



**- IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO PARA  
SIMULAR LA CALIDAD DEL AGUA DEL EMBALSE Y  
AGUAS ABAJO DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO  
ITUANGO –  
MODELADO DE LA DESCOMPOSICIÓN DE  
LA VEGETACIÓN A INUNDAR**



**MODELADO DE LA  
DESCOMPOSICIÓN DE LA  
VEGETACIÓN A INUNNDAR**

## 1. MODELIZACIÓN DE LA BIOMASA DE LA VEGETACIÓN.

En las últimas décadas, entre las modificaciones más significativas que el hombre ha realizado en el ambiente está la construcción de embalses con el fin de satisfacer, principalmente, las necesidades de almacenamiento de agua, generación de energía eléctrica y regulación de los caudales de los ríos. La creación de un embalse implica el cambio brusco de un ecosistema terrestre a uno acuático, y al tiempo, el cambio de un ecosistema lótico (río) a uno léntico, con movimientos de agua muy lentos y débiles (Roldán y Ramírez, 2008).

Los embalses tienden a almacenar agua durante largos periodos de tiempo (grandes tiempos de residencia). Esto permite que en su interior se desarrollen procesos internos de ciclo de materia que varían estacional y anualmente, por lo que las variaciones en el transporte y mezcla son importantes en esas escalas de tiempo. También las variaciones en profundidad son mucho más importantes en un embalse que en un río. En la mayoría de los casos, la luz no penetra hasta el fondo del embalse por lo que los procesos de intercambio y la productividad se limitan a las capas superiores. En muchos embalses la mezcla vertical de sus aguas sólo se produce durante algunos periodos del año, por lo que existen grandes gradientes verticales de temperatura y densidad y, por consiguiente, de todos los procesos ecológicos asociados.

Una de las principales cuestiones a estudiar en un embalse son el efecto de la remoción de la vegetación antes del proceso de llenado del embalse y la evolución del estado trófico tras el proceso de llenado y puesta en marcha del embalse.

La remoción de la vegetación ha generado mucha controversia cada vez que se ha construido un nuevo embalse en zonas tropicales debido a los efectos generados sobre la fauna acuática. Por una parte, el mantenimiento de la vegetación terrestre sumergida tiene un impacto positivo por (1) proporcionar substrato para el perifiton y bentos que son recursos alimenticios importantes para los peces, (2) prevenir la sobrepesca, (3) disponer de nichos ecológicos para la reproducción y refugio, incrementando la supervivencia y reclutamiento de la fauna acuática, (4) aumentar la productividad ecológica debido al aporte de materia orgánica, nutrientes y diversidad estructural, (5) mitigar los impactos de la erosión en los bordes del embalse por la acción del viento y variaciones de nivel, y (6) reducir los elevados costes de remoción (Agostinho et al., 2007). Sin embargo, un exceso de vegetación inundada puede originar una serie de impactos negativos que podrían neutralizar en algunas zonas los beneficios de mantener la vegetación. Entre dichos impactos negativos cabe destacar la posible anoxia en las regiones más profundas del embalse, resultado de la descomposición de la materia orgánica, pudiendo elevar la mortandad de peces o limitar su distribución en el nuevo ecosistema. Además, los troncos sumergidos pueden interferir en la navegación, actividades de recreo, redes de pesca y servir como soporte para la proliferación de macrófitos (Ploskey, 1985).

Una vez llenado el embalse, la evolución de la calidad del agua se modificará debido a las nuevas condiciones del ecosistema acuático, especialmente el estado trófico. La eutrofización en los embalses es un proceso que resulta del aumento de nutrientes, principalmente nitratos y fosfatos, que proporcionan un desarrollo exagerado del fitoplancton y plantas acuáticas. Este proceso ocasiona: (1) aumento de la producción en términos de biomasa, (2) disminución de diversidad de especies, (3) fuertes fluctuaciones de oxígeno disuelto, dióxido de carbono y pH en el ciclo de día-noche, (4) alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en el fondo, y (5) aparición de densas masas de algas y vegetación acuática que impiden el paso de la luz y aumentan la materia orgánica en descomposición.

Para llevar a dicha la modelización de la descomposición de la biomasa a inundar se emplea el modelo DELFT3D-WAQ/DELFT3D-ECO, que se explicará en la sección 1.1.

Para la correcta configuración del modelo se inició una campaña de campo en la zona de estudio. Esta campaña comenzó el 3 de septiembre de 2015 en el sector de El Valle del municipio de Toledo y fue finalizado el 11 de octubre en el área del municipio de Sabanalarga. Dicha información es fruto de las campañas de campo llevadas a cabo en el marco del Otrosí nº1 al contrato de remuneración No. CT-2015-000506 entre EPM y el Consorcio (Fundación Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria (IH,Cantabria), Aquática Ingeniería Civil, S.L, Grupo Elemental SAS), ya que se evidenció la importancia de incluir en el modelo, las tasas de descomposición de materia orgánica, biomasa, lábil y refractaria, además de la determinación de la concentración de nutrientes.

## 1.1 Descripción del modelo.

D-Water Quality es el motor de los módulos de calidad de agua y ecología del software Delft3D. Está basado en una extensa librería de procesos y sustancias que pueden ser seleccionados para analizar la calidad de agua y sedimento conjuntamente.

Su librería de procesos cubre una gran parte de aspectos de la calidad del agua y ecología, desde trazadores conservativos, oxígeno disuelto, nutrientes, materia orgánica, materia inorgánica en suspensión, metales pesados, bacterias y micro-contaminantes orgánicos a algas complejas.

Resuelve la ecuación de transporte tridimensional para una concentración  $c$  de una sustancia, mediante el método de volúmenes finitos.

$$\frac{\partial c}{\partial t} + U \frac{\partial c}{\partial x} + V \frac{\partial c}{\partial y} + W \frac{\partial c}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial x} \left( D_x \frac{\partial c}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left( D_y \frac{\partial c}{\partial y} \right) - \frac{\partial}{\partial z} \left( D_z \frac{\partial c}{\partial z} \right) = S - Kc \quad (6.24)$$

donde  $U(x,y,z,t)$ ,  $V(x,y,z,t)$  y  $W(x,y,z,t)$  son las velocidades en las direcciones  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ;  $c(x,y,z,t)$  la concentración de la sustancia;  $D_x$ ,  $D_y$  y  $D_z$  son los coeficientes de dispersión;  $S$  la cantidad de la sustancia introducida en el medio;  $K$  es una tasa de degradación. Los valores

de velocidad y coeficientes de dispersión son obtenidos directamente de la hidrodinámica realizada con el modelo Delft3D.

En D-Water Quality los componentes de un ecosistema acuático se dividen en grupos funcionales (Figura 1.1). Un grupo funcional incluye una o más sustancias que muestran un comportamiento físico y/o químico similar. Para obtener una descripción completa del sistema de agua a simular, los grupos funcionales tienen que combinarse. Los grupos funcionales incluidos en D-Water Quality son:

1. Salinidad, cloruros y trazadores
2. Temperatura del agua y tasas de dependencia con la temperatura
3. Bacterias coliformes
4. Oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno (DBO)
5. Sedimentos suspendidos y sedimentación
6. Nutrientes, materia orgánica y aceptores de electrones.
7. Productores primarios: fitoplancton, perifiton, macrófitos
8. Consumidores primarios: zooplancton
9. Metales pesados y micro-tóxicos orgánicos
10. Modelado del sedimento

En este trabajo, se utilizarán los grupos funcionales 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 10 para modelar la calidad del agua tanto del río antes de la construcción del embalse como del embalse.

### **1.1.1. Modelo conceptual**

En este apartado se detalla el modelo conceptual empleado para la simulación de la calidad del agua en el río y en el embalse, teniendo en cuenta los grupos funcionales anteriormente citados.

Como se ha señalado anteriormente, el modelo D-Water Quality está formado por un conjunto de módulos (grupos funcionales) que interaccionan entre sí, tal y como se sintetiza en el esquema de la figura 1.1. Dicho esquema muestra como el fitoplancton consume nutrientes (N, P, Si, S, CO<sub>2</sub>) y produce oxígeno y detritus orgánico dentro de las limitaciones impuestas por la depredación (zooplancton, macroinvertebrados bentónicos,...) y el régimen de luz (proceso análogo para perifiton y macrófitos).

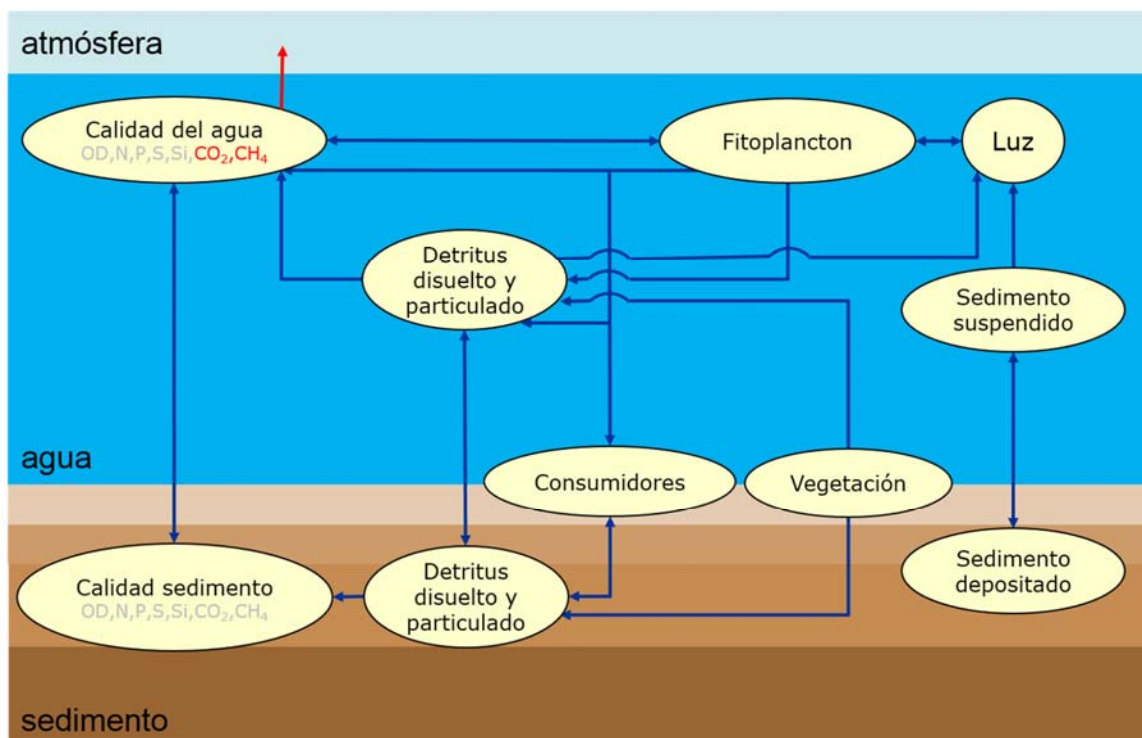


Figura 1.1. Síntesis de los módulos presentes en D-Water Quality y sus interacciones (flechas).

Dicha luz se va extinguiendo conforme penetra en la columna de agua debido a la biomasa fitoplanctónica, los sedimentos en suspensión y el detritus. Los sedimentos en suspensión varían con los caudales de entrada y los fenómenos de sedimentación y resuspensión. El detritus, que puede ser aportado de forma natural y/o antrópica, se descompone liberando nutrientes y  $\text{CO}_2$  y consumiendo oxígeno disuelto.

La sedimentación lidera la acumulación de materia orgánica en el sedimento, donde también tiene lugar la descomposición. Los fenómenos de dispersión vertical a través de la interfaz sedimento-agua favorecen que los nutrientes, el  $\text{CO}_2$  y el  $\text{CH}_4$  (anoxia) liberados durante este proceso de mineralización, retornen a la columna de agua.

El dióxido de carbono y el metano producidos en la respiración y mineralización son intercambiados entre la superficie del agua y la atmósfera generando emisiones de GEI.

Por último, la biomasa de la vegetación inundada se transforma en materia orgánica que se incorpora a la columna de agua y al sedimento. Su descomposición incrementa el consumo de oxígeno disuelto, la liberación de nutrientes y la producción de dióxido de carbono y metano del sistema.

En base a todo lo anterior, se ha desarrollado un modelo conceptual adaptado a los requerimientos de nuestro caso de estudio. A continuación, se enumeran los procesos clave incluidos en el mismo:

- Producción primaria del fitoplancton.

IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO PARA SIMULAR LA CALIDAD DEL AGUA DEL EMBALSE Y AGUAS ABAJO DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ÍTUANGO

- Producción y consumo de oxígeno disuelto.
- Ciclos de los nutrientes (N, P, S y Si)
- Ciclo de la materia orgánica, incluida la descomposición de la vegetación inundada durante el llenado del embalse.
- Producción y conversión de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> (GEI).
- Interacción de la materia inorgánica particulada con la luz.
- Transporte y mortalidad de coliformes fecales y totales.

Aunque también puede incluirse el consumo de fitoplancton por depredadores, las campañas de campo realizadas en la zona de estudio muestran valores muy bajos de zooplancton en el río Cauca, por lo que éste será obviado durante el modelado.

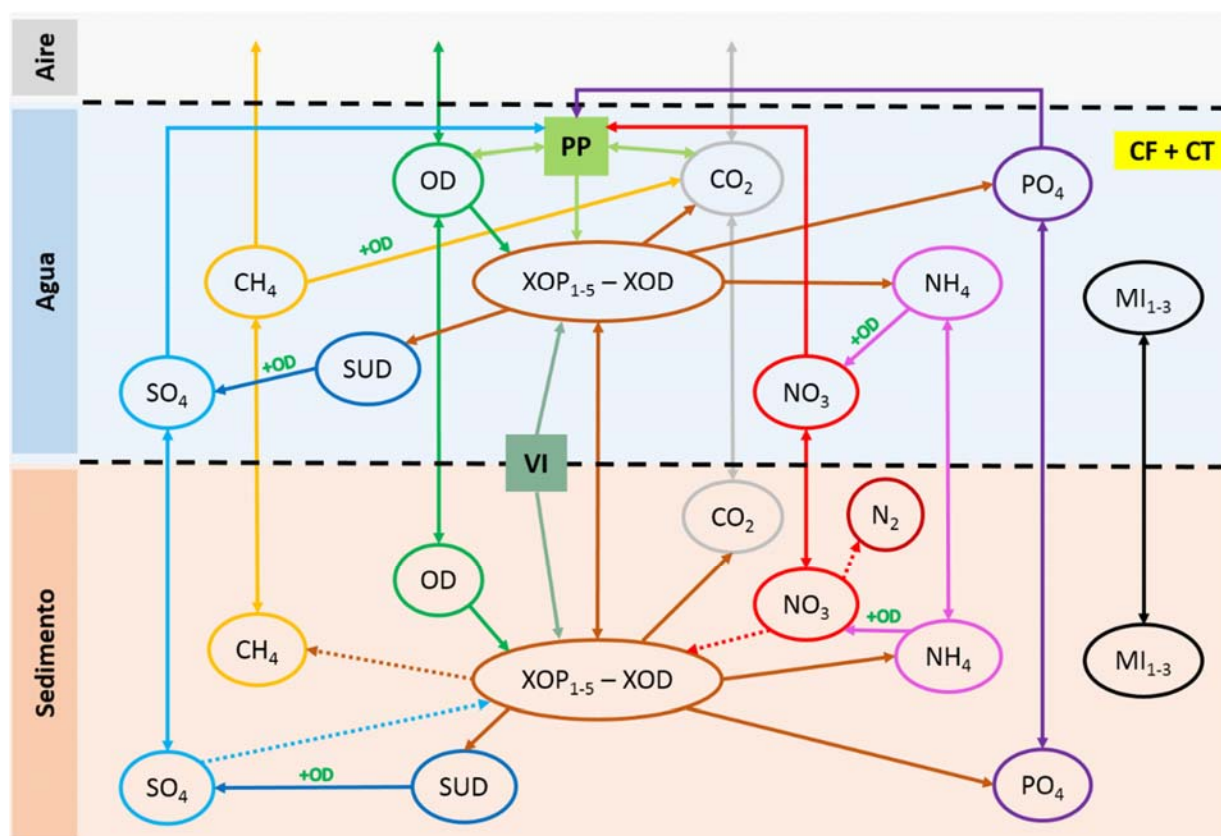


Figura 1.2. Modelo conceptual aplicado en el modelo D-Water Quality. (CF = Coliformes Fecales, CT = Coliformes Totales, MI = Materia Inorgánica particulada, OD = Oxígeno disuelto, XOD = C/N/P/S Orgánico Disuelto, XOP = C/N/P/S Orgánico Particulado, PP = Productores Primarios, SUD = Sulfuro Disuelto, VI = Vegetación Inundada, Procesos en anoxia).

En dicho modelo (figura 1.2) se muestran las principales interacciones entre las variables implicadas en los procesos descritos con anterioridad, tanto en la columna de agua, como en el sedimento. Como elemento central se encuentra la materia orgánica particulada y disuelta ( $X_{OP} + X_{OD}$ ) procedente tanto de los seres vivos existentes en el sistema (principalmente, fitoplancton (PP) y vegetación inundada (VI)), como de las entradas por la cola del embalse, afluentes y escorrentía. Según su composición, dicha materia orgánica se subdivide en carbono orgánico ( $X = C$ ), nitrógeno orgánico ( $X = N$ ), fósforo orgánico ( $X = P$ ) y azufre orgánico ( $X = S$ ). A su vez, la fracción particulada se subdivide en 5 tipos según la velocidad de descomposición: 1 = rápida, 2 = media, 3 = lenta, 4 = refractaria y 5 = muy muy lenta. Ésta última se asocia a vegetación leñosa y, a diferencia del resto, no sufre transporte. Todas ellas van a ser objeto del proceso de mineralización, consumiendo  $O_2$  (aceptor de electrones) y produciendo  $CO_2$  y nutrientes (N, P, Si, S). En ausencia de  $O_2$  (anoxia), lo cual tiende a ocurrir en el sedimento o en las inmediaciones del mismo, los aceptores de electrones pasan a ser el  $NO_3$  o  $SO_4$  (en ese orden, según disponibilidad), liberándose también  $CH_4$ .

Además de los procesos de mineralización (descomposición) de la materia orgánica, se contemplan también los procesos de sedimentación y resuspensión de las distintas variables, así como los intercambios con la atmósfera (reaireación del  $O_2$  y el  $CO_2$  y volatilización/ebullición del  $CH_4$ ), claves en el balance de GEI; la oxidación del  $CH_4$ ; la nitrificación del  $NH_4$ ; la desnitrificación del  $NO_3$  (en anoxia) y la oxidación del SUD.

La materia inorgánica particulada (MI) sólo se tiene en cuenta en los cálculos de extinción de la luz en la columna de agua. Ésta se divide en 3 fracciones según su diámetro y, por tanto, según su velocidad de sedimentación: arcillas y limos (1), arena muy fina (2) y arena fina (3). Fracciones superiores se encuentran en bajas concentraciones en el embalse, descartándose del estudio por entenderse que se depositarán en la zona próxima a la cola, no teniendo una incidencia significativa sobre el patrón de penetración de la luz en el embalse.

Por último, con el fin de evaluar si se cumple con los criterios de calidad del agua para los posibles futuros usos del embalse recogidos en el Decreto 1594 de 1984, también se tiene en cuenta el módulo de coliformes fecales y totales (CF + CT). Éste, sin embargo, no interacciona con el resto de procesos.



## 1.2 Campañas de campo.

Para llevar a cabo una correcta estimación del contenido de biomasa vegetal en el área de inundación se ha realizado una campaña de campo con el objetivo de recopilar toda la información necesaria para estimar la materia orgánica lábil y refractaria (t/ha) y estimar la concentración de N y P en la materia orgánica fotosintética y en la hojarasca de las coberturas: bosque fragmentado, pastos enmalezados, vegetación secundaria baja, y vegetación secundaria alta asociadas al área de influencia.

### Localización de las parcelas

Se ubicaron 88 puntos de muestreo: 11 por cobertura y 44 por zona de vida. En el Anexo I del presente documento se muestra la latitud y longitud de dichas parcelas.

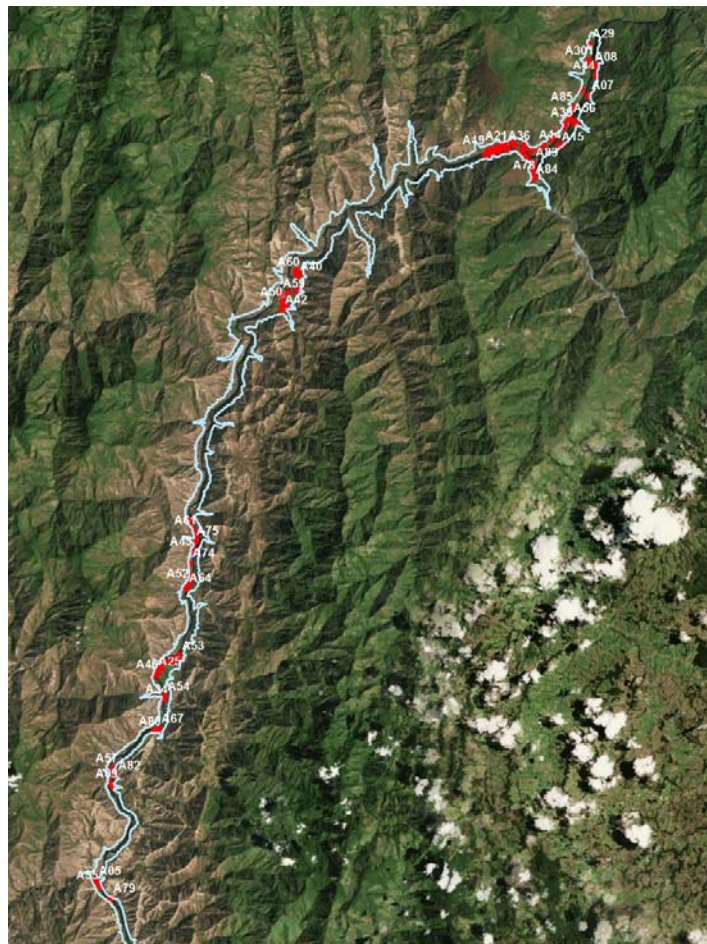


Figura 1.3. Localización de las parcelas de muestreo.

### Estimación de biomasa

Para cada una de estas parcelas se realizó el cálculo de biomasa/ ha tanto de la biomasa aérea, como de la biomasa de herbáceas y necromasa. En el Anexo II del presente documento se recoge información necesaria para dicha estimación.

En la tabla 1.1 se muestra el resumen de estimaciones de biomasa por componente, cobertura y zona de vida, para árboles con DAP $\geq$ 10cm.

Cobertura y zona de vida	NARBHA		Fuste		Ramas		Follaje		Raíces		Biomasa aérea		Biomasa total raíces+aérea	
	P	DE	P	DE	P	DE	P	DE	P	DE	P	DE	P	DE
<b>bh-T</b>	<b>359</b>	<b>215.47</b>	<b>43.5</b>	<b>40.7</b>	<b>11.3</b>	<b>10.8</b>	<b>2.9</b>	<b>2.6</b>	<b>12.5</b>	<b>9.4</b>	<b>57.7</b>	<b>54.1</b>	<b>70.2</b>	<b>63.2</b>
Bosque	536	126.95	56	21.3	5.6	5.6	3.8	1.4	17.7	5.5	74.2	28.3	91.9	33.8
Pasto	20	18.26	0.5	0.6	0.2	2	0	0	0.2	0.3	0.7	0.8	0.9	1.1
Vegetación Secundaria Alta	448	112.68	72.8	60.6	16.3	16.3	4.8	3.8	18.2	10.7	96.6	80.7	114.8	91.3
Vegetación Secundaria Baja	239	123.92	27.4	29.4	7.8	7.8	1.8	1.9	7.9	6.7	36.4	39	44.3	45.6
<b>bs-T</b>	<b>178</b>	<b>173.43</b>	<b>20</b>	<b>25.3</b>	<b>4.8</b>	<b>5.2</b>	<b>1</b>	<b>1.1</b>	<b>6</b>	<b>6.9</b>	<b>25.8</b>	<b>31.5</b>	<b>31.8</b>	<b>38.4</b>
Bosque	317	100.17	65.2	16	1.1	1.1	2.8	0.2	17.9	2.6	81.3	17.1	99.2	19.7
Pasto	10	21.38	0.5	1.2	0.4	0.4	0	0.1	0.2	0.4	0.7	1.7	0.9	2.1
Vegetación Secundaria Alta	310	98.32	19.1	13	2.7	2.7	1.2	0.6	6.4	3.6	25.8	16.2	32.1	19.8
Vegetación Secundaria Baja	310	163.71	28	15.2	3.7	3.7	1.7	0.8	9.1	4.6	37.3	19.6	46.4	24.2

Tabla 1.1. Estimaciones de biomasa aérea. NARBHA= Número de árboles/hectárea; P = promedio, DE = Desviación Estándar; los datos son en toneladas por hectárea, excepto para NARBHA.

En la tabla 1.2 se muestra el resumen de estimaciones de biomasa por componente, cobertura y zona de vida, para herbáceas y necromasa.

Zona de Vida	Cobertura	Herbáceas (t/ha)			Necromasa (t/ha)		
		P	DEST	Intervalo de confianza	P	Dest	Intervalo de confianza
bh-T	BF	0.54	0.44	0.54 $\pm$ 0.32	3.25	1.66	3.25 $\pm$ 1.19
bh-T	PE	1.49	1.36	1.49 $\pm$ 2.17	4.72	3.86	4.72 $\pm$ 6.14
bh-T	VSA	0.83	0.46	0.83 $\pm$ 0.49	5.48	3.87	5.48 $\pm$ 4.06
bh-T	VSB	1.01	1.01	1.01 $\pm$ 0.85	3.60	2.02	3.6 $\pm$ 1.68
bs-T	BF	0.70	0.47	0.7 $\pm$ 1.16	3.78	1.69	3.78 $\pm$ 1.21
bs-T	PE	0.88	0.46	0.88 $\pm$ 0.38	2.29	0.87	2.29 $\pm$ 1.39
bs-T	VSA	0.66	0.36	0.66 $\pm$ 0.57	3.99	1.95	3.99 $\pm$ 2.05
bs-T	VSB	0.92	0.51	0.92 $\pm$ 1.27	2.15	1.20	2.15 $\pm$ 1

Tabla 1.2. Estimaciones de biomasa de herbáceas y necromasa.

### Concentración de nutrientes

Según los análisis realizados durante la campaña de campo, para cada uno de los componentes de la biomasa analizados (fuste, hojas, hojarasca, etc.), se tomó una muestra para efectuar un análisis de concentración de nutrientes y contenido de humedad, todas las muestras se secaron a 60°C hasta peso constante y se pesaron en una balanza gramera. Para la determinación química cada fracción fue homogenizada y molida. Se determina la concentración de los elementos N, P y S. Se realizaron cuatro análisis por zona de vida y cobertura a cada componente.

Los análisis de laboratorio (Contenido de Humedad en porcentaje, Relación Carbono/Nitrógeno C/N, Carbono/Fósforo C/P, Carbono/Azufre C/S), fueron efectuados por el Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares – GIEM – de la Universidad de Antioquia (Medellín)

Parámetro	Expresado como	Técnica	Norma	Unid.
Fósforo total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Espectrofotometría	NTC 234	%
Nitrógeno orgánico total	N total	Kjeldahl	NTC 370	%
Azufre	S	Gravimetría	AOAC 98002	%
Carbono orgánico oxidable total	No aplica	Titulométrica	NTC 5167	%
Humedad	No aplica	Gravimetría	NTC 5167	%

Tabla 1.3 Técnicas de laboratorio con el que han sido hechas las mediciones. **Convenciones**; CO: Carbono orgánico, S: azufre, N: nitrógeno, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: fósforo expresado como oxido de fósforo, ND: No Detectado, C/N: carbono/nitrógeno, C/P: carbono/fósforo, C/S: carbono/azufre, NTC: Norma Técnica Colombiana, AOAC: Association of Oficial Analytical Chemists, Indet: Indeterminado.

En la tabla 1.4 se muestra un resumen del promedio de nutrientes (relación Carbono/ nutriente por cobertura y zona de vida)

Zona de Vida	Cobertura	Fuste			Follaje			Ramas		
		N	P	S	N	P	S	N	P	S
BH	BF	110.9	212.0	221.1	49.0	480.2	542.0	136.7	243.3	402.5
BH	PE	212.6	504.7	886.7	77.8	392.3	1662.4	197.7	192.6	668.3
BH	VSA	241.5	558.8	566.4	54.6	161.4	1082.1	137.4	289.8	1991.2
BH	VSB	233.1	649.5	265.2	51.9	108.4	395.6	141.3	72.3	367.0
BS	BF	130.4	177.9	523.3	55.8	348.1	528.1	100.0	197.6	254.4
BS	PE	171.6	486.5	445.3	73.0	158.6	368.9	146.5	132.4	745.4
BS	VSA	100.5	662.3	1038.0	42.4	531.9	318.5	85.7	188.7	457.1
BS	VSB	224.9	361.1	389.8	44.6	126.2	734.0	100.7	247.1	311.6
BH	BF	139.8	5803.4	509.6	64.0	173.3	932.1	81.8	150.2	177.7
BH	PE	125.2	153.5	787.0	41.4	232.9	962.8	210.8	124.5	1364.0
BH	VSA	119.3	236.2	875.2	93.7	696.0	4049.4	64.5	108.4	1195.1
BH	VSB	150.6	209.9	287.1	70.4	368.2	1064.2	109.8	67.6	432.0
BS	BF	114.6	853.8	519.7	43.8	193.1	264.8	38.6	282.9	178.1
BS	PE	210.2	450.1	467.9	31.2	188.5	463.8	61.8	147.8	450.1
BS	VSA	117.6	327.8	266.9	42.3	124.6	121.4	54.0	173.1	476.3
BS	VSB	105.7	353.0	269.6	49.4	347.4	1883.4	53.5	130.5	300.5

Tabla 1.4 Relación C/nutrientes (N, P y S).

### 1.3 Configuración del modelo de descomposición de biomasa

Para llevar a cabo un correcto análisis de la calidad del agua en la zona de estudio es necesario evaluar el efecto que tendrá sobre ésta la vegetación inundada con el llenado del embalse. Con este fin se ha aplicado el módulo de vegetación del modelo DELF3D-ECO, el cual permite modelar los procesos de mortalidad, recrecimiento y descomposición (mineralización) de la vegetación inundada en cada una de las celdas de la malla numérica.

El módulo de vegetación simula la dinámica del ciclo del carbono y nutrientes en la vegetación terrestre. El módulo se basa en conceptos comunes como los propuestos por Reed (1980) en

el que los depósitos de carbono y nutrientes y los flujos de la biomasa viva se describen como cohortes. En el modelo, una cohorte es tratada como una entidad homogénea en términos de las variables. En el presente estudio se han definido las siguientes cohortes (tipos de vegetación): bosque (húmedo y seco), herbazal y vegetación secundaria, así como los mantillos asociados.

A continuación se detallan los pasos a seguir para la configuración del módulo de descomposición de la biomasa inundada:

1. Estimación, con herramientas SIG, el área que ocupa cada cohorte en cada una de las celdas de la malla numérica.
2. Determinación, mediante campañas de campo, de la biomasa promedio de cada una de las cohortes ( $\text{gC}/\text{m}^2$ ).
3. Obtención, con herramientas SIG, de los gC existentes para cada cohorte en cada celda y generación del fichero de entrada del modelo.
4. Configuración de las tasas y parámetros del modelo en base a la información recopilada en campo. Dichos valores permiten al modelo estimar los flujos de mineralización en cada paso de tiempo. **El modelo simplemente multiplica en cada paso de tiempo la biomasa remanente en cada celda por las tasas y porcentajes correspondientes.**

A continuación se enumeran los más importantes (véase tabla 1.5):

- Tasa de mineralización (1/día) específica para cada cohorte. Permite calcular para cada paso de tiempo la cantidad de materia orgánica particulada liberada a la masa de agua desde la vegetación inundada.
- Porcentaje de cada compartimento (tallos, follaje, ramas, raíces y raíces finas) en cada cohorte.
- Porcentaje de cada tipo de carbono orgánico particulado (según velocidad de descomposición, POC1 = rápida, POC2 = media, POC3 = lenta, POC4 = refractaria y POC5 = muy muy lenta (POC5)) en cada cohorte y compartimento (véase la figura 3.3).
- Ratio entre carbono y nutrientes (N, P, S) en cada cohorte y compartimento.

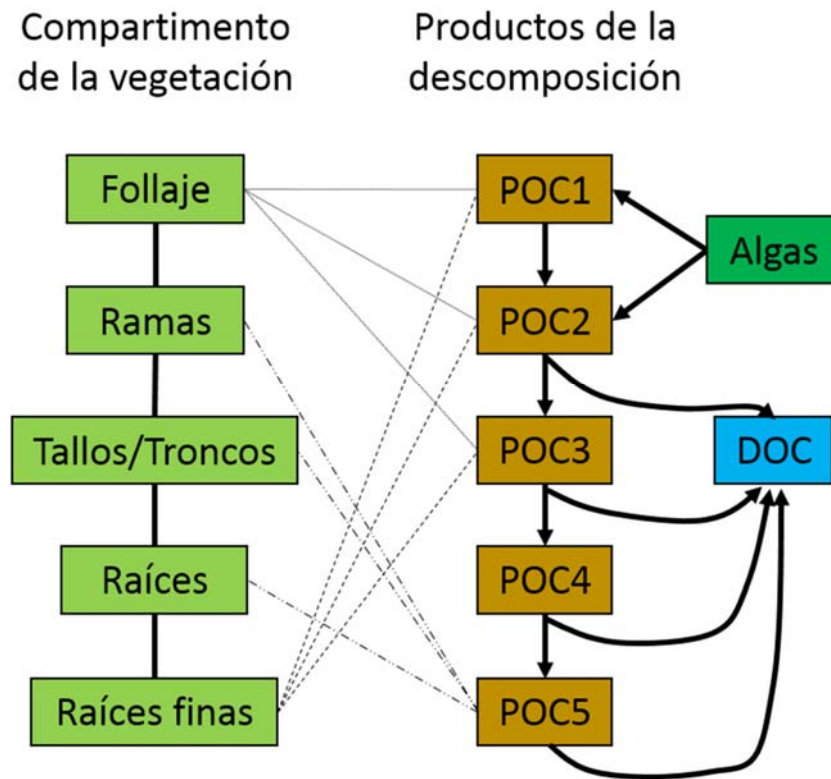


Figura 1.4. Interacciones entre distintos compartimentos de una cohorte (compartimentos en verde) y la fracción detritus (particulada en marrón y disuelta en azul).

A partir de los resultados de dicho estudio, se ponderaron los parámetros específicos de los 6 tipos de vegetación considerados que se introducen en el modelo D-Water Quality recogidos en la tabla 1.5.

IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO PARA SIMULAR LA CALIDAD DEL AGUA  
DEL EMBALSE Y AGUAS ABAJO DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ÍTUANGO

	B (V1)	B_M (V2)	VS (V3)	VS_M (V4)	H (V5)	H_M (V6)
<b>Diametro (cm)</b>	21.348		17.926		16.871	
<b>Altura (m)</b>	13.831	1.383	10.637	1.064	9.198	0.920
<b>fracción_troncos</b>	0.727	0.727	0.575	0.575	0.824	0.824
<b>fracción_hojas</b>	0.211	0.211	0.294	0.294	0.100	0.100
<b>fracción_ramas</b>	0.041	0.041	0.056	0.056	0.064	0.064
<b>fracción_raíces</b>	0.021	0.021	0.074	0.074	0.013	0.013
<b>CN_troncos</b>	121.600	53.875	210.545	69.927	194.333	36.844
<b>CN_hojas</b>	118.338	53.875	121.671	69.927	174.922	36.844
<b>CN_ramas</b>	52.413	53.875	49.827	69.927	75.678	36.844
<b>CN_raíces</b>	127.188	53.875	125.059	69.927	162.967	36.844
<b>CP_troncos</b>	206.213	183.175	558.105	439.345	496.578	213.178
<b>CP_hojas</b>	220.438	183.175	200.271	439.345	165.833	213.178
<b>CP_ramas</b>	414.125	183.175	207.864	439.345	288.433	213.178
<b>CP_raíces</b>	3328.588	183.175	266.886	439.345	285.289	213.178
<b>CS_troncos</b>	402.913	604.750	537.886	2099.345	690.556	741.033
<b>CS_hojas</b>	328.450	604.750	914.995	2099.345	702.556	741.033
<b>CS_ramas</b>	535.025	604.750	692.727	2099.345	1087.489	741.033
<b>CS_raíces</b>	514.663	604.750	494.095	2099.345	645.189	741.033
<b>Tasas descomposición (d<sup>-1</sup>)</b>	0.014	0.014	0.014	0.014	0.030	0.030

Tabla 1.5. Parámetros específicos de la vegetación de la zona donde se desarrolla el Proyecto Hidroeléctrico Ituango para los 6 tipos considerados en el embalse



## ANEXO I







## 1 LOCALIZACIÓN DE LAS PARCELAS

Cobertura	Zona de Vida	Punto	X	Y
Bosque fragmentado	bh-T	3	1151407	1275531
Bosque fragmentado	bh-T	4	1153031	1275871
Bosque fragmentado	bh-T	6	1151329	1275491
Bosque fragmentado	bh-T	7	1155970	1278149
Bosque fragmentado	bh-T	8	1156130	1279481
Bosque fragmentado	bh-T	10	1151681	1275741
Bosque fragmentado	bh-T	39	1154839	1276921
Bosque fragmentado	bh-T	44	1156308	1279057
Bosque fragmentado	bh-T	69	1154206	1276127
Bosque fragmentado	bh-T	85	1155255	1277620
Pastos enmalezados	bh-T	21	1152051	1275850
Pastos enmalezados	bh-T	22	1151866	1275637
Pastos enmalezados	bh-T	26	1153435	1274783
Pastos enmalezados	bh-T	27	1153862	1275858
Pastos enmalezados	bh-T	28	1152913	1275570
Pastos enmalezados	bh-T	78	1153476	1274500
Pastos enmalezados	bh-T	87	1154852	1276817
Pastos enmalezados	bh-T	230	1151692	1275596
Pastos enmalezados	bh-T	870	1154852	1276814
Vegetación secundaria alta	bh-T	11	1156301	1279528
Vegetación secundaria alta	bh-T	14	1154772	1275898
Vegetación secundaria alta	bh-T	15	1154602	1275798
Vegetación secundaria alta	bh-T	17	1151889	1275831
Vegetación secundaria alta	bh-T	18	1152253	1275684
Vegetación secundaria alta	bh-T	19	1151371	1275645
Vegetación secundaria alta	bh-T	20	1155301	1276872
Vegetación secundaria alta	bh-T	65	1155398	1276839
Vegetación secundaria alta	bh-T	66	1153126	1275324
Vegetación secundaria alta	bh-T	83	1153399	1275092
Vegetación secundaria alta	bh-T	84	1153408	1274330
Vegetación secundaria alta	bh-T	140	1154763	1275901
Vegetación secundaria baja	bh-T	2	1152585	1275892
Vegetación secundaria baja	bh-T	29	1156002	1280532
Vegetación secundaria baja	bh-T	30	1155218	1277544
Vegetación secundaria baja	bh-T	31	1154400	1276270
Vegetación secundaria baja	bh-T	32	1152430	1276000

IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO PARA SIMULAR LA CALIDAD DEL AGUA  
DEL EMBALSE Y AGUAS ABAJO DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO

Vegetación secundaria baja	bh-T	33	1153680	1275704
Vegetación secundaria baja	bh-T	36	1152126	1275843
Vegetación secundaria baja	bh-T	37	1151236	1275433
Vegetación secundaria baja	bh-T	38	1155633	1278429
Vegetación secundaria baja	bh-T	56	1155130	1277105
Vegetación secundaria baja	bh-T	71	1154821	1276696
Vegetación secundaria baja	bh-T	301	1155954	1279761
Bosque fragmentado	bs-T	5	1133404	1242139
Bosque fragmentado	bs-T	9	1134074	1246579
Bosque fragmentado	bs-T	40	1142602	1269859
Bosque fragmentado	bs-T	41	1142198	1269096
Bosque fragmentado	bs-T	42	1141934	1268325
Bosque fragmentado	bs-T	43	1137877	1257239
Bosque fragmentado	bs-T	45	1136193	1249060
Bosque fragmentado	bs-T	46	1136203	1251609
Bosque fragmentado	bs-T	47	1136582	1252166
Bosque fragmentado	bs-T	48	1137003	1252311
Pastos enmalezados	bs-T	24	1137123	1252348
Pastos enmalezados	bs-T	25	1136129	1251737
Pastos enmalezados	bs-T	72	1142088	1268436
Pastos enmalezados	bs-T	73	1142605	1269257
Pastos enmalezados	bs-T	74	1137694	1256698
Pastos enmalezados	bs-T	76	1137724	1255990
Pastos enmalezados	bs-T	79	1134065	1241312
Pastos enmalezados	bs-T	80	1136060	1248988
Pastos enmalezados	bs-T	81	1136821	1252235
Pastos Enmalezados	bs-T	82	1134291	1246943
Vegetación secundaria alta	bs-T	13	1136897	1252187
Vegetación secundaria alta	bs-T	16	1136030	1251502
Vegetación secundaria alta	bs-T	59	1141828	1269071
Vegetación secundaria alta	bs-T	60	1142655	1270056
Vegetación secundaria alta	bs-T	61	1137919	1258195
Vegetación secundaria alta	bs-T	62	1137961	1257687
Vegetación secundaria alta	bs-T	64	1137538	1255565
Vegetación secundaria alta	bs-T	67	1136272	1249109
Vegetación secundaria alta	bs-T	68	1133631	1241829
Vegetación secundaria alta	bs-T	70	1134180	1246463
Vegetación secundaria alta	bs-T	88	1137774	1256132
Vegetación secundaria baja	bs-T	34	1136468	1250455

IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO PARA SIMULAR LA CALIDAD DEL AGUA  
DEL EMBALSE Y AGUAS ABAJO DEL PROYECTO HIDROELECTRICO ITUANGO

Vegetación secundaria baja	bs-T	35	1136087	1251660
Vegetación secundaria baja	bs-T	49	1142554	1270102
Vegetación secundaria baja	bs-T	50	1141946	1268697
Vegetación secundaria baja	bs-T	51	1137709	1258622
Vegetación secundaria baja	bs-T	52	1137669	1255772
Vegetación secundaria baja	bs-T	53	1137212	1252441
Vegetación secundaria baja	bs-T	54	1136554	1250596
Vegetación secundaria baja	bs-T	55	1133531	1241921
Vegetación secundaria baja	bs-T	57	1134190	1247273
Vegetación secundaria baja	bs-T	58	1136377	1251900
Vegetación secundaria baja	bs-T	63	1138010	1257944



## ANEXO II





## 1 LOCALIZACIÓN DE LAS PARCELAS

Cobertura	Zona de Vida	Punto	X	Y
Bosque fragmentado	bh-T	3	1151407	1275531
Bosque fragmentado	bh-T	4	1153031	1275871
Bosque fragmentado	bh-T	6	1151329	1275491
Bosque fragmentado	bh-T	7	1155970	1278149
Bosque fragmentado	bh-T	8	1156130	1279481
Bosque fragmentado	bh-T	10	1151681	1275741
Bosque fragmentado	bh-T	39	1154839	1276921
Bosque fragmentado	bh-T	44	1156308	1279057
Bosque fragmentado	bh-T	69	1154206	1276127
Bosque fragmentado	bh-T	85	1155255	1277620
Pastos enmalezados	bh-T	21	1152051	1275850
Pastos enmalezados	bh-T	22	1151866	1275637
Pastos enmalezados	bh-T	26	1153435	1274783
Pastos enmalezados	bh-T	27	1153862	1275858
Pastos enmalezados	bh-T	28	1152913	1275570
Pastos enmalezados	bh-T	78	1153476	1274500
Pastos enmalezados	bh-T	87	1154852	1276817
Pastos enmalezados	bh-T	230	1151692	1275596
Pastos enmalezados	bh-T	870	1154852	1276814
Vegetación secundaria alta	bh-T	11	1156301	1279528
Vegetación secundaria alta	bh-T	14	1154772	1275898
Vegetación secundaria alta	bh-T	15	1154602	1275798
Vegetación secundaria alta	bh-T	17	1151889	1275831
Vegetación secundaria alta	bh-T	18	1152253	1275684
Vegetación secundaria alta	bh-T	19	1151371	1275645
Vegetación secundaria alta	bh-T	20	1155301	1276872
Vegetación secundaria alta	bh-T	65	1155398	1276839
Vegetación secundaria alta	bh-T	66	1153126	1275324
Vegetación secundaria alta	bh-T	83	1153399	1275092
Vegetación secundaria alta	bh-T	84	1153408	1274330
Vegetación secundaria alta	bh-T	140	1154763	1275901
Vegetación secundaria baja	bh-T	2	1152585	1275892
Vegetación secundaria baja	bh-T	29	1156002	1280532
Vegetación secundaria baja	bh-T	30	1155218	1277544
Vegetación secundaria baja	bh-T	31	1154400	1276270
Vegetación secundaria baja	bh-T	32	1152430	1276000

IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO PARA SIMULAR LA CALIDAD DEL AGUA  
DEL EMBALSE Y AGUAS ABAJO DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO

Vegetación secundaria baja	bh-T	33	1153680	1275704
Vegetación secundaria baja	bh-T	36	1152126	1275843
Vegetación secundaria baja	bh-T	37	1151236	1275433
Vegetación secundaria baja	bh-T	38	1155633	1278429
Vegetación secundaria baja	bh-T	56	1155130	1277105
Vegetación secundaria baja	bh-T	71	1154821	1276696
Vegetación secundaria baja	bh-T	301	1155954	1279761
Bosque fragmentado	bs-T	5	1133404	1242139
Bosque fragmentado	bs-T	9	1134074	1246579
Bosque fragmentado	bs-T	40	1142602	1269859
Bosque fragmentado	bs-T	41	1142198	1269096
Bosque fragmentado	bs-T	42	1141934	1268325
Bosque fragmentado	bs-T	43	1137877	1257239
Bosque fragmentado	bs-T	45	1136193	1249060
Bosque fragmentado	bs-T	46	1136203	1251609
Bosque fragmentado	bs-T	47	1136582	1252166
Bosque fragmentado	bs-T	48	1137003	1252311
Pastos enmalezados	bs-T	24	1137123	1252348
Pastos enmalezados	bs-T	25	1136129	1251737
Pastos enmalezados	bs-T	72	1142088	1268436
Pastos enmalezados	bs-T	73	1142605	1269257
Pastos enmalezados	bs-T	74	1137694	1256698
Pastos enmalezados	bs-T	76	1137724	1255990
Pastos enmalezados	bs-T	79	1134065	1241312
Pastos enmalezados	bs-T	80	1136060	1248988
Pastos enmalezados	bs-T	81	1136821	1252235
Pastos Enmalezados	bs-T	82	1134291	1246943
Vegetación secundaria alta	bs-T	13	1136897	1252187
Vegetación secundaria alta	bs-T	16	1136030	1251502
Vegetación secundaria alta	bs-T	59	1141828	1269071
Vegetación secundaria alta	bs-T	60	1142655	1270056
Vegetación secundaria alta	bs-T	61	1137919	1258195
Vegetación secundaria alta	bs-T	62	1137961	1257687
Vegetación secundaria alta	bs-T	64	1137538	1255565
Vegetación secundaria alta	bs-T	67	1136272	1249109
Vegetación secundaria alta	bs-T	68	1133631	1241829
Vegetación secundaria alta	bs-T	70	1134180	1246463
Vegetación secundaria alta	bs-T	88	1137774	1256132
Vegetación secundaria baja	bs-T	34	1136468	1250455



Vegetación secundaria baja	bs-T	35	1136087	1251660
Vegetación secundaria baja	bs-T	49	1142554	1270102
Vegetación secundaria baja	bs-T	50	1141946	1268697
Vegetación secundaria baja	bs-T	51	1137709	1258622
Vegetación secundaria baja	bs-T	52	1137669	1255772
Vegetación secundaria baja	bs-T	53	1137212	1252441
Vegetación secundaria baja	bs-T	54	1136554	1250596
Vegetación secundaria baja	bs-T	55	1133531	1241921
Vegetación secundaria baja	bs-T	57	1134190	1247273
Vegetación secundaria baja	bs-T	58	1136377	1251900
Vegetación secundaria baja	bs-T	63	1138010	1257944

## 2 DATOS DE BIOMASA

Tabla 1.2. Datos promedio de número de árboles (NARBHA) y biomasa por hectárea por componente de la biomasa leñosa (árboles con DAP $\geq$ 10 cm) para las parcelas

	Biomasa (toneladas/Hectárea)								Total Aéreo + Raíces
	Cobertura	Parcela	NARBHA	Fuste	Ramas	Follaje	Raíces	Total Aéreo	
bh-T	BF	BOS04	500	72.2	18.7	4.9	21.1	95.7	116.9
bh-T	BF	BOS05	540	60.7	15.6	4.2	19.4	80.5	99.9
bh-T	BF	BOS06	490	48.6	12.5	3.3	15.6	64.4	79.9
bh-T	BF	BOS13	340	62.1	16.1	4.2	18	82.4	100.3
bh-T	BF	BOS14	660	55.5	14.1	3.9	19.3	73.6	92.8
bh-T	BF	BOS15	440	48.6	12.4	3.3	15.7	64.4	80
bh-T	BF	BOS16	730	42.6	10.9	2.9	14.6	56.4	71
bh-T	BF	BOS17	390	17.6	4.4	1.2	6.8	23.2	30.1
bh-T	BF	BOS18	640	100.6	26.1	6.8	28.6	133.4	162
bh-T	BF	BOS19	630	51.7	13.2	3.6	17.7	68.5	86.1
bh-T	PE	PAS07	30	0.5	0.1	0	0.2	0.6	0.9
bh-T	PE	PAS08	0	0	0	0	0	0	0
bh-T	PE	PAS09	10	0.2	0	0	0.1	0.3	0.3
bh-T	PE	PAS10	40	1.4	0.4	0.1	0.6	1.9	2.5
	VSA	VSA05	450	45.3	11.6	3.1	14.7	60	74.7
bh-T	VSA	VSA06	410	60.7	15.7	4.1	17.6	80.5	98.1
bh-T	VSA	VSA07	290	128.4	34	8.2	27.5	170.6	198.1
bh-T	VSA	VSA08	460	165	44	10.5	33.9	219.5	253.4
bh-T	VSA	VSA18	640	20.1	5	1.4	8.4	26.5	35

IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO PARA SIMULAR LA CALIDAD DEL AGUA  
DEL EMBALSE Y AGUAS ABAJO DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO

bh-T	VSA	VSA19	440	17.1	4.3	1.2	6.9	22.6	29.5
bh-T	VSB	VSB04	280	40.7	10.4	2.8	12.9	53.9	66.9
bh-T	VSB	VSB07	40	2.8	0.7	0.2	1	3.7	4.7
bh-T	VSB	VSB12	300	24.5	6.2	1.7	8.6	32.5	41.1
bh-T	VSB	VSB13	300	91.1	24.1	5.9	20.5	121	141.5
bh-T	VSB	VSB14	360	20	5.1	1.4	7.3	26.5	33.8
bh-T	VSB	VSB15	50	1.8	0.4	0.1	0.7	2.3	3
bh-T	VSB	VSB17	330	32.6	8.4	2.2	9.6	43.2	52.8
bh-T	VSB	VSB19	250	6	1.5	0.4	2.7	8	10.7
bs-T	BF	BOS01	240	74.2	13.2	2.8	18.8	90.2	109.1
bs-T	BF	BOS02	280	74.8	14.3	3.1	19.8	92.2	112
bs-T	BF	BOS03	430	46.7	12.2	2.7	14.9	61.6	76.5
bs-T	PE	PAS11	0	0	0	0	0	0	0
bs-T	PE	PAS12	0	0	0	0	0	0	0
bs-T	PE	PAS13	0	0	0	0	0	0	0
bs-T	PE	PAS14	20	0.8	0.3	0.1	0.3	1.2	1.6
bs-T	PE	PAS15	0	0	0	0	0	0	0
bs-T	PE	PAS16	0	0	0	0	0	0	0
bs-T	PE	PAS17	60	3.4	1.1	0.3	1.2	4.8	6
bs-T	PE	PAS18	0	0	0	0	0	0	0
bs-T	VSA	VSA01	340	35.9	8.7	1.9	10.8	46.5	57.3
bs-T	VSA	VSA02	200	4.9	2.1	0.5	2.1	7.4	9.5
bs-T	VSA	VSA03	270	20.9	5.7	1.3	6.8	27.8	34.6
bs-T	VSA	VSA04	430	14.7	5.4	1.2	5.7	21.4	27.1
bs-T	VSB	VSB01	490	34.3	10.2	2.3	11.8	46.8	58.6
bs-T	VSB	VSB02	270	39.1	9.2	2	11.7	50.3	62
bs-T	VSB	VSB03	170	10.7	3.3	0.7	3.8	14.7	18.5

**Tabla 1.2. Intervalos de confianza (DAP  $\geq 10$  cm) para la biomasa y número de árboles por hectárea**

Cobertura	NPar	NARBHA	Fuste	Ramas	Follaje	Raíces	Biomasa Aérea Total	Aérea+Raíces
<b>bh-T</b>								
BF	10	536 $\pm$ 91	56.01 $\pm$ 15.26	14.39 $\pm$ 3.98	3.83 $\pm$ 1.01	17.67 $\pm$ 3.94	74.23 $\pm$ 20.26	91.9 $\pm$ 24.15
PE	4	20 $\pm$ 29	0.53 $\pm$ 1.01	0.13 $\pm$ 0.25	0.04 $\pm$ 0.07	0.23 $\pm$ 0.41	0.7 $\pm$ 1.34	0.92 $\pm$ 1.74
VSA	6	448.33 $\pm$ 118	72.76 $\pm$ 63.64	19.1 $\pm$ 17.09	4.76 $\pm$ 3.96	18.19 $\pm$ 11.19	96.62 $\pm$ 84.69	114.81 $\pm$ 95.81
VSB	8	238.75 $\pm$ 104	27.44 $\pm$ 24.55	7.12 $\pm$ 6.49	1.84 $\pm$ 1.58	7.91 $\pm$ 5.6	36.39 $\pm$ 32.62	44.31 $\pm$ 38.11
<b>bs-T</b>								
BF	3	316.67 $\pm$ 249	65.25 $\pm$ 39.81	13.24 $\pm$ 2.72	2.85 $\pm$ 0.48	17.85 $\pm$ 6.5	81.34 $\pm$ 42.58	99.19 $\pm$ 49.02
PE	8	10 $\pm$ 18	0.53 $\pm$ 1	0.18 $\pm$ 0.33	0.04 $\pm$ 0.07	0.2 $\pm$ 0.37	0.75 $\pm$ 1.4	0.95 $\pm$ 1.77
VSA	4	310 $\pm$ 156	19.09 $\pm$ 20.69	5.46 $\pm$ 4.28	1.22 $\pm$ 0.92	6.36 $\pm$ 5.7	25.77 $\pm$ 25.79	32.13 $\pm$ 31.47
VSB	3	310 $\pm$ 407	28.04 $\pm$ 37.83	7.57 $\pm$ 9.21	1.68 $\pm$ 2.03	9.11 $\pm$ 11.45	37.29 $\pm$ 48.69	46.4 $\pm$ 60.09

**Tabla 1.3 Resumen estimaciones de biomasa por componente, cobertura y zona de vida, para árboles con DAP $\geq$  10 cm**

Cobertura y zona de vida	NARBHA		Fuste		Ramas		Follaje		Raíces		Biomasa aérea		Biomasa total raíces+aérea	
	P	DE	P	DE	P	DE	P	DE	P	DE	P	DE	P	DE
<b>bh-T</b>	<b>359</b>	<b>215.47</b>	<b>43.5</b>	<b>40.7</b>	<b>11.3</b>	<b>10.8</b>	<b>2.9</b>	<b>2.6</b>	<b>12.5</b>	<b>9.4</b>	<b>57.7</b>	<b>54.1</b>	<b>70.2</b>	<b>63.2</b>
Bosque	536	126.95	56	21.3	5.6	5.6	3.8	1.4	17.7	5.5	74.2	28.3	91.9	33.8
Pasto	20	18.26	0.5	0.6	0.2	2	0	0	0.2	0.3	0.7	0.8	0.9	1.1
Vegetación Secundaria Alta	448	112.68	72.8	60.6	16.3	16.3	4.8	3.8	18.2	10.7	96.6	80.7	114.8	91.3
Vegetación Secundaria Baja	239	123.92	27.4	29.4	7.8	7.8	1.8	1.9	7.9	6.7	36.4	39	44.3	45.6
<b>bs-T</b>	<b>178</b>	<b>173.43</b>	<b>20</b>	<b>25.3</b>	<b>4.8</b>	<b>5.2</b>	<b>1</b>	<b>1.1</b>	<b>6</b>	<b>6.9</b>	<b>25.8</b>	<b>31.5</b>	<b>31.8</b>	<b>38.4</b>
Bosque	317	100.17	65.2	16	1.1	1.1	2.8	0.2	17.9	2.6	81.3	17.1	99.2	19.7
Pasto	10	21.38	0.5	1.2	0.4	0.4	0	0.1	0.2	0.4	0.7	1.7	0.9	2.1
Vegetación Secundaria Alta	310	98.32	19.1	13	2.7	2.7	1.2	0.6	6.4	3.6	25.8	16.2	32.1	19.8
Vegetación Secundaria Baja	310	163.71	28	15.2	3.7	3.7	1.7	0.8	9.1	4.6	37.3	19.6	46.4	24.2

**Tabla 1.4 Biomasa de Raíces finas (t/ha)**

Coberturas y Zonas de Vida	Promedio	Desviación Estándar	Intervalo de
<b>bh-T</b>			
BF	1.37	0.64	1.37 ± 0.46
PE	1.96	1.67	1.96 ± 2.65
VSA	2.49	1.29	2.49 ± 1.35
VSB	0.98	0.79	0.98 ± 0.66
<b>bs-T</b>			
BF	1.05	1.02	1.05 ± 2.52
PE	0.77	0.53	0.77 ± 0.44
VSA	0.92	0.52	0.92 ± 0.83
VSB	0.80	0.38	0.8 ± 0.95

**Tabla 1.5 Resumen de promedio de nutrientes (relación Carbono/Nutriente) por cobertura y zona de vida**

Zona de Vida	Cobertura	Fuste			Follaje			Ramas		
		N	P	S	N	P	S	N	P	S
BH	BF	110.9	212.0	221.1	49.0	480.2	542.0	136.7	243.3	402.5
BH	PE	212.6	504.7	886.7	77.8	392.3	1662.4	197.7	192.6	668.3
BH	VSA	241.5	558.8	566.4	54.6	161.4	1082.1	137.4	289.8	1991.2
BH	VSB	233.1	649.5	265.2	51.9	108.4	395.6	141.3	72.3	367.0
BS	BF	130.4	177.9	523.3	55.8	348.1	528.1	100.0	197.6	254.4
BS	PE	171.6	486.5	445.3	73.0	158.6	368.9	146.5	132.4	745.4
BS	VSA	100.5	662.3	1038.0	42.4	531.9	318.5	85.7	188.7	457.1
BS	VSB	224.9	361.1	389.8	44.6	126.2	734.0	100.7	247.1	311.6
BH	BF	139.8	5803.4	509.6	64.0	173.3	932.1	81.8	150.2	177.7
BH	PE	125.2	153.5	787.0	41.4	232.9	962.8	210.8	124.5	1364.0
BH	VSA	119.3	236.2	875.2	93.7	696.0	4049.4	64.5	108.4	1195.1
BH	VSB	150.6	209.9	287.1	70.4	368.2	1064.2	109.8	67.6	432.0
BS	BF	114.6	853.8	519.7	43.8	193.1	264.8	38.6	282.9	178.1
BS	PE	210.2	450.1	467.9	31.2	188.5	463.8	61.8	147.8	450.1
BS	VSA	117.6	327.8	266.9	42.3	124.6	121.4	54.0	173.1	476.3
BS	VSB	105.7	353.0	269.6	49.4	347.4	1883.4	53.5	130.5	300.5