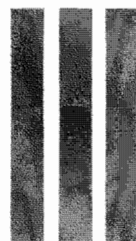


CAPÍTULO



# División geomorfológica del Río Mamoré

MARIO CHARRIÈRE, LUC BOURREL, EMMANUELLE GAUTIER & MARC POUILLY

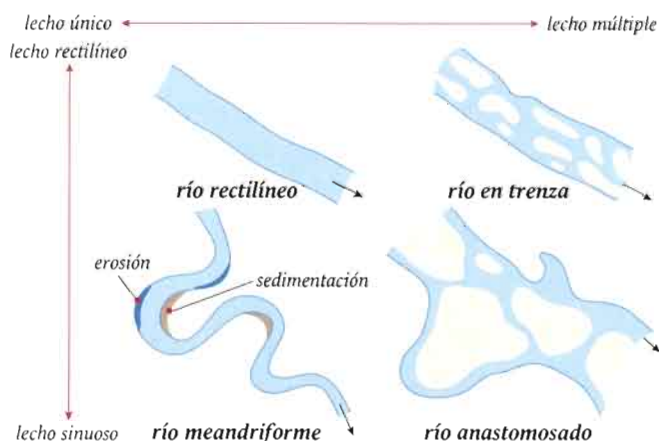
## INTRODUCCIÓN

La geomorfología es la disciplina que estudia la evolución de las características de los relieves terrestres o acuáticos. Además de describir las formas (que es el dominio de la fisiografía), la geomorfología interpreta la génesis de estas e identifica los factores que causan su evolución.

Los ríos son sistemas dinámicos, es decir que son móviles en el espacio que ocupan, el cual no solamente comprende al lecho, sino a toda el área de influencia en que pueden darse cambios debido a la cinética hidráulica, principal motor de la dinámica de los ríos. Los principales cambios son la erosión (arrastre de partículas depositadas en el sustrato) y la sedimentación (deposición de las partículas arrastradas por el agua). Estos procesos dependen de la energía de las aguas en relación al terreno que atraviesan, que a su vez depende de muchos factores directos e indirectos (velocidad de las aguas, forma del lecho, tipo

de terreno y régimen de precipitaciones, entre otros). Se considera que los caudales superiores al nivel del desborde son los que pueden provocar procesos morfogénicos más intensos, como la colmatación de la llanura o los cambios de trazado del lecho principal, por el corte de un meandro o el arrastre de la capa vegetal (Bravard & Petit, 1997).

Mientras más rápido un río cambie su trazado, más es considerado como inestable. Los ríos con este tipo de dinámica (llamados ríos de fondo móvil), pueden ser clasificados según el tipo de trazado del lecho en los siguientes estilos fluviales: rectilíneo, meandriforme, en trenza y anastomosado (Tricart, 1977; Bravard & Petit, 1997; Fig. III.1). Las formas fluviales trenzadas (canales múltiples, amplios y poco profundos, delimitando grandes bancos de arena o de piedras) están generalmente asociadas con ríos de alta energía en una pronun-



**Figura III.1** Tipos de ríos y de dinámicas fluviales, según los criterios de sinuosidad y de multiplicidad de los lechos (modificado de Bravard & Petit, 1997).

ciada pendiente, un caudal sólido conformado por elementos de gran diámetro y donde se observan crecidas rápidas y potentes, generando grandes fluctuaciones de caudal líquido (Schumm, 1977). Por esto, estas formas fluviales se desarrollan mayormente en las llanuras intra montañosas o en el piedemonte, en ríos de régimen torrencial (por ejemplo, en varios lugares de los Yungas bolivianos, Fig. I.6). En estas circunstancias, los bancos de sustrato se mueven rápidamente aguas abajo. La vegetación no puede establecerse, ya que estos ríos causan también una erosión muy fuerte en las orillas, impidiendo su desarrollo.

Aguas abajo se encuentran generalmente ríos meandriiformes con un fondo móvil. En las zonas de llanura, la velocidad del agua es menor así como las fluctuaciones del caudal. El caudal sólido corresponde a elementos de tamaño más pequeño, pero aumentan los elementos en suspensión. Con estas características, el río migra lateralmente a causa de la erosión de la orilla cóncava y de la sedimentación del sustrato en la parte convexa donde se desarrolla una playa, cuya convexidad aumenta en cada crecida. El Río Mamoré corresponde típicamente a este estilo fluvial.

Finalmente, se identifica también el estilo fluvial anastomosado, que se manifiesta mediante canales múltiples y sinuosos que delimitan grandes islas cubiertas por vegetación (Nanson & Knighton, 1996). La migración de estas islas es generalmente lenta, por lo tanto este estilo fluvial está asociado a sistemas con menor energía.

En la Región Amazónica, Tricart (1977) destaca que los ríos meandriiformes son altamente inestables debido a la concentración del flujo en un solo lecho con alta cinética hidrológica y

por lo tanto, tienen una importante capacidad de modificar el trazado, debido a los fenómenos de sedimentación y erosión. En general el nivel de energía de esos ríos está determinado por las tres causas siguientes:

- Un régimen hidráulico contrastado con inundaciones que favorecen al corte de los meandros por rebalse.
- La presencia del bosque ribereño con árboles que presentan un sistema de raíces superficiales y que caen fácilmente en el borde, favoreciendo al socavamiento (hundimiento de una zona de orilla a causa de la socavación inferior, por la erosión debida a la corriente).
- Un sustrato muy fino (arena y limo) no compactado y que se remueve fácilmente.

En el caso del Río Mamoré, una cuarta razón es la proximidad a los Andes. La zona andina constituye una vertiente muy inclinada (especialmente en las subcuencas de los ríos Ichilo y Chapare), que aumenta la energía de las aguas.

El Río Mamoré es entonces característico del tipo de río meandriiforme e inestable, descrito en la Amazonía por Tricart (1977). De hecho, cada año en la época de aguas altas, el Río Mamoré presenta fuertes divagaciones laterales de su lecho principal, caracterizadas por la erosión marcada de sus riberas (Fig. III.2) y numerosos cortes de meandros (Fig. III.3). Los meandros así cortados dan lugar a la formación de grandes y profundas lagunas, en forma de herradura (Amoros & Petts, 1993), que constituyen los múltiples medios acuáticos que bordean al lecho principal, presentando una notable diversidad de hábitats.



**Figura III.2** Ejemplos de erosión de la ribera en el Río Mamoré (sector de Trinidad en 2003) por el socavamiento creado por la corriente. | *Marc Pouilly*

En este capítulo se presentan los primeros elementos de la dinámica y de la evolución geomorfológica del Río Mamoré y de los medios acuáticos que lo bordean. Si bien numerosos análisis han sido desarrollados para cursos de agua en medios templados, a excepción de un estudio sobre la sinuosidad de los ríos del trópico boliviano (Campos & Dumont, 1991), este trabajo se constituye en un estudio pionero sobre los cursos de agua de la llanura amazónica boliviana.

En primer lugar, se presenta una división geomorfológica del curso del Río Mamoré desde su salida del piedemonte andino hasta su confluencia con el Río Iténez, basada en el análisis de parámetros morfológicos de los meandros, que son indicadores de la importancia de la dinámica fluvial. En segundo lugar se ilustra la relación existente entre el régimen de las crecidas y la evolución geomorfológica

del sector restringido a los alrededores de Trinidad.

## MÉTODOS

### División del Río Mamoré

Los parámetros morfométricos fluviales (amplitud del lecho, número de brazos, sinuosidad y forma de los meandros) se ajustan continuamente a dos variables principales:

- El caudal líquido (cantidad de agua que pasa en el río) influye en la forma, sobre todo a través de la potencia de las crecidas más fuertes. Por otro lado, el caudal máximo (caudal previo al desborde, abarcando el barranco, pero no sobrepasándolo) es menos potente, pero más frecuente que los flujos



Figura III.3 Corte de meandros en el Río Mamoré. | Marc Pouilly

de inundación. Por lo tanto, tiene también un efecto importante sobre la dinámica fluvial.

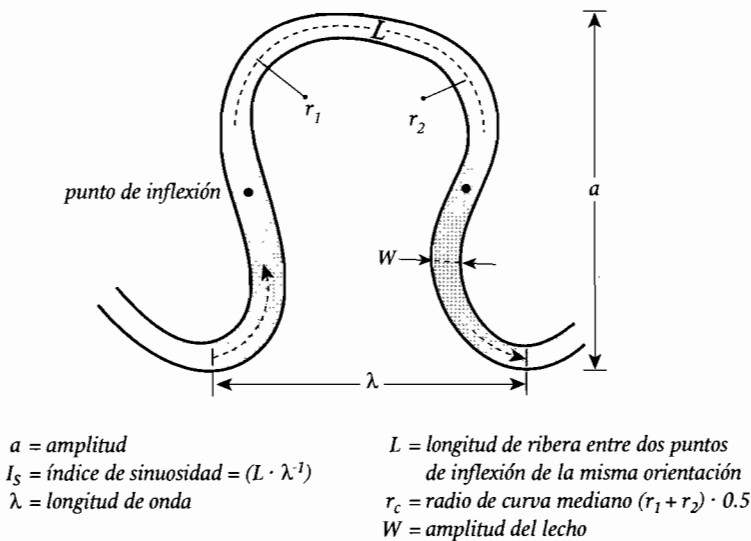
- El caudal sólido (cantidad de sedimentos cargados por el río) influye principalmente en el volumen y en el tamaño de los sedimentos transportados.

Ambas variables son determinadas por las características de la cuenca, como clima, relieve, importancia de la erosión sobre las vertientes y la pendiente del valle (Schumm, 1977).

Como base para la división morfométrica del Río Mamoré, se utilizó un levantamiento topográfico a escala 1:50 000, realizado en 1994 por el SEMENA (Servicio al Mejoramiento de la Navegación Amazónica). Para cada meandro se midieron los siguientes seis

parámetros morfométricos: longitud de onda, amplitud, longitud de ribera, amplitud del lecho, índice de sinuosidad y radio de curva (Fig. III.4). Además, una medida de densidad de meandros fue estimada por el número de meandros entre dos puntos, dividida por la distancia entre éstos.

Para identificar determinados sectores del Río Mamoré, se utilizó un análisis de clasificación jerárquica, que permite ordenar los meandros y definir grupos con características similares (Charrière, 1999). Para este análisis, sólo se eligieron los parámetros independientes de la posición geográfica o del aumento de las dimensiones del río en su dimensión longitudinal. Así, la amplitud del lecho generalmente utilizada para caracterizar los meandros no ha sido tomada en cuenta dado que su evolución aumenta desde la parte alta del río hacia la



**Figura III.4** Seis parámetros morfométricos de base para la caracterización de la forma de un meandro (modificado de Bravard & Petit, 1997).

parte baja. Los meandros sucesivos fueron agrupados de 10 en 10 para obtener un promedio de valores de parámetros sobre una corta distancia: el punto 1 agrupa los 10 primeros desde Puerto Villarroel. El punto 2 agrupa los diez siguientes y así sucesivamente, hasta el punto 20 que agrega los cinco últimos meandros antes de la confluencia con el Río Iténez. Este promedio permite reducir la variabilidad subyacente a cada meandro y destacar las tendencias evolutivas más fuertes de las características morfológicas en la longitud del río.

Los parámetros morfométricos son considerados como variables de adaptación del curso de agua (o “variables de respuesta” según Schumm, 1963; Hey, 1986) en relación a otros factores externos denominados variables de control (caudal sólido, caudal líquido y pendiente). La definición de los sectores o divisiones fue comprobada mediante la determinación de las diferencias establecidas entre ellos y mediante relaciones entre los parámetros morfométricos y los factores de control generalmente usados en cursos de agua templados (Schumm, 1963; 1968, 1977; Chitale, 1970; Richards, 1982; Bravard & Petit, 1997).

Los factores de control disponibles para el Río Mamoré que fueron utilizados para el análisis son el caudal sólido y la pendiente del valle (Schumm, 1963; Bravard & Petit, 1997). Otros parámetros frecuentemente usados en medios templados, tales como la amplitud del borde lleno y el caudal máximo antes del desborde, no son conocidos con precisión en el caso del Río Mamoré; por lo tanto, no fueron integrados en las relaciones establecidas.

El índice de sinuosidad y la densidad de meandros son poco representativos en la escala del sector, por lo que se estima un valor

por cada diez meandros. En consecuencia, éstos solamente han podido ser objeto de relaciones sobre la totalidad de largo del tramo estudiado.

### **Relaciones entre el régimen de las crecidas y la dinámica fluvial**

Para detectar los cambios en el trazado del Río Mamoré y relacionarlo al régimen hidráulico, se estudiaron nueve imágenes satelitales Landsat TM correspondientes a las épocas secas de los años 1984, 1985, 1987, 1988, 1989, 1991, 1993, 1995 y 1997. En estas imágenes, se eligieron dos extractos (48 x 48 km) que encuadran a Puerto Varador, cerca de Trinidad (Fig. III.5). Cada extracto cubre una parte de la zona de estudio suficientemente extendida para que las medidas de erosión sean representativas y a su vez bastante restringida para que los hidrogramas de la estación de Puerto Varador sean característicos de la zona estudiada.

La superposición de dos imágenes sucesivas permitió cuantificar el retroceso de las riberas. Por lo tanto, la totalidad de la zona de estudio fue evaluada en términos de erosión lateral media (movimiento lateral del río cuantificado en metros). Por otro lado, para la caracterización de los caudales con mayor incidencia geomorfológica, se calcularon para cada año el número de días cerca del caudal máximo (estimado por un nivel de agua previo al desborde) y el número de días de desborde. Estos caudales son reconocidos por tener mayor incidencia geomorfológica (Bravard & Petit, 1997). Los valores han sido determinados a partir de los datos hidrológicos registrados en la estación de Puerto Varador, localizada cerca

de Trinidad, donde los niveles diarios de agua en el Río Mamoré son medidos por el SEMENA desde 1988 mediante una escala situada en la base de la ribera. Estos parámetros hidrológicos fueron relacionados con los de la dinámica fluvial para destacar cuáles son las condiciones hidrológicas que generan los mayores cambios geomorfológicos.

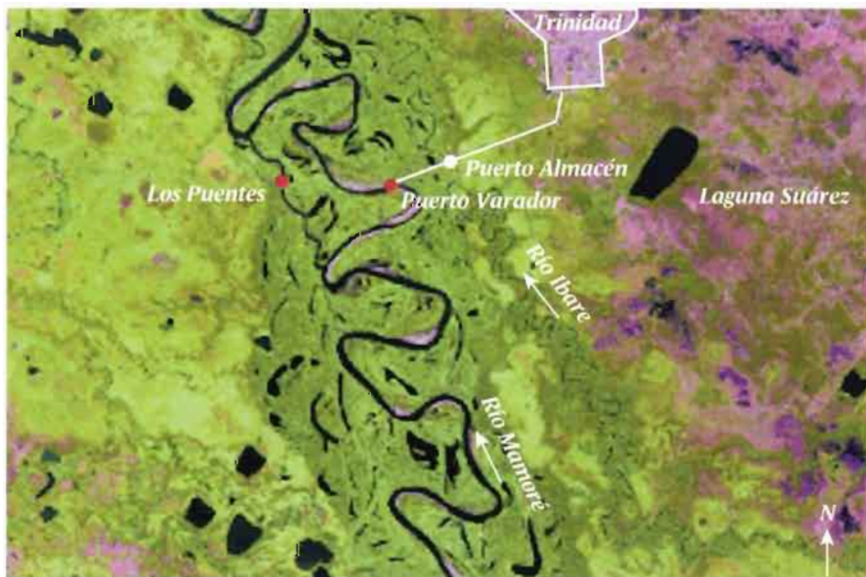
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### División morfométrica del Río Mamoré

En los 695 km existentes entre Puerto Villarroel (salida de los Andes) y la confluencia con el Río Iténez, el Río Mamoré desarrolla un

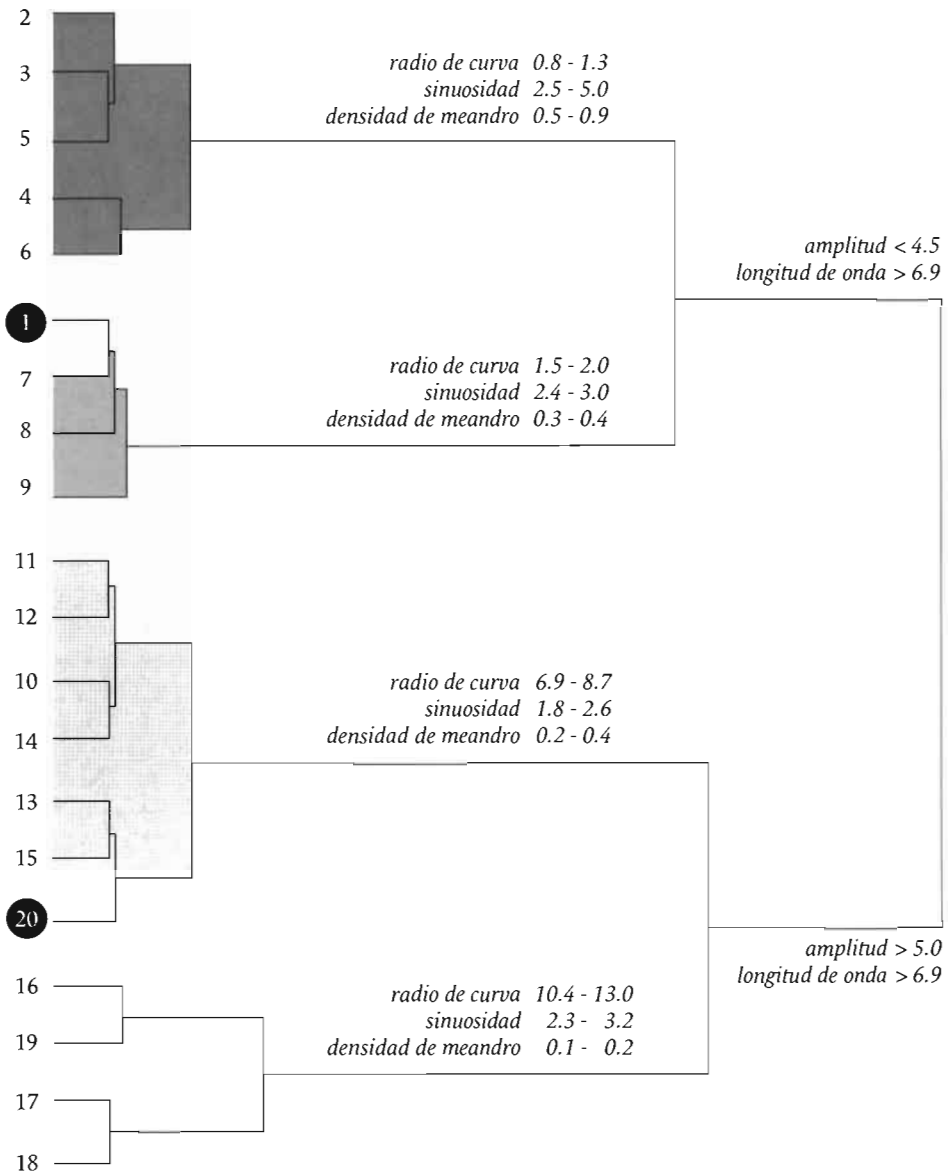
canal activo de aproximadamente 1 380 km, con una sucesión de 195 meandros. La amplitud del lecho activo (distancia entre la vegetación de ambas riberas) varía de 400 m en Puerto Villarroel hasta 700 m en la confluencia con el Río Iténez. El índice de sinuosidad global es elevado (1.98), lo que confirma que el Río Mamoré tiene un estilo fluvial meandriforme, de acuerdo a la definición de Brice (1974).

Un análisis de clasificación jerárquica agrupa a los meandros en relación a su similitud, mediante las seis características morfométricas estudiadas (Fig. III.6). La primera observación sobre la clasificación es que las agregaciones de meandros corresponden aproximadamente a su orden natural, aunque no se incluyen los parámetros de posición geográfica. Esto indica que las características de los meandros no son



**Figura III.5** Imagen satelital Landsat TM del año 1991. Los dos extractos utilizados para poner en evidencia los procesos de erosión son marcados por los puntos rojos.





**Figura III.6** División del Río Mamoré en base al análisis de seis parámetros morfométricos: longitud de onda (km), amplitud (km), radio de curva (km), longitud del ribera (km), sinuosidad y densidad de meandro (número por km), calculados para 195 meandros del Río Mamoré (promedio para grupos de diez meandros). El análisis de clasificación jerárquica [método UPGMA sobre distancias euclidianas, procedente de un análisis de los componentes principales (Charrière, 1999)] indica la existencia de seis sectores principales de meandros.

aleatorias, sino dependen de los factores de control que estructuran la forma del río a lo largo de su curso.

La primera separación se efectúa principalmente en relación a la longitud de onda y a la amplitud de los meandros. Los 90 primeros meandros (desde Puerto Villarroel hasta 197 km río abajo, grupos 1 a 9) son caracterizados por una longitud de onda y una amplitud menor que los 105 últimos (del km 197 hasta la confluencia con el Río Iténez).

Dentro de los 90 primeros meandros, los parámetros de radio de curva, sinuosidad y densidad de meandros indican diferencias entre los 60 primeros meandros y los 30 siguientes. Sin embargo, los grupos 1, 7, 8 y 9 tienen características comunes. No obstante, sus divisiones espaciales indican dos sectores distintos: por un lado, el sector de los grupos 7, 8 y 9 y luego el otro sector, conformado sólo por el grupo 1. En la parte baja (los 105 últimos meandros, antes de la confluencia con el Río Iténez), se nota una diferencia entre los meandros 91 a 160 y los 161 a 190. Los meandros 91 a 160 tienen menor longitud de onda, menor radio de curva y son más densos. Sin embargo, el sector de los grupos 10 hasta 15, localizado en la parte media del curso de agua, se distingue del sector del grupo 20, que está situado en la parte baja del río.

El Río Mamoré se divide en seis sectores, desde Puerto Villarroel (km 0), hasta la confluencia con el Río Iténez (km 695, Fig. III.7):

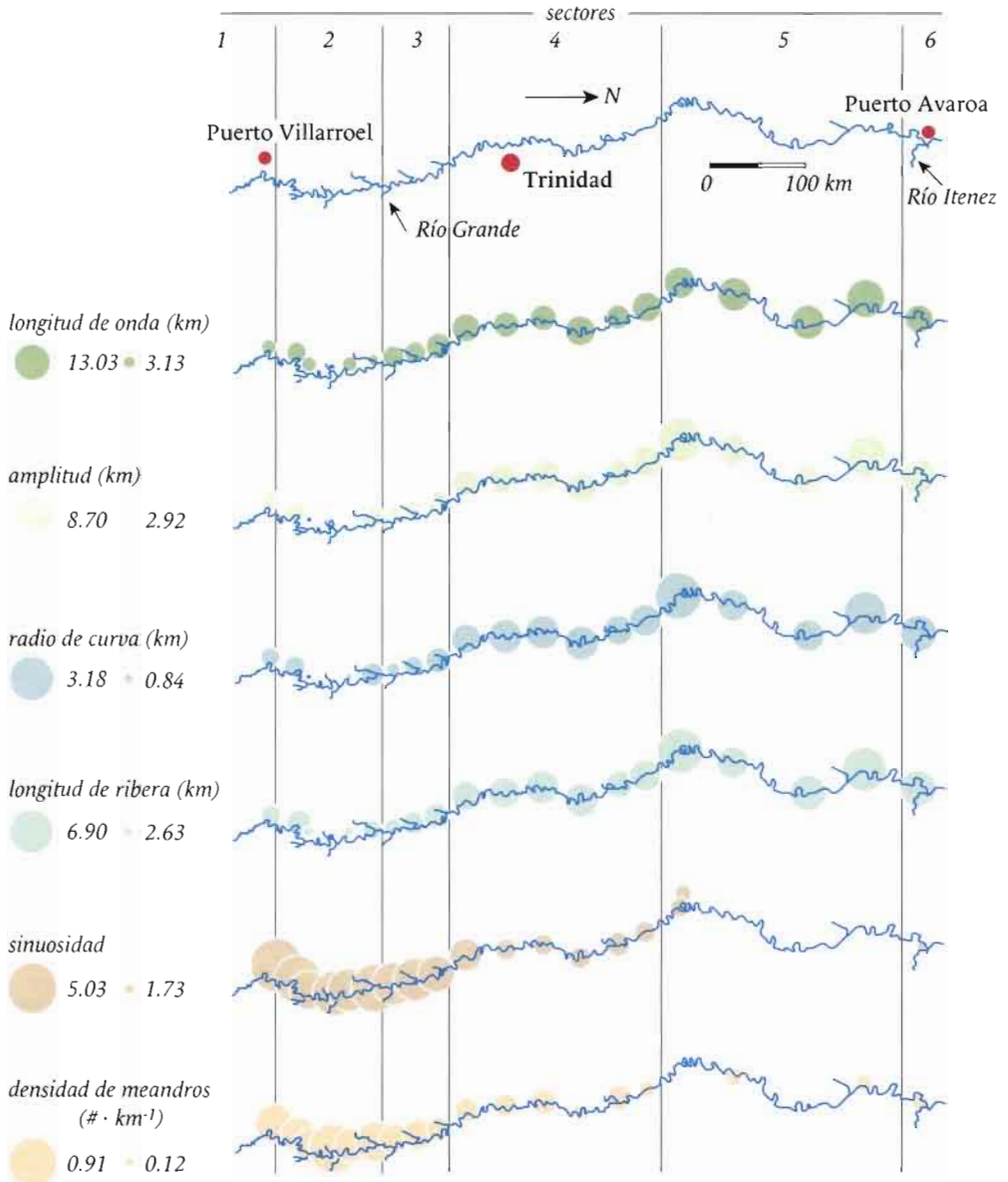
- Sector 1: meandros 1 - 10  
(km 0 ~ 23 = 23 km)
- Sector 2: meandros 11 - 60  
(km 23 ~ 113 = 90 km)

- Sector 3: meandros 61 - 90  
(km 113 ~ 197 = 84 km)
- Sector 4: meandros 91 - 150  
(km 197 ~ 431 = 318 km)
- Sector 5: meandros 151 - 190  
(km 431 ~ 675 = 244 km)
- Sector 6: meandros 191 - 195  
(km 675 ~ 695 = 20 km)

## Influencia de los factores de control

Se pueden identificar factores de control que causan la evolución física del Río Mamoré. La influencia de la pendiente del lecho es determinante (Fig. III.8). Al igual que en la mayoría de los ríos de la cuenca amazónica, la pendiente del valle del Río Mamoré es particularmente débil ( $<10^{-2} \text{ mm} \cdot \text{m}^{-1}$ ). Los valores de pendiente calculados resultan de la interpolación de los puntos topográficos indicados sobre el mapa 1:100 000. Estos valores son enconces indicativos y deben ser usados con mucha prudencia. Por ejemplo, el sector 4 presenta una pendiente negativa ( $-1.64 \cdot 10^{-2} \text{ mm} \cdot \text{m}^{-1}$ ). Tomando en cuenta la incertidumbre sobre la precisión de las mediciones topográficas, solamente se puede indicar que esta pendiente es muy débil. Sin embargo, los cambios de pendiente a lo largo del río son significativos y permiten distinguir claramente los seis sectores.

El sector 1, situado al pie de los Andes, se encuentra en la confluencia de los ríos Chimorre e Ichilo. La forma de este sector revela a nivel de la confluencia la ruptura brusca de la pendiente y también una modificación



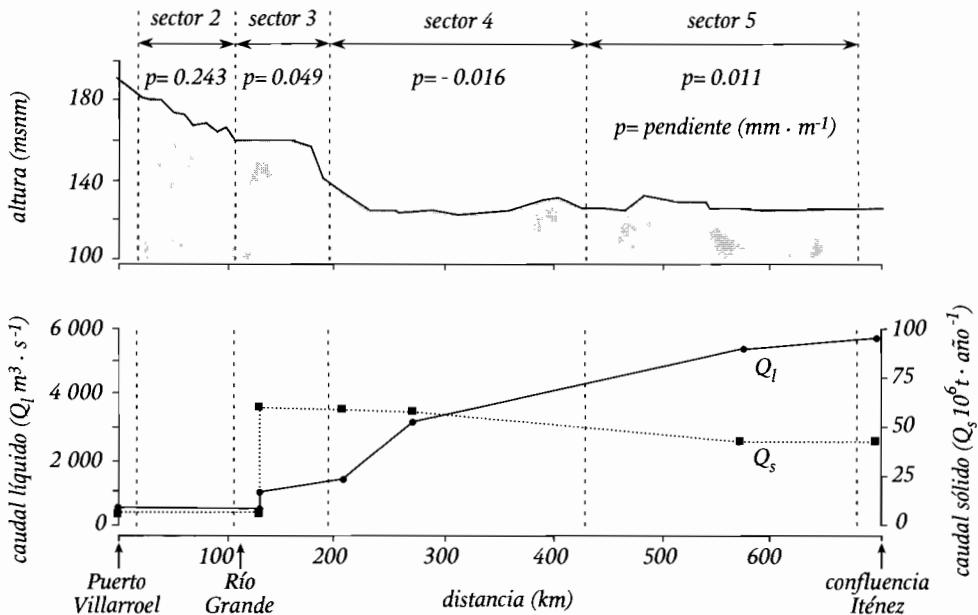
**Figura III.7** División geomorfológica del Río Mamoré, entre Puerto Villarroel y Puerto Avaroa (confluencia con el Río Iténez), en base a seis características de los meandros: longitud de onda, amplitud, radio de curva, largo, sinuosidad y densidad (Charrière, 1999).

importante del radio de curva de los meandros. Por su parte, el carácter geomorfológico particular del sector 6 (pendiente muy débil y densidad de meandros relativamente fuerte), revela la dificultad que encuentra el curso de agua del Río Mamoré para confluir con el Río Iténez, en un lugar de elevada deposición sedimentaria. Las características particulares de los sectores 1 y 6 indican probablemente una forma de adaptación.

En el sector 2 existe una pendiente fuerte que se traduce en un índice de sinuosidad elevado. El sector 3 es una zona de transición, con una pendiente débil, pero que presenta un brusco aumento, a partir del km 170. Esta fuerte

pendiente ( $0.6 \text{ m} \cdot \text{m}^{-1}$ ) tan localizada podría corresponder al borde de un bloque elevado en el lugar de una falla, como se ha observado en la parte subandina (Baby *et al.*, 1995).

En los sectores 4 y 5 existe una pendiente muy débil, aproximadamente cuatro veces más débil que en los sectores precedentes, que puede ser explicada por los afloramientos rocosos, que se encuentran en varios lugares del tramo entre Trinidad y la confluencia con el Río Iténez. Esa amortiguación de la pendiente se traduce en un cambio claramente marcado de la forma de los meandros, con una disminución del índice de sinuosidad y un aumento de la amplitud y del radio de curvatura.



**Figura III.8** Perfil longitudinal, caudales sólido ( $Q_s$ ) y líquido ( $Q_l$ ) del Río Mamoré entre Puerto Villarroel y la confluencia con el Río Iténez. Los límites y la pendiente ( $p$ ) de los diferentes sectores son señalados. La pendiente del sector 4, cerca de Trinidad, aparece ligeramente negativa, probablemente debido a la imprecisión de la medición.

Los cambios de los caudales líquidos y sólidos del Río Mamoré influyen probablemente sobre la forma. El Río Mamoré es un río de aguas blancas, particularmente cargado por sedimentos que provienen de la erosión de los Andes. Los primeros balances significativos sobre la materia transportada datan de 1993 (Guyot, 1993). Estos estudios muestran que en términos de caudal sólido, el Río Grande es el tributario más importante del Río Mamoré (Fig. III.8). Su confluencia corresponde casi al límite entre los sectores 2 y 3. El aumento del caudal sólido en este lugar, en una proporción de 1 a 8, puede explicar la disparidad morfo-métrica entre los sectores 2 y 3.

En términos de materia transportada, los estudios de Guyot (1993) presentan valiosas indicaciones sobre el caudal sólido sedimentado en el lecho del Río Mamoré. Los sectores 2 y 3 corresponden a la zona con el máximo caudal sólido sedimentado. Se ha estimado que  $150 \times 10^6 \text{ t} \cdot \text{año}^{-1}$  de sedimentos se depositan sobre los sectores 2 y 3, en comparación a los  $30 \times 10^6 \text{ t} \cdot \text{año}^{-1}$  en los sectores 4 y 5. El depósito sedimentario aparentemente ocurre preferentemente en los sectores 1, 2 y 3, que en conjunto constituyen una zona de ruptura de pendiente marcada, en comparación con la cuenca subandina.

La significativa disminución de la pendiente provoca una disminución importante de la capacidad de transporte del río. Por lo tanto, en estos sectores existe un espeso depósito sedimentario, proveniente de los Andes. Más al norte, en la parte baja de la confluencia con el Río Grande, el aporte en sedimentos de los ríos andinos se reduce a un mínimo (Guyot, 1993) y paulatinamente la capacidad de transporte del Río Mamoré se ajusta a este caudal sólido. Es importante resaltar que, al igual que la pendiente del valle, el caudal sólido es

importante para la forma de los diferentes sectores definidos.

### Relaciones entre el régimen de las crecidas y la dinámica fluvial

Los efectos de las grandes inundaciones son espectaculares. Sin embargo, fue demostrado que los caudales por debajo del nivel de desborde o los niveles de inundación anual tienen mayor incidencia sobre la forma. Esos caudales son más frecuentes y tienen una mayor eficiencia, por su alta capacidad para remover los sedimentos y para arrastrar la vegetación.

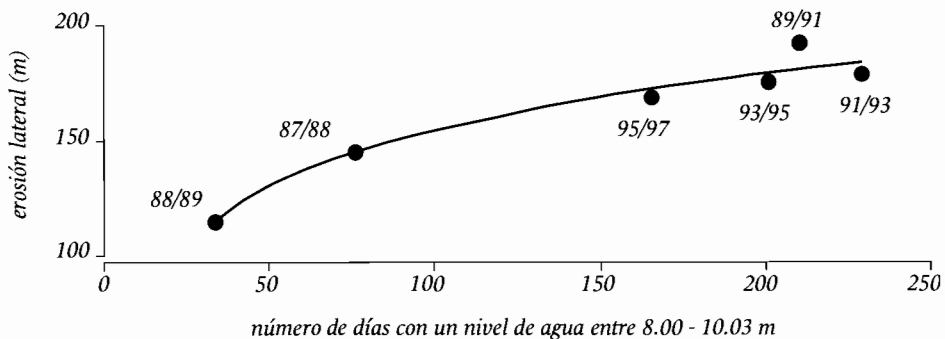
Presentamos el análisis de la dinámica de la evolución geomorfológica en el sector 4, cercano a Trinidad, que corresponde también a la zona donde se han desarrollado las investigaciones botánicas e hidrobiológicas, presentadas en este libro. Se estudió la relación entre la dinámica fluvial, descrita por la erosión lateral y el corte de meandros, junto a los eventos hidrológicos.

Durante el estudio, sólo los años 1992 y 1993 pueden ser descritos como extremos y anormales. Los demás años han presentado un ciclo hidrológico normal. Los limnigramas obtenidos en Puerto Varador para 1992, 1993 y 1996 a 1999, han permitido calcular el número de días con un nivel de agua cercano al desborde y el número de días de desborde. En 1992, se registraron 140 días cerca al nivel de desborde y 40 días de desborde. En 1993, durante 81 días se observaron niveles cercanos al desborde y 22 de desborde. En los años 1996, 1998 y 1999, no se registraron desbordes, aunque se observaron respectivamente 76, 113 y 6 días cer-

canos al nivel de desborde. Sin embargo, hay que precisar que otras épocas pueden ser muy diferentes y presentar inundaciones generalizadas de gran duración e intensidad, como lo escriben Denevan (1980) y Loubens *et al.* (1992). Por ejemplo, estos últimos dan para el período 1981-1987 un promedio de 141 días de desborde por año. En comparación, en nuestro estudio entre 1992-1999 este promedio fue solamente de 18.

Primero es importante remarcar que no existe una correlación entre la erosión lateral y el número de días de inundación. La mejor correlación entre el número de días cerca del caudal antes del desborde y la erosión lateral (retroceso de las riberas) ha sido obtenida para niveles de aguas entre 8 y 10.03 m. Este último valor corresponde al nivel de desborde (Fig. III.9, Charrière, 1999). Esta correlación indica que mientras mayor es el número de días cercanos al caudal antes del desborde, más fuerte es la erosión lateral. Esta relación indica que el curso de agua tiene la energía máxima para estructurar al lecho por el proceso de

erosión lateral para valores cercanos al caudal antes del desborde, lo que corresponde a la noción de caudal morfógeno (Bravard & Petit, 1997). La correlación máxima entre valores de caudal inferiores al nivel de desborde y la erosión lateral confirma la disminución de la eficiencia de las crecidas de desborde por disipación de la energía del curso de agua en la llanura de inundación. Es importante recalcar que la forma logarítmica de la curva de correlación tiende a indicar que los primeros días cercanos al caudal máximo antes del desborde provocan la mayor parte de la erosión. Por el efecto de la erosión, las riberas quedan más verticales y son caracterizadas por una ausencia total de vegetación en su parte baja (Fig. III.2). Sin protección vegetal, las riberas no ofrecen ninguna resistencia mecánica contra la erosión. Así, todos los niveles de agua generan un fenómeno de socavamiento, especialmente en las zonas de corriente, preparando el deslizamiento de la ribera que se producirá cuando lleguen los niveles de agua con el máximo de energía (antes del desborde).



**Figura III.9** Influencia del caudal sobre la erosión lateral en un sector del Río Mamoré central cerca de Trinidad para seis épocas de aguas altas entre 1988 - 1997. La magnitud de la erosión lateral depende del número de días con un nivel de agua entre 8 - 10.03 m. Este rango de nivel de agua corresponde a los caudales más morfogénicos del Río Mamoré.

## CONCLUSIÓN

Proponemos una división del Río Mamoré en seis sectores, diferenciados morfométricamente. El caudal sólido y la pendiente del valle son las variables de control fundamentales que contribuyen a generar una forma fluvial diferente en cada sector.

El estudio de las relaciones entre el régimen de las crecidas y la dinámica geomorfológica en el sector de Trinidad, permite concluir que en el Río Mamoré, como en varios ríos de las regiones templadas, los caudales de formación corresponden al nivel de desborde. Por lo tanto, la erosión lateral está correlacionada con el número de días cercanos al caudal máximo antes del desborde, mientras que los cortes de meandros parecen ser favorecidos por las inundaciones. Estos resultados en una época de hidrología débil quedan por ser contrastados con estudios en épocas con hidrologías fuertes.

A través de la presentación de un método original de sectorización o división morfométrica y de cuantificación de la erosión mediante imágenes satelitales, cada etapa del análisis propuesto ha permitido identificar la marcada dinámica de la evolución geomorfológica del lecho principal y de los cuerpos de agua que lo acompañan (Fig. III.10). Caracterizado por una morfometría distinta, cada sector presenta además amplias variaciones de las condiciones hidrológicas. Ambos factores en conjunto contribuyen a aumentar las probabilidades de la evolución geomorfológica y la diversidad del hábitat.

Mediante los procesos de sedimentación y de erosión, esta dinámica fluvial contribuye a la regeneración o desaparición de hábitats acuáticos

de la llanura de inundación, que están en directo contacto con el río (correspondiendo aproximadamente a los límites del bosque de galería). Sin embargo, sea cual sea la importancia de su rol, esa dinámica permanece en un débil equilibrio, que puede ser amenazado por dos elementos principales: La reducción de los caudales y la rectificación o estabilización de las riberas.

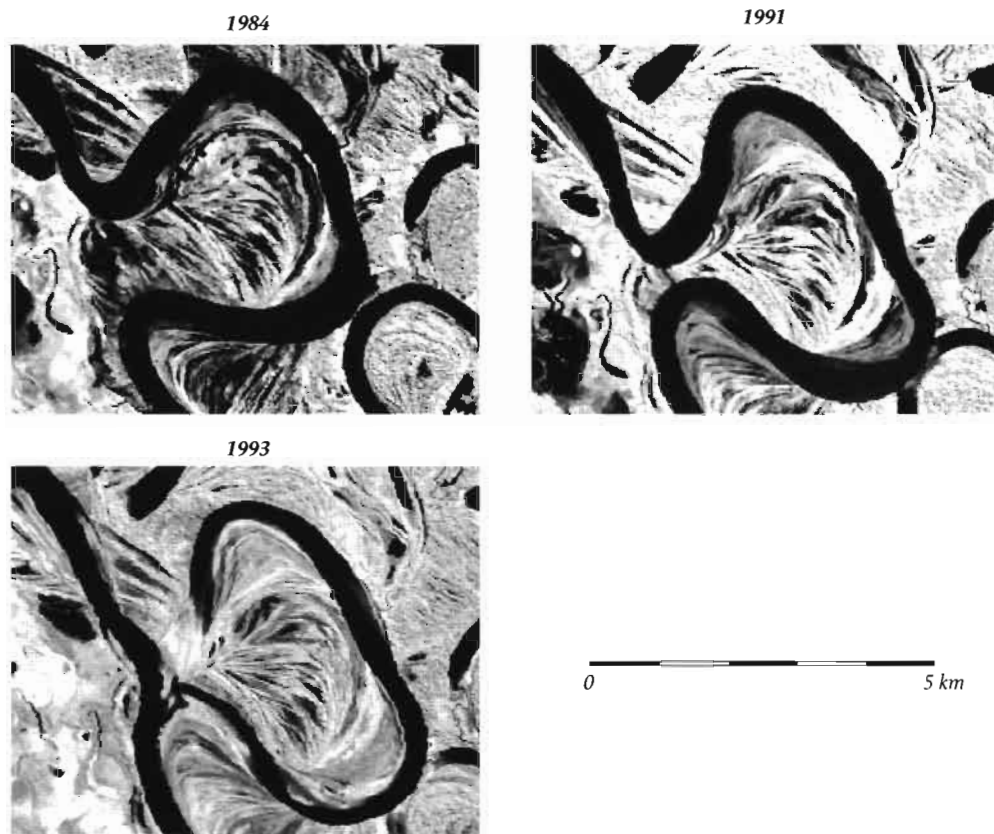
En las zonas templadas muchos ríos con esa dinámica fueron estabilizados y regulados para las necesidades del desarrollo de las poblaciones. Las consecuencias ecológicas son sin excepción muy importantes y a veces irreversibles, particularmente por la destrucción de los hábitats periféricos al río (Cap. V). En muchos casos, la rectificación de los cursos de aguas causa además una incisión del lecho (erosión vertical), que inicia un proceso de arrastre de los sedimentos y que puede originar el afloramiento de la roca madre en el lecho del río.

Esas modificaciones son incompatibles con el mantenimiento de la biodiversidad y de la producción biológica. La restauración de los hábitats para lograr un nivel ecológico satisfactorio, una de las principales demandas de nuestra época, tiene un costo muy elevado. Por lo tanto, contar con un río grande, en un estado todavía casi natural, es una riqueza que Bolivia tiene que cuidar y proteger.

Uno de los problemas de infraestructura de la región de Trinidad es el cruce del Río Mamoré. Este estudio revela la importancia de la dinámica fluvial en el sector de Trinidad. La falta de estabilidad impide el desarrollo de instalaciones permanentes (puertos y puentes), sin pensar en realizar mayores obras de

estabilización con todos los riesgos ecológicos que implica. Por lo tanto, parece preferible seguir utilizando infraestructura liviana, rápidamente trasladable y adaptable a las condiciones cambiantes. Para prolongar el tiempo de utilización de los puertos, estos podrían ser

localizados en meandros abandonados. Así, solamente se tendrá que mantener las conexiones con el río, a través de obras locales de dragado y de estabilización que causan menor impacto al paisaje.



**Figura III.10** Imágenes monocromáticas, generadas a partir de imágenes satelitales Landsat TM (junio 1984, mayo 1991 y julio 1993), que ilustran la evolución del lecho del Río Mamoré, hacia el corte de un meandro en el sector de Trinidad.



## BIBLIOGRAFÍA

- Amoros, C. & G.E. Petts. 1993.** Hydrosystèmes fluviaux. Masson, Paris, France. 300 p.
- Baby, P., I. Moretti, B. Guillier, R. Limachi, E. Mendez, J. Oller & M. Specht. 1995.** Petroleum system of the northern and central Bolivian sub-Andean zone. *En: Tankard, A.J., S. Suarez & H.J. Welsink (eds.). Petroleum basins of South America. AAPG Memoir 62: 445-458.*
- Bravard, J. P. & F. Petit. 1997.** Les cours d'eau: dynamique du système fluvial. Edition Armand Colin, Paris, France. 215 p.
- Brice, J.C. 1974.** Evolution of meander loops. *Geological Society of America Bulletin 85: 581-586.*
- Campos, J. & J.F. Dumont. 1991.** Estudio preliminar de fotos aéreas del Río Mamoré. ORSTOM, La Paz, Bolivia. 22 p.
- Charrière, M. 1999.** Etude de la dynamique géomorphologique du Río Mamoré (Amazonie bolivienne). Mémoire de 3<sup>ème</sup> année ENGEES, IRD, La Paz, Bolivia. 70 p.
- Chitale, S.K. 1970.** River channel pattern. *Journal of Hydraulics Division, American Society of Civil Engineers 96: 201-221.*
- Denevan, W.M. 1980.** La geografía cultural aborígen de los llanos de Mojos. Librería editorial "Juventud", La Paz, Bolivia. 272 p.
- Guyot, J.L. 1993.** Hydrogéochimie des fleuves de l'Amazonien bolivienne. Editions IRD, Collection Etudes et Thèses, Paris, France. 261 p.
- Hey, R.D. 1986.** Rivers mechanics. *Journal of the Institution of Water Engineers and Scientists. 139-158.*
- Loubens, G., L. Lauzanne & B. Le Guennec. 1992.** Les milieux aquatiques de la région de Trinidad (Beni, Amazonie bolivienne). *Revue d'Hydrobiologie Tropicale 25: 3-21.*
- Nanson, G.C. & A.D. Knighton. 1996.** Anabranching rivers: their cause, character and classification. *Earth Surface Processes and Landforms 21: 217-239.*
- Richards, K. 1982.** Rivers. Form and process in alluvial channels. Methuen, London, UK. 361 p.
- Schumm, S.A. 1963.** Sinuosity of alluvial rivers in the Great Plains. *Geological Society of America Bulletin 74: 1089-1100.*
- Schumm, S.A. 1968.** Speculations concerning paleohydrologic controls of terrestrial sedimentation. *Geological Society of America Bulletin 79: 1573-1588.*
- Schumm, S.A. 1977.** The fluvial system. John Wiley & Son, New York, USA. 338 p.
- Tricart, J. 1977.** Types de lits fluviaux en Amazonie brésilienne. *Annales de Géographie 473: 1-54.*

Diversidad biológica en la llanura de inundación del

# Río Mamoré

*Marc Pouilly | Stephan G. Beck | Mónica Moraes R. y Carla Ibañez (Editores)*



*Importancia  
ecológica de la  
dinámica fluvial*

Diversidad biológica en la llanura de inundación del

# Río Mamoré

*Importancia ecológica de la dinámica fluvial*

*Marc Pouilly | Stephan G. Beck | Mónica Moraes R. y Carla Ibañez (Editores)*



---

FUNDACIÓN SIMÓN I. PATIÑO

Título original	Diversidad biológica en la llanura de inundación del Río Mamoré. Importancia ecológica de la dinámica fluvial.
Editores científicos	Marc Pouilly, Stephan G. Beck, Mónica Moraes R. y Carla Ibañez
Cita bibliográfica	Pouilly M., S.G. Beck, M. Moraes R. y C. Ibañez 2004. Diversidad biológica en la llanura de inundación del Río Mamoré. Importancia ecológica de la dinámica fluvial. Centro de Ecología Simón I. Patiño, Santa Cruz, Bolivia. 383 p.
Primera edición en español	No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión en ninguna forma ya sea electrónica, mecánica, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares de derechos de autor.
Derechos reservados	2004 Centro de Ecología Simón I. Patiño   <i>Departamento de Difusión</i>
ISBN	99905-0-564-0
Depósito Legal	8-1-962-04
Editorial	Centro de Ecología Simón I. Patiño- <i>Departamento de Difusión</i>
Coordinación y revisión	Carmiña Montoya Köster y Christian Bomblat
Diagramación	María Gracia Sarabia Alanis
Fotografía cubierta	Meandro abandonado cerca del Río Mamoré   <i>Marc Pouilly</i>
Impresión	Imprenta Sirena, Santa Cruz - Bolivia