



■ HOJA DE CONTROL DE CALIDAD						
<b>DOCUMENTO</b>	Plantilla de Word integrada basada en la fuente Arial					
<b>PROYECTO</b>	702 Implantación del sistema de aseguramiento de calidad					
<b>CÓDIGO</b>	MODELO CALIDAD ED1					
<b>AUTOR</b>	FIRMA	MMG				
	FECHA	18/11/2010				
<b>VERIFICADO</b>	FIRMA	JCM				
	FECHA	18/11/2010				
<b>DESTINATARIO</b>	Grupo Tysa					
<b>NOTAS</b>	Para incorporar a la intranet de Identidad Corporativa					



## ■ ÍNDICE

<b>1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>5</b>
1.1. EFECTOS DE LA TEMPERATURA.....	9
<b>2. CONCEPTUALIZACIÓN DE LA CUENCA Y TOPOLOGÍA DEL MODELO.....</b>	<b>11</b>
2.1. SOBRE EL MODELO.....	11
2.2. TOPOLOGÍA.....	12
2.3. APLICACIÓN DEL MODELO.....	18
2.4. EJEMPLOS DE APLICACIÓN EN TRES CUENCAS PILOTO.....	19
2.4.1. Cuenca Chancay-Huaral.....	19
2.4.1.1. Topología.....	19
2.4.1.2. Panel.....	20
2.4.2. Cuenca Chancay-Lambayaque.....	20
2.4.2.1. Topología.....	20
2.4.3. Panel.....	21
2.4.4. Cuenca Quilca-Chili.....	22
2.4.4.1. Topología.....	22
2.4.4.2. Panel.....	22

## ■ ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. Valores típicos de $\Theta$ en modelos de calidad de agua.....	9
Tabla 2. Carga por escenario propuesto.....	14
Tabla 3. Carga asociada a cada tramo.....	15
Tabla 4. Datos necesarios para el modelo utilizados en cada escenario propuesto.....	17

## ■ ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Concentración vs temperatura.....	5
Figura 2. Balance de masas.....	6
Figura 3. Acumulación=Carga entrada-Carga salida-Sedimentación-Reacción.....	8
Figura 4. Fuerzas motrices.....	11

## ■ ÍNDICE DE TABLAS

Figura 5. Distribución población .....	12
Figura 6. Tramos de acumulación de carga orgánica contaminante .....	12
Figura 7. Zona de influencia de tramos .....	13
Figura 8. Asignación de tramos a centros poblados .....	13
Figura 9. Exportación de la información espacial a hoja de cálculo .....	14
Figura 10. Esquema del modelo.....	16
Figura 11. Resultados obtenidos por los grupos de interés.....	18
Figura 12. Escenario propuesto para un escenario futuro .....	18
Figura 13. Actuación frente al escenario propuesto .....	18
Figura 14. Variación de la carga en función de las actuaciones escogidas .....	19
Figura 15. Topología Chancay-Huaral .....	19
Figura 16. Resultados panel de trabajo Chancay-Huaral .....	20
Figura 17. Topología Chancay-Lambayeque .....	20
Figura 18. Resultados panel de trabajo Chancay-Lambayeque .....	21
Figura 19. Topología Quilca - Chili .....	22
Figura 20. Resultados panel de trabajo Chancay-Lambayeque .....	22

## 1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Mediante un modelo de calidad de aguas se pretende representar la respuesta de un sistema físico ante un estímulo externo, y en el caso que nos ocupa, se trata de determinar la concentración de cualquier sustancia en el agua después de un vertimiento.

Un modelo puede emplearse en diferentes aplicaciones:

- Utilidad predictiva.
  - Evaluación del impacto de las decisiones de manejo de la cuenca.
  - Predicción de la calidad del agua bajo diferentes escenarios de desarrollo y control.
- Herramienta de planificación.
  - Establecimiento de objetivos de calidad ambiental.
  - Establecimiento de objetivos de calidad de emisiones para alcanzar objetivos de utilidad ambiental.
  - Distribución de costos ambientales asociados al efecto de diferentes cargas.
- Caracterización/conceptualización de problemas complejos una vez el modelo se encuentre construido, calibrado y validado.
- Evaluación de riesgos.

Un contaminante puede abandonar un sistema hídrico de diferentes maneras:

- Volatilización
- Sedimentación
- Arrastre

Se conoce como volatilización al proceso de transferencia de un compuesto químico entre el agua y el aire o viceversa. El resultado no es la ruptura o desaparición del compuesto en cuestión, sino únicamente su desplazamiento de un medio a otro.

Todos estos procesos afectan al contaminante pero sin llegar a alterar su composición química. Se podría decir que lo que se logra a través de esos medios es llevar el contaminante de un lugar a otro sin reducir su concentración, pero existe otro proceso natural que permite la degradación del contaminante mediante reacciones químicas y/o bioquímicas.

Un experimento sencillo donde poder comprobar lo anteriormente mencionado consiste en introducir un contaminante en diferentes envases, llenarlos de agua y manteniéndolo en mezcla completa. En diferentes periodos de tiempo se extraerá una muestra de cada recipiente y se analizará la concentración de contaminante existente. Se podrá observar que el valor es mayor en la muestra con menor tiempo de residencia que aquella que se mida en la muestra con residencia mayor.

Tiempo	$t_0$	$t_1$	$t_2$	$t_3$
Concentración	$C_0$	$C_1$	$C_2$	$C_3$

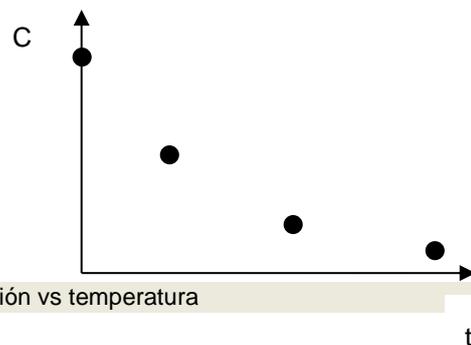


Figura 1. Concentración vs temperatura

A una conclusión similar se puede llegar sin en vez de tomar intervalos de tiempo, lo que se toman son distancias, es decir, se podrá observar la variación de la concentración cuando el vertimiento haya avanzado 10, 100, 1000 metros a lo largo del curso de agua. De esta forma, lo que se hace es analizar la concentración de un determinado contaminante, como mínimo, en dos puntos extremos o de control de un tramo de río específico.

El vertimiento a un cuerpo de agua produce una modificación en la concentración del río que sigue lo establecido por el balance de masas.

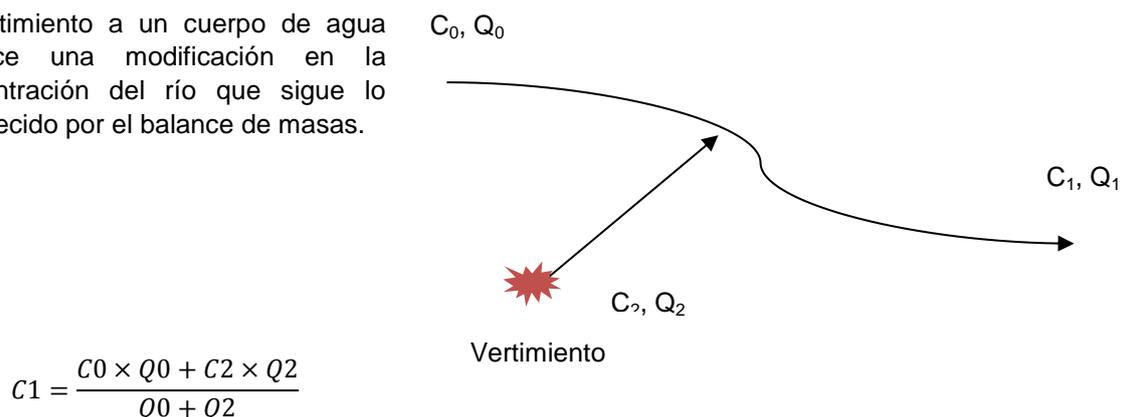


Figura 2. Balance de masas

Mediante el balance de masas (Figura 2) se puede llegar a determinar cómo afecta un vertimiento a la calidad del cuerpo de agua de manera puntual, pero no se puede establecer la reducción de concentración de los contaminantes que contenga el agua a lo largo del tiempo o la distancia.

Para ello es necesario aplicar una ley que explica que la variación de la concentración, a lo largo de la distancia (x) en nuestro caso, que depende de un factor de degradación en función de la temperatura (k) y de la propia concentración (C) de los contaminantes.

$$\frac{dC}{dx} = -kC^n$$

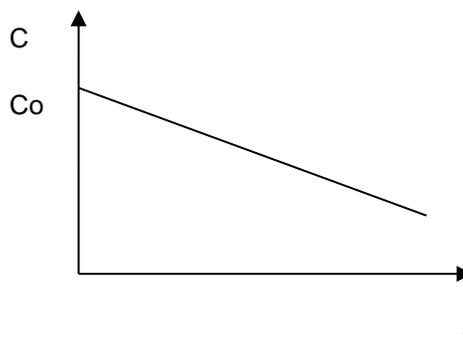
Estas ecuaciones pueden ser de orden (n) cero, de primer orden o de segundo orden:

- Ecuación de orden cero:

$$\frac{dC}{dx} = -k$$

Si la concentración en la posición cero ( $x_0$ ) es  $C_0$ :

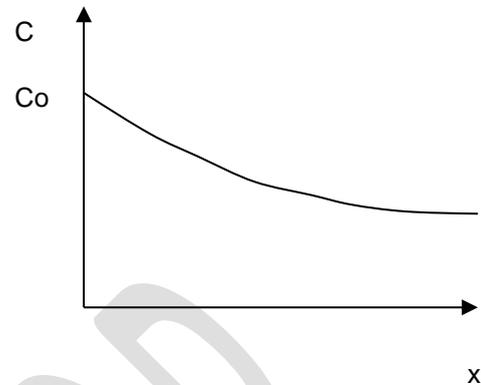
$$C = C_0 - kx$$



- Ecuación de primer orden:

$$\frac{dC}{dx} = -kC$$

$$C = C_0 e^{-kx}$$



- Ecuación de segundo orden:

$$\frac{dC}{dx} = -kC^2$$

$$C = C_0 \frac{1}{1 + kC_0 x}$$

Quando se quiere determinar la biodegradabilidad de la materia orgánica en un cauce, se observa que el consumo de oxígeno disuelto debido a la degradación de materia orgánica carbonosa se ajusta bastante bien a una cinética de **primer orden**.

El oxígeno es considerado, tradicionalmente, como el principal indicador de la salud de un sistema natural, y los factores que afectan a la concentración de saturación de oxígeno en agua son:

- Temperatura del agua
- Sólidos disueltos
- Presión atmosférica
- Presión de vapor de agua

Las principales fuentes de oxígeno en un sistema son:

- Aportes desde afluentes
- Reaireación superficial: cuando la concentración de oxígeno disuelto en el agua es inferior a la de saturación, se produce una transferencia de oxígeno de la atmósfera al agua.
- Fotosíntesis.

Siendo los principales consumos de oxígeno:

- Degradación de la materia orgánica carbonosa
- Nitrificación
- Respiración de algas, plantas y animales
- Oxidaciones químicas naturales
- Degradación de la materia orgánica presente en los sedimentos

Entre los diversos factores que afectan a la eliminación de materia orgánica, se pueden destacar los siguientes:

- **Temperatura:** el aumento de la temperatura aumenta la actividad metabólica de las bacterias, lo que acelera la degradación de la materia orgánica y aumentando el consumo de oxígeno.
- **Turbulencias:** mejora la mezcla del fluido, evitando la aparición de zonas preferenciales e concentración de materia orgánica.
- **Velocidad de sedimentación:** cuanto mayor sea esta, menor será la cantidad de materia orgánica presente en la columna de agua y por lo tanto menor será la demanda de oxígeno.
- **Tipo de materia orgánica**

Los factores que influyen en el hipotético caso de tratarse de una masa de agua ideal, con distribución y mezcla completa son:

- Acumulación de contaminante en el cuerpo de agua.
- Carga contaminante que llega al cuerpo de agua.
- Carga contaminante que no reacciona y abandona el cuerpo de agua. La concentración de salida es igual a la que se encuentra en el cuerpo de agua.
- Sedimentación de contaminantes que no se encuentren disueltos.
- Reacciones que ocurren en el cuerpo de agua y que reducen la concentración de contaminante.

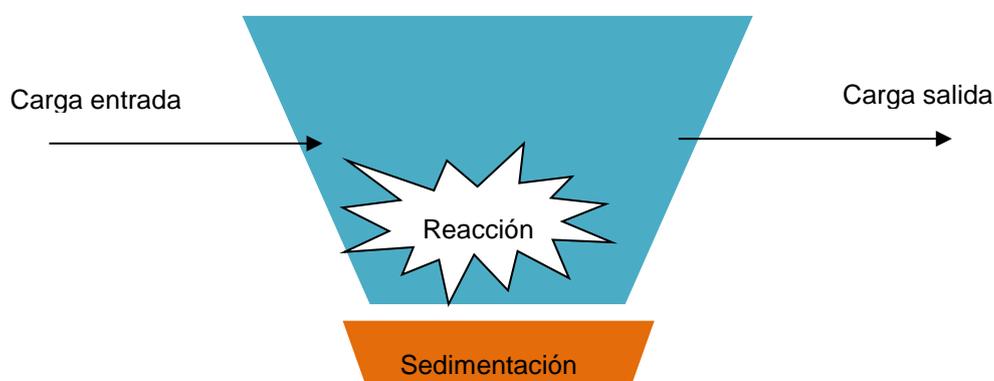


Figura 3. Acumulación=Carga entrada-Carga salida-Sedimentación-Reacción

## 1.1. EFECTOS DE LA TEMPERATURA

La velocidad de las reacciones aumenta a la vez que aumenta la temperatura. Por norma general, se estima que un aumento de 10°C aumenta la velocidad de reacción al doble.

Según la Ecuación de Arrhenius, la cual se suele usar para comparar las reacciones a diferentes temperaturas, donde:

$$k(T_a) = Ae^{\frac{-E}{RT_a}}$$

A = factor de frecuencia

E = energía de activación de la reacción (J mol<sup>-1</sup>)

R = constante de los gases (8,314 J mol<sup>-1</sup> k<sup>-1</sup>)

T<sub>a</sub> = temperatura

K(T) = factor de degradación de materia orgánica en función de la temperatura (km<sup>-1</sup>)

Teniendo en cuenta una serie de consideraciones:

- El rango de temperaturas en cuerpos de agua es pequeño y relativamente constante.
- La diferencia de temperaturas es independiente de la escala de medida.

$$\frac{k(T_2)}{k(T_1)} = \theta^{T_2 - T_1}$$

- En calidad de aguas, muchas reacciones son comprobadas a una temperatura de 20°C, por lo que:

$$k(T) = k(20)\theta^{T-20}$$

Valores típicos de $\theta$ usados en modelos de calidad de agua		
$\theta$	Q <sub>10</sub>	Reacción
1,024	1,27	Reaireación de oxígeno
1,047	1,58	Descomposición DBO
1,066	1,89	Crecimiento de Phytoplankton
1,08	2,16	Demanda de oxígeno de sedimentos

Tabla 1. Valores típicos de  $\theta$  en modelos de calidad de agua

Para simular la autodepuración en las masas de agua de los contaminantes biodegradables, se empleará una ecuación exponencial de primer orden que depende de la concentración de un contaminante no conservativo respecto de su posición longitudinal a lo largo del eje del cauce.

$$C = C_o e^{-kx}$$

X = distancia o posición longitudinal en el cauce.

K = constante de degradación de materia orgánica a temperatura del cauce.

Es necesario aplicar la corrección de temperatura oportuna que mejor se adapte a la situación real de la masa de agua.

$$k(T) = k(20)\theta^{T-20}$$

K(20) =  $k_b$  = constante de degradación a 20°C. Normalmente está comprendida entre 0,01-0,1 km<sup>-1</sup>

Este modelo será de aplicación sobre contaminantes no conservativos, que son aquellos que sufren una transformación en otras sustancias por procesos durante su permanencia en el medio natural.

El empleo de modelos matemáticos de simulación requiere de calibración, la cual se realiza a partir de un trabajo previo de conocimiento del entorno donde va a ser aplicado, y que permitirá ajustar las constantes cinéticas que intervienen en los procesos químicos y biológicos a la realidad del sistema natural.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- “Surface wáter-quality modeling” Steven C. Chapra, 1997.
- “Modelación de la calidad del agua” Universidad Politécnica de Valencia. Miguel Martín Monerri, Paula Marzal Doménech.
- “Modelo de Simulación GEOIMPRESS” Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrológica del Duero.

## 2. CONCEPTUALIZACIÓN DE LA CUENCA Y TOPOLOGÍA DEL MODELO

El modelo acumula la carga contaminante a lo largo de la red de drenaje. Sin embargo para observar mejor esta acumulación la cuenca se divide en tramos. Cada tramo es el espacio entre el nacimiento y una confluencia o entre una confluencia y confluencia. Los tramos se numeran secuencialmente desde el nacimiento hasta la siguiente confluencia

Estos tramos se escogen de los cauces principales de los ríos de la cuenca y en función de cauces que sean afluentes del tramo principal y de la concentración de centros poblados (verificar no solo cantidad de centros poblados sino también la cantidad de población que poseen, estos tramos tienen que corresponder, en la medida de lo posible, con los cauces donde se han realizado monitoreos de calidad de agua para poder realizar la calibración y validación del modelo. El área de acumulación de carga, de cada tramo, va a corresponder a una unidad hidrográfica de orden menor al de la cuenca principal. Es en esta área que se tomarán los centros poblados que corresponden a este ámbito, se les asignará un coeficiente de recorrido, en porcentaje, en función de la lejanía o cercanía al tramo que le corresponde.

### 2.1. SOBRE EL MODELO

Este modelo estacionario está basado en fuerzas motrices y escenarios futuros. Las fuerzas motrices son las actividades humanas que van a brindar ciertas condiciones sobre el sistema ambiental. Y los escenarios temporales van a estar sujetos a los cambios en estas fuerzas motrices. Las fuerzas motrices consideradas son las siguientes:

- Población: aumento o disminución de la misma.
- Turismo: desarrollo o no del mismo.
- Ganadería: variación positiva o negativa de esta actividad.
- Otras: incremento actividades varias.

CUENCA POBLACIÓN AGRICULTURA GANADERÍA TURISMO OTRAS	ALTA	
	NADA POBLACIÓN	30
	NADA POBLACIÓN	0
	DESPOBLAMIENTO MODERADO	0
	DESPOBLAMIENTO INTENSO	0
	ABANDONO DEL ÁMBITO RURAL	0
	ASENTAMIENTOS Y CRECIMIENTOS MODERADOS	0
ASENTAMIENTOS Y CRECIMIENTOS INTENSOS	0	
CONCENTRACIÓN INTENSA DE POBLACIÓN	0	

Figura 4. Fuerzas motrices

El modelo se realizó en una hoja de cálculo que contiene principalmente 4 partes, cada una de ellas en diferentes pestañas.

- La principal es la que vendría a ser la denominada "PANEL" este panel contiene una plantilla con un grupo de listas donde los involucrados pueden elegir las variaciones que van a sufrir las fuerzas motrices dependiendo de cada escenario futuro propuesto: 2018, 2023, 2028, en función de estas variaciones la concentración de las cargas va a cambiar. Para esto, también contiene opciones donde uno puede elegir el tipo de tratamiento de aguas residuales en función del tipo de población, ya sea rural o urbana.
- Luego tenemos una pestaña llamada "CARGAS\_POBLACION\_CCPP" (Centros poblados), aquí se calculan las cargas contaminantes de materia orgánica por centro poblado.

- Con la información anterior se acumula las cargas por cada tramo en la pestaña “CARGAS” para cada escenario propuesto.
- También las pestañas que corresponden a cada escenario llamadas “RIO\_20XX” donde se calculan el DBO5 para las estaciones secas y húmedas.

## 2.2. TOPOLOGÍA

1. Observar la distribución de la población y a que subcuenca pertenece y si es necesario por la densidad de centros poblados elegir una unidad hidrográfica menor.

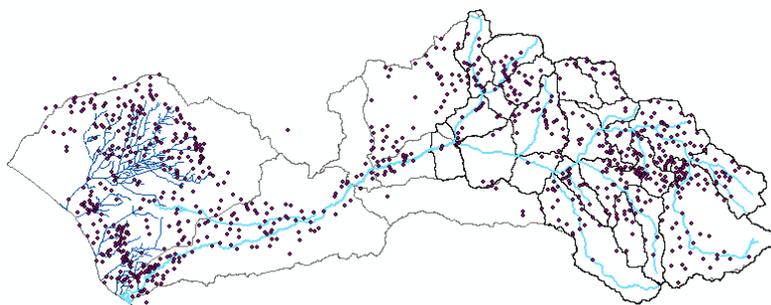


Figura 5. Distribución población

2. Luego trazar los tramos que van a servir para acumular las cargas orgánicas contaminantes. Y darles una codificación para identificarlos. Se debe verificar que las aguas de los tramos afluentes drenen en el tramo principal, para considerar las cargas contaminantes de los centros poblados que le correspondan.

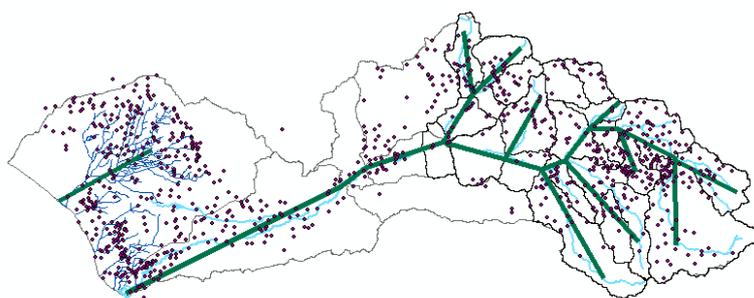


Figura 6. Tramos de acumulación de carga orgánica contaminante

- Se selecciona la cuenca de influencia de un tramo para seleccionar los centros poblados que estén dentro de ella.

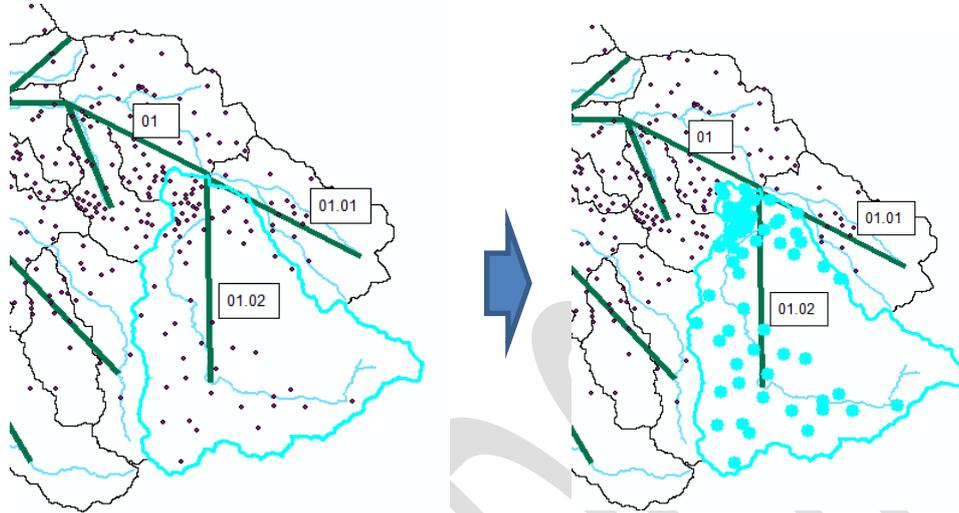


Figura 7. Zona de influencia de tramos

- Después de haber seleccionado los centros poblados que corresponden a nuestro tramo, se les debe asignar en su tabla de atributos la nomenclatura del tramo que le corresponde para luego poder filtrarlos en la hoja de cálculo.

NOMBRE_CCP	TRAMO
TONGOD	01.02
YAUYUCAN	01.02
QUITAHUASI	01.02
LA LUCUMA	01.02
ACHIRAMAYO	01.02
NINABAMBA	01.02
CATILLUC	01.02
QUELLAHORCO	01.02
CHILAL DE LA MERCED	01.02
QUILCATE	01.02
LA SAMANA	01.02
LOS ANGELES	01.02
LA PACCHA	01.02
RAMBRAN	01.02
ANDABAMBA	01.02
LA SELVA	01.02
ZOGNAD	01.02
SANTA ROSA	01.02
BADOS DE QUILCATE	01.02
EL HUASTE	01.02

(65 out of 915 Selected)

Figura 8. Asignación de tramos a centros poblados

- Después de asignarle los tramos a cada centro poblado esta información se debe exportar a una hoja de cálculo, en nuestro caso a Excel. Para poder hacer el tratamiento de la información.

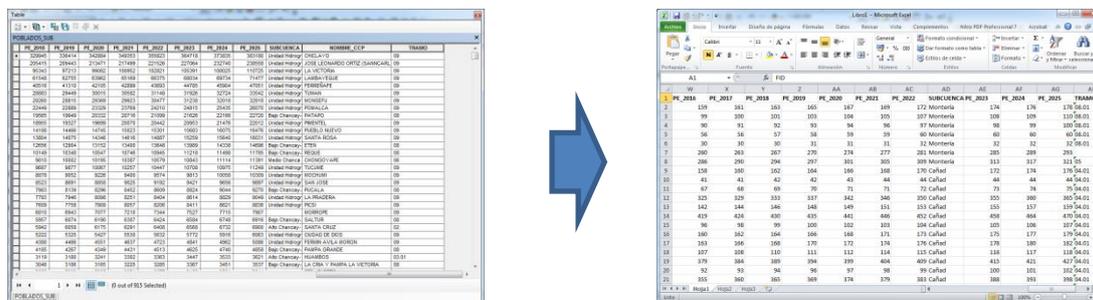


Figura 9. Exportación de la información espacial a hoja de cálculo

- Después de exportar la información de la tabla de atributos, en nuestro caso habíamos agregado la información de crecimiento poblacional y proyecciones de población para asociarlos a sus respectivos centros poblados, calculamos las cargas para los escenarios futuros propuestos con las proyecciones de población de esos años.

PE_2013	PE_2018	PE_2023	PE_2028	CARGA 2013	CARGA 2018	CARGA 2023	CARGA 2028
153	163	174	184	5.305275	5.652025	6.03345	6.3802
95	101	108	113	2.94125	3.502175	3.7449	3.918275
86	92	98	103	2.98205	3.1901	3.39815	3.571525
28	30	32	34	1.837775	1.971725	2.105675	2.240025
250	267	285	305	8.66875	9.258225	9.882375	10.575875
275	294	313	333	9.535625	10.19445	10.853275	11.546775
152	162	172	182	5.2706	5.61735	5.9641	6.31085
39	42	44	44	1.352325	1.45635	1.5257	1.5257
64	69	73	78	2.2192	2.392575	2.531275	2.70465
312	333	355	380	10.8186	11.546775	12.309625	13.1765
136	146	155	165	4.7158	5.06255	5.374625	5.721375
402	430	458	491	13.93935	14.91025	15.88115	17.025425
93	99	105	110	3.224775	3.432825	3.640875	3.81425
154	164	175	185	5.33995	5.6867	6.068125	6.414875
157	168	178	188	5.443975	5.8254	6.17215	6.5189
102	110	116	121	3.53685	3.81425	4.0223	4.195675
364	389	415	445	12.6217	13.488575	14.390125	15.430375
88	94	100	105	3.0514	3.25945	3.4675	3.640875
341	365	388	415	11.824175	12.656375	13.4539	14.390125
154	164	175	185	5.33995	5.6867	6.068125	6.414875
129	137	147	157	4.473075	4.750475	5.097225	5.443975
34	36	38	38	1.17895	1.2483	1.31765	1.31765
41	44	47	47	1.421675	1.5257	1.629725	1.629725
283	303	323	345	9.813025	10.506525	11.200025	11.962875
229	245	260	277	7.940575	8.495375	9.0155	9.604975
239	255	272	292	8.287325	8.842125	9.4316	10.1251
120	128	137	147	4.161	4.4384	4.750475	5.097225
393	421	448	479	13.627275	14.598175	15.5344	16.609325
78	84	89	94	2.70465	2.9127	3.086075	3.25945

Tabla 2. Carga por escenario propuesto

7. Luego se suman las cargas de los centros poblados que correspondan a cada tramo.

tramo	SUBCUENCAS	2013	2018	2023	2028
		Total	Total	Total	Total
01.02	Alto Chancay-Lambayeque 1	516.4	556.4	597.5	645.1
01.01	Alto Chancay-Lambayeque 2	138.0	147.9	158.1	169.6
01	Alto Chancay-Lambayeque 3	263.5	282.5	301.5	322.0
02.01	Alto Chancay-Lambayeque 4	42.6	45.6	48.7	51.9
02	Alto Chancay-Lambayeque 5	278.9	305.4	333.5	369.5
03.01	Alto Chancay-Lambayeque 6	66.3	71.9	77.7	84.8
03	Alto Chancay-Lambayeque 7	20.1	21.5	22.9	23.8
04.01	Cañad	268.0	287.6	307.3	328.7
04	Medio Alto Chancay-Lambayeque	152.7	165.4	178.7	195.0
05.01	Medio Alto Chancay-Lambayeque	186.9	199.7	212.8	227.0
05.02	Medio Alto Chancay-Lambayeque	56.4	60.9	64.9	68.8
05	Medio Alto Chancay-Lambayeque	36.6	39.1	41.6	44.1
06.01.01	Maichil1	116.7	126.1	135.8	145.4
06.01.02	Maichil2	22.6	24.3	25.5	25.9
06.01	Maichil3	40.7	43.6	46.2	49.0
06	Medio Chancay-Lambayeque	468.6	515.1	564.5	630.0
07	Medio Bajo Chancay-Lambayeque	5.2	5.5	5.9	6.0
08	Bajo Chancay-Lambayeque	8,961.1	9,849.2	10,792.7	12,046.1
09	UH137771	316,111.5	349,539.6	385,365.8	434,268.3

Tabla 3. Carga asociada a cada tramo

8. En las pestañas que corresponden a cada escenario se tiene que obtener la siguiente información:

■ **SOBRE LAS CARGAS**

Las cargas contaminantes de materia orgánica han sido obtenidas en función de la cantidad de personas por centros poblados, esta información según censo INEI del 2007 y con proyecciones de crecimiento para los escenarios 2013, 2018, 2023 y 2028.

Las poblaciones se han asociado a sus tramos en función de las unidades hidrográficas que las contienen.

■ **SOBRE LOS CAUDALES**

Los caudales fueron obtenidos del modelo WEAP (Sistema de Evaluación y Planificación del Agua) que es una herramienta computacional amigable que provee un enfoque integral a la planificación de los recursos hídricos. Utilizando este programa se modelaron las tres cuencas pilotos.

■ **SOBRE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.**

La información obtenida de la base de datos espacial (se usó el software Arcgis 10) corresponde a la longitud de ríos, centros poblados que están dentro de las unidades hidrográficas, también estimar de forma pragmática el coeficiente de recorrido, que determina que tan fácil llega la carga contaminante al dren o tramo que le corresponde.

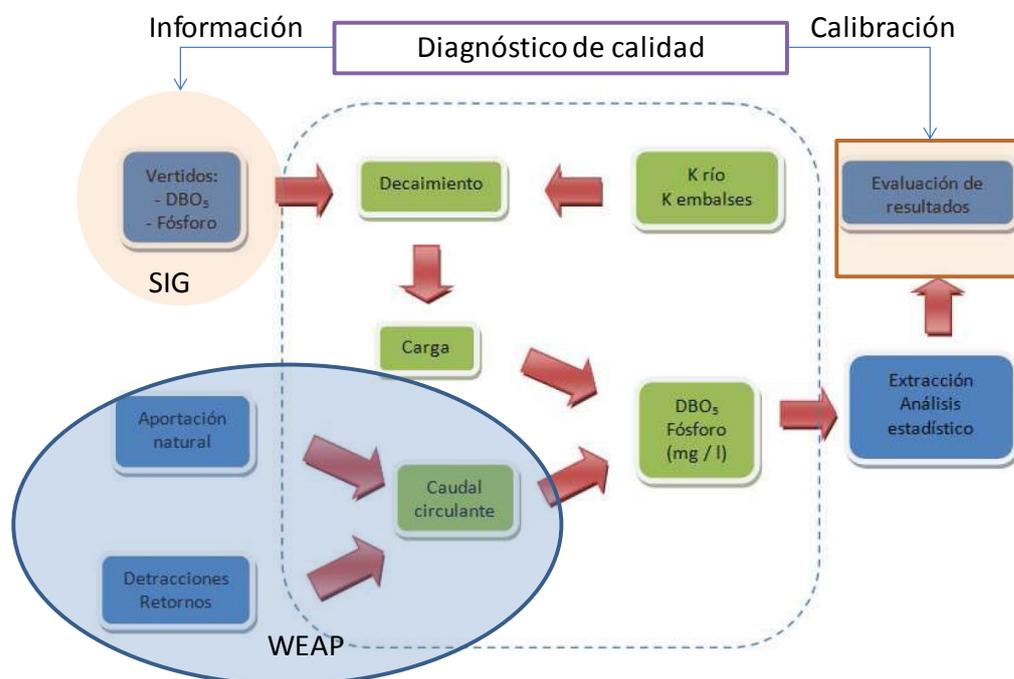


Figura 10. Esquema del modelo

- Longitud del tramo en kilómetros (km), esta información se obtiene de la base de datos espacial SIG.
- Coefficiente de recorrido en porcentaje (%), este valor está en función de la facilidad con que las cargas pueden llegar al tramo o río, esto depende de la distribución de los centros poblados dentro de la cuenca de influencia de cada tramo.
- Caudal húmedo y caudal seco en hm<sup>3</sup> o MMC, esta información como mencionamos se obtiene del WEAP.
- La temperatura media en la estación seca y húmeda en grados centígrados (°C).
- Carga de entrada que es la suma de las cargas obtenidas de los centros poblados dentro de la cuenca de influencia para cada tramo.
- Ubicación del tramo en la cuenca, ya sea, cuenca alta, media o baja.
- Porcentaje de reducción (%), este valor se obtiene modificando el panel, es decir en función de las fuerzas motrices y del tipo de tratamiento de las aguas residuales que es en función del tipo de población, ya sea, urbana o rural. En relación a este criterio las pestañas de los escenarios futuros están enlazados con el "panel".
- Carga de salida para cada estación seca y húmeda usando la fórmula de decaimiento.
- Todo lo anterior sirve para obtener el DBO<sub>5</sub> en mg/l de O<sub>2</sub>.

Longitud (Km)	coef. Recorrid	Caudal seco	Caudal húmedo	Tª media seco	Tª media húmedo
45.5	140%	91.3	230.3	17.3	17.2
31.45	140%	40.6	82.0	17.3	17.2
26.7	140%	223.7	585.8	17.3	17.2
11.7	140%	22.7	34.5	17.3	17.2
7.55	120%	258.9	635.2	17.3	17.2
11.72	140%	19.5	45.7	17.3	17.2
11.16	140%	308.4	720.6	17.3	17.2
37.04	140%	97.7	173.2	17.3	17.2
15.95	120%	428.0	927.0	17.3	17.2
42.86	140%	86.2	132.1	17.3	17.2
21.24	140%	41.1	55.5	18.9	20.1
24.19	140%	368.4	643.5	18.9	20.1
19.42	140%	52.5	75.0	18.9	20.1
20.87	140%	24.4	35.6	18.9	20.1
13.67	120%	90.0	135.5	18.9	20.1
26.47	100%	656.0	1272.5	18.9	20.1
6.65	80%	375.7	755.1	18.9	20.1
95.2	80%	375.7	755.1	20.5	23.9
97.53	80%	8.3	44.2	20.5	23.9

Carga ent	CUENCA	% reducción	Carga sal Seco	Carga sal húmedo	DBO5 seco	DBO5 húmedo
516.4	ALTA	100%	15.5	15.6	1.7	0.7
138.0	ALTA	100%	9.9	9.9	2.4	1.2
263.5	ALTA	100%	36.5	36.6	1.6	0.6
42.7	ALTA	100%	11.5	11.5	5.0	3.3
278.9	ALTA	100%	109.5	109.7	4.2	1.7
66.3	ALTA	100%	16.1	16.1	8.2	3.5
20.1	ALTA	100%	36.6	36.7	1.2	0.5
268.0	ALTA	100%	13.6	13.6	1.4	0.8
152.7	ALTA	100%	43.6	43.7	1.0	0.5
186.9	ALTA	100%	6.6	6.6	0.8	0.5
56.4	MEDIA	100%	6.8	6.3	1.7	1.1
36.6	MEDIA	100%	9.3	8.5	0.3	0.1
116.7	MEDIA	100%	16.0	14.9	3.0	2.0
22.6	MEDIA	100%	2.8	2.6	1.2	0.7
40.7	MEDIA	100%	13.6	12.8	1.5	0.9
468.6	MEDIA	100%	69.7	64.8	1.1	0.5
5.2	MEDIA	200%	58.1	53.6	1.5	0.7
8961.1	BAJA	200%	183.3	94.6	4.9	1.3
468.7	BAJA	200%	8.7	4.4	10.5	1.0

Tabla 4. Datos necesarios para el modelo utilizados en cada escenario propuesto

9. Cuando estos datos están listos ya se puede usar el modelo y escoger las alternativas que correspondan a cada escenario propuesto.

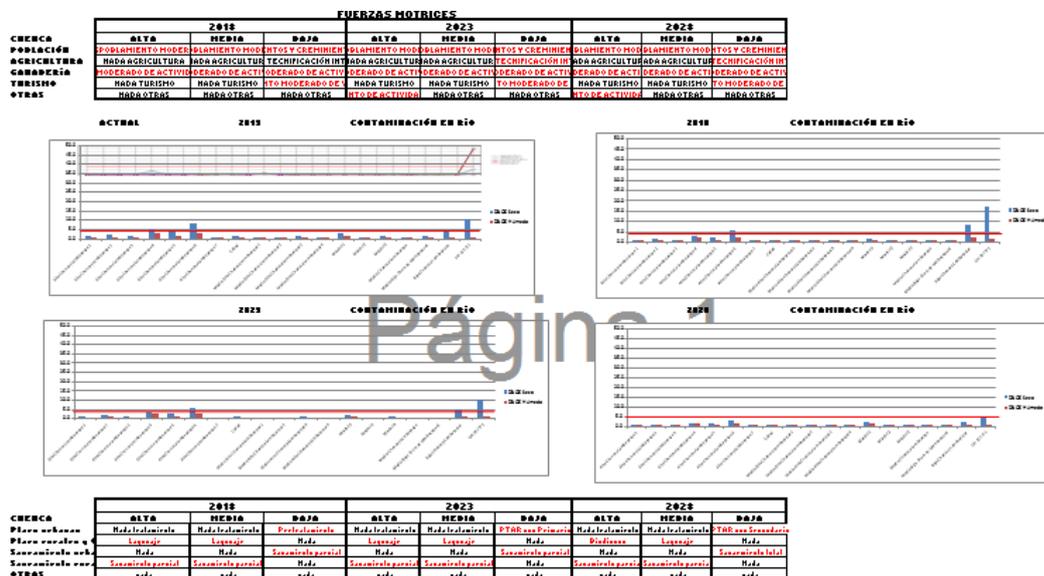


Figura 11. Resultados obtenidos por los grupos de interés

### 2.3. APLICACIÓN DEL MODELO

En esta imagen se puede observar en negro las fuerzas motrices que no sufren ningún cambio en el escenario futuro propuesto y en rojo la opción escogida por el grupo técnico de cómo será esa fuerza motriz para ese escenario.

CUENCA	2018		
	ALTA	MEDIA	BAJA
POBLACIÓN	NADA POBLACIÓN	ENTRACIÓN INTENSA DE POBLACIÓN	CENTRACIÓN INTENSA DE POBLACIÓN
AGRICULTURA	NADA AGRICULTURA	NADA AGRICULTURA	INTENSIVO CULTIVOS DE ALTO VALOR AGRICOLA
GANADERÍA	NADA GANADERIA	NADA GANADERIA	INTENSIVO INTENSO DE ACTIVIDAD GANADERA
TURISMO	NADA TURISMO	NADA TURISMO	MODERADO MODERADO DE VISITANTES
OTRAS	MODERADO DE ACTIVIDAD MODERADA	NADA OTRAS	NADA OTRAS

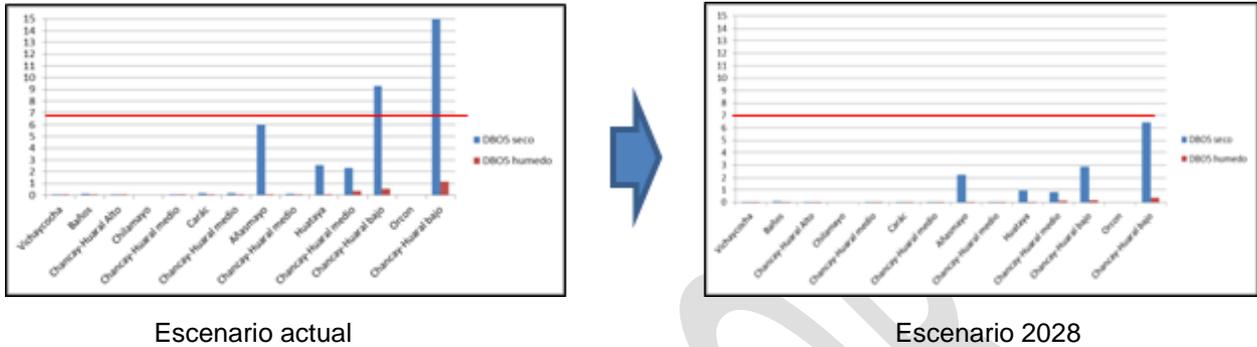
Figura 12. Escenario propuesto para un escenario futuro

De la misma manera se escoge el tipo de saneamiento y el tratamiento que el grupo de actores considere el más conveniente.

CUENCA	ALTA
Ptars urbanas	Nada tratamiento
Ptars rurales y CP	Lagunaje
Saneamiento urbano	Nada
Saneamiento rural	Saneamiento parcial
OTRAS	nada

Figura 13. Actuación frente al escenario propuesto

De esta manera, en función de las alternativas escogidas y valoradas por los grupos de trabajo en el escenario futuro 2028 se logra reducir la carga orgánica contaminante a niveles que los ECA lo indiquen.



Escenario actual

Escenario 2028

Figura 14. Variación de la carga en función de las actuaciones escogidas

## 2.4. EJEMPLOS DE APLICACIÓN EN TRES CUENCAS PILOTO.

### 2.4.1. Cuenca Chancay-Huaral.

#### 2.4.1.1. Topología

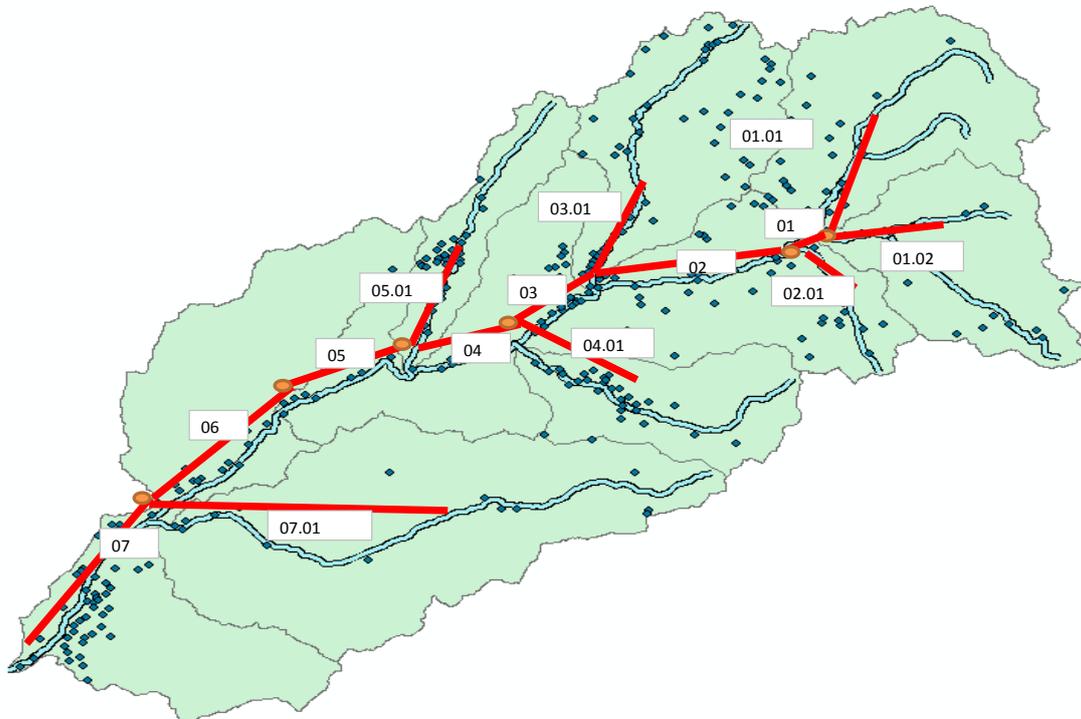


Figura 15. Topología Chancay-Huaral

2.4.1.2. Panel



Figura 16. Resultados panel de trabajo Chancay-Huaral

2.4.2. Cuenca Chancay-Lambayeque

2.4.2.1. Topología

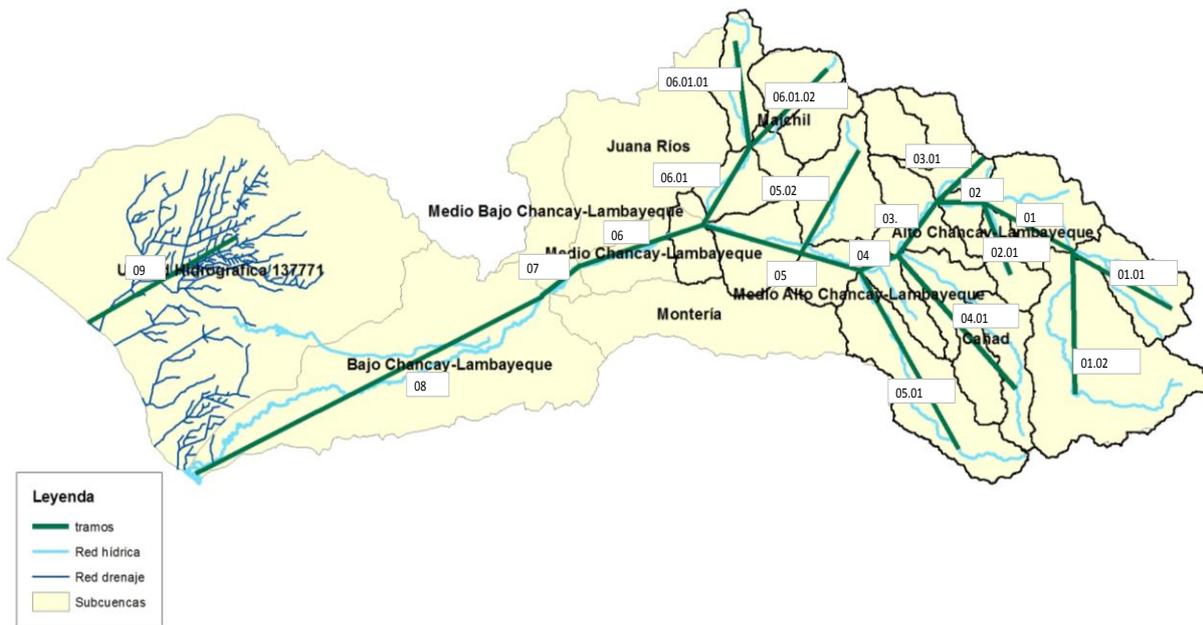


Figura 17. Topología Chancay-Lambayeque

2.4.3. Panel

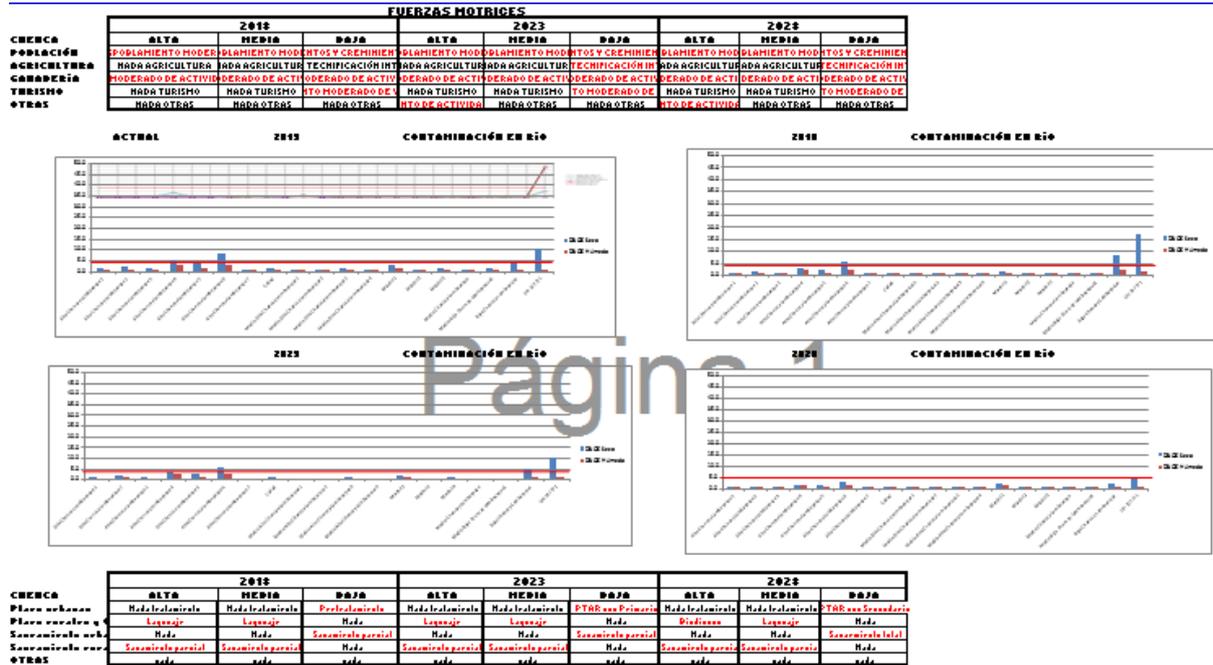


Figura 18. Resultados panel de trabajo Chancay-Lambayeque

2.4.4. Cuenca Quilca-Chili

2.4.4.1. Topología

En el caso de la cuenca Quilca-Chili se realizó por unidades hidrográficas el modelo.

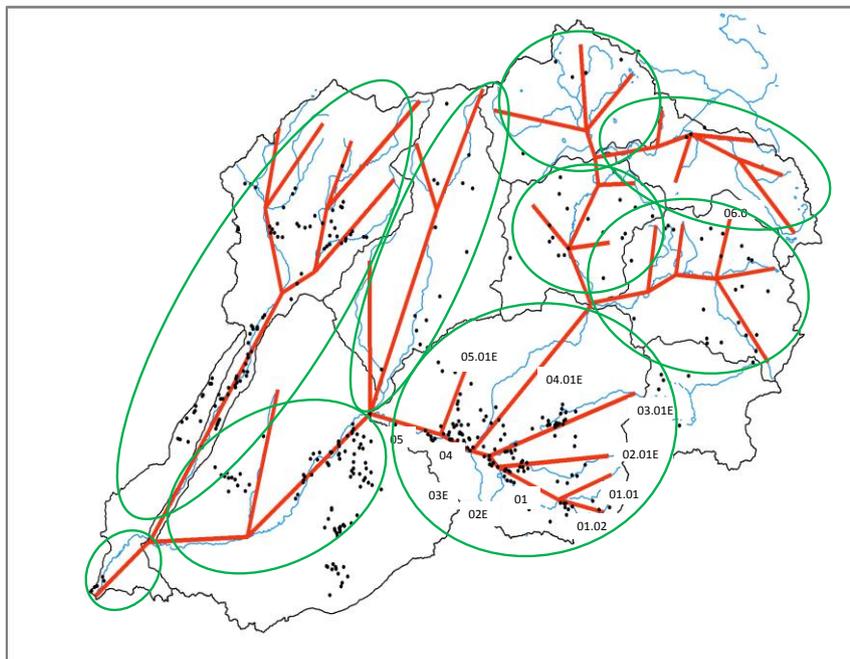


Figura 19. Topología Quilca - Chili

2.4.4.2. Panel

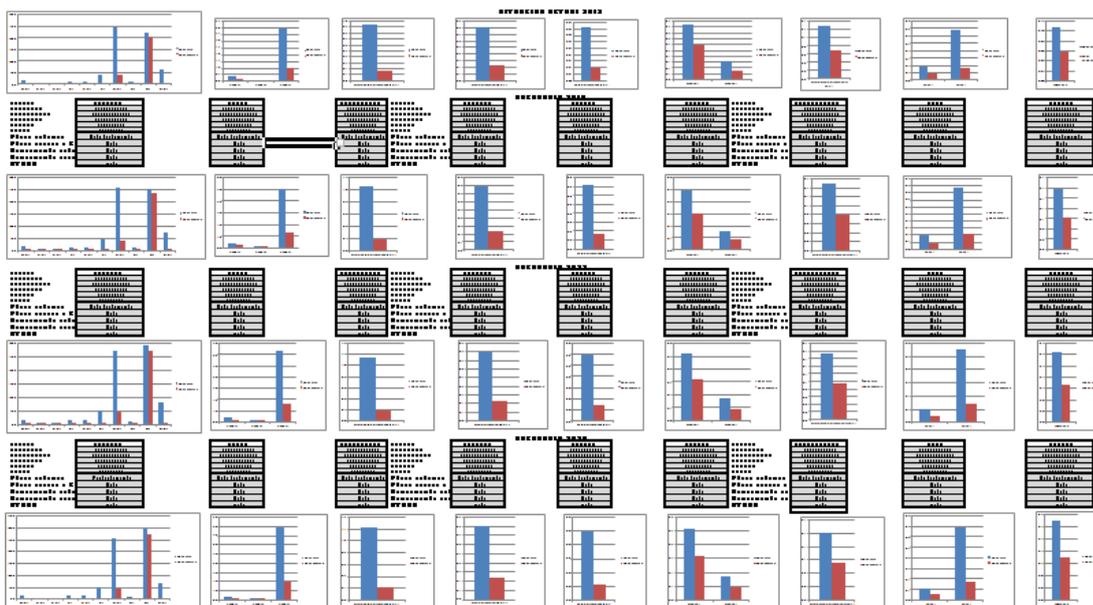


Figura 20. Resultados panel de trabajo Chancay-Lambayeque