

## ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DEL CAUCE

El movimiento del agua que circula por el cauce de cualquier corriente es causante de todo un proceso morfodinámico que puede o no encontrarse en equilibrio, dicho equilibrio equivale al principio de continuidad aplicado al lecho de la corriente, el cual indica que la diferencia entre la capacidad de transporte de la corriente y la tasa de abastecimiento de sedimentos, es igual al cambio temporal de forma de su contorno, por tanto un lecho en equilibrio (abastecimiento = transporte) no presenta cambios de contorno.

El desprendimiento y transporte de los materiales que conforman su perímetro mojado es uno de los fenómenos de mayor relevancia. En general, un cauce puede presentar dos tipos de erosión: (1) Erosión lateral que amplía su ancho y aumenta la altura de los taludes y (2) la profundización de su cauce. Idealmente debería existir equilibrio entre estos dos procesos. Se reconoce que en uno u otro caso la erosión dependerá de las características geotécnicas de los materiales del lecho y bancas, su geometría, pendiente y del tipo de flujo.

Para el caso que nos ocupa, es posible clasificar (en cuanto a etapas de desarrollo) la corriente como un cauce de **aguas maduras** (tal y como se estableció en la caracterización geológica) en la que la erosión del lecho cuando se presenta una crecida es solo momentánea y una vez se disminuyen las velocidades del agua se vuelven a recuperar los sedimentos y se presenta un proceso acumulativo de erosión. Estos procesos cíclicos de socavación, transporte y sedimentación (erosión recuperable que establece el equilibrio) controlan en gran medida el comportamiento del río. Como consecuencia de las crecidas la corriente trata de ampliar su cauce y la energía la utiliza en procesos de erosión lateral que genera divagación, trenzamientos y meandros que se sucede en un ancho de divagación relativamente constante, en este caso se pueden encontrar anchos de hasta 360 m y un canal principal que en promedio permanece con un ancho de 90 m. Igualmente, durante las avenidas los canales no son suficientes lo que conlleva al desbordamiento sobre viejos o nuevos cauces que se van profundizando de abajo hacia arriba (erosión regresiva). La resistencia a estos procesos erosivos es función de varios factores entre los que se destaca la cobertura de los suelos que incrementa su resistencia, pero en general estos procesos son irregulares y discontinuos que se reflejan en canales siempre cambiantes.

En términos de clasificación por patrón o forma del cauce podemos decir que el sector de estudio presenta un cauce trenzado típico de zonas donde la pendiente cambia de fuerte a moderada. Posterior al paso de grandes caudales y con lechos de suelos granulares gruesos se presenta sedimentación por la disminución de la velocidad de la corriente. Los materiales se sedimentan en barras que forman varios cauces o brazos con islas intermedias que tienden a llenarse de vegetación. Los lechos generales son amplios y existe gran inestabilidad lateral. Cuando se presentan las crecidas se inundan estas islas y se produce una ampliación de

los canales existentes y la formación de canales nuevos. Las islas avanzan hacia aguas abajo debido a la erosión de aguas arriba y a la sedimentación en la parte inferior de las islas. Aunque los detalles del trenzado son dinámicos, el esquema general de anchos, longitudes y curvaturas se mantiene.

Desde el punto de vista del tipo de flujo en los sectores bajo erosión, éste se puede clasificar como curvilíneo en el que las mayores velocidades se encuentran cerca de la margen externa de las curvas, lo que genera una concentración de líneas de alta velocidad que son causantes de la erosión lateral. Esta erosión de orilla crea un borde exterior con taludes semiverticales y la superficie del agua en su proximidad se levanta. Según algunos ensayos de laboratorio, la velocidad lateral es de aproximadamente un quince por ciento de la velocidad en la dirección principal de la corriente. Este proceso tiene como efecto adjunto el arrastre y la depositación de los suelos erosionados en la margen interna de la curva que se manifiesta en islas y barras. En resumen existe un avance lateral y hacia delante de la curva. Se debe tener muy en claro que cualquier tipo de rectificación del cauce se traduce en un aumento de la velocidad y de la capacidad de arrastre y transporte de sedimentos que genera una profundización acumulativa en el sector y sedimentación y meanderización aguas abajo de ella.

### **Dinámica Fluvial**

Con base en las fotografías aéreas suministradas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) se analizaron los diferentes alineamientos del río en el sector de estudio durante el periodo 1958-1991 y que corresponden a los siguientes vuelos:

Vuelo R-418, Foto 114 de Noviembre de 1958  
 Vuelo M-62, Foto 6704 de Febrero de 1960  
 Vuelo M-1076, Foto 14559 de Junio de 1961  
 Vuelo C-1845, Foto 244 de 196?  
 Vuelo C-1862, Foto 18 de 1970  
 Vuelo R-944, Foto 11 de Mayo de 1984  
 Vuelo C-2443, Foto 153 de Abril de 1991

Las fotos aéreas sugieren para el periodo anterior a los 60's un comportamiento poco trenzado y con tendencia a la profundización del cauce como reflejo de una hidráulica en busca de su equilibrio y que transportaba en general mayores caudales con una mayor pendiente y velocidad, lo cual se puede expresar en una mayor estabilidad del cauce en cuanto a la poca ocurrencia de canales secundarios. A partir de los 60's se inicia una reactivación del movimiento del cauce en su ancho de divagación (aprox. 350 m) lo cual suele ocurrir con el paso del tiempo geológico y que se traduce en una ampliación del valle aluvial. Las fotos revelan una menor profundización del cauce por socavación y un mayor predominio de depositación que se manifiesta en la creación de playas, barras e islotes que poseen una baja consolidación pero que han desarrollado una muy densa vegetación a lo largo de más de treinta años de formación en algunos

casos. Desde otra perspectiva se podría decir que la sinuosidad del río se incrementó a partir de los 60's y que este trenzamiento ha ocasionado algunos problemas erosivos localizados en el sector bajo estudio.

La condición de depositación predominante en el sector, sugiere que los fenómenos de socavación son locativos y temporales y dependen de las condiciones locales del flujo, tales como la dirección y magnitud de las corrientes que entran en contacto directo con los tramos erosionables de la orilla que están localizados sobre la margen izquierda cuya geología comprende principalmente depósitos aluviales del cuaternario.

Para el sector de estudio y específicamente para la curva de Borriqueros, se presenta un control natural que corresponde a un control geológico. Este control geológico juega un papel determinante en el fenómeno del proceso erosivo local para éste tramo ubicado entre el K1+600 al K2+850. Dicho control natural está representado por una geología dura sobre la margen derecha del río correspondiente a la formación Guayabo, tal y como se describe en la sección de geología del presente estudio y que básicamente se compone de areniscas compactas.

El seguimiento temporal al cauce en el sector indica que el río, para el periodo anterior a los 60's poseía un cauce que buscaba un equilibrio hidráulico y caracterizado por un alineamiento poco trenzado y con un gran poder de transporte (vuelos R-418 y C-1845). Posterior a la década de los 60's se observa una mayor variabilidad del cauce del río y la presencia de islotes y barras que configuran un trenzamiento generalizado (vuelos R-944 y C-2443).

De acuerdo con las fotografías aéreas (vuelos R-418 y C-1845) y para el periodo anterior a los 60's, el rasgo más importante lo constituye el choque frontal de la corriente con la margen derecha en el sector "Tecones" contra una saliente del control geológico y el cual desviaba el flujo en forma irregular hasta el final del tramo confinado por este control y que terminaba choquando contra el respaldo de otra saliente de la formación Guayabo en el sitio denominado "cueva de los conejos". Este choque y desvío irregular no conformaba un alineamiento suave característico de un cauce en etapa de madurez. A partir de los 60's este alineamiento abrupto empezó a corregirse (en forma de curva suavizada) hasta alcanzar un alineamiento más suave que promovió la creación de un meandro cuya curva exterior (margen izquierda) es adyacente a la planicie aluvial del río Zulia. Como consecuencia a este cambio en la dirección de ataque del río se creó el meandro de Borriqueros, el cual ha encontrado en la planicie aluvial hacia la margen izquierda un sitio perfecto para producir un proceso erosivo progresivo. Al final del meandro y antes de los 60's la curva terminaba sobre la espalda de la saliente de la formación Guayabo en la "cueva de los conejos" y continuaba con un alineamiento relativamente suave. Posterior a los 60's, el direccionamiento del flujo cambia y hoy día el flujo se estrella "de frente" contra la saliente simulando el proceso anterior con la primera saliente del control geológico. Este hecho hace inferir que a la salida del meandro se esté repitiendo el proceso que ocurrió en la

entrada del mismo y que se vaya a presentar una situación parecida con problemas de erosión de orillas en la margen izquierda en el futuro empezando en la abscisa K2+930 Aguas abajo del puente.

Una vez activada la formación del meandro, también se activó el respectivo proceso de depositación hacia la parte interna de la curva, lo cual originó la creación de un islote que hoy cuenta con una extensión de aproximadamente 8.7 Hás y que se encuentra altamente vegetado. Sobre el sector derecho de la isla y según las fotografías aéreas, se mantenía el flujo de la corriente a través de un canal secundario que delimita la isla en su extremo oriental y que hoy en día solo transporta caudal durante las temporadas invernales.

En el plano anexo 1G, se muestra un esquema del sector con la posición relativa de las formaciones geológicas de la zona y en donde se pueden apreciar los problemas erosivos que afectan al sector de estudio. En particular, la posición relativa de la Formación Guayabo sobre la margen derecha del río y los depósitos aluviales sobre la margen izquierda. Para el meandro de Borriqueros se aprecia como esta formación está confinando a través de dos salientes, una a la entrada y otra a la salida del meandro, un fenómeno erosivo facilitador por los controles geológicos y actuante durante las avenidas de la cuenca.

Podemos entonces inferir que el desvío suavizado de las aguas hacia la margen derecha, controlado por la primera saliente de la geología dura, ha sido causante de la creación del meandro y de los problemas de erosión del mismo. El cauce principal se ha desviado hacia el meandro y el cauce "seco" a la derecha del islote no cuenta actualmente con un caudal significativo y se podría decir que se encuentra en un proceso de cierre promovido por los "pobladores" que se benefician del islote a través de algunos cultivos y ganadería.