarse en suelos agotados y de pobres propiedades para la agricultura es el riego por goteo. El riego por goteo es un método de aplicación de agua, nutrientes y agroquímicos directamente a la zona radicular de las plantas en proporción controlada, lo que le permite obtener máximos resultados, minimizar el uso del agua y otros recursos. El riego por goteo es una herramienta de manejo, que cuando se opera correctamente, minimiza el estrés en la planta. Con un buen diseño, instalación y manejo adecuado del sistema, se pueden obtener resultados muy favorables como incremento en la producción, cultivo de mayor calidad, ahorro de consumo de agua y energía, ahorro en la utilización de fertilizantes y agroquímicos, reducción en el lavado de suelo y drenaje y menor incidencia de malezas. Al igual que el cultivo hidropónico este sistema requiere de una inversión económica bastante considerable al momento de comenzar este tipo de empresa.

Los métodos antes descritos deben ser analizados de acuerdo al cultivo seleccionado y su adaptación al área bajo estudio. Estos métodos han sido utilizados en suelos sin ningún o con poco declive, por lo que su adaptación al área propuesta debe ser analizada en términos de costo y posibles ingresos, una vez comenzadas las actividades agrícolas.

---

<sup>8</sup> Ley Núm. 167 Para adicionar la Sección 1040F al subtítulo A de la Ley Núm. 120 del 1994: Código Rentas Internas.

## **IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Luego de haber analizado los suelos y las características presentes en el área propuesta para el desarrollo del Embalse Beatriz, se pueden mencionar las siguientes conclusiones:

- 1) El Servicio de Conservación de Recursos Naturales (NRCS) mediante su sistema de clasificación de suelos, catalogó los suelos Toa como suelos de fácil labranza que tienen pocas limitaciones que restringen su uso.
- 2) Con excepción de los suelos Estación y Toa, el USDA-NRCS, mediante su sistema de clasificación de suelos, catalogó los suelos existentes con serias limitaciones para su desarrollo agrícola.
- 3) La serie Río Arriba (RoC2) fue clasificada bajo el Grado 3 en el Índice de Storie, o suelos adecuados para la agricultura.
- 4) El análisis de los suelos utilizando el Índice Storie refleja que aproximadamente el 55% de los suelos presentes en el área a ser utilizada para la construcción del Embalse Beatriz y demás componentes están clasificados como suelos excelentes o adecuados para la agricultura.
- 5) El 45% del área propuesta presenta características que dificultan el desarrollo de cultivos agrícolas tradicionales, debido a la composición de los suelos, las pendientes pronunciadas y el alto potencial erosivo de éstos, de acuerdo a la clasificación del Índice Storie.
- 6) El mejoramiento y producción de los pastos existentes en el área es la mejor alternativa para el manejo y uso de estos terrenos, aunque no sea la alternativa con mayor rendimiento económico.
- 7) Entre las alternativas agrícolas recomendadas para el predio, la que presenta mejor viabilidad económica para su desarrollo es el cultivo de plátanos. Utilizando una densidad de 1,175 plantas, la ganancia neta por cuerda es de aproximadamente \$2,547 dólares.
- 8) El desarrollo de empresas agrícolas utilizando sistemas de hidroponía o riego por goteo podrían representar una alternativa para el área propuesta, no obstante se deben analizar los diferentes cultivos y el mercado actual que justifiquen los altos costos de inversión inicial relacionados a esta tecnología.

### RECOMENDACIONES

Luego de haber analizado los suelos y las características presentes en el área propuesta, se pueden mencionar las siguientes recomendaciones:

- 1) Prácticas de conservación y manejo de suelos deben ser implantadas, si se quieren desarrollar actividades agrícolas en el área bajo estudio.
- 2) Si el área descrita es utilizada para la construcción del Proyecto propuesto, se recomienda se implante un plan para el control de la erosión y sedimentación, debido a la naturaleza erosiva de estos suelos.
- 3) Durante la construcción y operación se recomienda se implante un plan de manejo y conservación de los suelos existentes, que incluya el desarrollo de áreas de amortiguamiento a lo largo de toda la periferia del embalse para controlar o reducir la entrada de sedimentos al cuerpo de agua a ser construido.
- 4) Se recomienda que de ser utilizados los suelos para el desarrollo propuesto, se construya al contorno del terreno para evitar al máximo la erosión y producción de sedimentos.
- 5) Se recomienda la siembra y mejoramiento de los pastos en el área propuesta para disposición de sedimentos, ya que se proyecta utilización de estos terrenos en aproximadamente 100 años.
- 6) De no ser utilizada el área para el desarrollo propuesto, se recomienda que el área permanezca bajo cobertura vegetal natural, controlando de esta forma los peligros de erosión presentes en estos suelos.

## **X. REFERENCIAS**

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. 1997. Guías de Reforestación para las Cuencas Hidrográficas de Puerto Rico. Comité Interagencial. Borrador Informe Final

Estación Experimental Agrícola- Colegio de Ciencias Agrícolas- Recinto Universitario de Mayagüez – Universidad de Puerto Rico, 1995, Conjunto tecnológico para la producción de plátanos y guineos.

Estación Experimental Agrícola- Colegio de Ciencias Agrícolas- Recinto Universitario de Mayagüez – Universidad de Puerto Rico, 2002, Guía para el reconocimiento de malezas comunes en zonas agrícolas de Puerto Rico.

Estación Experimental Agrícola- Colegio de Ciencias Agrícolas- Recinto Universitario de Mayagüez – Universidad de Puerto Rico, 2003. Siembra de Pastos para Henificar, Yamil Quijano Cabrera, Especialista en Forrajes

Estación Experimental Agrícola- Colegio de Ciencias Agrícolas- Recinto Universitario de Mayagüez – Universidad de Puerto Rico, 2004. Updated Taxonomic Classification of the Soils of Puerto Rico, 2002

Storie, R.E. 1970. Manual de evaluación de suelos. Universidad de California, Berkeley, Calif. 225pp.

United States Department of Agriculture-Natural Resource Conservation Service, Caribbean Area, 2000, Manual de Conservación de Recursos Naturales-Enfoque Ambiental de la Agricultura, Puerto Rico

United States Department of Agriculture-Natural Resource Conservation Service, 1978, Soil Survey of San Juan Area, Puerto Rico

United States Department of Agriculture-Natural Resource Conservation Service, Guía para La Evaluación de Suelos y Valoración de Sitios.

United States Department of Agriculture, 2002, Agriculture Census for Puerto Rico