



CDMB

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA
DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA

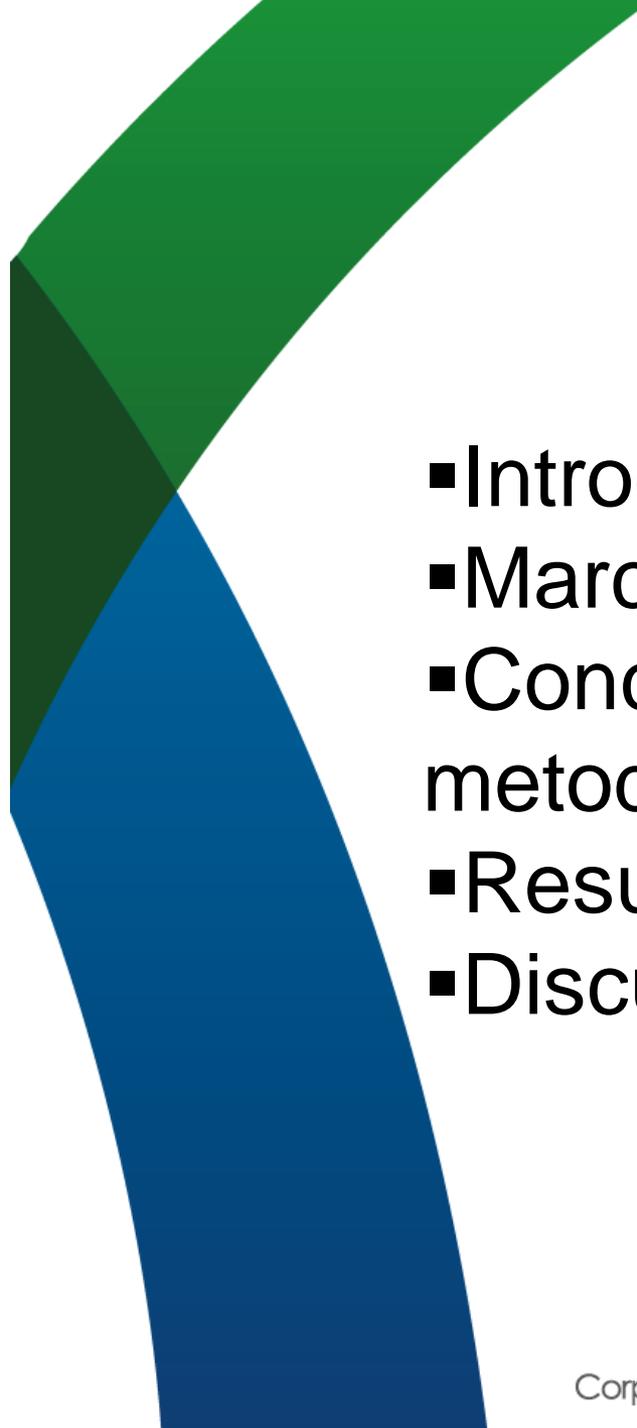
ambiente para la gente

TASAS RETRIBUTIVAS POR VERTIMIENTOS PUNTUALES

Decreto 2667 DE 2012

**Proceso de Consulta de
Metas de cargas
contaminantes: cuarto
quinquenio**

**ANALISIS DE ESCENARIOS PARA LA
DEFINICION DEL MARCO DE METAS
CUASIÓPTIMAS**



PROGRAMA DE TRABAJO

- Introducción
- Marco normativo
- Conceptualización y metodología
- Resultados
- Discusión final

MARCO NORMATIVO

Para la determinación de la meta global en un cuerpo de agua o tramo del mismo, se hará teniendo en cuenta:

1. La línea base de usuarios y cargas,
2. Las proyecciones de carga de los usuarios
3. Los objetivos de calidad vigentes al final del quinquenio,
4. La capacidad de carga del tramo o cuerpo de agua
5. La ejecución de obras previstas en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos - PSMV, Permiso de Vertimientos
6. Plan de Reconversión a Tecnología Limpia en Gestión de Vertimientos, de conformidad con lo dispuesto en el Decreto 3930 de 2010.

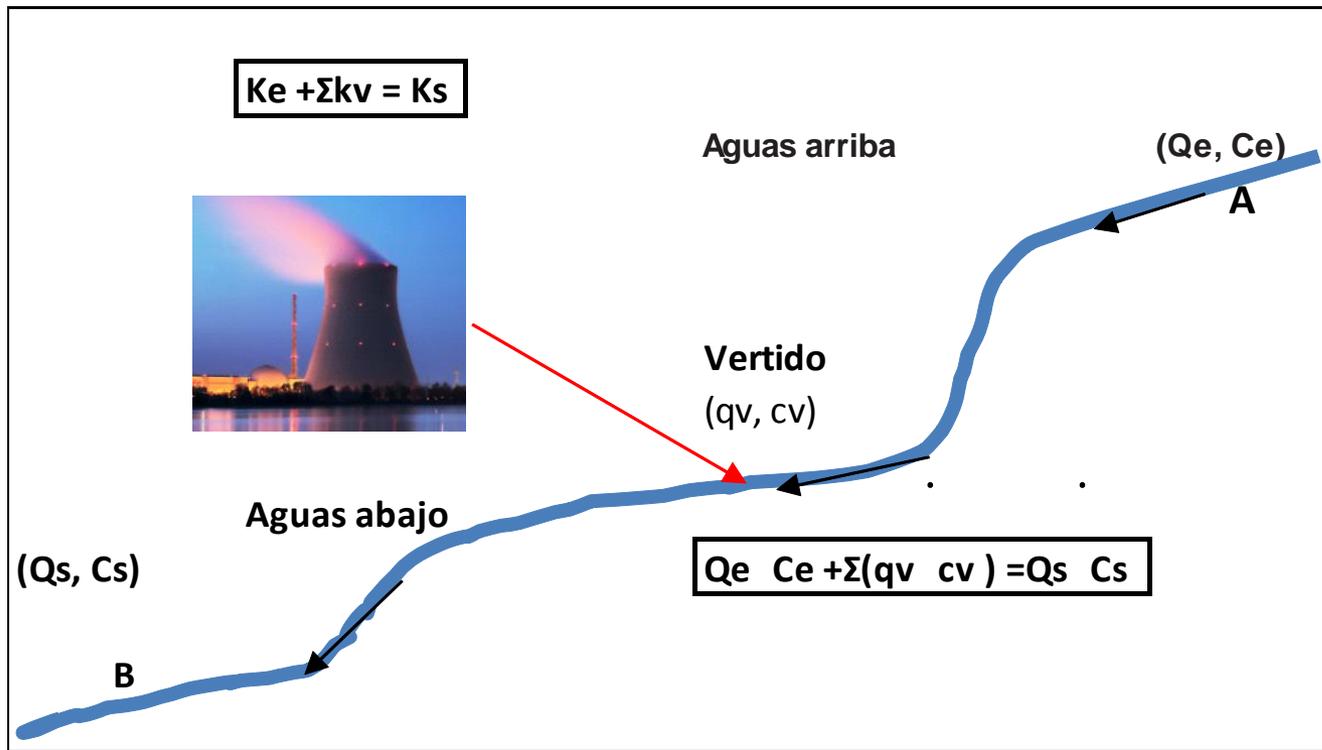
Marco conceptual

La verificación del cumplimiento de las normas de calidad ambiental vigentes antes de establecer la reglamentación y como herramienta para definir nuevos límites de vertimiento, se puede valorar de diversas maneras:

- Por balance de masas: que representa un tanteo inicial, más o menos aproximado
- A través de un Modelo matemático de simulación: el cual es mucho más preciso que el balance de masas aunque de mayor complejidad

Balance de masas

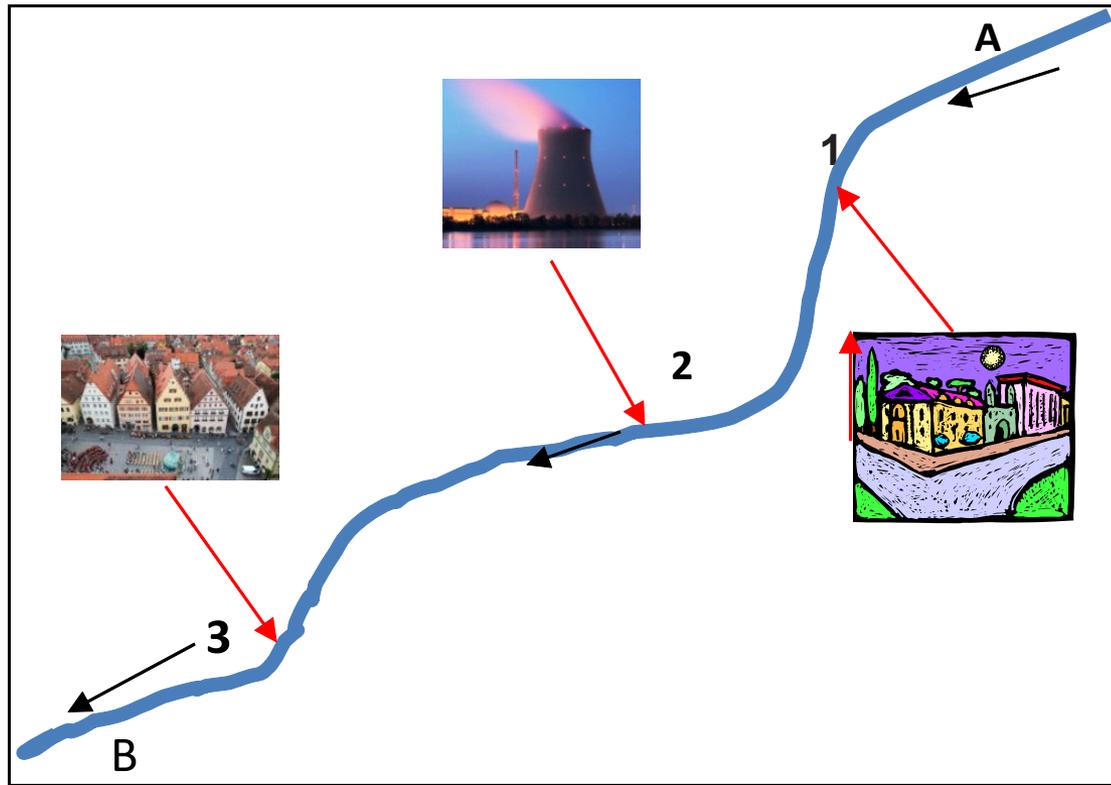
$$K \text{ (Carga)} = Q \text{ (Caudal)} * C \text{ (Concentración)}$$



Modelos matemáticos de CMP: criterios de selección

- Los funcionarios de las AAC deben estar claros los objetivos a alcanzar y la necesidad de modelizar ya que si es posible económicamente, es mejor medir que modelizar.
- El modelo a utilizar debe ser lo más simple posible, para que sea fácil interpretar los resultados obtenidos y tomar decisiones basados en los mismos. Si en un modelo intervienen demasiados factores finalmente será difícil decidir cuál de los factores es el causante del problema.
- Deben definirse cuidadosamente los parámetros a modelizar.
- El modelo debe ser coherente con los datos de los que se disponga.

Modelos matemáticos de CMP: Streeter and Phelps – condiciones basicas



Modelos matemáticos de CMP: Streeter and Phelps – condiciones básicas

La teoría se soporta en pruebas y modificaciones al modelo de Streeter and Phelps, realizadas por Thomas (1948), quien sustentó el análisis en los trabajos de Fair and Geyer (1968). Ellos desarrollaron las curvas conjugadas (nomograma), y definieron las variables básicas, que regularmente y para casos más rigurosos, requieren de una completa instrumentación, monitoreo y sistematización, adaptándolas para aquellas situaciones donde se requiera un primer análisis de capacidad de asimilación.

Este aporte es particularmente útil, sobretodo cuando no se dispone del tiempo y de los recursos necesarios para implementar el modelo de simulación con sus propias curvas y variables.

Modelos matemáticos de CMP: Streeter and Phelps – Nomograma de Thomas

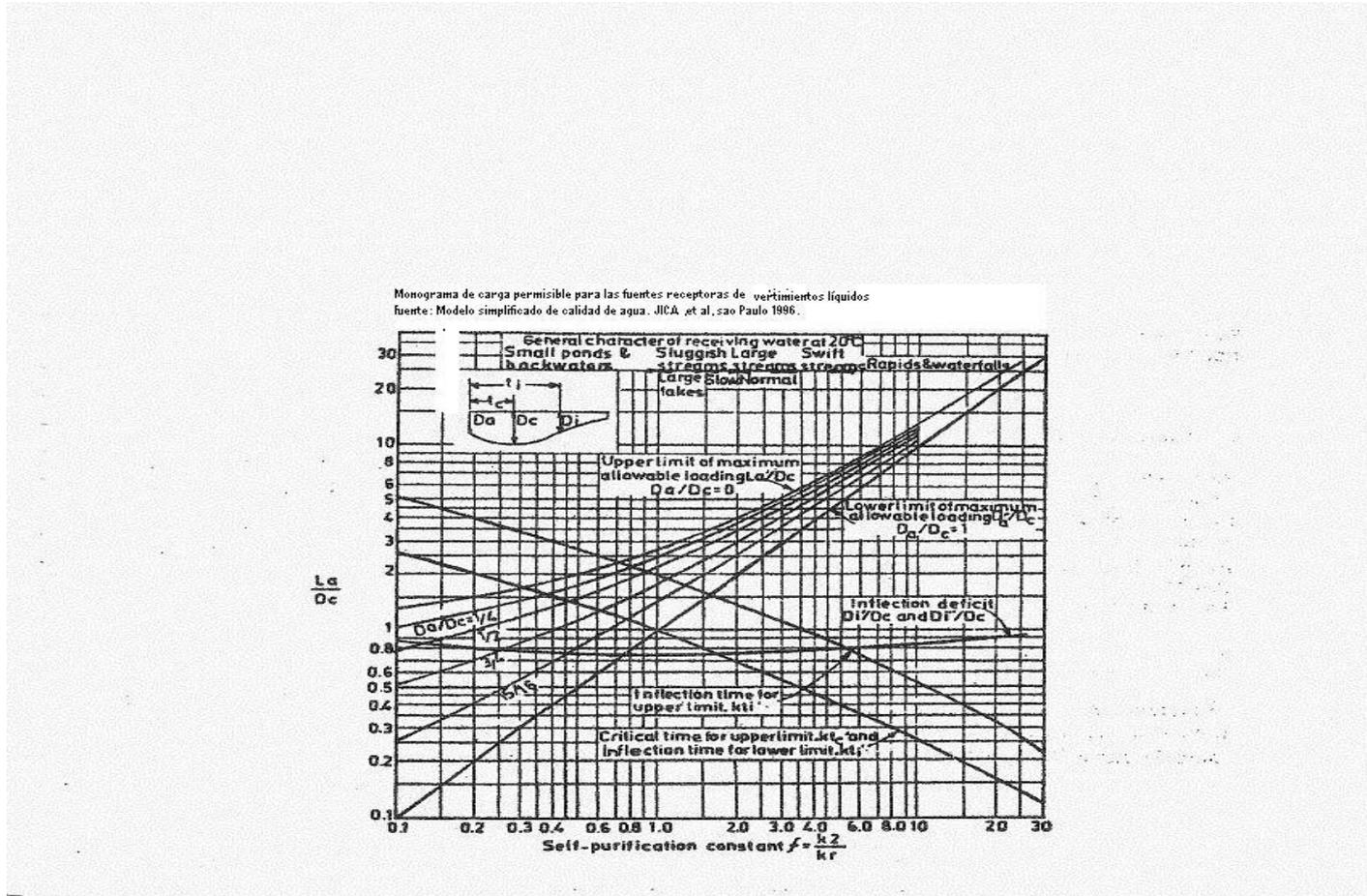
Por medio del nomograma de cargas de Thomas, es posible estimar rápidamente la carga de DBOu que puede ser vertida a un río conociendo o fijando un nivel de oxígeno disuelto – OD, el cual se desea o se requiere garantizar, en un punto determinado de la corriente.

El nomograma, el cual se presenta en la figura 3, permite obtener la concentración de DBOu permisible (L_c), en un punto posterior a la descarga, para un valor dado de la constante de autopurificación “ f ”, y de acuerdo a la relación entre el déficit puntual inicial y el déficit crítico de oxígeno, dado por la relación (D_a/D_c).

Modelos matemáticos de CMP: Streeter and Phelps – Nomograma de Thomas

El nomograma, el cual se presenta en la figura 3, permite obtener la concentración de DBOu permisible (L_c), en un punto posterior a la descarga, para un valor dado de la constante de autopurificación " f ", y de acuerdo a la relación entre el déficit puntual inicial y el déficit crítico de oxígeno, dado por la relación (D_a/D_c).

Modelos matemáticos de CMP: Streeter and Phelps – Nomograma de Thomas



Modelos matemáticos de CMP: Streeter and Phelps – variables de modelación

$f = k_2/k_r$ constante de autopurificación del cuerpo de agua

k_2 = constante de reaireación, por día

k_r = constante de la tasa de remoción de DBO, por día

D_a = Déficit inicial de oxígeno disuelto. Es igual a $(C_s - C_a)$, en mg/l

D_c = Déficit crítico de oxígeno. Es igual a $(C_s - C_c)$, en mg/l

C_s = concentración de oxígeno de saturación en mg/l

C_a = concentración inicial de oxígeno disuelto en mg/l

C_c = concentración mínima aceptable de oxígeno disuelto, mg/l

L_a = concentración de la DBOu inmediatamente después de la descarga

Modelos matemáticos de CMP: paso a paso de la modelación

Conociendo la información indicada, se procede de la siguiente manera para calcular la DBO_5 tolerable o capacidad de carga en un río:

1) Calcule el cociente D_a/D_c

2) A partir del nomograma de cargas (Thomas) de la siguiente figura, estime el valor del cociente (L_a/D_c) , usando la constante de autopurificación "f" de acuerdo a la curva (D_a/D_c) apropiada.

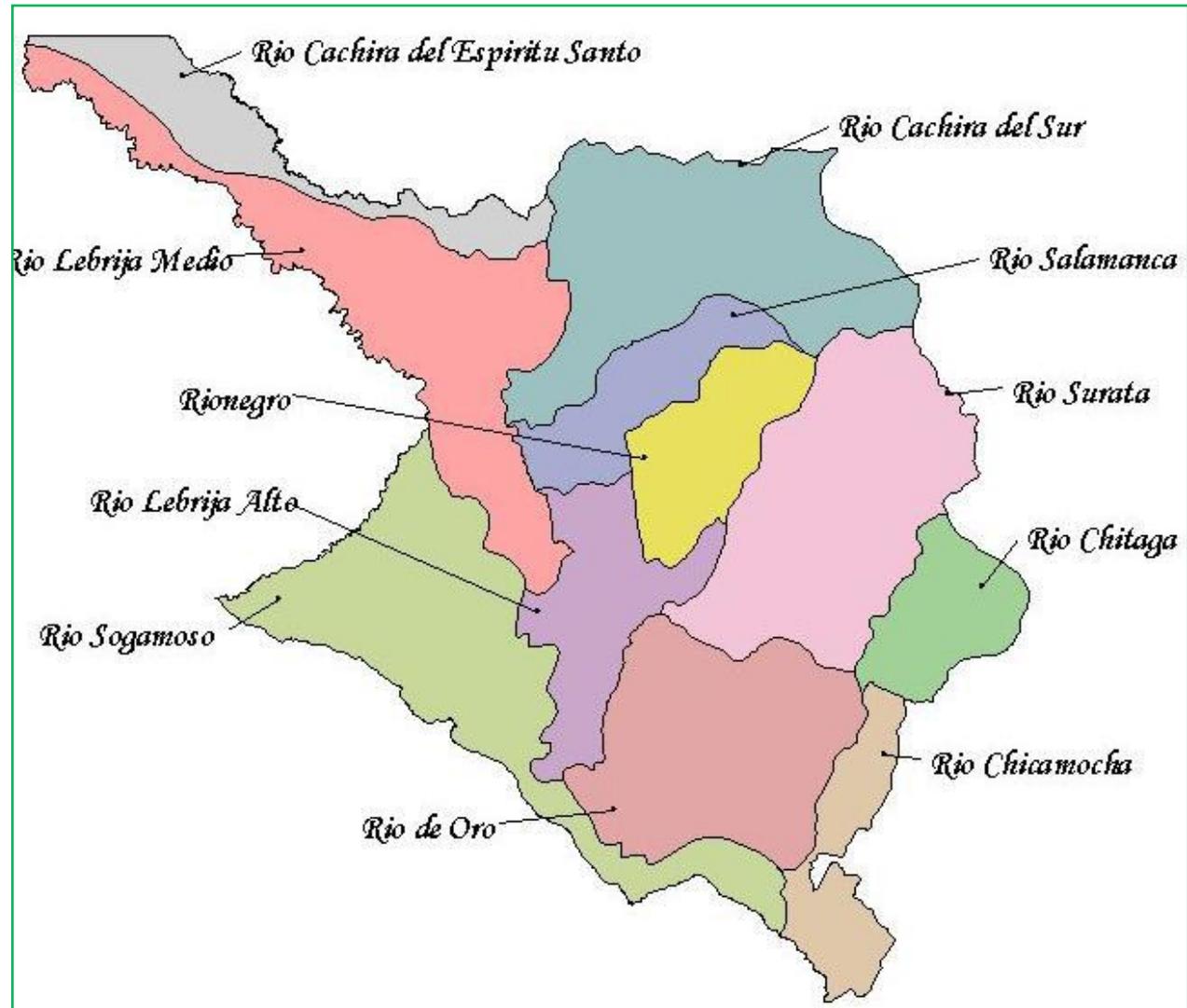
3) Calcule L_a de la ecuación:

$$L_a = D_c * (L_a/L_c)$$

4) Calcule la carga permisible C_p DBO_u de la ecuación:

$$C_p \text{ } DBO_u = (L_a - L_o) * Q$$

Cuencas hidrográficas región CDMB con objetivos de calidad



Resultados: caso individual

Modelación simplificada de capacidad de carga admisible de acuerdo con el objetivo de calidad de los cuerpos de agua de la CDMB				Sustentación técnica
Metodología simplificada de Streeter and Phelps				Planteamiento del objetivo
Cuenca	RIO DE ORO			Calcular la CARGA MAXIMA PERMISIBLE para el tramo e teniendo en cuenta los criterios de calidad, usos y condiciones climáticas y de caudal del tramo en tiempo seco.
Río	RIO DE ORO			
Tramo	NACIMIENTO-RO-05			
Objetivo de calidad	Uso definido (Acuerdo 1075 2006)	Domestico		Modelo conceptual
	OD (mg/L)	6		Se asume que todas las cargas del tramo se concentran en un punto y por tanto, se evalúan condiciones del agua receptora después de haber recibido la descarga (La sumatoria de las cargas puntuales del tramo tomadas de la LINEA BASE DE USUARIOS Y CARGAS DE LA CDMB). Para el caso en el cual se ha destinado el tramo para consumo humano y doméstico, el caso más crítico corresponde a la saturación de OD (8.57 mg/l a 24 OC). En este caso, se requieren como mínimo 6 mg/l de OD, para lo cual el DÉFICIT CRÍTICO permitido sería de 2.57 mg/l a 24 OC.
	DBO5	<3		
	SST	<200		
Carga de entrada de DBO5 a 2013				
Variable	Nombre	Unidad	Valor asumido o calculado	
Caudal tiempo seco del tramo	Q	m3/s	1.6	Reporte monitoreo CDMB 2013
		m3/h	5832	Conversión
DBO5 de entrada en el tramo	Lo	mg/l	1.3	Reporte monitoreo CDMB 2013
DBOu de entrada en el tramo	Lo	mg/l	1.9	Conversion DBO5 a DBOu (La DBO5 SE ASUME COMO EQUIVALENTE AL 70% DE LA DBOu)
Temperatura del agua	T	oC	20	Monitoreo DDMB 2012
Oxígeno disuelto	Ca	mg/l	6	Mínimo valor monitoreado en tiempo seco por la CDMB
Oxígeno de saturación	Cs		8.57	Calculado a partir de datos de presión y temperatura en el tramo. Temperatura de 24 grados centígrados y un factor de corrección por altura de 0,98 (para alturas entre 0 y 500 msnm). Ver tabla de equivalencias
Déficit puntal de oxígeno	Da		2.57	Es el déficit inicial del tramo antes de la descarga. Resulta de restar el OD (Ca) del oxígeno de saturación (Cs)
Déficit crítico de oxígeno	Dc	mg/l	2.57	Valor que resulta de aplicar un primer control deseado, es decir: ¿que pasaría si el objetivo de calidad fuese de 6 mg/L y el límite de control fuese de 02,57 mg/L?
Límite de control de oxígeno	Cc	mg/l	6	Valores con los cuales se juega en la modelación, como límites de control de acuerdo a las condiciones deseadas. En este caso se trata de valor tope definido en el objetivo de calidad de la CDMB
Factor de autpurificación	f		1.500	Factor para cuerpos medianos de baja velocidad (oscilan entre 1.0 - 1.5). Se adopta el límite superior
Relación Da/Dc	Da/Dc		1.000	Resultados del cociente entre Da/Dc
Relación La/Dc	La/Dc		1.5	Valor obtenido del nomograma de cargas de Thomas. Se obtiene localizando en la horizontal el valor de f (1.5) e interceptando al curva o el rango entre curvas donde quede incluido el valor. En este caso para Da/Dc=1.00. El punto de intersección de f y Da/Dc =1 se proyecta a la vertical de la gráfica y allí se obtiene La/Dc= 1.5. Cuando el valor no da exacto, se debe hacer interpolación.
Concentración de DBOu: La(i)=Dc(i)*La/Dc(i)	La	mg/l	3.86	Significa que el cuerpo de agua debe reportar valores por debajo de 3.86 mg/l para estar en el rango del objetivo de calidad.
Carga de DBOu=(La-Lo)*Q/1000	Bdbou1	kg/h de DBOu	11.7	Mientras el oxígeno disuelto se encuentre por encima de 6 mg/l, es decir cuando el déficit no supere los 2.57 mg/l, el tramo tiene una CMP de 11.7 kg/hora como DBOu.
Carga de DBO5=(La-Lo)*Q/1001	DBO5	kg/d de DBO5	195.7	La máxima carga - CMP que soporta el tramo para respetar el objetivo de calidad es de 197.7 kg/d. significa que si las propuestas de metas en la consulta superan este valor, se deberán ajustar para que sean iguales o inferiores a él.

Resultados: consolidado

RIO O QUEBRADA	TRAMO	USO DESTINADO	CARGA MAXIMA PERMISIBLE CMP (kg/d) DBO5	CARGA MAXIMA PERMISIBLE CMP (kg/d) SST (CALCULADA COMO UN 20% POR ENCIMA DE LA DBO5)	FACTORES LIMITANTES	RECOMENDACIONES PARA LA EVALUACION DE METAS PROPUESTAS EN EL TRAMO
Rio de oro	Nacimiento RO - O5	Doméstico	195	234	DBO5 por encima del ODC al final del tramo	Aunque el tramo cuenta con buena CMP, no se deben admitir cargas por encima de 195 kg/d de DBO5. Los SST no deben pasar de 234 kg/d en el tramo
	RO 05 -RO 4A	Agrícola	0	0	Es encasario bajar la DBO5 de 11.5 a 6.0 mg/l	Requiere reducciones de cargas de DBO5 y SST por encima del 50% con respecto a la acrga total recibida en el tramo
	RO 4A -RO 01	Estético	0	0	La CDMB debe controlar los nivels de OD para que no pasen de 2 mg/ y así, evitar olores desagradables.	El tramo a lo sumo, admite mantenerse en las cargas actuales de DBO5 Y SST
Aranzoque Mensulí	Mensulí	Agrícola	0	0	CMP	La CDMB debe requerir metas de reduccion entre medias y altas de caras de mabas sustancias en este tramo
Rio Frío	Rio Frío	Estético	0	0	La CDMB debe controlar los nivels de OD para que no pasen de 2 mg/ y así, evitar olores desagradables.	El tramo a lo sumo, admite mantenerse en las cargas actuales de DBO5 Y SST
Suratá	Suratá Nacimiento SA 03	Doméstico	755.2	906.24	Es encasario controlar la DBO5 para que no pase de 3.0 mg/l	No obstante la CMP positiva, no se deben permitir incrementos con respecto a la carga puntual aportada hoy al río para ambas sustancias
	Suratá SA 03 sa 01	Estético	292.3	350.76	CMP	Las propuestas de cargas no deben superar el valor de CMP encontrado en la modelación
Río Negro	Río Negro	Contacto primario	2831	3397.2	DBO5 al final del tramo	El uso definido no permite que se incrrmente la carga actual, no obstante LA CMP identificada, la cual es de 2831 kg/d para DBO5.
Q. La Angula	Q. La Angula	Estético	1461	1753.2	Ninguna	Evaluar cargas de metas con base en la CMP calculada
R. Salamaga	R. Salamaga	Agrícola (riego)	635	762	Es encasario controlar la DBO5 para que no pase de 10.0 mg/l	No obstante la CMP positiva, no se deben permitir incrementos con respecto a la carga puntual aportada hoy al río para ambas sustancias
R.Cachirí	R.Cachirí	Contacto primario	62640	75168	Es encasario controlar la DBO5 para que no pase de 30.0 mg/l	No obstante la CMP positiva, no se deben permitir incrementos con respecto a la carga puntual aportada hoy al río para ambas sustancias
R.Lebrija	R.Lebrija	Contacto primario	1109	1330.8	Ninguna	Evaluar cargas de metas con base en la CMP calculada
R. Manco	R. Manco	Contacto primario	1236	1483.2	Es encasario controlar la DBO5 para que no pase de 3.0 mg/l	No obstante la CMP positiva, no se deben permitir incrementos con respecto a la carga puntual aportada hoy al río para ambas sustancias
Convenciones	Sin limitaciones	Restringida	Limitada			



Espacio para observaciones e inquietudes



MUCHAS GRACIAS