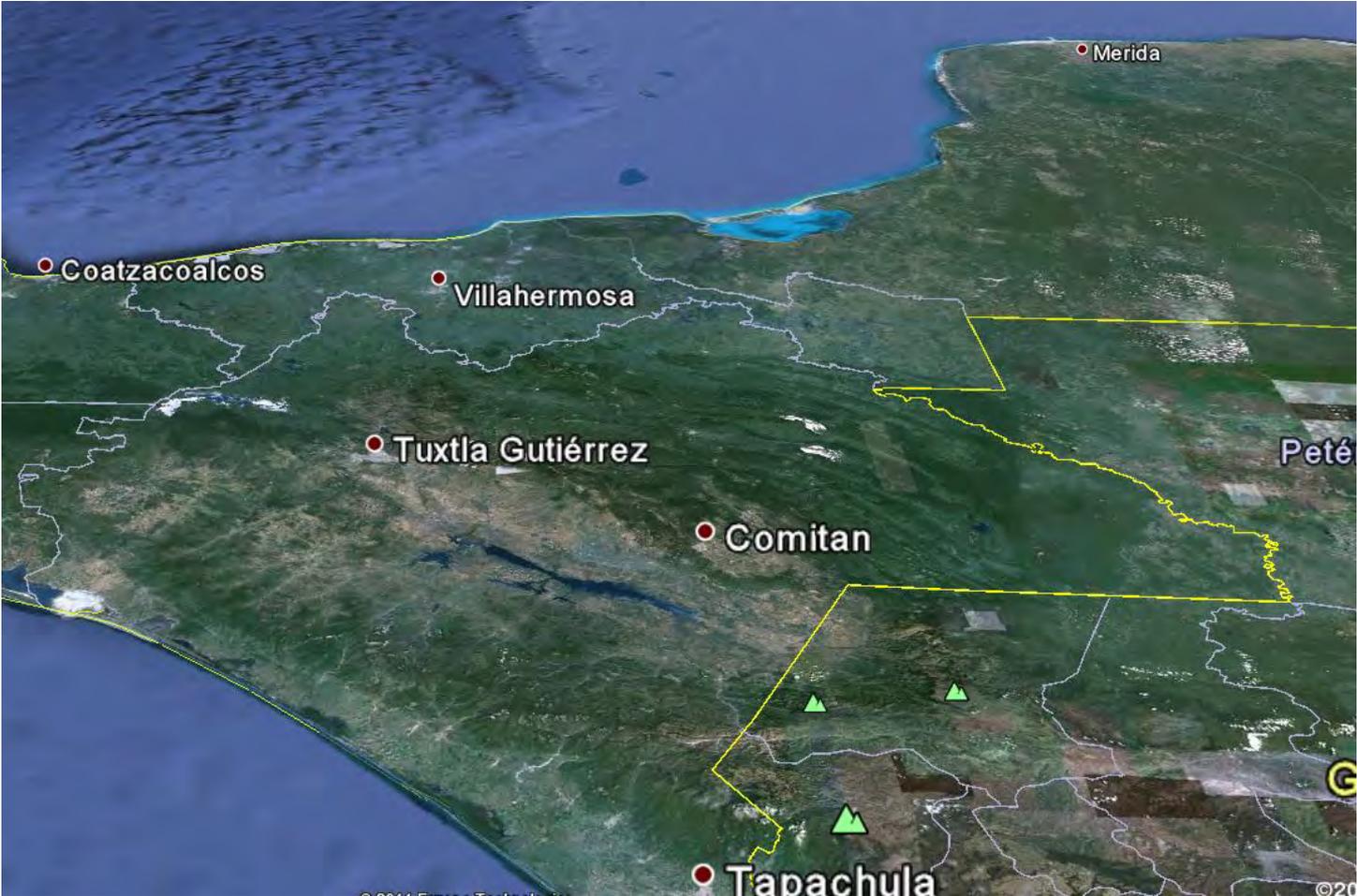
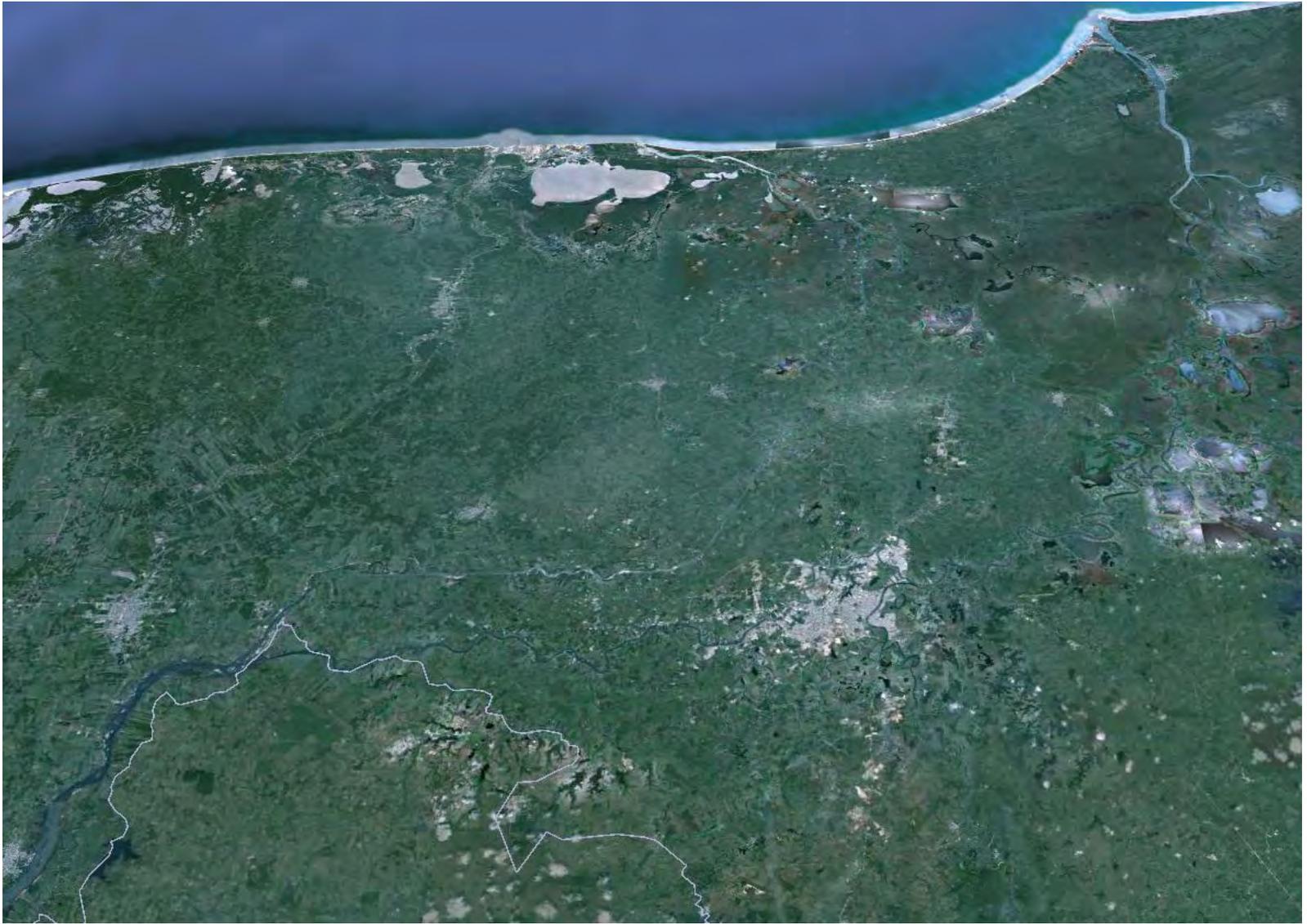


Inestabilidad y Daños en márgenes y bordos del Río Carrizal







**MANIFESTACIONES
DE FALLA EN MÁRGENES
Y BORDOS**

Márgenes no protegidas









Márgenes protegidas con Enrocamiento



























Márgenes protegidas con *Colchas*

















Márgenes protegidas con ***Tapetes***

















Márgenes protegidas con ***Llantas***





Márgenes protegidas con ***Espigones***











Márgenes protegidas con ***Costales***

















Márgenes protegidas con
Tablaestacas





Estado	Número de Protecciones
Malo	124
Regular	109
Bueno	63
Total	296

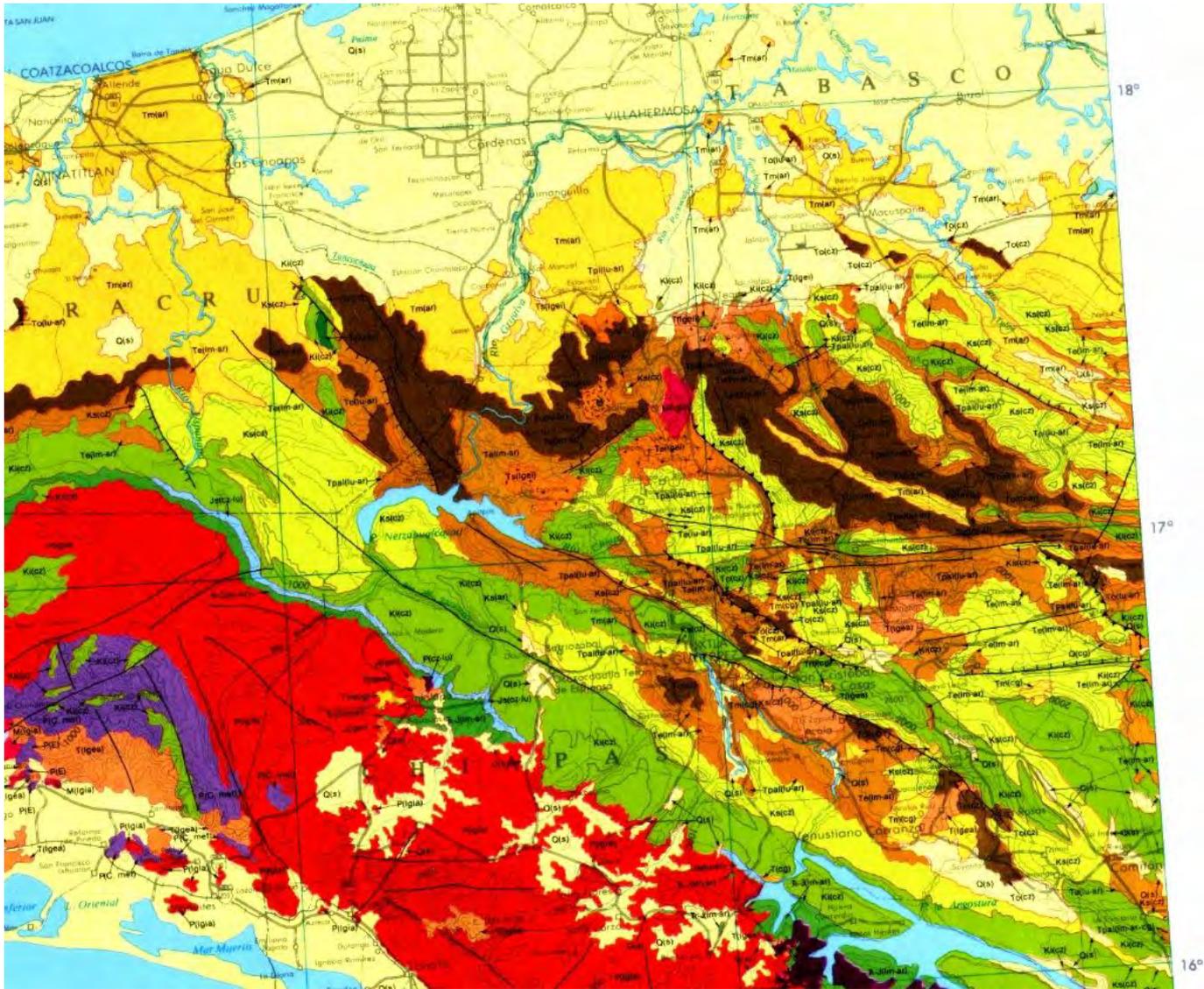
Protección	Bien	Regular	Mal	Total	%Bien	%Regular	%Mal
Bolsas	5	0	0	5	100	0	0
<u>Colchacreto</u>	2	25	36	63	3	40	57
Costales	3	12	16	31	10	39	52
Costales con delantal de bolsa	11	0	1	12	92	0	8
Llantas	0	3	0	3	0	100	0
Piedra Bola	0	1	0	1	0	100	0
<u>Enrocamiento</u>	9	11	16	36	25	31	44
Roca sobre colcha	0	0	4	4	0	0	100
Tapete flexible	6	11	1	18	33	61	6
Totales	36	63	74	173	21	36	43

CAUSAS POSIBLES DE INESTABILIDAD

- **Geológicas**
- **Geotécnicas**
- **Hidráulicas**
- **Humanas**

CAUSAS GEOLÓGICAS

- **Litología**
- **Tectónica**



Tabasco es el territorio físicamente más joven del país, se está formando con los sedimentos de las corrientes que bajan de las sierras chiapanecas.

Los sedimentos bajados por las corrientes hicieron avanzar la costa hacia el Norte, lo que parece haber llegado a su fin pues actualmente la erosión marina está haciendo retroceder la línea costera de 3 a 4 m/año, en parte debido al poco aporte de sedimentos, y quizá también a cambios climáticos globales (J.E. Aguayo *et al*, 1998).

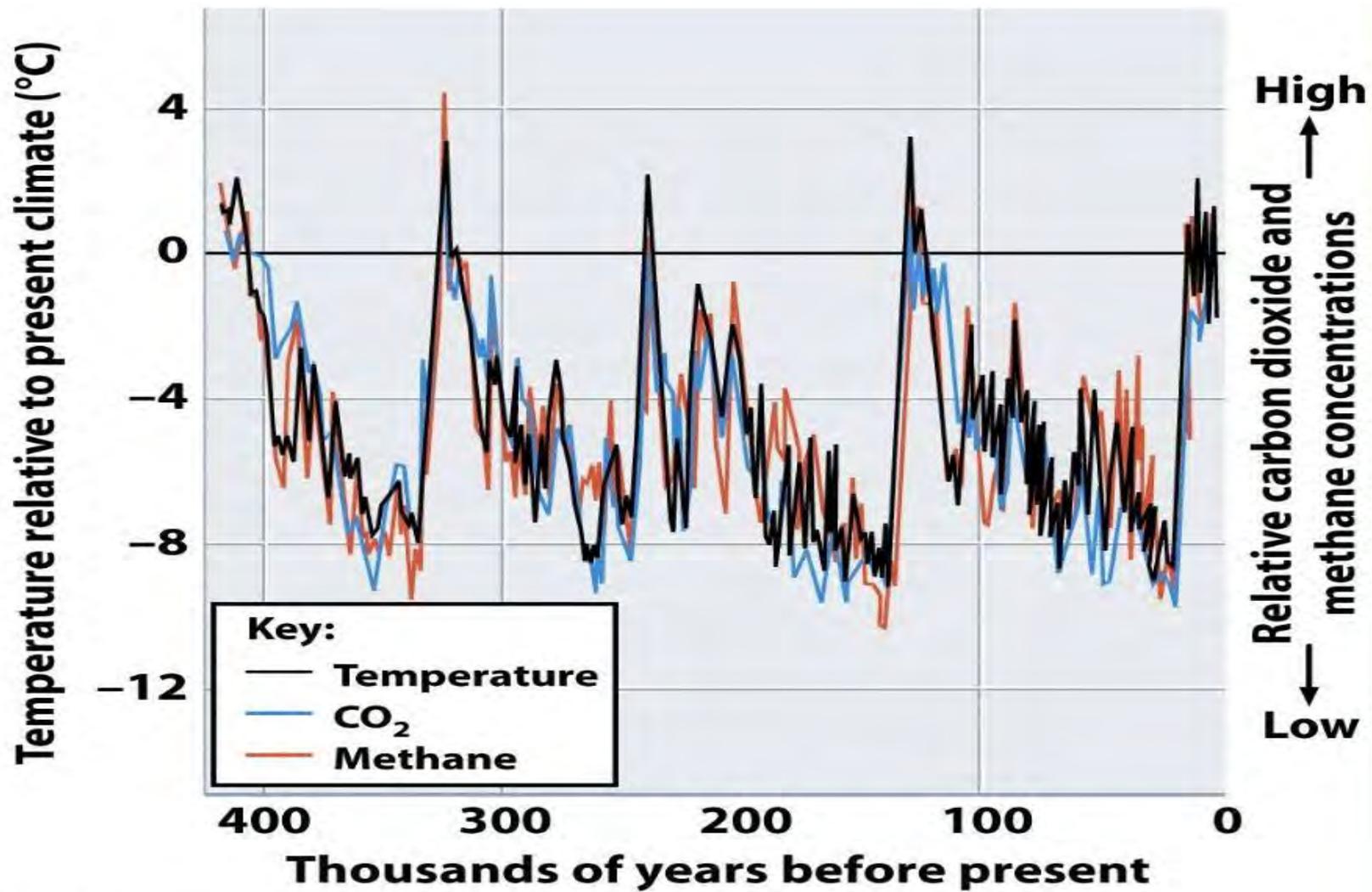
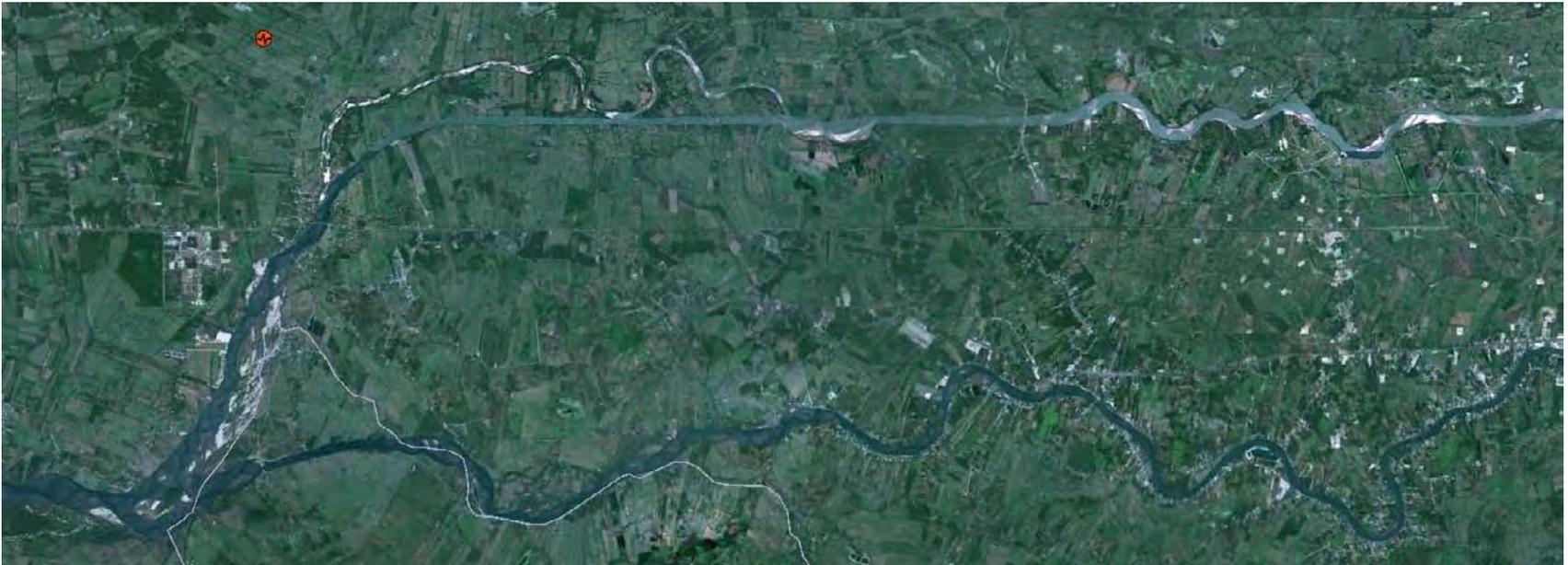


Figure 15-10
Understanding Earth, Fifth Edition
 © 2007 W. H. Freeman and Company

El gasto sólido de las corrientes que bajan y han bajado de las Sierra Madre del Sur, está formado mayoritariamente por detritos y iones disueltos provenientes de rocas carbonatadas (calizas del Mesozoico + lutitas y areniscas del Terciario), muy plegadas y fracturadas.

La porción gruesa del gasto sólido no ha sido llevada por el Río Carrizal.

El brusco cambio de pendiente entre la Sierra y la Llanura Tabasqueña ocasiona la pronta sedimentación de las partículas gruesas, separándose aún más el residuo en la bifurcación del Río Samaria, por el que se ha ido la mayor parte del sedimento grueso, evidenciando mayor velocidad, quizá como consecuencia de tener mayor pendiente inicial.



La elevada pluviosidad en Tabasco se traduce en una importante infiltración de agua dulce que, además de lavar los carbonatos, elimina los iones engendrados de los enlaces entre las partículas de arcilla.

Al respecto, cabe mencionar que nuestros compañeros del proyecto de humedales, han registrado salinidades inferiores a 0.5 en todos los sitios sondeados en las inmediaciones del Río Pichucalco, distante entre 6 y 8 km del Río Carrizal, al SE de Villahermosa.

El lavado de sales y carbonatos, además de disminuir la resistencia, incrementa el riesgo de tubificación.

Adicionalmente, el flujo subterráneo puede concentrar su descarga en horadaciones hechas por animales (pez diablo, iguanas, cangrejos, etc.), iniciando una erosión retrógrada, generalizando la tubificación.







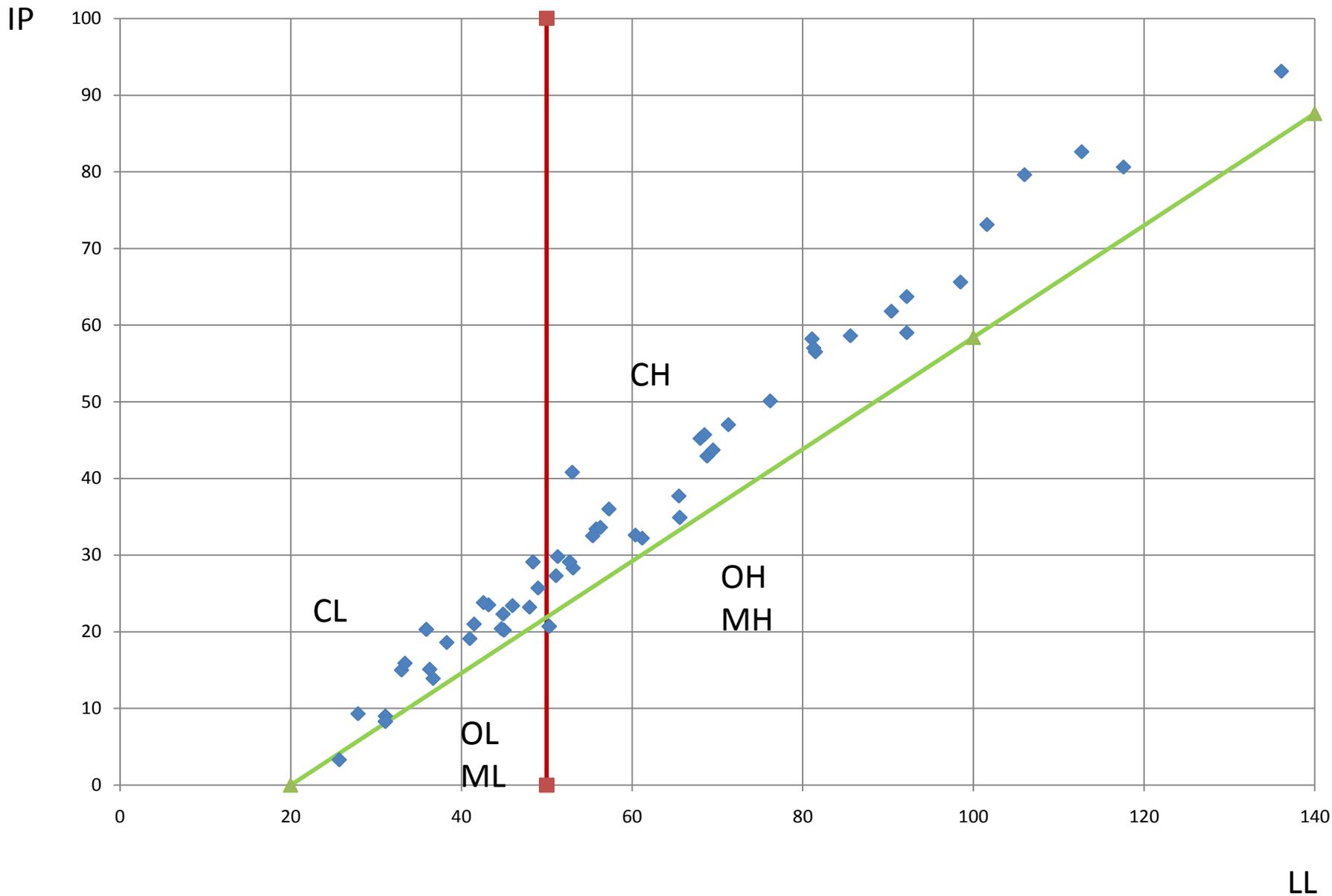
CAUSAS GEOTÉCNICAS

- **Estratigrafía**
- **Propiedades mecánicas**

Se realizaron 29 sondeos mixtos (SPT + Shelby) en las márgenes y bordos del Río Carrizal, cuyas profundidades variaron entre 15 y 25 metros.

En todos los casos el subsuelo está formado por interestratificaciones de mezclas heterogéneas de arcilla, limo y arena fina, muy blandas y sueltas, con cantidades importantes de materia orgánica en muchos casos.

CARTA DE PLASTICIDAD



Resistencia promedio a la penetración estándar, de los suelos bajo los bordos y hasta 10 ó 15 m de profundidad, de los sondeos realizados en las márgenes del Río Carrizal

Sondeo	N	
1	3.2	
2	3.3	
3	2.5	
4	2.6	
5	3.2	
6	2.5	▲ 10m
7	1.9	▼ 15m
8	1.9	
9	3.1	
10	5.6	
11	2.5	
12	2.5	
13	2.5	
14	2.7	
15	2.6	
16	3.8	
17	2.5	
18	3.0	
19	1.8	
20	3.4	
21	2.9	
22	2.4	
23	2.9	
24	3.1	
25	2.6	
26	5.4	
27	1.7	
28	4.5	
29	2.2	
Promedio	2.9	

Se realizaron **XX** pruebas triaxiales UU, encontrándose los siguientes valores de cohesión y ángulo de fricción:

Triaxiales UU			
Sondeo	Muestra	c (kg/cm ²)	ϕ
1	7	0.28	5.8
1	12	0.44	0
2	11	0.48	0
2	15	0.21	1.9
3	25	0.40	0
4	11	0.51	0
4	20	0.31	3
6	13	0.20	8.5
7	25	0.21	1.5
9	18	0.31	3.6
9	25	0.40	0
11	14	0.29	0.8
11	19	0.61	0
12	7	0.29	0
12	15	0.60	0
13	14	0.39	0
13	25	0.26	1.5
14	9	0.21	6.7
14	15	0.37	3.2
14	25	0.22	1.7
15	12	0.30	5.1
15	18	0.45	0
17	8	0.32	0
17	16	0.29	3
19	8	0.26	2.3
20	17	0.40	4.3
22	10	0.40	1.1
18	11	0.21	2.9
18	21	0.42	0
18	34	0.32	3
19	21	0.61	2.7
20	25	0.42	1.7
21	11	0.33	2.5
21	18	0.32	0
24	12	0.22	4.4
25	17	0.46	2.5
27	25	0.32	0
28	34	0.53	5.3
29	9	0.30	0
29	17	0.38	0
40	10	0.30	0
40	25	0.31	5.6
Promedios		0.35	2.01

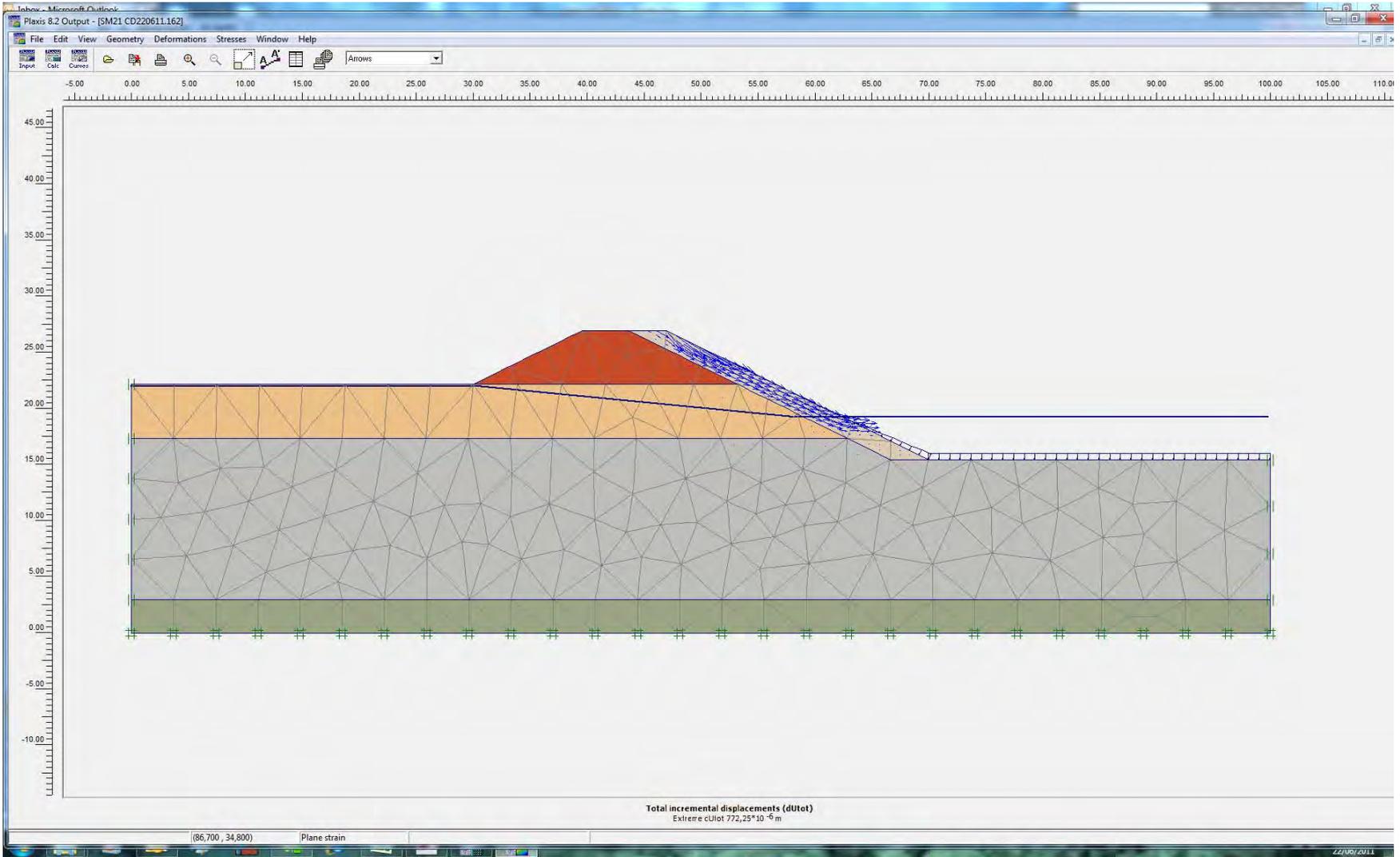
Asimismo, están en ejecución varias series de pruebas triaxiales con control de la presión de poro, simulando 3 condiciones de una trayectoria de esfuerzos que parte del suelo natural antes de la construcción de los bordos, seguida por la construcción del bordo y terminando con un incremento de la carga vertical con una velocidad de carga constante de 0.694 mm/min.

Cabe mencionar que en muchos casos no se ha alcanzado la carga vertical prescrita por incapacidad del suelo; a continuación se muestran algunas fotografías al final de las pruebas:

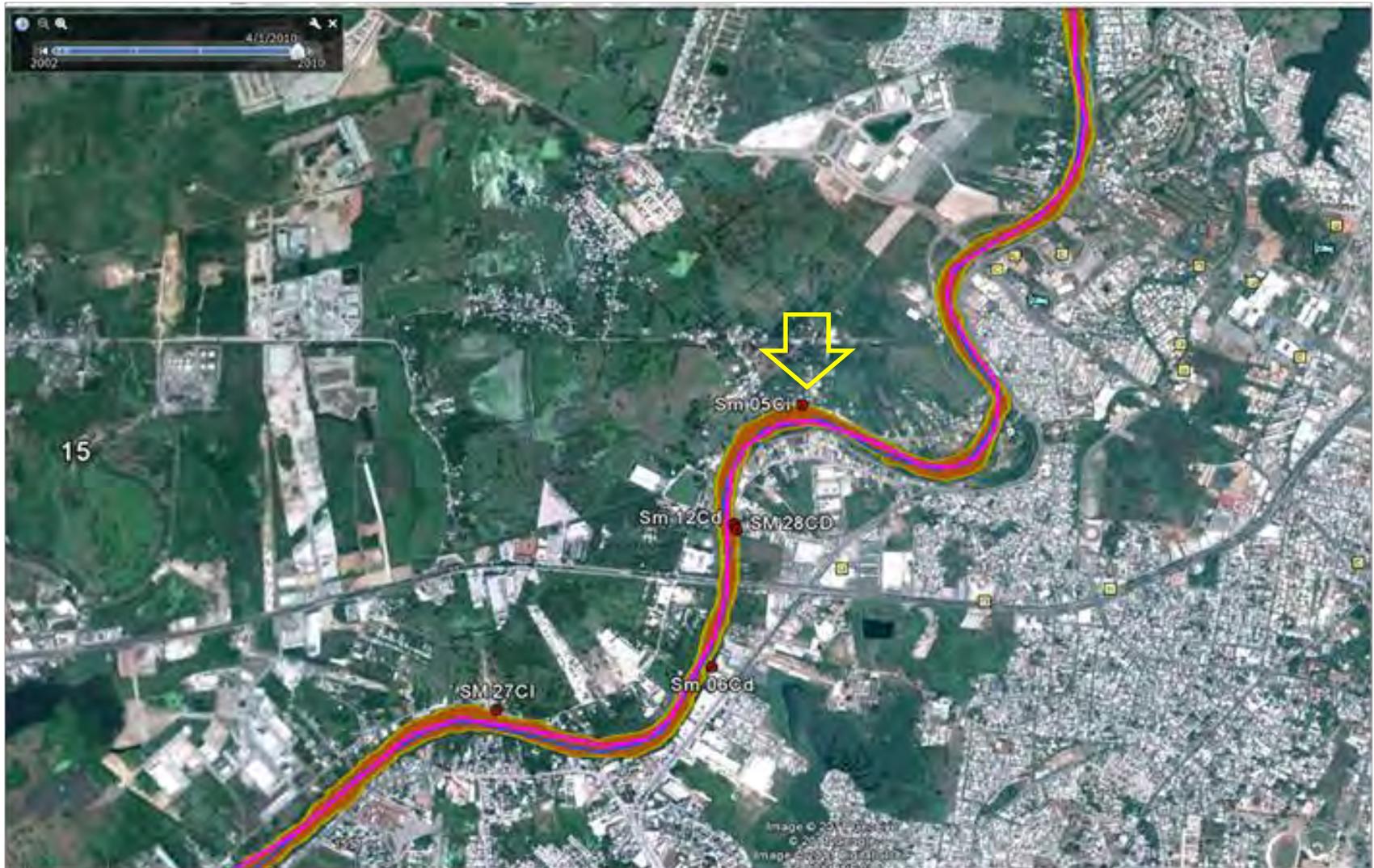
















RA. ANACLETO CANABAL
3RA. SECCIÓN

RA. EMILIANO
ZAPATA

GARZAL

NUEVA VILLO DE
LOS TRABAJADORES

ATADU A DE
SERNA

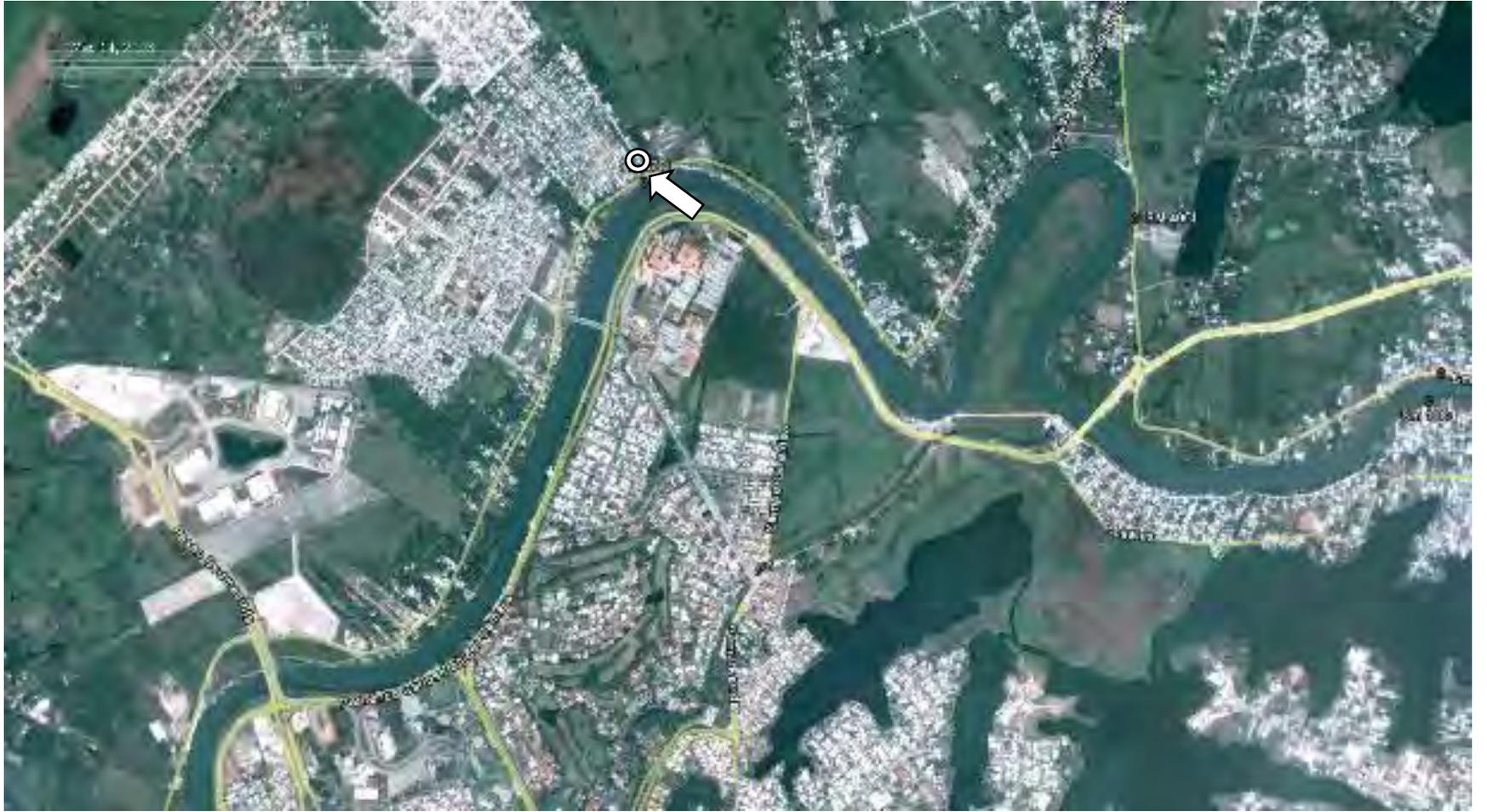


YACU
ALFREDO

BUDOMANT
YARZA

D-IV

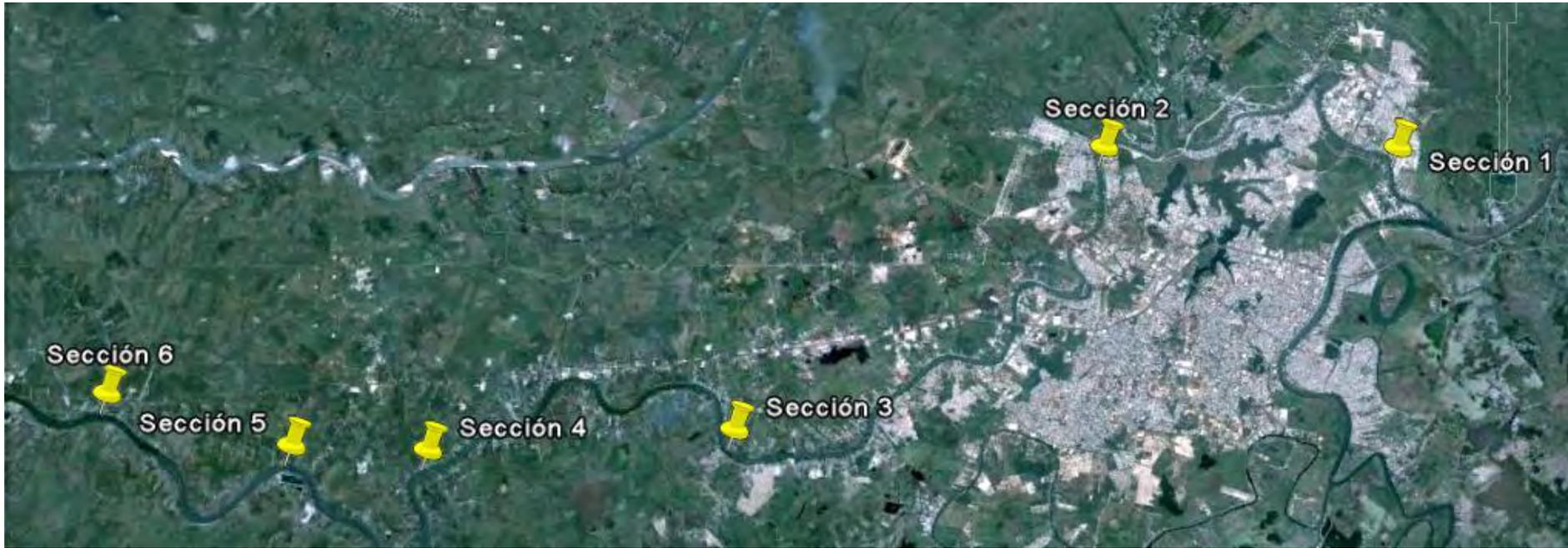




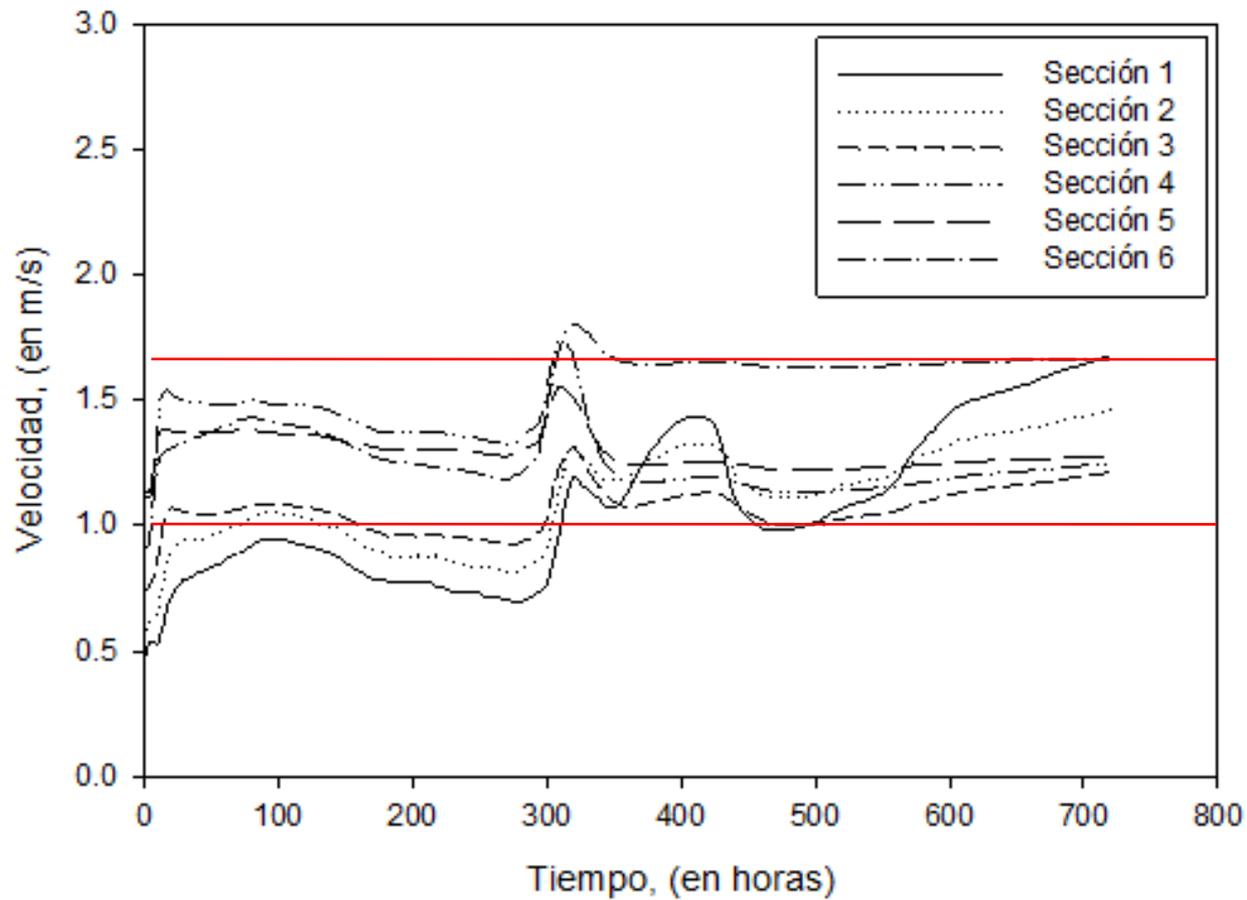
CAUSAS HIDRÁULICAS

- **Velocidad**
- **Morfología**

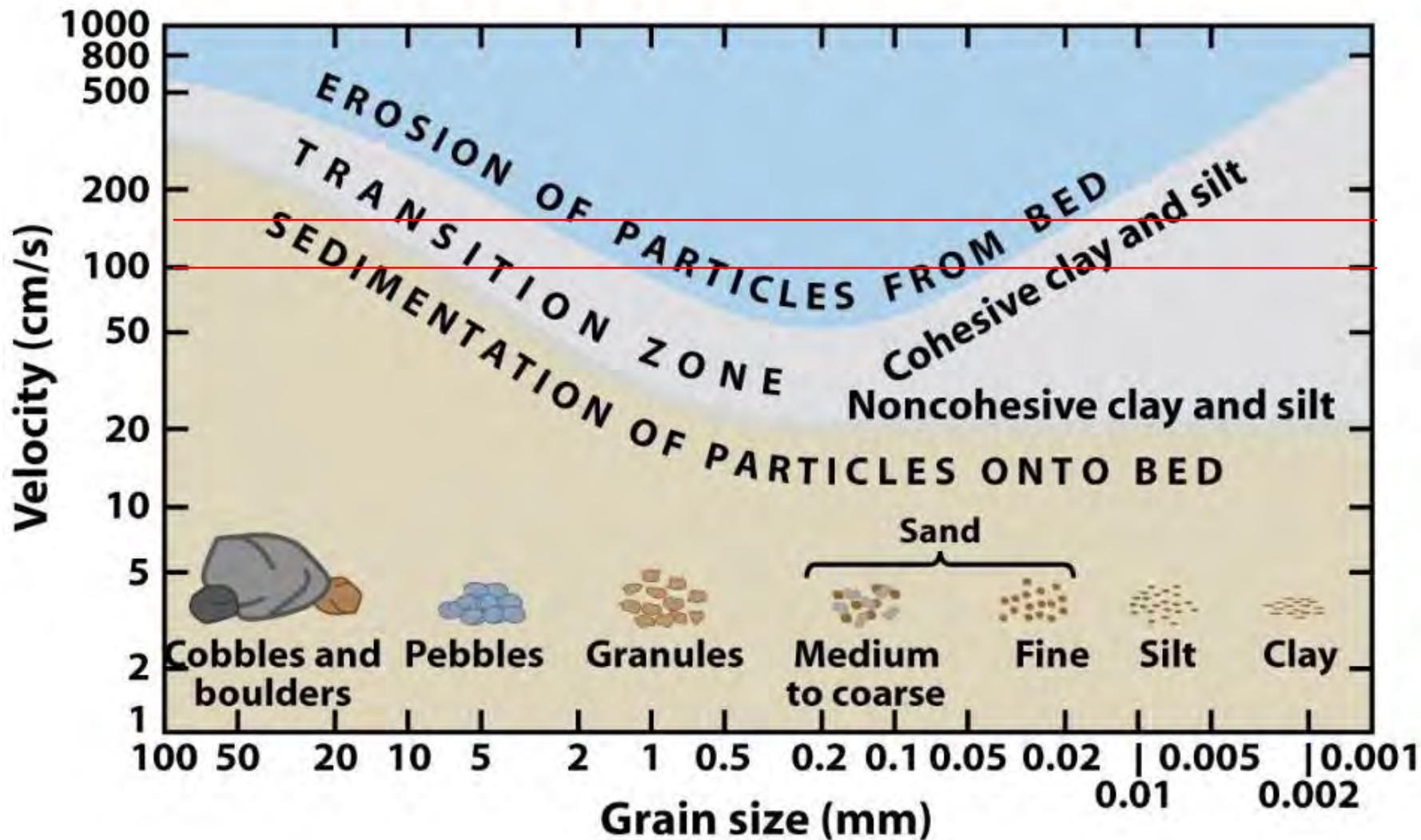
Velocidad



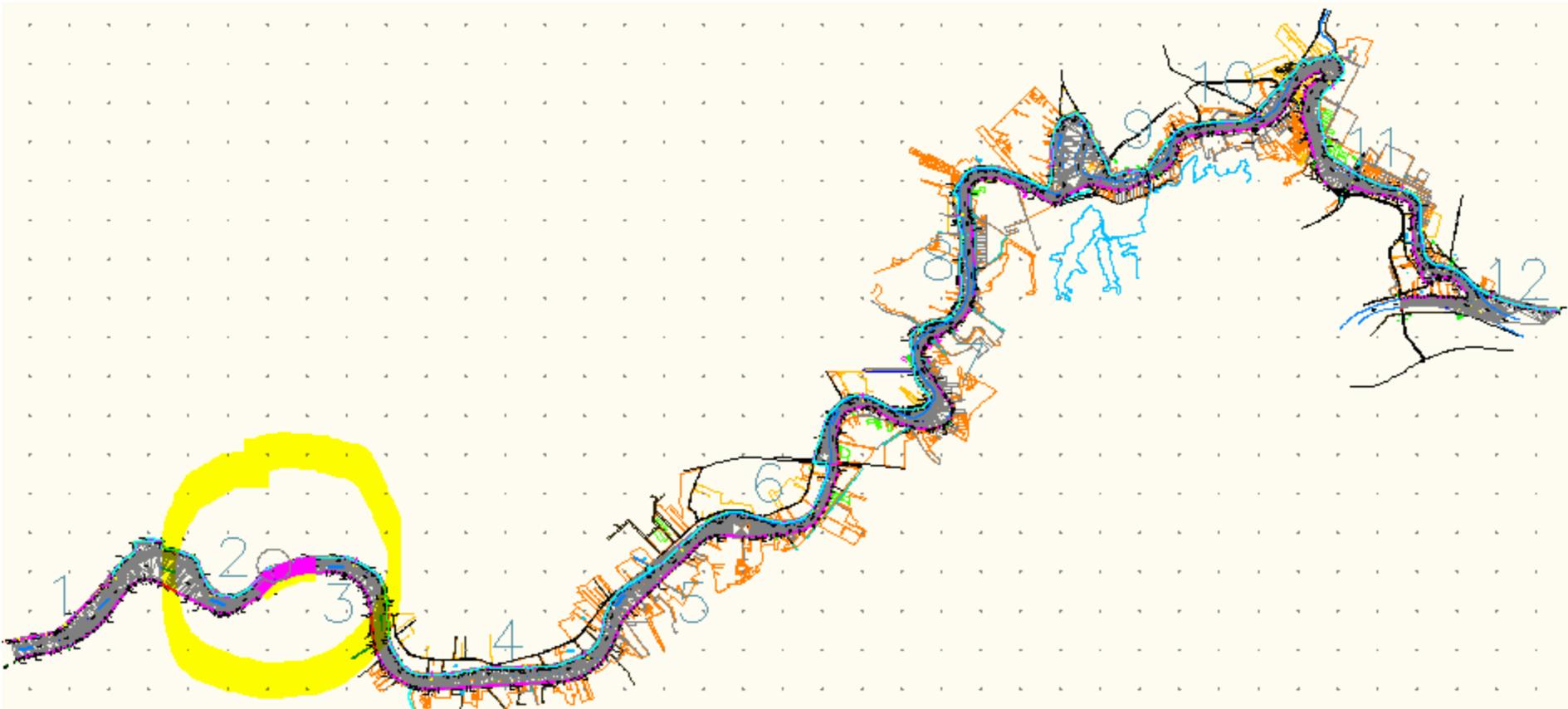
Algunos seccionamientos de la modelación del río Carrizal para un $T_r=100$ años. (Fuentes *et al.*, 2009)

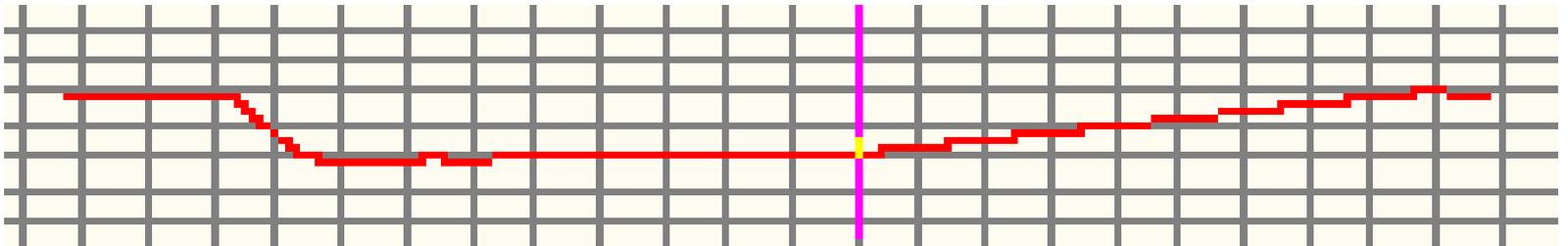
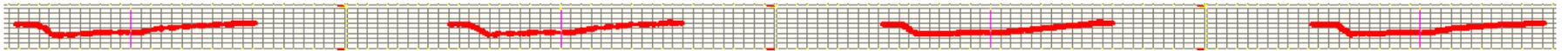
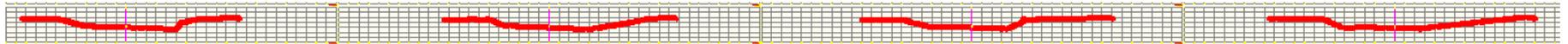
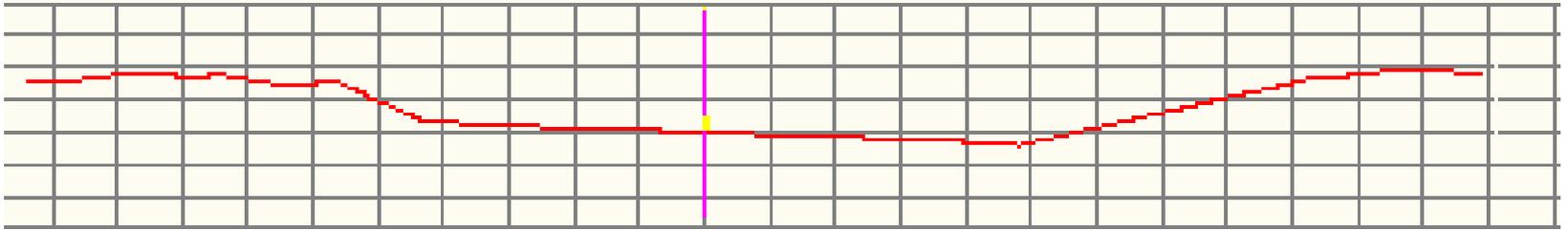


Velocidades para los seccionamientos de la figura anterior. $T_r=100$ años. (Fuentes *et al.*, 2009)



Morfología





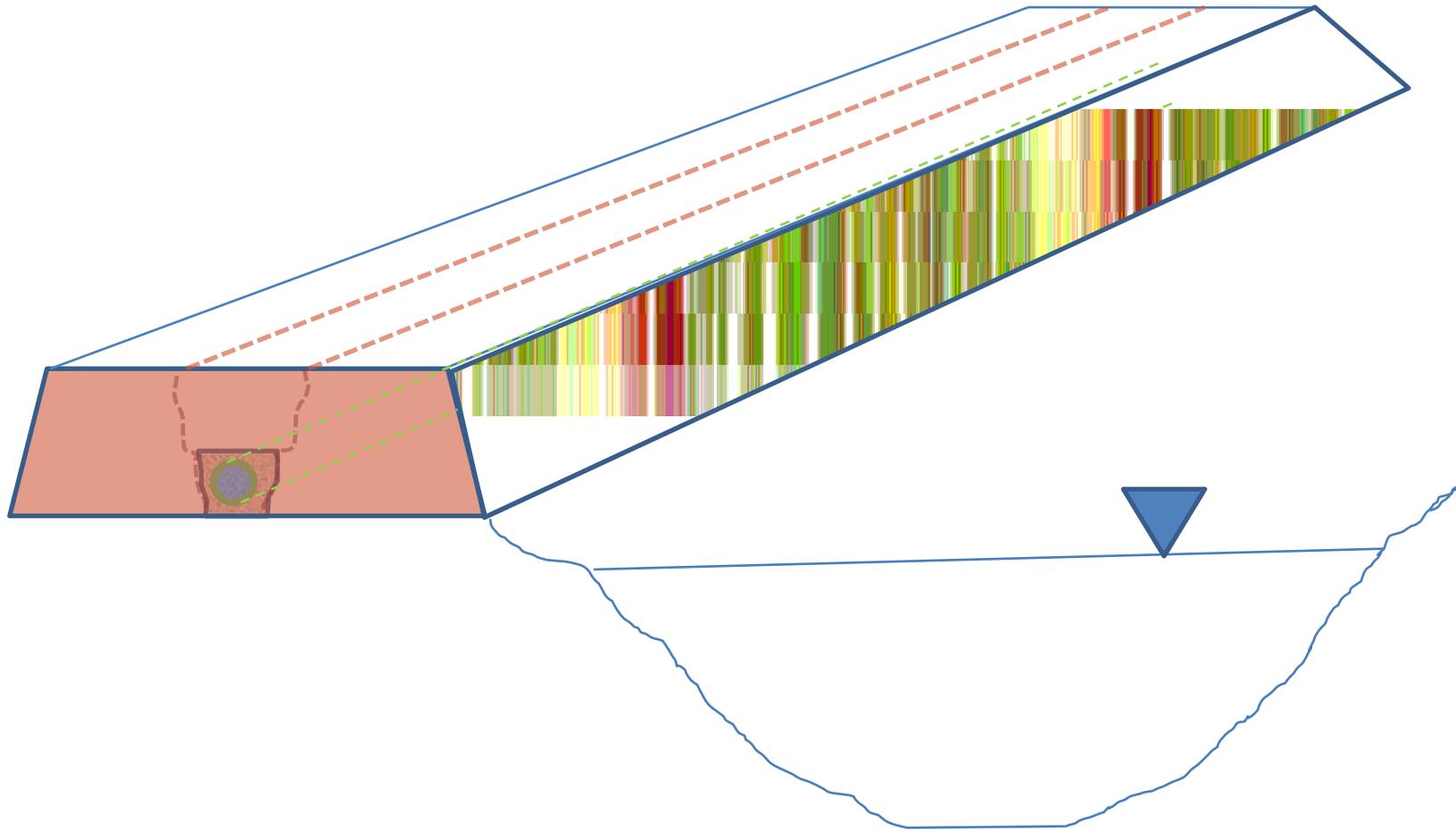
CAUSAS HUMANAS

- **Vandalismo**
- **Descargas Irregulares**
- **Deshonestidad**
- **Desconocimiento**

SOLUCIÓN PROPUESTA

- **Gasto Constante**
- **Drenaje interior filtrado**
- **Protección vegetal**





MUCHAS GRACIAS