

CAMBIOS GEOMORFOLÓGICOS EN EL RÍO CAUCA (SECTOR CAUCASIA, ANTIOQUIA.) INDUCIDOS POR ACCIONES ANTRÓPICAS

Lilian POSADA G. *, Jairo HERRERA A. † y Sergio MONTOYA H. ‡

RESUMEN

La zona ribereña del municipio de Cauca, Antioquia, y de su corregimiento Puerto España está siendo afectada por fuertes procesos erosivos en el canal principal del río Cauca como resultado de acciones antrópicas. Para presentar alternativas de solución para las comunidades afectadas, se consideraron aspectos hidráulicos y geomorfológicos de los alrededores de Cauca los cuales se complementaron con los aspectos sociales de la población afectada y se encontró que la gran inestabilidad del río en el trayecto comprendido entre el puente Carlos Lleras Restrepo y la isla Severá se debe, más que todo a acciones de origen antrópico como son el cierre de brazos para extender la zona urbana, la invasión de la planicie de inundación con urbanizaciones y viviendas de tipo subnormal que desconocen los requerimientos mínimos de retiros (horizontal y vertical), revestimiento de tramos del canal que restringen su ancho mínimo (contracciones), explotación minera aguas arriba del tramo con detrimento de la capacidad de arrastre del cauce, etc. Los resultados de estas acciones obligan a una solución drástica como es la reubicación del corregimiento de Puerto España y protección de márgenes para impedir el cambio de curso del río.

ABSTRACT

The riparian zone of Cauca and its associated village Puerto España in Antioquia are being affected by strong erosive processes in the main channel of Cauca River in response to human actions over the river system along time, in the vicinity of the main town. In order to present solutions for the settled community under flood hazard, geomorphologic and hydraulic analysis of the study reach as well of considerations of social aspects were made. As a result of the investigations, the high instability of the Cauca River channel, between Carlos Lleras Restrepo Bridge and Severá Island, is mainly due to actions as: closure of secondary channels for expanding the urban area, occupation of the floodplain by urbanizations and houses without meeting the minimum requirements of riparian space (in both horizontal and vertical planes), revetments of parts of the channel banks contracting the channel width, minning upstream of the study reach decreasing the transport capacity of the river. The proposed solution involves relocation of Puerto España Village and margin protection structures to prevent a change of the main channel course.

INTRODUCCIÓN

Un marcado desplazamiento lateral de la margen derecha del río Cauca, aguas abajo del puente Carlos Lleras Restrepo en el municipio de Cauca, ha causado la pérdida de una amplia zona de potreros ubicados al frente del casco urbano de Cauca, ha destruido parte

* Profesora, posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Dpto. Ing. Civil. e-mail: lposada@perseus.unalmed.edu.co. A.A. 1027 Medellín

† Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional de Colombia. e-mail: jherrera@hidraulica.unalmed.edu.co

‡ Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Medellín.

de la vía de acceso al corregimiento de Puerto España, amenaza con generar daños en la cabecera municipal y en dicho caserío y especialmente, se vislumbra un cambio de curso del río Cauca a través de unas madrevejas en la planicie de la margen derecha que afectaría al corregimiento de Las Malvinas y las haciendas de la vecindad.

Tanto el caserío de Puerto España como la Carrera 1ª de Caucasia crean, por su vecindad, una contracción lateral que restringe el paso de las crecientes y genera esfuerzos fuertes en los taludes de ambas márgenes del río y el remanso de las aguas favorece las inundaciones en la zona de aguas arriba, entre el puente Carlos Lleras Restrepo y la Carrera 1ª. La Figura 1 muestra la zona del estrechamiento en 1957.

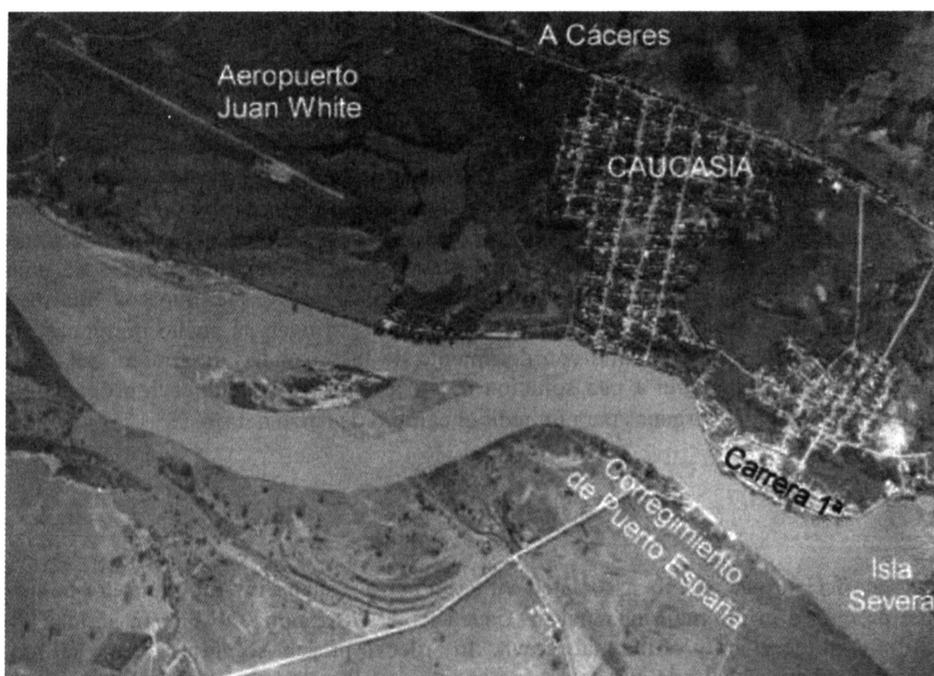


FIGURA 1. Panorámica de la zona que muestra la zona del estrechamiento, las madrevejas en la planicie de la margen derecha, el aeropuerto Juan White, entre otros. El sentido del flujo es de izquierda a derecha. (Aerofotografía vertical, IGAC, 1957).

Los barrios ubicados sobre la margen izquierda están sometidos a inundaciones en las épocas de crecidas, especialmente en la época de invierno fuerte y prolongado que caracteriza el fenómeno de La Niña; el tablestacado en la zona urbana alejada al río (Carrera 1ª) está sometido a socavación; en las vecindades de la pista del aeropuerto de Caucasia se presentan algunos deslizamientos planares. Sobre la margen derecha, a lo largo de todo el tramo analizado, se presentan desprendimientos singulares; aunque con menor amenaza por inundación, presenta fuerte erosión de orillas, desprendimiento de taludes y profundización del cauce que comprometen la vía que conduce al corregimiento de Puerto España y el enrocado que lo protege y amenazan el cambio de curso del río a través de las madrevejas allí ubicadas.

GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

El análisis geomorfológico se basó en la interpretación de fotografías aéreas de los años 1957, 1981, 1985 y 1996 del IGAC y en dos fotografías aéreas no verticales, disponibles para el sector, de 1993 y 2000; en la cartografía del IGAC de 1960 y 1988 y en los planos de un estudio de navegabilidad del río Cauca, “Instalaciones Portuarias, Defensa de la Población” elaborado en 1988 por el Ministerio de Obras Públicas y Transporte.

Para estudiar la evolución del río Cauca en el sector comprendido entre la desembocadura del río Man (aeropuerto Juan White) y la isla Severá de Caucasia, se identificaron los brazos activos en cada época, las madrevejas, las islas y las barras, con el fin de observar el movimiento lateral y longitudinal de dichas geoformas en el tiempo; además, se identificaron los niveles de terrazas, los puntos de control hidráulico y geológico y la variación sucesiva del ancho del canal principal a medida que ocurre el cierre natural o artificial de brazos y canales secundarios. En la Figura 2 se muestran los cambios observados a través del período de registros disponibles. A continuación se presentan los principales aspectos del paisaje identificados y sus modificaciones a través del tiempo.

- **Contracción del canal.** El canal principal presenta una sección estrangulada de 130 m de ancho en el corregimiento de Puerto España que equivale a un 35% del ancho efectivo del río (210 m), el cual fue calculado como un promedio de las mediciones realizadas sobre los planos del IGAC en un tramo de unos tres kilómetros antes de la desembocadura del río Man y otra longitud similar después de la isla Severá.
- **Islas.** La isla Severá, ubicada aguas abajo del estrechamiento mencionado, fue adherida a la llanura de inundación mediante llenos de material para la construcción de viviendas sobre el brazo Severá (observable en la aerofotografía de 1981 y anteriores). Con este hecho se restringió la capacidad de respuesta del río durante épocas de aguas altas.

Los barrios localizados entre el río y la pista del aeropuerto yacen sobre una antigua isla que se observa activa en 1981 y que fue cerrándose paulatinamente (compare fotografías de 1957 y 1981); estos barrios se observaron inundados durante la visita de mayo/99, con niveles de agua de aproximadamente 0.4 m por encima del piso de las viviendas.

Aguas arriba de la cabecera del aeropuerto, frente a la desembocadura del río Man, se observó una isla (fotografía no vertical del año 2000) de unos dos kilómetros de longitud, localizada aproximadamente a 100 m de la margen izquierda. Esta isla no aparece registrada ni en los planos ni en las fotografías verticales del IGAC, por ello puede pensarse que debido a la época invernal prolongada que caracterizó el Fenómeno de La Niña más reciente, el río abrió un brazo dando origen a la isla. La fuerte erosión que se observó en la cabecera de la pista del aeropuerto (hacia el ápice de dicha isla) corrobora esta apreciación. Esta situación no es extraña en un tramo tan dinámico del río Cauca como es éste, donde en 1985 el río invadió la llanura de la margen izquierda hasta la vía que de Medellín conduce a Cáceres, para alejarse nuevamente en 1996.

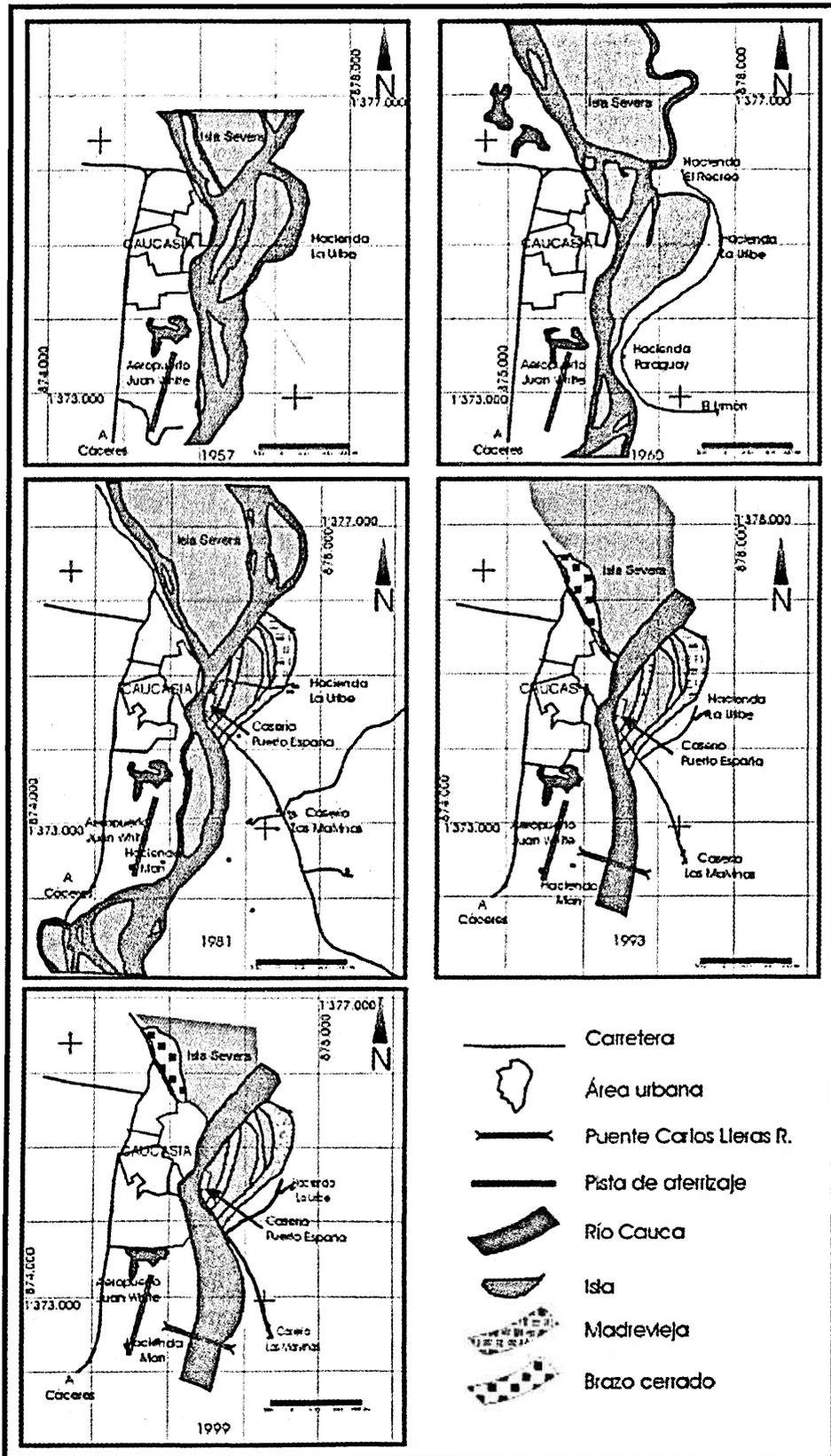


FIGURA 2. Evolución del río Cauca en los alrededores de Caucasia

- Migración lateral en la zona del río Man. Con el fin de realizar una evaluación de la posición del cauce principal del río Cauca en los diferentes años para los que se tiene registro fotográfico, se utilizaron puntos fijos en el tiempo sobre la vía Troncal del Norte desde los cuales se midieron distancias a la margen Occidental y anchos del río Cauca. De esta forma se tiene que entre 1960 y 1996 el canal principal del río Cauca ha presentado un desplazamiento bastante notable hacia el Norte y hacia el Este, es decir hacia la cabecera de la pista del aeropuerto Juan White. En 1960 y 1985 la cabecera de la pista se encontraba a 62 m de distancia del río, para 1996 esta longitud fue reducida a sólo 16 m. Este movimiento no sólo amenaza la pista de aterrizaje sino también la vía Troncal del norte: a 750 m del puente sobre el río Man, en dirección a Caucasia, la longitud entre la vía y la orilla del río ha disminuido de 880 m en 1960 a menos de 10 m en 1996, este es el punto donde se encuentra construida una batería de espolones.

Entre el período 1960-1996, la desembocadura del río Man ha mostrado un retroceso bastante significativo pasando de 255 m (1960) entre la vía y la orilla occidental a 530 m (1996). La migración lateral del río ha favorecido la zona de la desembocadura del río Man, lo cual se traduce en una disminución de la sinuosidad del río en ese sector; sin embargo, aguas abajo del puente Carlos Lleras Restrepo la erosión en la banca opuesta ha aumentado notablemente. Se observó un fuerte direccionamiento, hacia la margen derecha, del flujo que abandona las pilas del puente, generando una nueva curvatura que a su vez dirige el flujo hacia la zona urbana de Caucasia, donde se está presentando un fuerte proceso de socavación del lecho que amenaza seriamente el tablestacado que protege la Carrera 1ª. En la Tabla 1 se aprecia la disminución de la sinuosidad del río en el tramo anterior a Caucasia.

TABLA 1. Variación de la sinuosidad del río Cauca en el tramo en estudio.

Año	Longitud del cauce (m)	Longitud del valle (m)	Sinuosidad del cauce	Ángulo de deflexión curva Río Man
1960	5847	3230	1.81	23°
1981	5307	3230	1.64	24°
1985	5458	3230	1.69	20°
1996	4957	3230	1.53	52°

- La llanura de inundación en la margen izquierda se encuentra fuertemente invadida por el casco urbano; en la margen derecha la planicie inundable es bastante amplia, con buena cobertura vegetal de tipo arbóreo y presenta un gran número de madrevejas y algunos drenajes cortos.
- Las madrevejas que limitan a Puerto España evidencian que este caserío está localizado sobre una antigua isla del río; estos canales abandonados muestran una curvatura bastante fuerte que indica un control impuesto por la presencia del primer nivel de terrazas. La contracción del río entre el casco urbano y el corregimiento de Puerto España (margen derecha) está obligando una intrusión de las aguas hacia las madrevejas (ver Figura 2) que se manifiesta en los procesos erosivos observados, en la ruptura de la vía exactamente en la boca de una de ellas y en la pérdida de tierras

aledañas a las mismas. Se observan dos niveles de terrazas compuestos por conglomerados con cantos redondeados, de hasta 10 cm de diámetro, dentro de una matriz areno-arcillosa de color rojizo y arcillas de color gris a rojizo. Sobre el primer nivel está localizada gran parte de la zona urbana de Cauca. Esta terraza no es muy extensa, está limitada por una zona de colinas bajas hacia el oeste y se encuentra disectada por drenajes poco profundos. La cobertura vegetal es principalmente de tipo gramínea.

El segundo nivel de terrazas se hace evidente hacia el aeropuerto Juan White en la margen izquierda y a la altura del corregimiento de Las Malvinas, por la margen derecha. Los drenajes existentes presentan procesos erosivos actuales y cicatrices de cárcavas antiguas y la erosión actual de la banca derecha parece llegar al límite de este segundo nivel de terraza.

HIDROLOGÍA-HIDRÁULICA

Debido al Fenómeno ENSO en el año 1998-2000, los caudales y niveles del río Cauca, mostraron valores extremos extraordinarios, que acentuaron los procesos erosivos en la zona de estudio. Para cuantificar el impacto que tiene El Niño y La Niña sobre los caudales máximos instantáneos en el río Cauca, se estimaron los histogramas de frecuencias, los dos primeros momentos de las distribuciones (media y desviación estándar) para la totalidad de los registros y para los años de El Niño y La Niña. Para la identificación de los años Niño y Niña se usó la clasificación dada por la agencia norteamericana NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration):

Años El Niño: 1976-1977, 1977-1978, 1982-1983, 1986-1987, 1991-1992, 1992-1993, 1994-1995, 1997-1998.

Años La Niña: 1975-1976, 1984-1985, 1988-1989, 1995-1996, 1998-1999.

En las Figuras 3, 4 y 5 se presentan los histogramas de frecuencias de los caudales máximos instantáneos del río Cauca en la estación La Coquera. Nótese cómo la media, en los años La Niña, excede la de todos los registros en más de 432 m³/s y la de los años El Niño, en más de 665 m³/s. La desviación estándar también es mayor en los años La Niña lo que indica una mayor variabilidad en ésta.

En las Figuras 6 y 7 se muestran el ciclo anual para la media y la desviación estándar de los caudales máximos instantáneos, considerando separadamente los años El Niño, La Niña y todos los registros en la misma estación. Se puede observar cómo para todos los meses del año, la media de los valores correspondientes a los años de El Niño está por debajo de la media de todos los registros y la media correspondientes a los años La Niña están por encima presentando anomalías mucho mayores esta última; sin embargo, los registros son pocos. La desviación estándar no tiene exactamente el mismo comportamiento descrito para la media, pues los datos son pocos para hacer este análisis.

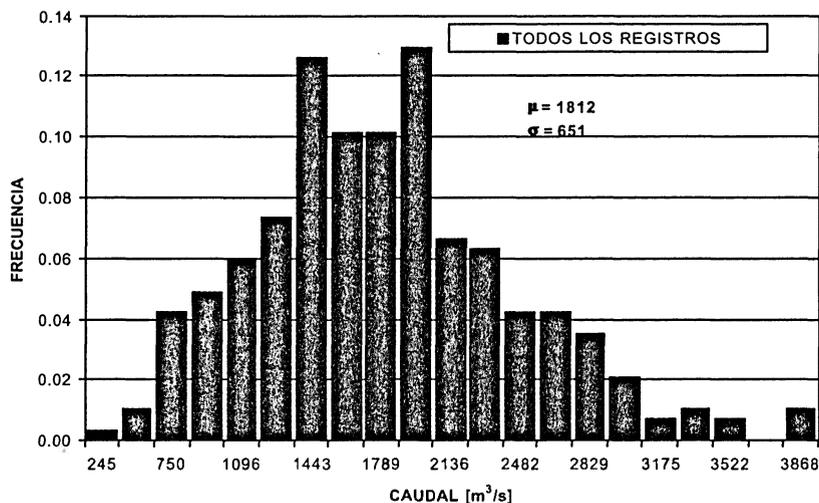


FIGURA 3. Histograma de caudales máximos instantáneos, todos los registros.

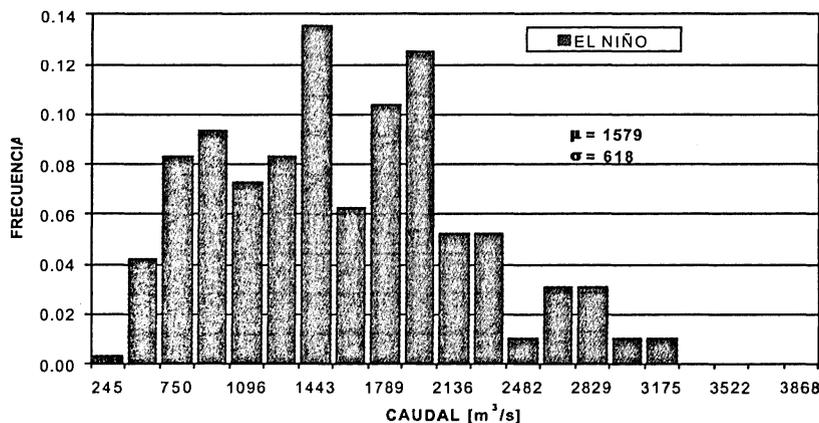


FIGURA 4. Histograma de caudales máximos instantáneos, años El Niño.

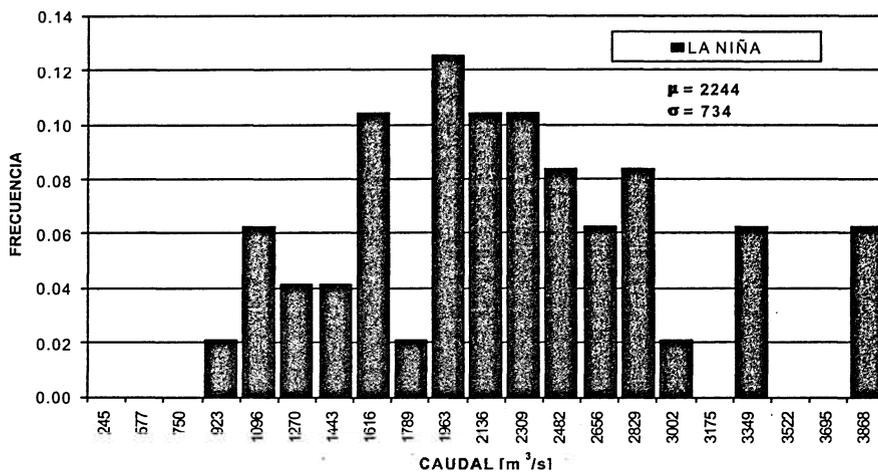


FIGURA 5. Histograma de caudales máximos instantáneos, años La Niña.

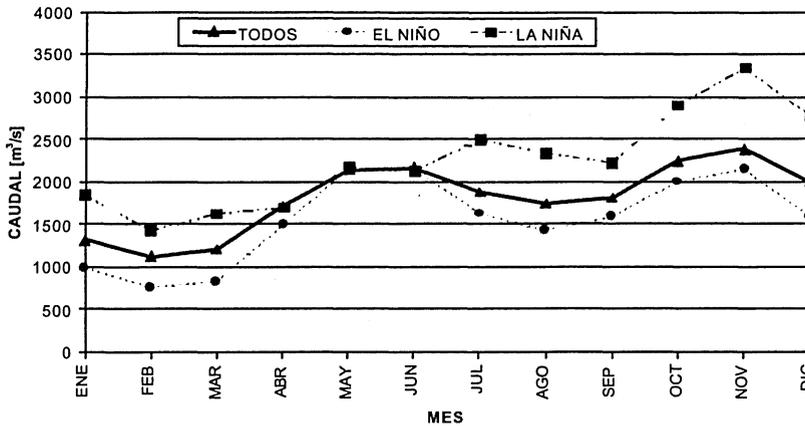


FIGURA 6. Ciclo anual de la media de los caudales máximos instantáneos.

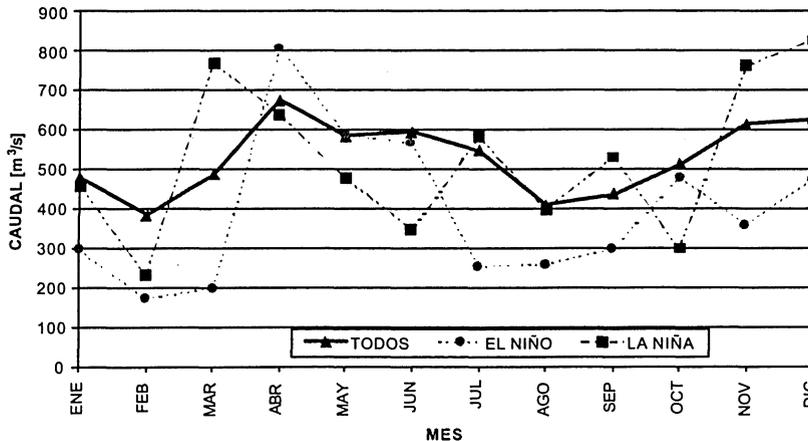


FIGURA 7. Ciclo anual de la desviación estándar de los caudales máximos instantáneos.

Análisis de Caudales Máximos. La estación limnimétrica La Coquera, ubicada en la cabecera de la pista del aeropuerto Juan White del municipio de Caucasia, cuenta con una serie de caudales máximos instantáneos y medios mensuales desde 1966 hasta 1998; el ciclo anual de dichos caudales se presenta en la Figura 8. Se aprecia un comportamiento bimodal en la distribución mensual, tanto en los caudales medios como en los máximos instantáneos, con valores máximos (períodos invernales) en los meses de mayo y noviembre y valores mínimos en febrero y julio al final de los períodos de verano. Este tipo de modulación hidrológica es consecuencia del movimiento de la zona de convergencia intertropical que responde al forzamiento climático ocasionado por las estaciones en los extratropicos.

De acuerdo con la información de caudales y niveles obtenida del IDEAM y la sección transversal en la estación La Coquera se determinaron los caudales para diferentes períodos de ocurrencia, los cuales se presentan en la Tabla 2.

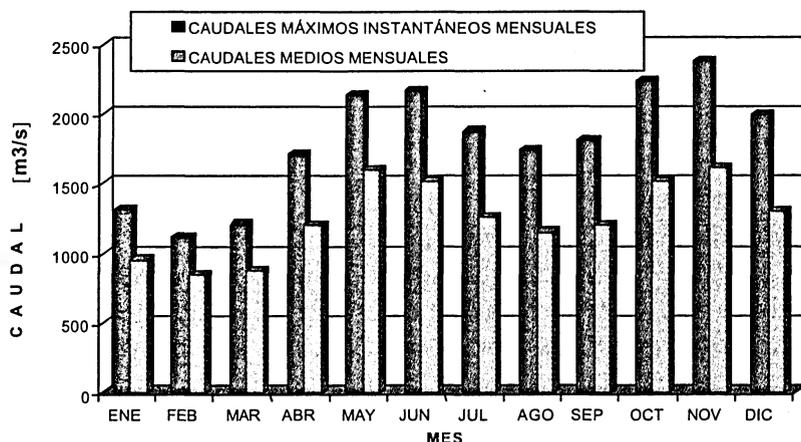


FIGURA 8. Ciclo Anual de Caudales medios y máximos instantáneos. Estación La Coquera.

TABLA 2. Caudales máximos en la estación La Coquera.

Período de retorno (años)	2.33	5	10	25	50	100
Probabilidad de no excedencia	0.571	0.80	0.90	0.96	0.98	0.99
Caudal (m³/s)	2753	3141	3456	3855	4151	4445

Para el análisis de los niveles de inundación en la zona anterior al estrechamiento, se levantó la sección transversal del río en el sector más afectado por la erosión (a la altura de las madrevejas en la hacienda La Uribe) y se determinaron los niveles más probables para los diferentes caudales de la tabla anterior, considerando una pendiente en el tramo de 0.0011. Para esto se estimó un coeficiente de rugosidad de Manning, $n = 0.020$, el área de la sección transversal para diferentes niveles; el radio hidráulico y la pendiente. La Tabla 3 muestra las variables geométricas del flujo con sus periodos de retorno asociados.

TABLA 3. Niveles de inundación en el tramo Puente Carlos Lleras Restrepo - Puerto España.

Cota (msnm)	Área (m²)	Radio hidráulico (m)	Período de retorno (años)	Caudal (m³/s)
42	604.1	4.22	1.9	2615.
43	773.3	3.15	2.33	2753
44	855.8	3.09	4	3009
45	1087.1	3.87	100	4440
46	1330.8	4.35	>500	5885
47	1590.2	4.68	-	7382

La vía que conduce a Puerto España tuvo que ser reconstruida debido a que la erosión en el cruce de la vía con la madreveja desestabilizó el terraplén. La rasante se encuentra a 1.3 m del nivel de la planicie (45.7 msnm) en el sector y a 1.8 m del fondo de la madreveja (45.2 msnm). Para que la inundación alcance la cota de la rasante de la vía que conduce a Puerto España por la margen izquierda (47 msnm aproximadamente) se necesitaría un caudal con un período de retorno muy superior a 500 años; sin embargo, el fondo de la madreveja mas amplia (la mas retirada de Puerto España) ocupa un nivel de inundación para el cual corresponde un caudal ligeramente superior al de los 100 años de período de retorno. Esto significa que en el período invernal de La Niña del 99 se presentaron caudales con frecuencias superiores a los 100 años ya que en esa época (mayo/99) se observaron niveles de agua en dicha madreveja y los barrios de Caucasia en la margen opuesta también presentaron niveles de agua unos 0.4 m por encima del piso de las viviendas. Se confirma pues que se presentaron caudales extraordinarios en el período invernal pasado.

POSIBLES CAUSAS DE ALTERACIÓN DEL PAISAJE

Cierre de brazos. Algunos brazos del río Cauca se han cerrado (natural o artificialmente) como es el caso del brazo ubicado en la zona aledaña al aeropuerto (barrios marginales, fotografía de 1981, Figura 2) y el localizado sobre la margen izquierda de la isla Severá.

Reducción del ancho del canal. Entre la Carrera 1ª y el caserío de Puerto España el canal tiene un ancho actual de 130 m, equivalentes a una reducción del 35% con respecto al ancho efectivo del canal. Esta reducción se traduce en una pérdida de la capacidad de transporte del caudal líquido durante las crecientes, incrementos en la velocidad de flujo que traen consigo socavación en el tablestacado localizado sobre la margen izquierda y el enrocado de la margen derecha que protege a Puerto España.

Direccionamiento del flujo. La pérdida de sinuosidad del cauce aguas arriba del Puente Carlos Lleras Restrepo ha ocasionado un direccionamiento del flujo hacia la margen derecha (observable en las pilas del puente) que está acentuando los procesos de socavación de orillas y del lecho, los cuales ocasionaron la destrucción del terraplén de la vía de acceso al corregimiento de Puerto España y pérdidas significativas de tierras en las hacienda aledañas de La Uribe y La Bonita. Estos procesos erosivos en el río Cauca han hecho que el canal se desplace lateralmente formando una curva pronunciada en la margen derecha que reorienta el flujo hacia el sector del barrio El Águila, en la margen opuesta. Los barrios de la margen izquierda ubicados en la llanura de inundación del río sobre depósitos mas antiguos (barras e islas) están sometidos a inundaciones frecuentes del río dado que el estrechamiento de aguas abajo (Cra 1ª y Puerto España) restringe el paso del flujo generando un remanso de las aguas que consecuentemente desbordan sobre esta zona.

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Se analizaron varias alternativas con el fin principal de impedir el cambio de curso del río hacia la zona de madrevejas en la margen derecha. Aunque este fenómeno aliviaría los

procesos de socavación en la zona urbana de Caucasia, dejaría aislado el corregimiento de Puerto España y ocasionaría pérdidas sustanciales de tierras dedicadas a la ganadería.

Canal de excesos por la margen derecha

Se propuso la construcción de un canal de desfogue entre la hacienda La Uribe y Puerto España, utilizando la zona de madre viejas aledaña al cauce actual, con una altura total – incluyendo borde libre – de 3.88 m; para confinarlo por su margen izquierda, se proyectó un dique marginal de protección con material compactado, de 1.88 m de altura y revestido con un enrocado de material grueso granular.

Para prevenir que el río invada la planicie (adopte el canal de desfogue como cauce principal) se diseñó una protección estructural con enrocado para el canal principal, en una longitud de 120 m alrededor de la entrada del canal de desfogue, utilizando un material estéril de la mina de Cerro Matoso llamado *canga* (compuesto de hierro y sílice). Para direccionar el flujo de aguas normales hacia el canal actual, mientras que los caudales de exceso vierten hacia el canal de desfogue, se proyectó, adicionalmente, un espolón agresivo, sumergido, de 60 m de longitud a un ángulo de 30°, conformado por un núcleo de canga y protegido con pentápodos. Por sus características, este tipo de espolones propicia una rápida sedimentación en la orilla derecha.

Esta alternativa tiene la ventaja de reducir apreciablemente el riesgo de inundación de los predios ubicados en la margen derecha (corregimientos de Las Malvinas y Puerto España y la haciendas La Uribe y La Bonita) y en los barrios aledaños al puente por la margen izquierda, la disminución de los procesos de socavación y erosión lateral en dicha margen, el alivio de presiones en el estrechamiento entre Caucasia y Puerto España y la reducción del riesgo de socavación en el tablestacado de la Carrera 1ª de Caucasia y en el enrocado de protección existente en el corregimiento de Puerto España. Sin embargo, es una solución de alto costo debido al volumen de material de construcción requerido para el espolón, el enrocado de protección y el dique de protección.

Reubicación de Puerto España

Esta alternativa considera la reubicación del corregimiento de Puerto España en predios aledaños al corregimiento de Las Malvinas, la protección de la margen derecha del río en un tramo de 120 m que coincide con la boca de una madre vieja y el aumento de la capacidad del cauce del río Cauca mediante la demolición del enrocado en Puerto España.

Las ventajas de esta solución están representadas en la reducción de la amenaza por inundación en los predios ubicados sobre ambos márgenes, la reducción de presiones en la Carrera 1ª con el ensanchamiento del cauce a expensas de Puerto España y la disminución de los procesos de socavación y erosión lateral en la margen derecha. Esta solución fue la de mayor acogida por parte de los habitantes de la zona y las autoridades municipales.

Para la protección de la margen derecha se propuso un revestimiento en roca (*canga*) de 10 m de altura en la zona de madre viejas y, para direccionar el flujo y propiciar una rápida sedimentación en la margen derecha, se propuso la construcción de un espolón de 60 m de

longitud, orientado en sentido contrario a la dirección del flujo (espolón agresivo), formando un ángulo de 30° con dicha margen, utilizando el material “canga” para conformar el núcleo y recubriendo el cuerpo del espolón con pentápodos.

La altura del revestimiento se determinó a partir de la curva de duración de caudales considerando el caudal que es excedido el 10% del tiempo; es decir, un caudal bastante alto. El nivel correspondiente a este caudal es el nivel máximo del revestimiento. La altura máxima del espolón se calculó con el nivel medio multianual de las aguas del río en la estación La Coquera y una altura mínima correspondiente al nivel que está presente el 95% del tiempo; es decir un nivel menor que el nivel medio del río.

Para chequear la capacidad hidráulica de la sección con la presencia del espolón y del revestimiento se calcularon los caudales que admite dicha sección restringida, estos caudales se muestran en la Tabla 4.

TABLA 4. Capacidad de la sección con las medidas de protección propuestas

Cota (msnm)	Área (m ²)	Radio hidráulico (m)	Caudal (m ³ /s)
47	1475.74	4.22	6395
46	1216.36	3.85	4960
45	972.61	3.34	3605
44	745.17	2.61	2344
43	669.89	2.65	2129
42	532.22	3.55	2054

CONCLUSIONES

A partir del análisis geomorfológico se pudo establecer una serie de modificaciones importantes en la configuración del río Cauca en los últimos 40 años, en especial a partir de 1981, que serían las responsables de la inestabilidad actual del canal principal del río.

El río Cauca ha estado ocasionando problemas de erosión lateral de las bancas, socavación del lecho, desestabilización de los taludes, inundaciones en los barrios aledaños al sector del puente Carlos Lleras Restrepo y erosión acelerada de la margen derecha en el sector comprendido entre el puente y el corregimiento de Puerto España, con la amenaza de un cambio de curso del río a través de la zona de madre viejas existentes en la planicie de la margen derecha. Estos problemas se deben, en parte al período invernal de intensidad y duración prolongada asociado con el fenómeno de “La Niña”, para el cual la dinámica natural del río Cauca encuentra un cauce con poca capacidad de transporte debido a la restricción que ofrece el estrechamiento del río entre la Carrera 1ª del municipio y el corregimiento de Puerto España.

Después de varias visitas a la zona y un análisis de las fotografías aéreas de distintas épocas, se detectó que el río está tratando de buscar antiguos cauces para evacuar los caudales en exceso, debido a las restricciones impuestas sobre su cauce y su planicie de inundación. Los grandes caudales que se han presentado ya han desestabilizado la banca

derecha en las proximidades del estrechamiento, han socavado el cauce y amenazan con la ruptura de un canal que le permita al río evacuar todo el flujo de agua y sedimentos. Mientras se da la ruptura del canal, la curva en la margen derecha, inmediatamente antes de Puerto España, se ha ido pronunciando dirigiendo el flujo hacia la banca izquierda con un riesgo inminentemente alto para la Carrera I^a de Caucasia. Se han planteado posibles soluciones de emergencia al problema que revisten de una atención inmediata de las comunidades afectadas y de las entidades que tienen presencia en la zona.

BIBLIOGRAFÍA

INGEOMINAS. Mapa geológico del departamento de Antioquia, Medellín, 1979.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, Atlas Básico de Colombia, Bogotá, 1989.

MAZA, José A. y GARCÍA, Manuel. Estabilización y rectificación de ríos. Series del Instituto de Ingeniería, UNAM. No. 583. México D.F., Noviembre de 1996.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTE. Instalaciones Portuarias, Defensa de la Población, Bogotá, 1988.