



Louis Berger



INFORME DE MODELACION DE CALIDAD DE AGUA PARA EL RIO AGUACATE

SERVICIOS DE GERENCIA DE PROYECTO, SUPERVISIÓN Y ASESORÍA TÉCNICA PARA EL SANEAMIENTO DEL SECTOR DE BURUNGA

Febrero 2016 – Rev. 0

CONTENIDO

1. Introducción 4

2. Definición del área de estudio 4

3. Objetivo 7

4. Documentos de Referencia 7

5. Modelación Hidráulica de calidad de agua 7

 5.1 Consideraciones para el Modelo de Calidad de Agua 8

 5.2 Creación del Modelo 9

 5.2.1 Generación de Superficie 9

 5.2.2 Condiciones de contorno e iniciales..... 10

 5.2.3 Asignacion del punto de descarga 11

 5.2.4 Generación de Mallas 11

 5.2.5 Post-Proceso 13

6. Resultados 23

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1- Localización del proyecto y Cuencas Hidrográficas.....5

Figura 2 – Localización PTAR y Punto de Descarga6

Figura 3 – MDT del Rio Aguacate (Área en estudio).9

Figura 4 – Geometría del Rio Aguacate (Área en estudio).10

Figura 5 – Asignación de Condiciones de Contorno e Iniciales.11

Figura 6 – Malla Generada del Rio Aguacate.12

Figura 7 – Resultados de la DBO a lo largo del Rio Aguacate Época de Verano13

Figura 8 – Resultados de la OD a lo largo del Rio Aguacate Época de Verano.14

Figura 9 – Resultados del NH3 a lo largo del Rio Aguacate Época de Verano.....15

Figura 10 – Resultados del NO3 a lo largo del Rio Aguacate Época de Verano.16

Figura 11 – Resultados del N-Org a lo largo del Rio Aguacate Época de Verano.17

Figura 12 – Resultados de la DBOC a lo largo del Rio Aguacate Época de Invierno18

Figura 13 – Resultados de la OD a lo largo del Rio Aguacate Época de Invierno.19

Figura 14 – Resultados del NH3 a lo largo del Rio Aguacate Época de Invierno.20

Figura 15 – Resultados del NO3 a lo largo del Rio Aguacate Época de Invierno.21

Figura 16 – Resultados del N-Org a lo largo del Rio Aguacate Época de Invierno.....22

1. INTRODUCCIÓN

El Ministerio de Salud, a través de la Unidad Coordinadora del Proyecto Saneamiento de la Ciudad y de la Bahía de Panamá, está llevando a cabo el Saneamiento del Sector de Burunga, distrito de Arraiján, provincia de Panamá Oeste. Con este proyecto se iniciará con la disminución de la contaminación y las enfermedades de origen hídrico en el sector y busca recuperar las condiciones sanitarias y ambientales del área de Panamá Oeste, eliminando la contaminación por aguas residuales no tratadas en los ríos y en las zonas costeras de la Bahía de Panamá, lo que se traduce en una mejora de las condiciones de salud, medio ambiente y calidad de vida de la población.

En ese sentido se contempla la implementación de un sistema de Tratamiento único que se ubicará al sur del Sector de Nuevo Chorrillo (área sur del Centro de Salud de Nuevo Chorrillo) en la margen derecha del Río Aguacate en sentido de la corriente. La disposición final de las Aguas residuales tratadas será en el río Aguacate, para lo cual será necesaria la evaluación de la capacidad de asimilación del río a fin de verificar que se cumplan con los Estándares de calidad ambiental (ECAs) establecidos en la normativa vigente.

El presente documento presenta la variación de las concentraciones de los principales parámetros a lo largo del río aguacate luego de su vertido; con el fin de determinar la longitud en la cual la fuente receptora alcanza los estándares de calidad. Para el análisis se consideraron los siguientes parámetros:

- Coliformes Totales,
- Oxígeno Disuelto,
- DBO₅,
- Nitrógeno Orgánico (N-org),
- Nitrógeno Amoniacal (N-NH₃)
- Nitratos (N-NO₃)

2. DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El objeto del principal de este estudio es el Río Aguacate que está localizado en la provincia de Panamá Oeste, en el distrito de Arraiján y comprende los corregimientos de Burunga, Cerro Silvestre, Vista Alegre y Arraiján Cabecera.

Hacia el río Aguacate confluyen tres cuencas: la Cuenca del Río Potrero, Cuenca del Río Burunga y la Cuenca del Río Cáceres. En la Figura 1 se presenta la localización del área de estudio y las cuencas hidrográficas, en la Figura 2 se presenta la localización de la PTAR Arraiján Este y el punto de la descarga.

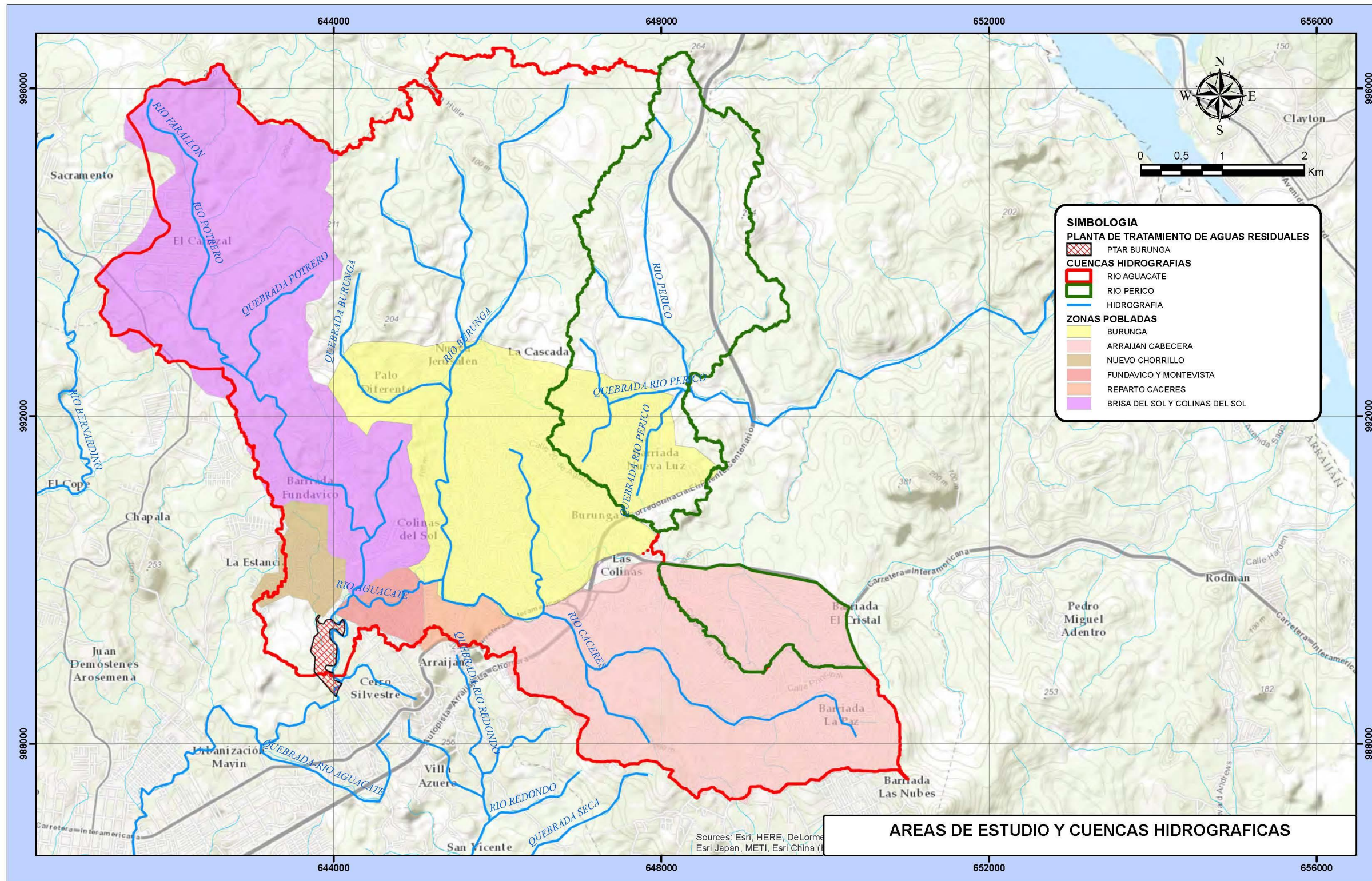


Figura 1- Localización del proyecto y Cuencas Hidrográficas

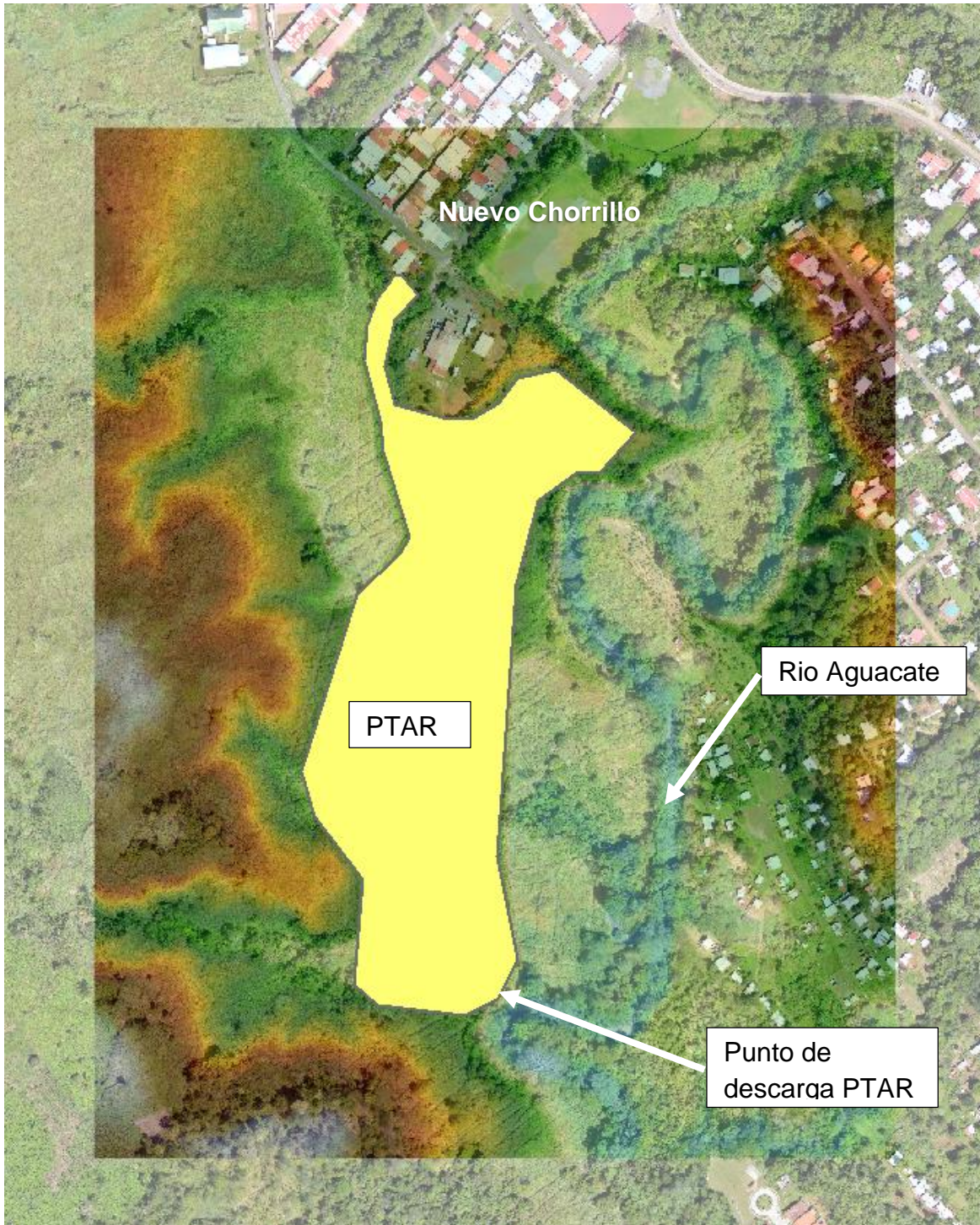


Figura 2 – Localización PTAR y Punto de Descarga

3. OBJETIVO

Este documento tiene por objeto determinar las variaciones de las las concentraciones de los principales parámetros a lo largo del Río Aguacate luego de su vertido a través de la elaboración de un modelo de calidad de Agua mediante el programa IBER 2.3.2; con el fin de determinar la longitud en la cual la fuente receptora alcanza los estándares de calidad. El modelo plantea dos escenarios uno para el verano (estación seca) y otra para el invierno (estación lluviosa).

4. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

A continuación para este informe es necesario de que se tenga en cuenta las siguientes documentaciones a manera referencial del estado de Calidad de Agua:

1. Plan Nacional para la Gestión Integrada de los Recursos, Panamá 2008-2012, Consejo Nacional del Ambiente.
2. Restricción del Rio Caimito para Uso Recreativo según el Índice de Calidad de Agua 2004.
3. Informe de Monitoreo de la Calidad del Agua en las Cuencas Hidrográficas de Panamá, Compendio de Resultados, Años 2002-2008, Autoridad Nacional del Ambiente, Junio 2009.
4. Catastro de Caudales Mensuales y Aforos Esporadicos en Rios de la Republica de Panamá, ANAM - Panamá-1993
5. Decreto Ejecutivo No. 75 *"Por el cual se dicta la norma primaria de calidad ambiental y niveles de calidad para las aguas continentales de uso recreativo con y sin contacto directo"*, 4 de Junio 2008.
6. Recursos Hídricos Panamá 2011, Noel Trejos Castillo (BID, FUNDACION FEMSA, TEC DE MONTERREY)

5. MODELACIÓN HIDRÁULICA DE CALIDAD DE AGUA

Iber es un modelo numérico de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no permanente y de procesos medioambientales en hidráulica fluvial. El modelo consta de distintos módulos entre los que se encuentran: hidrodinámica, turbulencia, transporte de sedimentos por carga de fondo y en suspensión, y calidad de aguas. Todos los módulos están basados en ecuaciones de transporte bidimensionales promediadas en profundidad.

En el módulo de Calidad de Agua se utiliza para calcular la evolución espacio-temporal de los siguientes parámetros:

- Coliformes Totales,
- Oxígeno Disuelto,

- DBO₅,
- Nitrógeno Orgánico (N-org),
- Nitrógeno Amoniacal (N-NH₃)
- Nitratos (N-NO₃)

Para calcular la concentración de cada parámetro se resuelve una ecuación de transporte 2D promediada en profundidad, incluyendo términos de reacción que modelan la interacción y dependencias entre las distintas variables.

Para alimentar el modelo se incorporan las condiciones iniciales de calidad y el caudal del río, además de las concentraciones de los parámetros principales y el caudal de descarga la PTAR Arraiján Este al Río Aguacate. En el ítem siguiente se indican las consideraciones adoptadas para este modelo.

5.1 Consideraciones para el Modelo de Calidad de Agua

Para la elaboración del modelo de calidad de agua se adoptaron las siguientes condiciones:

1. Se considera un valor constante aguas arriba de las concentraciones en estudio (Coliformes Totales, Oxígeno Disueltos, la DBO₅, el Nitrógeno Orgánico (N-org), el Nitrógeno Amoniacal (N-NH₃) y los Nitrógenos en formas de Nitratos (N-NO₃)); teniendo en cuenta que esos valores han sido estimados considerando la cobertura total de Alcantarillado Sanitario del Proyecto de Saneamiento para Arraiján Este.
2. Aguas abajo del punto de vertido de la PTAR, se considera que el comportamiento de las concentraciones a lo largo del Río Aguacate luego de la descarga no se verán alteradas por otros agentes que interfiera con los valores calculados.
3. El Río Aguacate siendo un afluente del Río Caimito presenta una restricción sobre su uso recreativo por contacto directo, según los documentos de referencia aguas abajo del punto de vertido de la PTAR, por lo que el ECAs a utilizar son los referentes al uso del agua sin contacto directo.
4. Tomando en consideración lo anteriormente expuesto, para determinar la longitud de influencia aguas debajo de la descarga de la PTAR, se adoptará un valor en donde la DBO alcanza 5mg/l, dicha longitud dependerá principalmente de la capacidad de asimilación del Río y su autpurificación.

5.2 Creación del Modelo

5.2.1 Generación de Superficie

Antes de Iniciar la modelación es importante definir el terreno donde se realizara el estudio, por lo que en la siguiente figura se muestra el MDT (Modelo Digital del Terreno) con el que se estudiara el Río Aguacate.

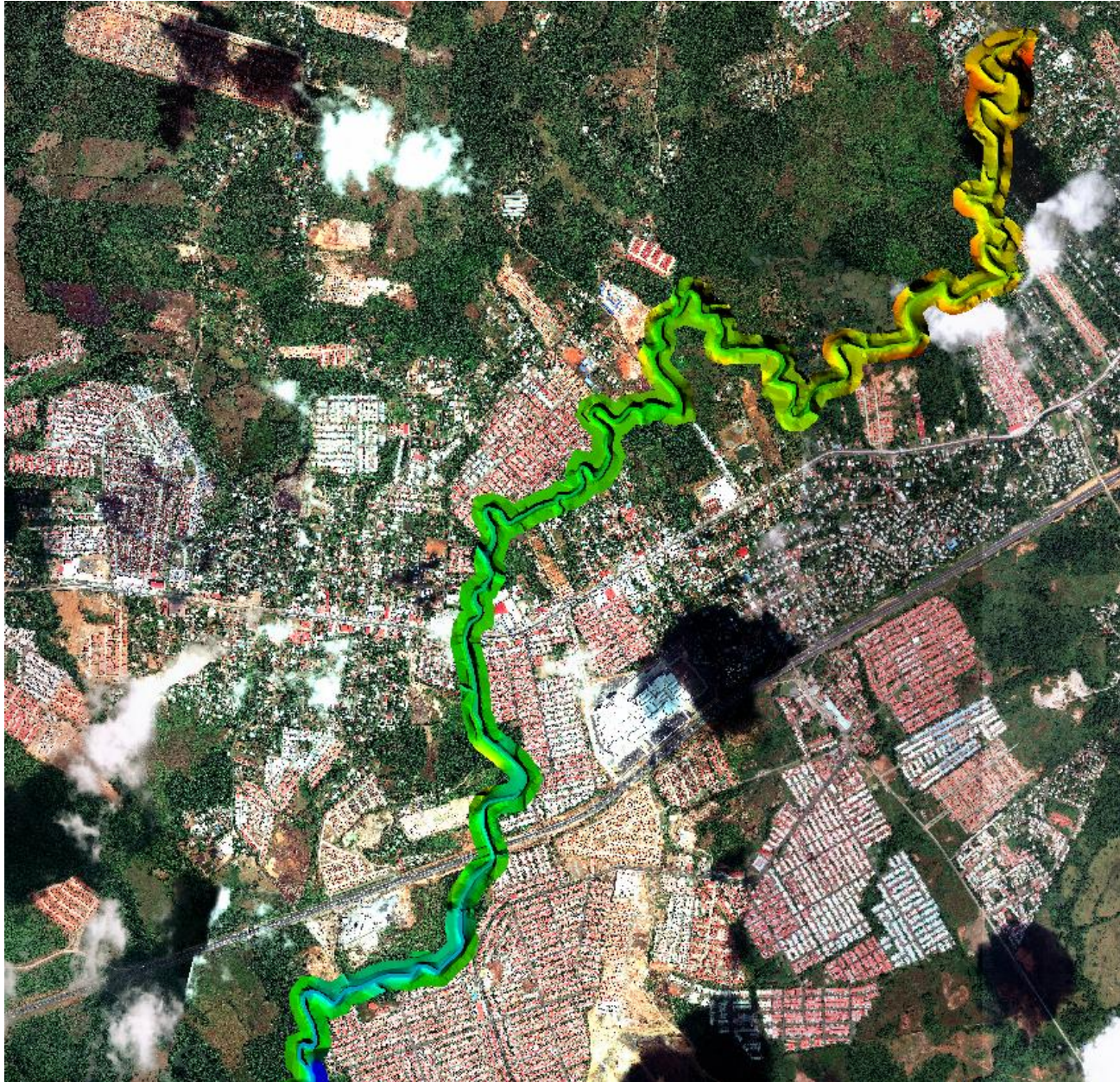


Figura 3 – MDT del Río Aguacate (Área en estudio).

A partir de Modelo digital de Terreno se realizó la geometría que se utilizara para la modelación y para la asignación de las condiciones de contorno e iniciales.



Figura 4 – Geometría del Rio Aguacate (Área en estudio).

5.2.2 Condiciones de contorno e iniciales.

Se ingresaron al programa como condiciones de contorno e iniciales para el módulo de Hidrodinámica teniendo en cuenta que para época de Estiaje el caudal promedio del río es de aproximadamente de **1.34 m³/s** (valor aforado en época de estiaje) y para época de Invierno el valor promedio es **3.18 m³/s** (obtenido del CATASTRO DE CAUDALES MENSUALES Y A AFOROS ESPORADICOS EN RIOS DE LA REPUBLICA DE PANAMA, ANAM - PANAMA-1993). En el caso de los valores para las condiciones iniciales se tomaron las siguientes:

Tabla 1 – Condiciones Iniciales

CONDICIONES INICIALES		
Salinidad	0	kg/m ³
Temperatura	27.6	°C
Coliforme	1000	ufc/100ml
Oxígeno Disuelto	0.006	kg/m ³
DBOC	0.003	kg/m ³
Nitrógenos		
Norg	0.001968	kg/m ³
NH ₃	0.001816	kg/m ³
NO ₃	0.0045	kg/m ³

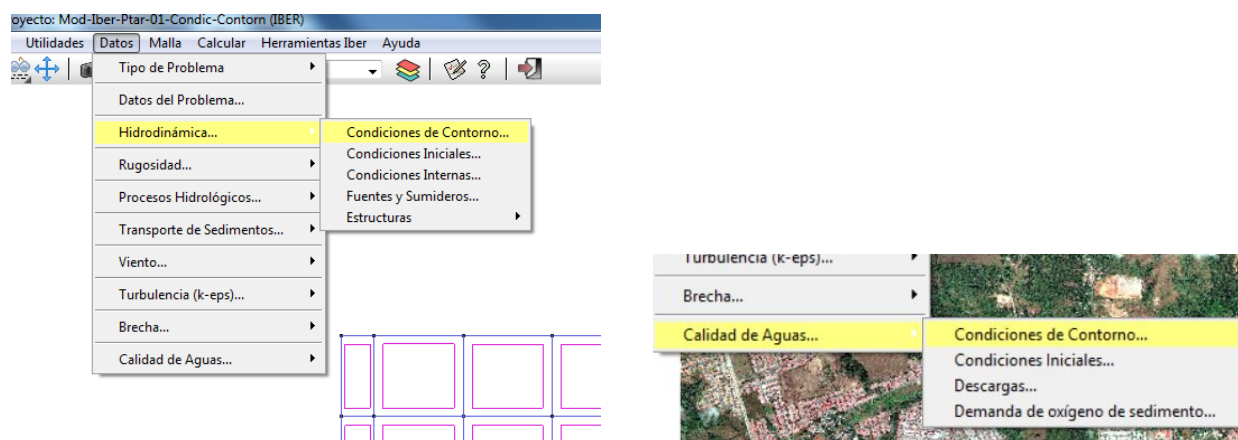


Figura 5 – Asignación de Condiciones de Contorno e Iniciales.

5.2.3 Asignación del punto de descarga

Los valores que se consideraron en el punto de descarga de la PTAR de Arraiján Este fueron los siguientes:

Tabla 2 – Condiciones del Punto de la Descarga

CONDICIONES PUNTO DE LA DESCARGA		
Salinidad	0	kg/m3
Temperatura	25	°C
Coliforme	1000	ufc/100ml
Oxígeno Disuelto	0.0035	kg/m3
DBOC	0.01	kg/m3
Nitrógenos		
Norg	0.001	kg/m3
NH ₃	0.003	kg/m3
NO ₃	0.006	kg/m3

En el caso de los Coliformes, debido a que los valores de las descarga son similares a las condiciones iniciales del río aguacate, se mantiene invariante a lo largo de su recorrido por lo cual no se considera dentro de esta evaluación.

5.2.4 Generación de Mallas

Una vez que se realizaron todas las asignaciones se generó una malla el cual es un elemento fundamental para conseguir los resultados de la modelación para época de invierno y de verano:



Figura 6 – Malla Generada del Río Aguacate.

5.2.5 Post-Proceso

Una vez finalizado el cálculo, se procedió a acceder al post-proceso para visualizar y analizar los resultados para las diferentes concentraciones en estudio:



Figura 7 – Resultados de la DBO a lo largo del Rio Aguacate Época de Verano



Figura 8 – Resultados de la OD a lo largo del Río Aguacate Época de Verano.



Figura 9 – Resultados del NH_3 a lo largo del Rio Aguacate Época de Verano.



Figura 10 – Resultados del NO_3 a lo largo del Rio Aguacate Época de Verano.



Figura 11 – Resultados del N-Org a lo largo del Rio Aguacate Época de Verano.



Figura 12 – Resultados de la DBOC a lo largo del Rio Aguacate Época de Invierno

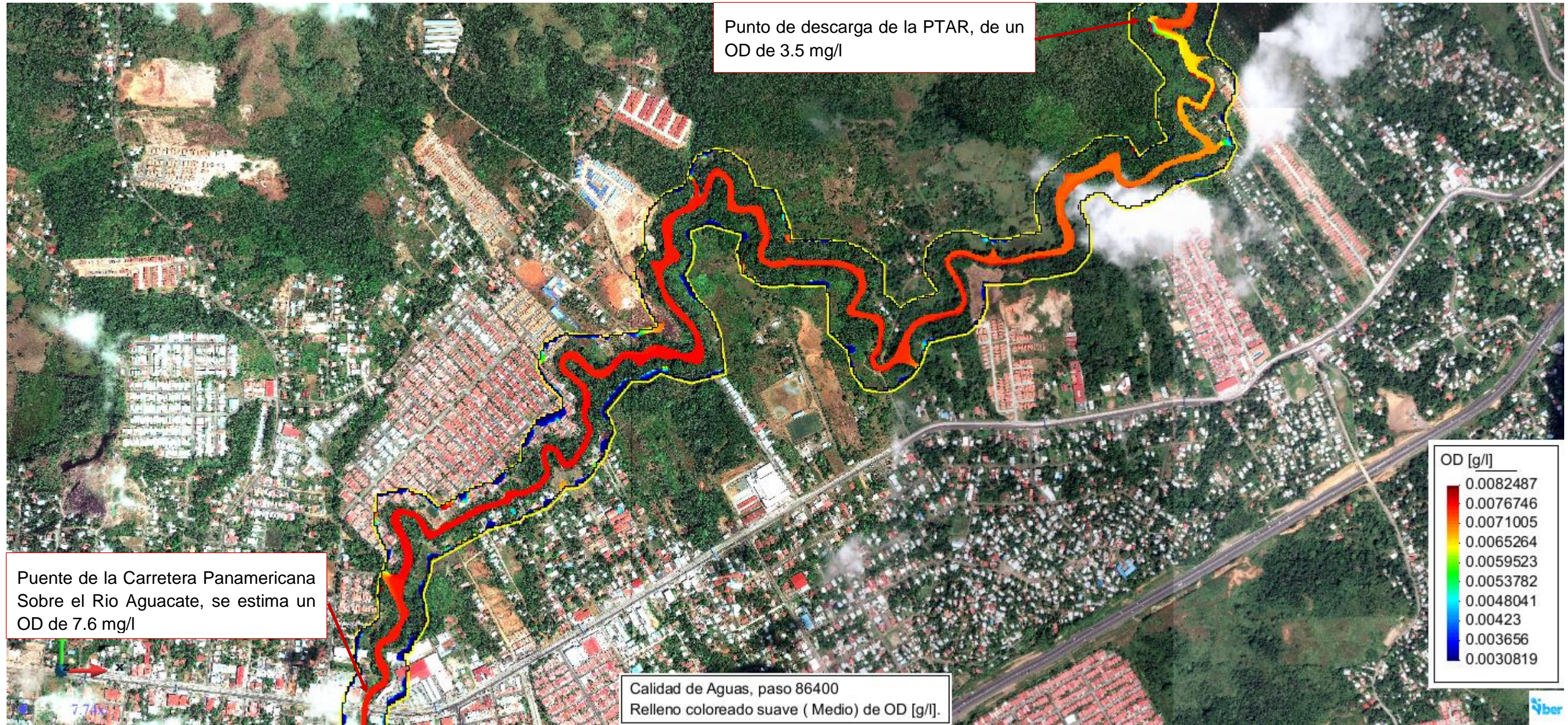


Figura 13 – Resultados de la OD a lo largo del Rio Aguacate Época de Invierno.



Figura 14 – Resultados del NH3 a lo largo del Rio Aguacate Época de Invierno.

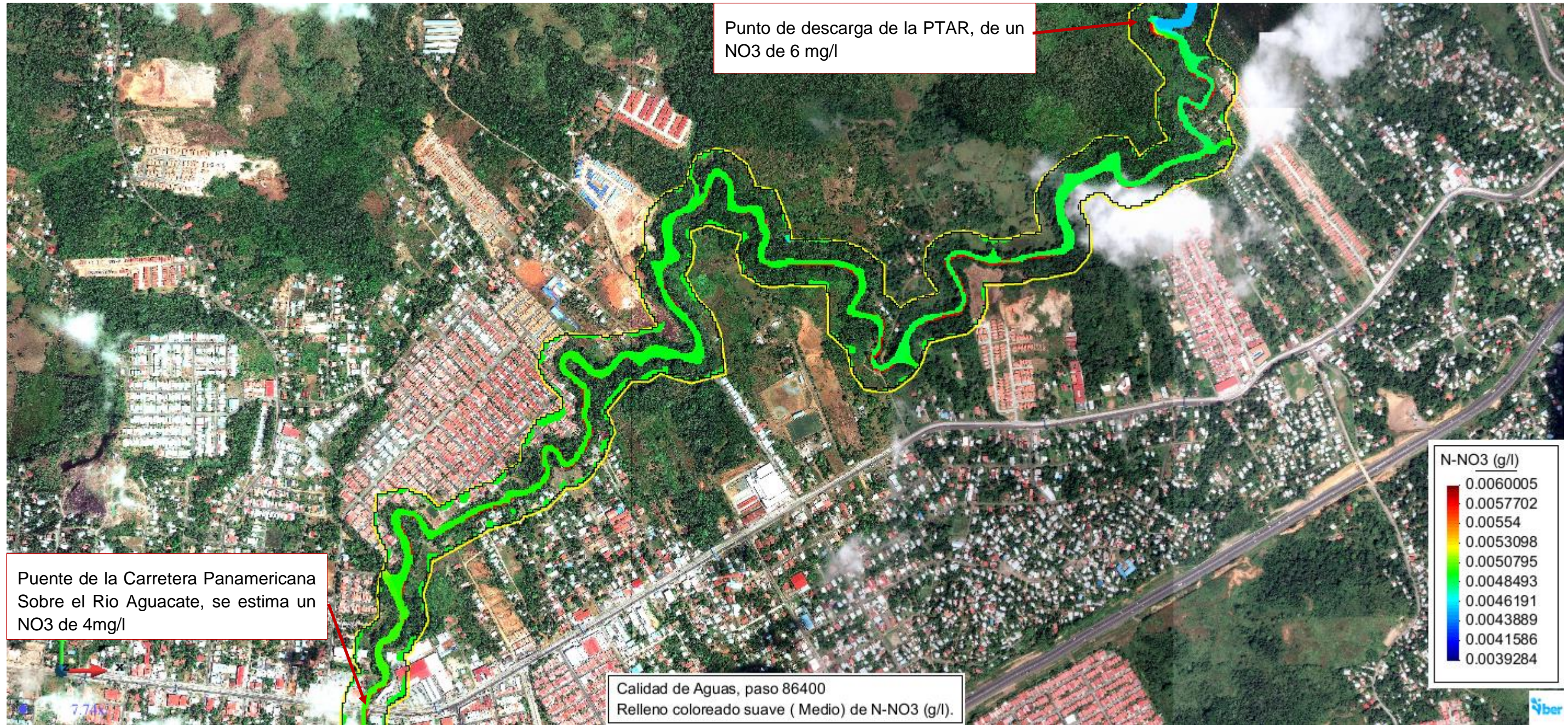


Figura 15 – Resultados del NO3 a lo largo del Rio Aguacate Época de Invierno.



Figura 16 – Resultados del N-Org a lo largo del Rio Aguacate Época de Invierno.

6. RESULTADOS

En las tablas siguientes se presentan los valores arrojados por el modelo de calidad, en el punto en el cual el río alcanza los parámetros de calidad establecidos por la normativa local mencionada, el cual fue localizado en el Puente de la Vía Panamericana sobre el Río Aguacate, para los dos escenarios modelados (época de verano e invierno):

Tabla 3 – Resultados Época de Verano (Estación Seca)

TABLA DE RESULTADOS (EPOCA DE VERANO)		
Salinidad	0	kg/m ³
Temperatura	27	°C
Oxígeno Disuelto	7	mg/l
DBO	5	mg/l
Nitrógenos		
Norg	4.5	mg/l
NH₃	2.5	mg/l
NO₃	5	mg/l

Tabla 4 – Resultados Época de Invierno (Estación Lluviosa)

TABLA DE RESULTADOS (EPOCA DE INVIERNO)		
Salinidad	0	kg/m ³
Temperatura	27	°C
Oxígeno Disuelto	7.6	mg/l
DBO	4	mg/l
Nitrógenos		
Norg	3.5	mg/l
NH₃	2	mg/l
NO₃	4	mg/l

La longitud total desde el punto donde se ubica la descarga (643909.178E - 988931.299N) hasta el puente de la vía Panamericana sobre el río Aguacate (641526.713E - 986844.265N) es de 6.27Km. En este punto la DBO alcanza un valor de 5mg/l para la época de estiaje (verano) siendo está la estación más crítica por la disminución del caudal (según los ECAS para aguas continentales de uso recreativo sin contacto directo – ref. Decreto Ejecutivo No. 75 del 4 de Junio 2008).