REPORTE DE LA CAMPAÑA PE 16 (EQ 52)
RIO NAPO - OCTUBRE 2004

FRAIZY Pascal, ARMIJOS Elisa, AUDIN Laurence, BABY Patrice, BONDOUX Francis, BOURREL Luc, CERON Cati, DARROZES José, ESPINOZA Jhan Carlo, GUYOT Jean Loup, LARAQUE Alain, LAVADO Waldo, MAGAT Philippe, PAREDES Nelson, PINTAUD Jean Christophe, POMBOSA Rodrigo, PUJOS François, YERREN Jorge

Lima **Febrero de 2005**

Contenido

1- INTRODUCCION p. 03

1.1- Participantes p. 05

1.2- Cronograma y desarrollo de la campaña p. 06

2- TRABAJOS REALIZADOS p. 08

2.1- Aspecto Geofísico p. 08

2.2- Aspecto Hidrológico p. 09

2.2.1- Perfiles transversales p. 09

2.2.2- Resultados de los aforos en las estaciones: p. 12

a- Río Napo en Coca p. 12

b- Río Napo en Rocafuerte p. 14

c- Confluencia del Curaray p. 16

d- Río Napo en Santa Clotilde p. 18

e- Río Napo en Bellavista p. 20

2.2.3- Muestreo y medidas fisico-químicas p. 22

a- Muestreo de agua y sedimento p. 22

b- Granulometría p. 22

c- Medición de parámetros físico-químicos p. 24

d- Filtración de las muestras p. 24

e- Aforos sólidos p. 27

2.3- Aspecto Naturalista p. 28

2.3.1- Geología p. 28

2.3.2- Tectónica activa p. 30

2.3.3- Paleontología p. 32

2.3.4- Botánica p. 34

1. INTRODUCCION

Del 15 de octubre al 01 de noviembre de 2004, tuvo lugar una campaña de terreno organizado por el programa HYBAM sobre el río Napo. En esta campaña se siguió con trabajos similares a los que se realizan sobre los tributarios del río Amazonas tanto en Bolivia, en Ecuador, como en Brasil (ver nuestro sitio web: http://www.mpl.ird.fr/hybam).

Esta nueva expedición parte desde el pie de montaña ecuatoriana para terminar en la confluencia con el río Amazonas en el Perú, la cual reunió a un equipo pluridisciplinario de científicos de cuatro países (Francia, Brasil, Ecuador, Perú) todos con una misma temática: comprender mejor la geodinámica amazónica a través de un mejor conocimiento de los factores hidrológicos y geológicos que suceden en la cuenca y que podrían explicar ciertos fenómenos naturales que pasan en la botánica como en la paleontología. Tenemos entonces tres aspectos principales:

-Aspecto geofísico:

La medida de la pendiente del río Napo desde Mishaualli hasta Iquitos constituye lo principal de la expedición. Ella necesitó la implementación de seis bases fijas con equipos DGPS a un equipo DGPS movil en un barco. En Ecuador estas fueron las estaciones: Misahualli, Francisco de Orellana y Nuevo Rocafuerte y en Perú: Angoteros, Santa Clotilde e Iquitos. Nosotros utilisamos GPS Astech asimismo un GPS Trimble calibrados sobre una frecuencia de adquisición de quince segundos de manera tal que pueda tener la mayor precisión con la autonomía de memoria y energía en estos aparatos. Esta misión permitirá, luego del tratamiento de la señal, calibrar en altitud la línea de agua y las principales estaciones hidrológicas del río Napo.

-Aspecto hidrológico:

De manera de alimentar la base de datos necesaria para la elaboración de un modelo hidrodinámico 1D de la cuenca de la Amazonía hemos realizado perfiles transversales de la cama menor media cada 10 km, así como los aforos líquidos y sólidos de las diferentes estaciones hidrológicas y de los afluentes del río Napo. En paralelo, efectuamos toma de muestras de agua para la determinación de materiales en suspensión (MES), y el análisis fisico-químico de los elementos mayores y trazas, y del carbono organico. La granulomería de los materiales transportados fue también seguida desde el pie de montaña hasta la planicie aluvial. De manera de completar el perfil de la pendiente obtenida por DGPS, registramos igualmente una batimetria longitudinal del canal principal del río Napo. En total se realizaron más de 140 perfiles transversales, los que estarán disponibles sobre el sitio web del proyecto Hybam. Más adelante se muestran los primeros resultados disponibles de estas mediciones.

-Aspecto naturalista:

Con la presencia de geólogos, de un paleontólogo y de un botánico, pudieron ser indagadas y/o verificadas, hipotesis interesantes de la morfogénesis de la cuenca.

Finalmente la logistica de la operación engloba tanto al Perú como al Ecuador, la presencia de un equipo de cineastas y fotógrafos para hacer conocer al público la misión, las aldeas, así como las curiosidades que ocurren dentro del desarrollo de esta misión. Una exposición de fotos y videos realizado por Olivier HOURTON será presentada en Lima, Quito, Iquitos y París, así también, una emisión televisiva de 42 minutos realizada por Franck GOMBERT y Mathieux SALTZE, enteramente consagrada a la expedición, será difundida por France 2 en febrero próximo.

Vista del Sumaco desde el río Napo (Ecuador)

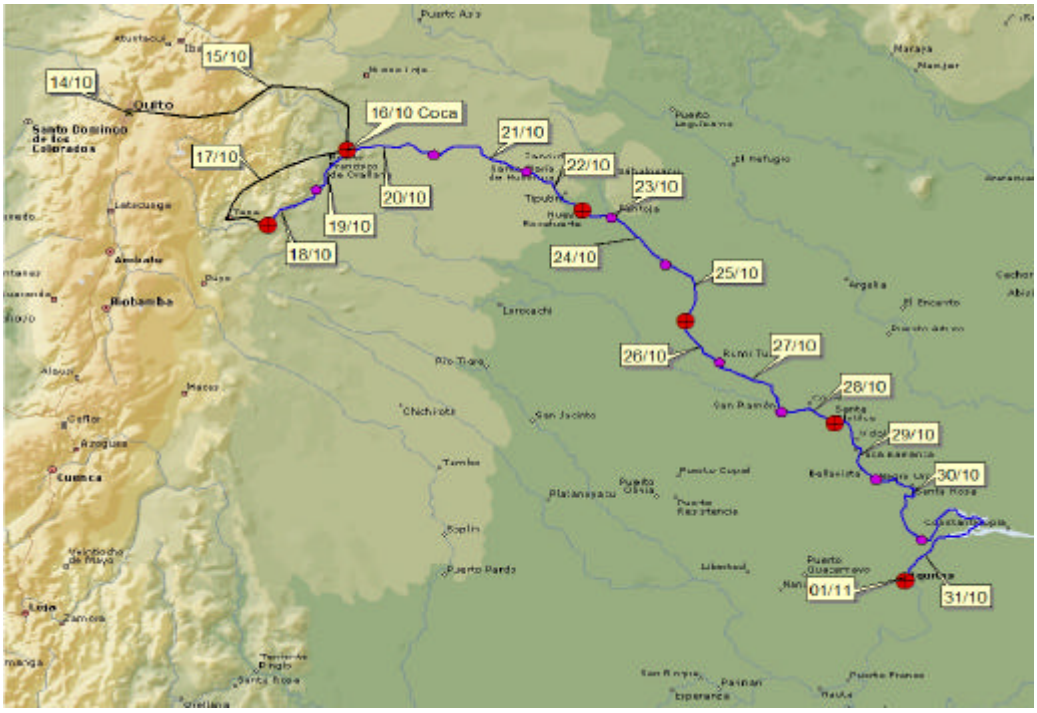
Las embarcaciones de la expedición sobre el río Napo (Perú)

1.1- Participantes:

Grupo	Participantes	Organismo	Función
Coordinación	Jean Loup GUYOT	IRD Lima	Responsable de la expedición
1.Geofísicos : DGPS	José DARROZES	UPS Toulouse	DGPS embarcado (Ecuador - Perú)
	Luc BOURREL	IRD Quito	Logistica DGPS Quito
	Victor AMAN	INOCAR Guayaquil	Base Fija DGPS Misahualli
	Jorge SOLANO	INOCAR Guayaquil	Base Fija DGPS Francisco de Orellana
	Iedison LEON	INOCAR Guayaquil	Base Fija DGPS Nuevo Ricafuerte
	Edison HAGOL	INOCAR Guayaquil	DGPS embarcado Ecuador
	Nelson PAREDES	INOCAR Guayaquil	DGPS embarcado Ecuador
	Luis BURBANO	INOCAR Guayaquil	DGPS embarcado Ecuador
	Waldo LAVADO	SENAMHI Lima	Base Fija DGPS Iquitos
	Jhan Carlo ESPINOZA	UNALM Lima	Base Fija DGPS Santa Clotilde
	Francis BONDOUX	IRD Santiago	Base Fija DGPS Pantoja
2. Hidrologos	Pascal FRAIZY	IRD Lima	Hidrología, Responsable operación Perú
	Philippe MAGAT	IRD Quito	Hidrología, Responsable operación Ecuador
	Jorge YERREN	SENAMHI Lima	Medidas hidrológicas en Perú
	Rodrigo POMBOSA	INAMHI Quito	Medidas hidrológicas en Ecuador
	Naziano FILIZOLA	ANA Brasilia	Medidas hidrológicas
	Alain LARAQUE	IRD Montpellier	Toma de muestras
	Elisa ARMIJOS	INAMHI Quito	Toma de muestras
	Catalina CERON	IRD Quito	Granulomyría de sedimentos
	Josyane RONCHAIL	UPMC Paris	Climatología
3. Naturalistas	Patrice BABY	IRD Lima	Responsable del grupo, aspectos geológicos
	Jose BURGOS	IRD Toulouse	Aspectos geológicos
	Laurence AUDIN	IRD Lima	Aspectos tectónicos
	François PUJOS	IFEA Lima	Aspectos paleontológicos
	Jean Christophe PINTAUD	IRD Quito	Aspectos botánicos
4. Medios de CC	Olivier HOURTON	Fantasía Lima	Reportaje fotográfico y video
	Franck GOMBERT	BeHappyProd Paris	Video documentación
	Mathieu SALTZE	BeHappyProd Paris	Video documentación

Grupo de participantes de la misión PE16

1.2- Cronograma y desarrollo de la campaña:


14/10
15/10
16/10 Coca
17/10
18/10
19/10
20/10
21/10
22/10
23/10
24/10
25/10
26/10
27/10
28/10
29/10
30/10
31/10
01/11
Quito
Santo Domingo de los Colorados
Ambato
Riobamba
Cuenca
Loja
Zamora
Macas
Puyo
Tena
Puerto Ayacucho
Puerto Leguizamo
Puerto Nariño
Puerto Asís
Puerto Ospina
Puerto Rico
Puerto Pardo
Puerto Guacamayo
Puerto Bolívar
Puerto Francisco de Orellana
Puerto Rodríguez
Puerto Cayumbe
Puerto Libertad
Puerto Rosario
Puerto Bella Vista
Puerto Esperanza
Puerto Frente
Puerto Ayacucho
Puerto Cabello
Puerto Cabello
Puerto Cabello

Fecha	Ecuador	Perú
14/10/04	Preparación de la Misión Ecuador	Preparación de Misión en Iquitos
15/10/04	Viaje de Quito a Francisco de Orellana (carro y avión)	Viaje de Iquitos a Pantoja (bote)
16/10/04	Ceremonias antes de la Misión Napo en Francisco de Orellana	Viaje de Iquitos a Pantoja (bote)
17/10/04	Viaje de Francisco de Orellana a Misahualli (piraguas)	Viaje de Iquitos a Pantoja (bote)
18/10/04	Misión : Misahualli - Francisco de Orellana	Viaje de Iquitos a Pantoja (bote)
19/10/04	Misión : Misahualli - Francisco de Orellana	Viaje de Iquitos a Pantoja (bote)
20/10/04	Misión : Francisco de Orellana - Rocafuerte	Viaje de Iquitos a Pantoja (bote)
21/10/04	Misión : Francisco de Orellana - Rocafuerte	Viaje de Iquitos a Pantoja (bote) **(1)**
22/10/04	Misión : Francisco de Orellana - Rocafuerte	Viaje de Iquitos a Pantoja (bote)
23/10/04	Misión : Rocafuerte - Pantoja (Frontera)	Pantoja : unión de los equipos
24/10/04	Viaje de Rocafuerte a Francisco de Orellana (piraguas) **(2)**	Misión : Pantoja - Angoteros
25/10/04	Viaje de Francisco de Orellana a Quito (botes)	Misión : Pantoja - Angoteros
26/10/04		Misión : Pantoja - Angoteros
27/10/04		Misión : Angoteros - Santa Clotilde
28/10/04		Misión : Angoteros - Santa Clotilde
29/10/04		Misión : Santa Clotilde - Iquitos
30/10/04		Misión : Santa Clotilde - Iquitos
31/11/04		Misión : Santa Clotilde - Iquitos
01/11/04		Partida de Lima

(1) Encuentro de Jorge YERREN con los integrantes de la Misión (que salió de Iquitos), para realizar las medidas hidrológicas con Pascal FRAIZY en la parte peruana.

(2) Incorporación de Jean Christophe PINTAUD al equipo de trabajo.

2-TRABAJOS REALIZADOS

2.1- Aspecto geofísico:

Para medir la pendiente (línea de agua) del Río Napo desde el pie de los Andes (Misahualli) hasta Iquitos, fueron instaladas por los miembros de la misión seis bases fijas DGPS, 3 en Ecuador y 3 en Perú. Los resultados de las mediciones de pendiente no estarán disponibles hasta después de haber tratado los datos GPS.

Base DGPS de Angostero (Perú)

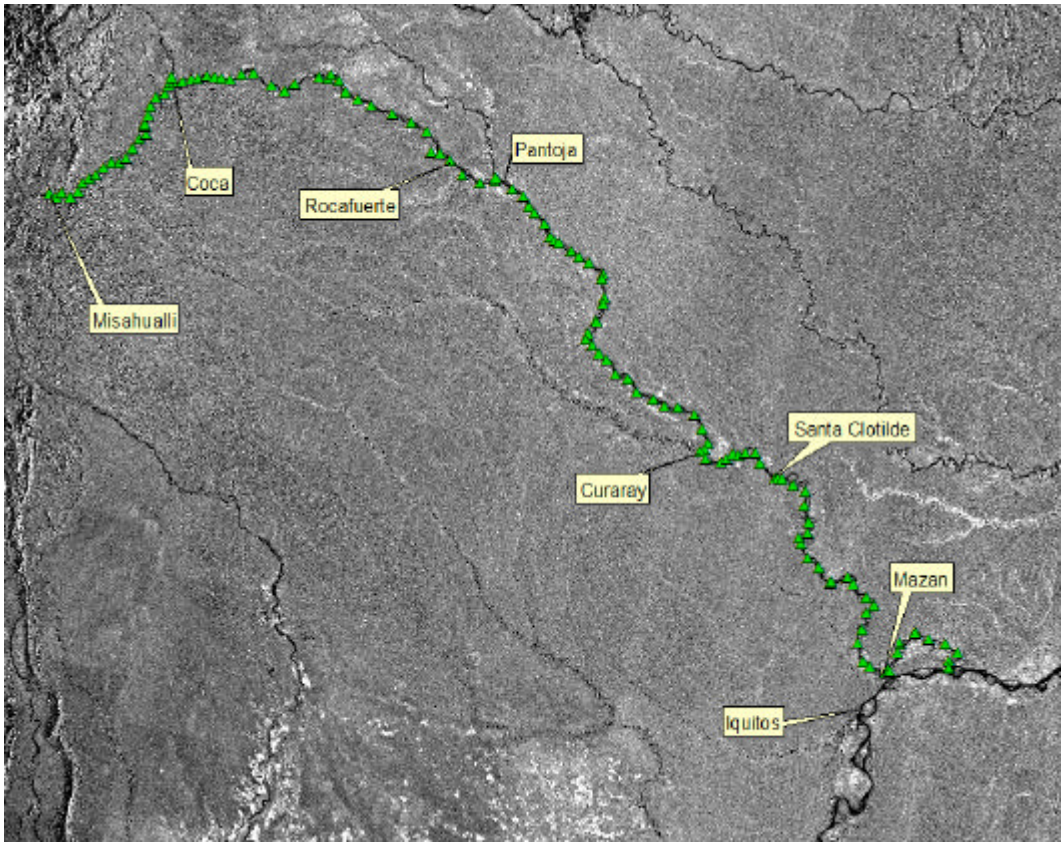
Base movil DGPS sobre el Río Napo (Ecuador)

2.2- Aspecto hidrológico:

Un primer análisis de los perfiles transversales efectuados sobre el canal principal del río Napo será brevemente expuesto aquí. Los aforos efectuados en las estaciones hidrológicas serán presentados en detalle así como los aforos realizados en las desembocaduras de los principales afluentes. Encontraremos igualmente una descripción de los métodos empleados para los diferentes aforos sólidos y la toma de muestra de agua realizada.

2.2.1- Perfiles transversales

Esta misión se desarrolló en período de aguas bajas durante la cual la navegación sobre el río Napo es algo problemática debido a la presecencia de numerosos bancos de arena. La batimetría de los diferentes canales se encuentra singularmente complicada, ciertos canales estaban poco profundos para ser medidos. La dificultad de obtener buenas medidas aumenta considerablemente hacia aguas arriba donde el régimen hidraulico es más turbulente, las profundidades menores y el lecho rocoso.

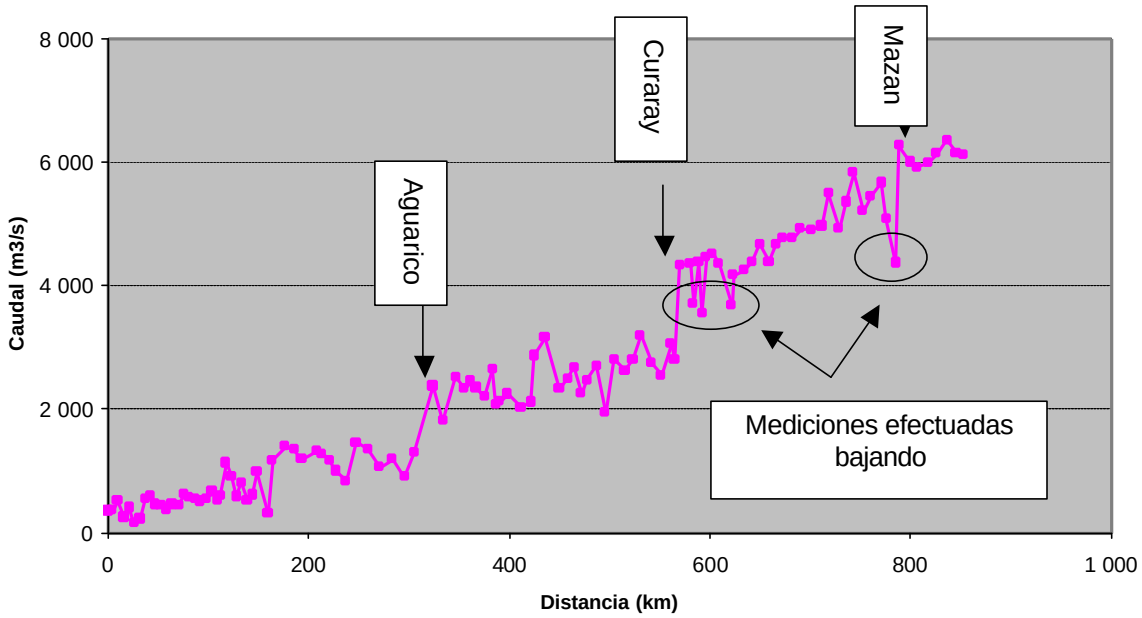


Localización de los aforos

De la misma manera, la mayoría de los perfiles peruanos fueron realizados cuando se efectuó el viaje surcando el río, pero también realizamos mediciones durante el retorno. Ciertos valores de estos perfiles no se tomaron en cuenta cuando se trata de presentar una imagen continua del río Napo a partir de estos mismos valores (caudales, área o largo por ejemplo). Es así que podemos presentar los siguientes perfiles:

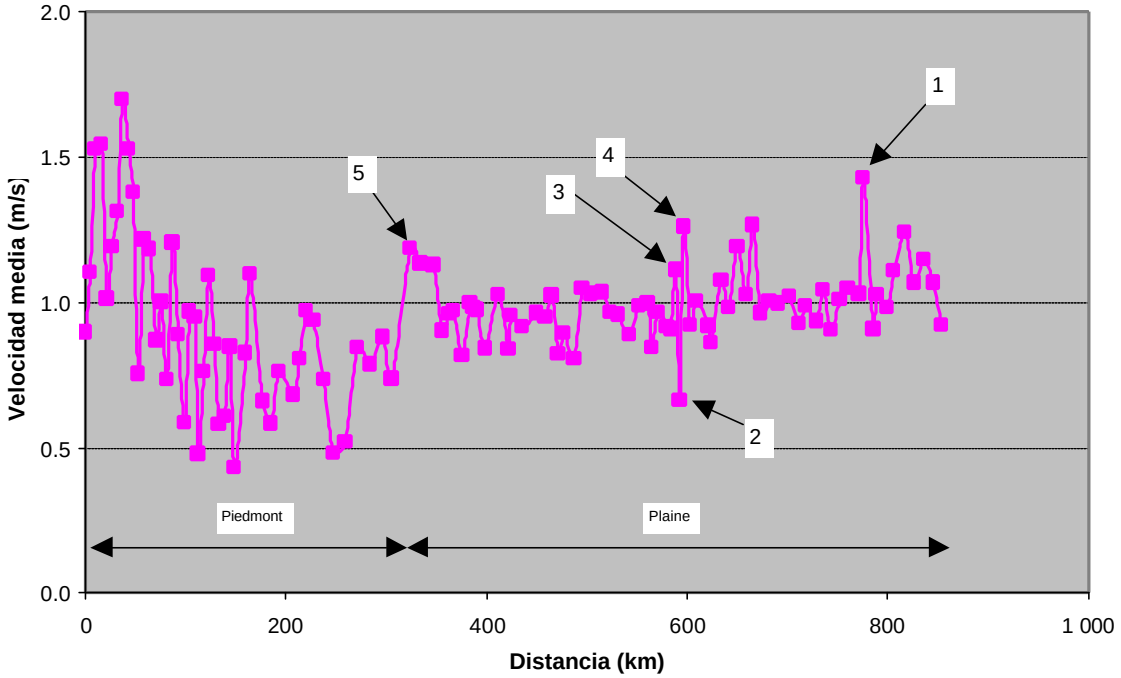
Aumento del caudal en función de la distancia:

El aporte más grande que se puede apreciar es del río Curaray. Se puede observar en el siguiente gráfico ciertas irregularidades en el trazo, debido a las medidas parciales del canal, o a los niveles bajos que presentaba el río.



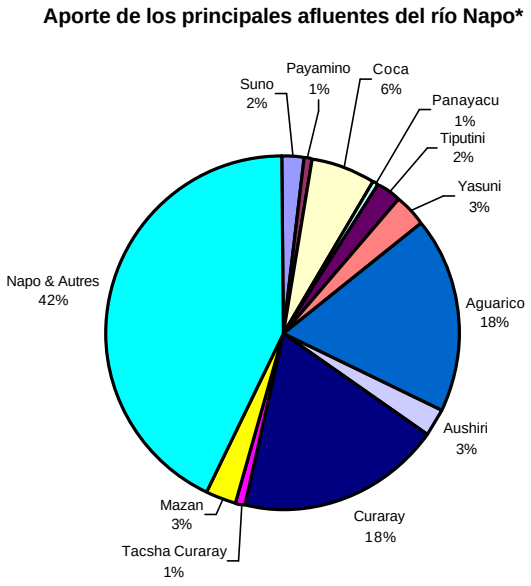
Evolución de la velocidad media sobre la sección aguas arriba hacia aguas abajo:

Se puede observar también altas velocidades del agua a la salida de los Andes, ante el establecimiento de un régimen más constante, a partir de la confluencia con el río Yasuni en Rocafuerte. Ciertas irregularidades flagrantes señaladas sobre el siguiente gráfico pueden ser explicadas por una medición parcial (1) o por la morfología del lecho donde se realizaba las mediciones.



***1**: Un solo canal medido sobre tres existentes, **2, 3 y 4**: Una medida parcial (3) y un fuerte encogimiento (488 m) del canal en (4) alrededor de la medición (2) realizado cuando descendimos a un nivel menor y sobre una sección de 1250 m de largo. **5**: Medida dudosa.*

<u>Aporte de diferentes afluentes de Misahualli en Bellavista:</u>



**: Caudales medidos hasta llegar a Bellavista*

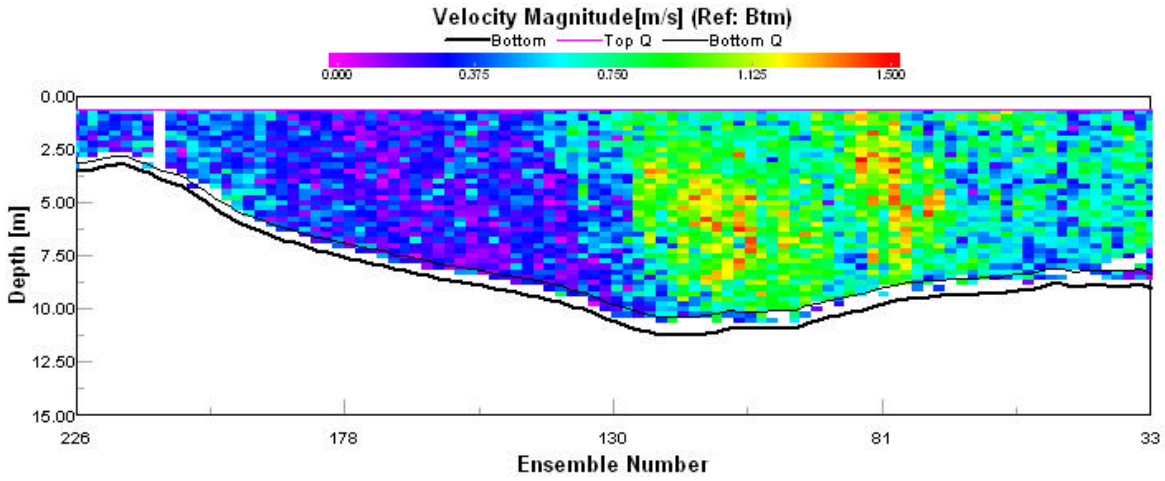
2.2.2- Resultados de los aforos en las estaciones:

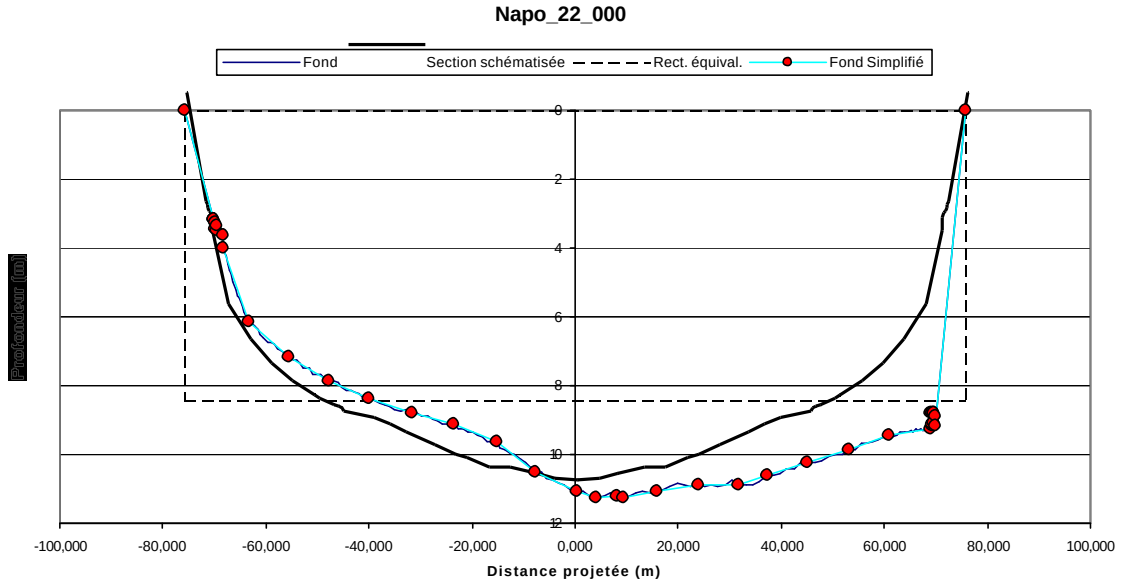
a- Río Napo en Francisco de Orellana (19/10/2004)

- Ubicación de los aforos:

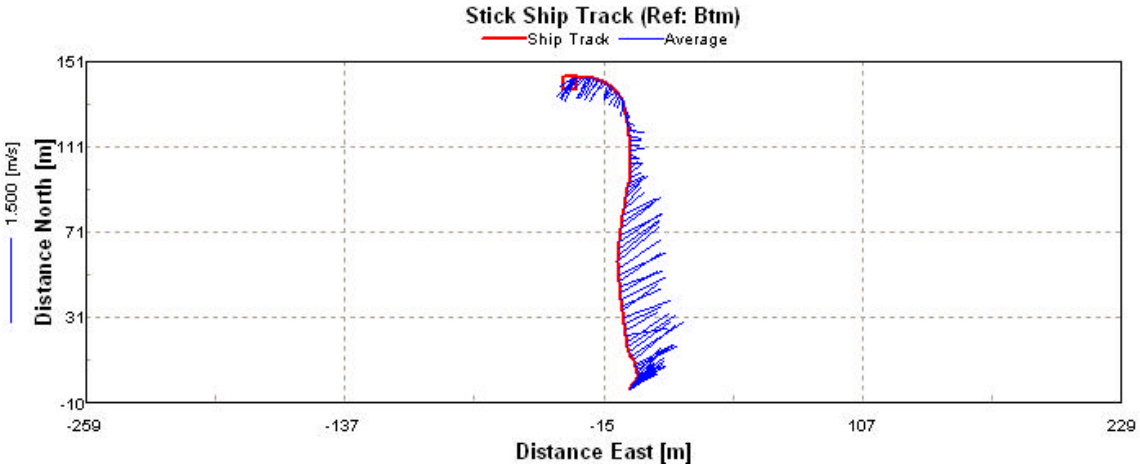
Aforos	Latitud Sur	Longitud Oeste
Punto de partida ribera derecha	0.47408	76.97965
Punto de partida ribera izquierda	0.47309	76.98007

- Perfil en el trayecto de la sección y distribución de velocidades:





- Trayecto del bote y vectores de velocidad media sobre la sección:



- Resultados de los aforos

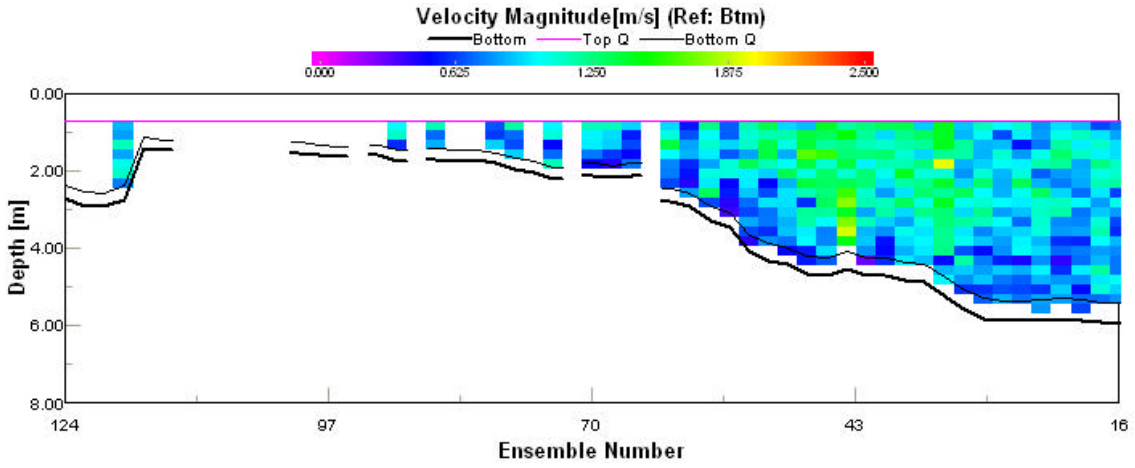
Fecha	Unid.	19/10/2004		Average	Std. Dev.	Std./| Avg.|
Napo22 n°		000r	001r			
H agua	[cm]					
Total Q	[m³/s]	623	589	**606**	24.156	0.04
Superf.Tot.	[m²]	1350	1184	1267	117.05	0.09
Ancho	[m]	152	135	143	11.82	0.08
Q/Superf.	[m/s]	0.462	0.497	0.48	0.025	0.05
Corriente vel.	[m/s]	0.4	0.5	0.5	0.07	0.15
Q Esq.	[m³/s]	-3	-3	-3	0.282	0.1
Q.Sup	[m³/s]	33	28	30	3.165	0.1
Q.Med.	[m³/s]	547	504	526	30.523	0.06
Q.Fondo	[m³/s]	36	37	36	0.396	0.01
Q.Der.	[m³/s]	10	23	17	8.854	0.53
Vel.Bote	[m/s]	0.8	0.8	0.8	0.01	0.01
Rumbo Prom.	[°]	348	155			
Corriente Dir.	[°]	60.9	33.1			
Hora inicio		16:48:56	16:52:47			
Hora fin		16:52:27	16:56:19			

b- Río Napo en Rocafuerte (22/10/2004)

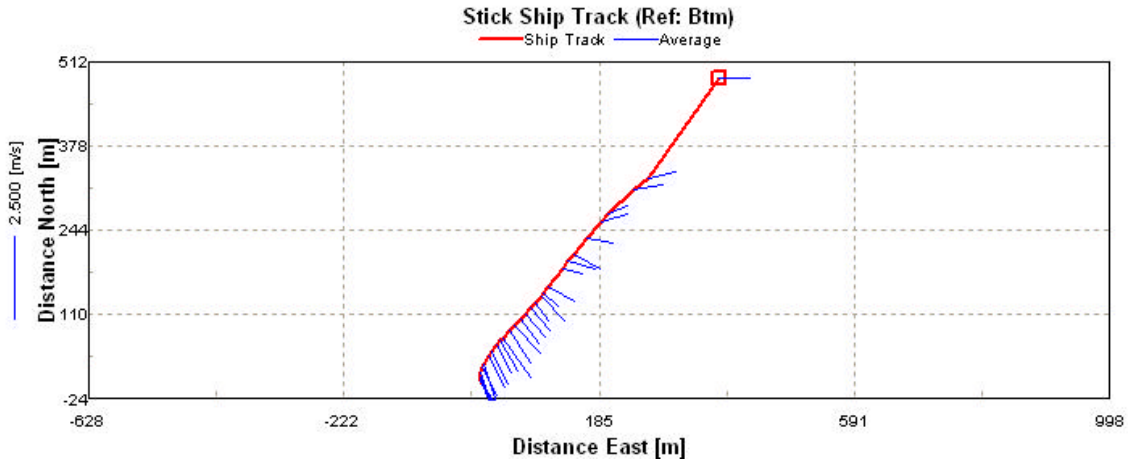
- Ubicación de los aforos:

Aforos	Latitud Sur	Longitud Oeste
Punto de partida ribera derecha	0.88035	75.46083
Punto de partida ribera izquierda	0.87501	75.45720

- Perfil del trayecto de la sección frente a las escalas y distribución de velocidades:



- Trayecto del bote y vectores de velocidad media sobre la sección:



- Resultados

Fecha	Unid.	22/10/2004		Average	Std. Dev.	Std./| Avg.|
Napo45 n°		000r	002r			
H agua	[cm]					
Total Q	[m³/s]	1373	1266	**1320**	75.644	0.06
Superf.Tot.	[m²]	1727	1821	1774	66.34	0.04
Ancho	[m]	607	811	709	144.37	0.2
Q/Superf.	[m/s]	0.795	0.695	0.745	0.071	0.09
Corriente vel.	[m/s]	0.9	0.9	0.9	0.027	0.03
Q Esq.	[m³/s]	7	8	8	1.141	0.15
Q.Sup	[m³/s]	316	324	320	5.971	0.02
Q.Med.	[m³/s]	860	773	817	61.233	0.07
Q.Fondo	[m³/s]	168	149	158	13.572	0.09
Q.Der.	[m³/s]	23	12	17	7.951	0.46
Vel.Bote	[m/s]	2.6	1.2	1.9	0.954	0.5
Rumbo Prom.	[°]	37.5	60.0			
Corriente Dir.	[°]	145.9	142.2			
Hora inicio		13:27:45	13:40:54			
Hora fin		13:32:01	13:58:51			

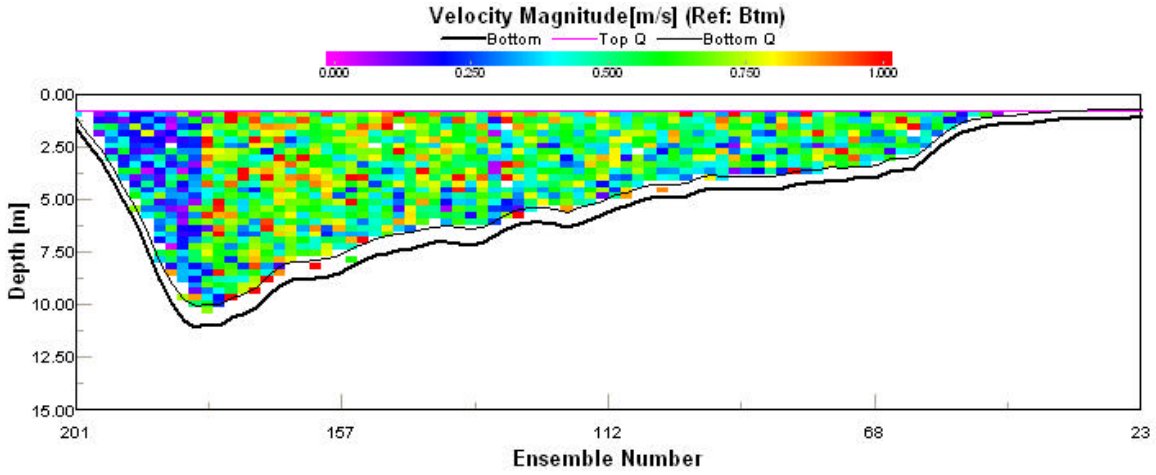
Canoa con ADCP (Río Napo, Ecuador)

c- Río Curaray en la desembocadura (27/10/2004)

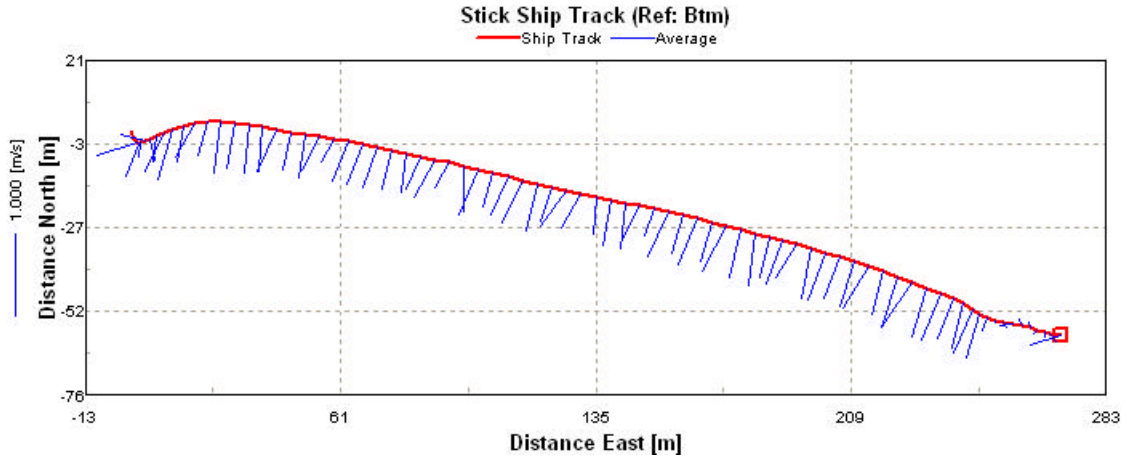
- Ubicación de los aforos:

Aforos	Latitud Sur	Longitud Oeste
Punto de partida ribera derecha	2.35281	74.09389
Punto de partida ribera izquierda	2.35337	74.09140

- Perfil en el trayecto de la sección y distribución de velocidades:



- Trayecto del bote y vectores de velocidad media sobre la sección:



- Resultados:

Fecha	Unid.	27/10/2004					Average	Std. Dev.	Std./| Avg.|
Curaraï n°		000r	001r	002r	003r	004r			
Total Q	[m³/s]	826	852	779	831	809	**819**	27.224	0.03
Superf.Tot.	[m²]	1731	1703	1741	1811	1733	1744	40.12	0.02
Ancho	[m]	279	287	276	304	281	286	11.38	0.04
Q/Superf.	[m/s]	0.477	0.5	0.448	0.459	0.467	0.47	0.02	0.04
Corriente vel.	[m/s]	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.033	0.07
Q Esq.	[m³/s]	0	4	0	1	0	1	1.642	1.77
Q.Sup	[m³/s]	120	128	111	125	119	121	6.581	0.05
Q.Med.	[m³/s]	622	621	589	614	608	611	13.294	0.02
Q.Fondo	[m³/s]	84	99	79	89	81	86	7.964	0.09
Q.Der.	[m³/s]	0	1	1	2	1	1	0.586	0.56
Vel.Bote	[m/s]	1.2	1.6	1.4	1.3	1.4	1.4	0.164	0.12
Rumbo Prom.	[°]	102.2	282.0	102.1	282.9	102.2			
Corriente Dir.	[°]	200.2	200.2	200.4	200.1	196.9			
Hora inicio		08:49:51	08:55:47	08:59:46	09:04:35	09:09:14			
Hora fin		08:53:43	08:58:48	09:03:14	09:08:27	09:12:45			

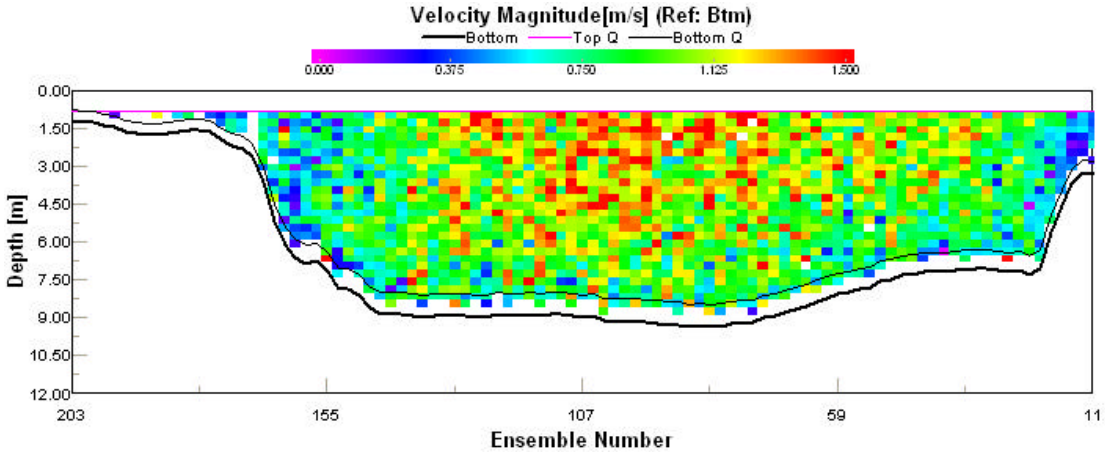
Aforo en el Río Napo

d- Río Napo en Sta Clotilde (28/10/2004)

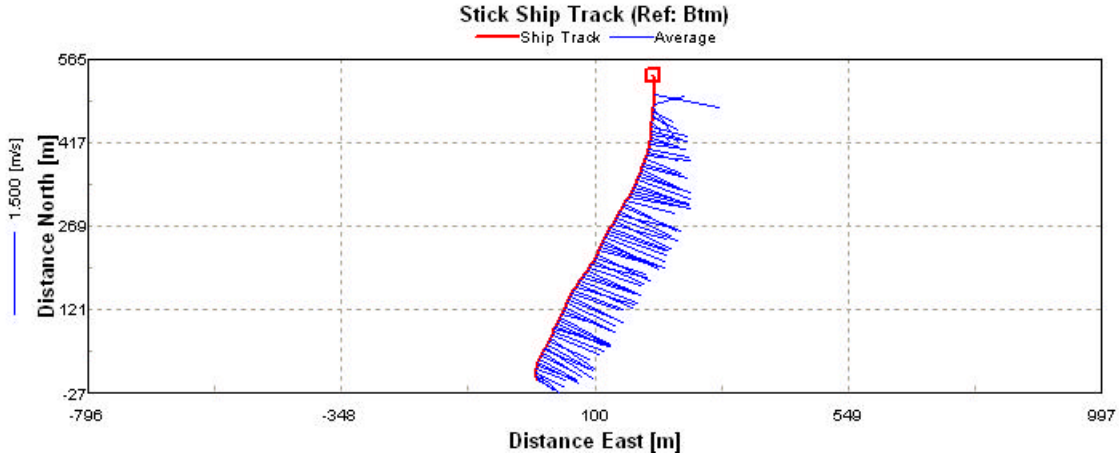
- Ubicación de los aforos:

Aforos	Latitud Sur	Longitud Oeste
Punto de partida ribera derecha	2.48612	73.68062
Punto de partida ribera izquierda	2.48075	73.67868

- Perfil en el trayecto de la sección aguas debajo de las escalas y distribución des velocidades:



- Trayecto del bote y vectores de velocidad media sobre la sección:



- Resultados

Fecha	Unid.	28/10/2004		Average	Std. Dev.	Std./| Avg.|
Napo87 n°		000r	001r			
H agua	[cm]	433				
Total Q	[m³/s]	3607	3751	**3679**	101.935	0.03
Superf.Tot.	[m²]	3892	4123	4008	163.46	0.04
Ancho	[m]	615	578	596	25.59	0.04
Q/Superf.	[m/s]	0.927	0.91	0.918	0.012	0.01
Corriente vel.	[m/s]	1.0	0.9	1.0	0.048	0.05
Q Esq.	[m³/s]	2	14	8	8.244	1.02
Q.Sup	[m³/s]	472	447	459	17.927	0.04
Q.Med.	[m³/s]	2777	2959	2868	128.299	0.04
Q.Fondo	[m³/s]	347	327	337	14.001	0.04
Q.Der.	[m³/s]	8	4	6	2.681	0.48
Vel.Bote	[m/s]	1.7	2.0	1.9	0.232	0.12
Rumbo Prom.	[°]	18.7	20.6			
Corriente Dir.	[°]	117.4	111.5			
Hora inicio		10:24:30	10:41:19			
Hora fin		10:30:42	10:46:10			

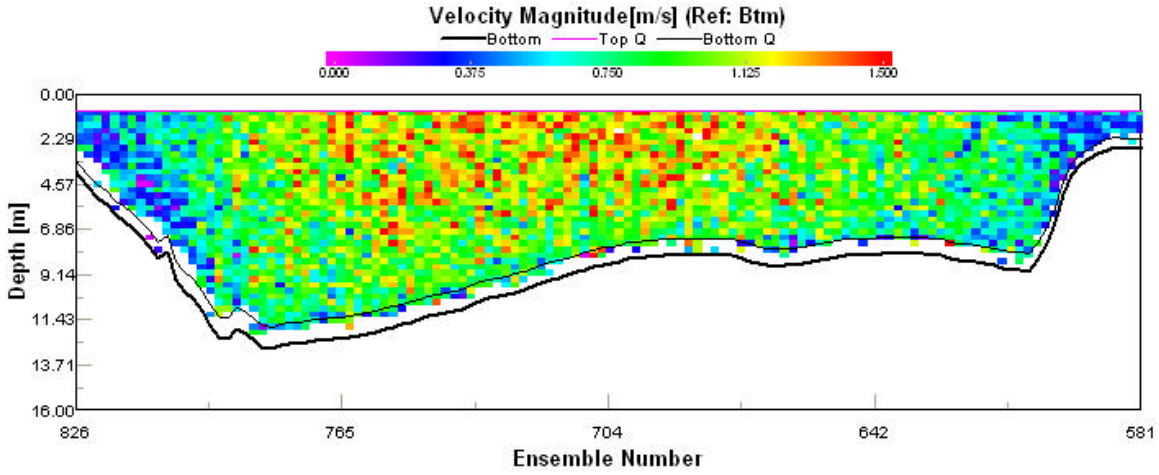
Canoa con ADCP (Río Napo, Perú)

e- Río Napo en Bellavista (30/10/2004)

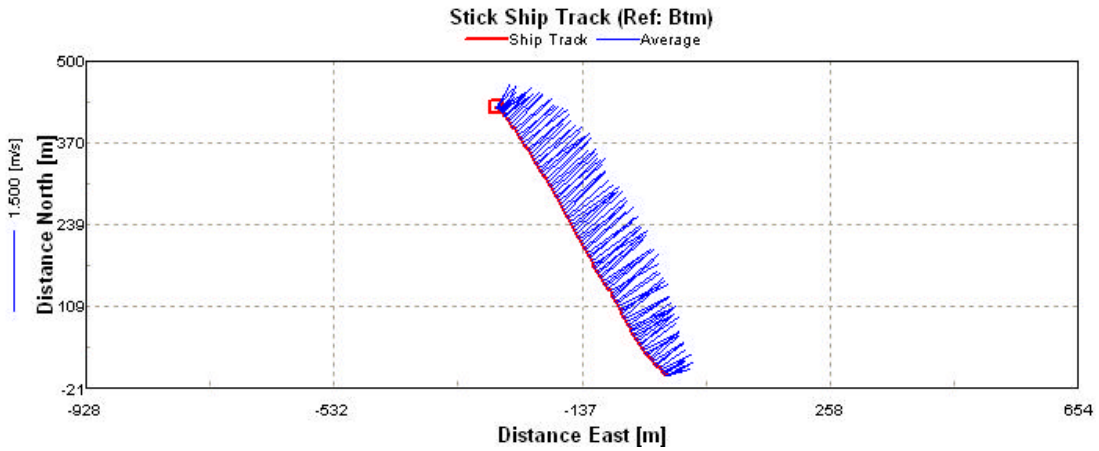
- Ubicación de los aforos:

Aforos	Latitud Sur	Longitud Oeste
Punto de partida ribera derecha	3.48204	73.07346
Punto de partida ribera izquierda	3.47826	73.07606

- Perfil en el trayecto de la sección a la derecha de las escalas y distribución de velocidades



- Trayecto del bote y vectores de velocidad media de la sección



- Resultados:

Fecha	Unid.	30/10/2004				Average	Std. Dev.	Std./| Avg.|
Napo109 n°		000r	001r	002r	003r			
Nivel agua	cm	437						
Total Q	[m³/s]	4397	4296	4385	4397	4368	48.908	0.01
Superf.Tot.	[m²]	4760	4831	4830	4830	4813	35.03	0.01
Ancho	[m]	506	511	512	514	511	3.55	0.01
Q/Superf.	[m/s]	0.924	0.889	0.908	0.91	0.908	0.014	0.02
Corriente vel.	[m/s]	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.012	0.01
Q Esq.	[m³/s]	4	1	3	6	3	2.076	0.64
Q.Sup	[m³/s]	435	418	425	430	427	7.404	0.02
Q.Med.	[m³/s]	3602	3527	3607	3611	3587	40.22	0.01
Q.Fondo	[m³/s]	355	346	348	349	349	4.115	0.01
Q.Der.	[m³/s]	0	5	2	2	2	2.048	0.91
Vel.Bote	[m/s]	1.7	1.5	1.6	1.5	1.6	0.097	0.06
Rumbo Prom.	[°]	326.1	147.3	327.3	146.7			
Corriente Dir.	[°]	50.9	49.4	50.3	49.9			
Hora inicio		09:15:39	09:21:21	09:27:41	09:33:49			
Hora fin		09:20:41	09:27:00	09:33:00	09:39:36			

Aforo del Río Napo con ADCP y GPS (Perú)

2.2.3- Muestreo y medidas físico químicas:

a- Muestreo de agua y sedimento

Las muestras para análisis de elementos mayores, trazos, COD y MES se tomaron desde un extremo de la canoa con el motor apagado para evitar contaminación en frascos de 2 litros lavados, y homogenizados previamente. Además se relizaron aforos sólidos con muestras puntuales que fueron recolectadas con un muestreador manual, en tres verticales representativas de la sección de medición y a tres profundidades (superficie, medio y fondo), en lugares estratégicos del río Napo y sus afluentes.

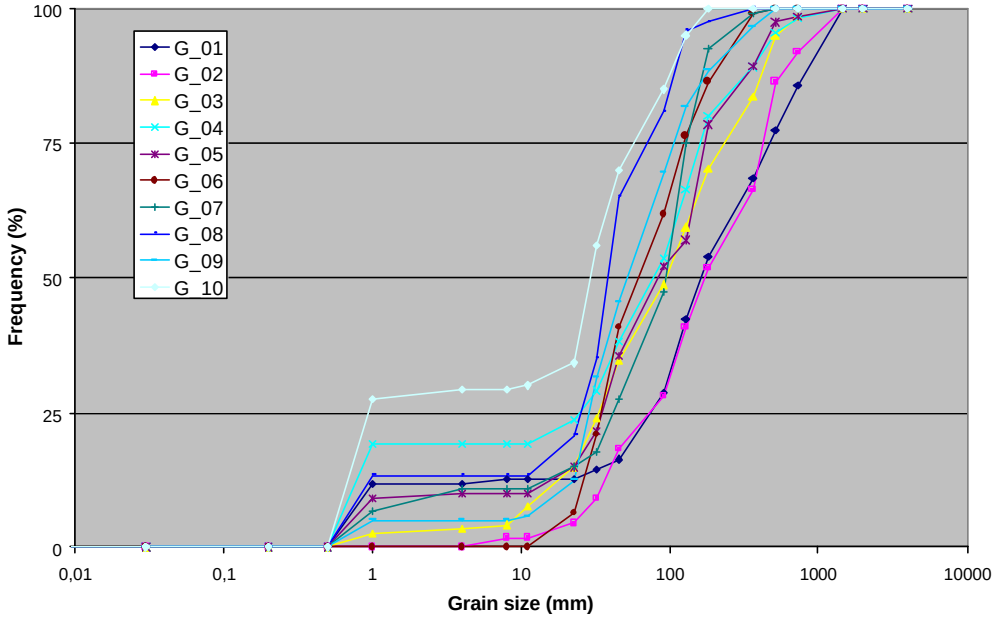
Muestreo de agua (Río Napo, Ecuador)

b- Granulometría

Para la granulometría se utilizó un granulómetro manual fabricado para este propósito. Este granulómetro es básicamente una placa de acero con agujeros cuadrados de tamaños predeterminados. El método de determinación de la curva granulométrica de partículas gruesas consiste en definir con ayuda de una cinta métrica, una grilla imaginaria de 100 m^2 sobre el sitio escogido según los criterios respectivos. En los puntos coincidentes con cada metro cuadrado, se recolectó estos sedimentos gruesos y haciéndolos pasar por los distintos agujeros del granulómetro, se determinó su diámetro. Con los 200 diámetros obtenidos representativos del área de muestreo, se elabora una curva granulométrica de "número de muestras en función del diámetro" de donde se obtiene el diametro mediano: d_{50}.

En los sitios de muestreo donde el sedimento encontrado corresponde al rango de las arenas y otros finos, se recolectó muestras de 2 kg que serán posteriormente tamizadas en el laboratorio a fin de obtener también la curva granulométrica. Este proceso se realizó cada 10 km a lo largo del trayecto de estudio con el fin de relacionar los d_{50} de cada punto de muestreo en función de la longitud del río, y de esta forma encontrar el sector de quiebre granulométrico.

Medición in situ de la granulometria (Río Napo, Ecuador)



Curvas granulométricas (Río Napo, Ecuador)

c- Medición de parámetros físico-químicos

La temperatura, la conductividad, el pH y la turbiedad fueron medidos con los siguientes equipos:

- Conductivímetro WTW LF 318 (Ap. = +/- 0.1 $\mu S.cm^{-1}$)
- pH metro WTW pH 320 (Ap. = +/- 0.01)
- Turbidímetro AQUALITYC (Ap. = +/- 0.01 NTU)

Medición in situ del pH (Río Misahualli, Ecuador)

d- Filtración de las muestras

Todas las muestras fueron filtradas en el campo:

- para la determinación de la concentración de material en suspensión [MES], se utilizó filtros de acetato de celulosa de 0.45 µm,
- para la derterminación del Carbono Orgánico Disuelto se utilizó un filtro de GFF (1.2 µm) y el agua filtrada se colocó en un frasco obscuro con H_3PO_4,
- para los elementos mayores y trazos se filtró el agua através de un filtro de acetato de celulosa de 0.22 µm de diámetro de poro y el agua filtrada se colocó en un frasco con HNO_3 para los trazos y en un frasco limpio para elementos mayores.

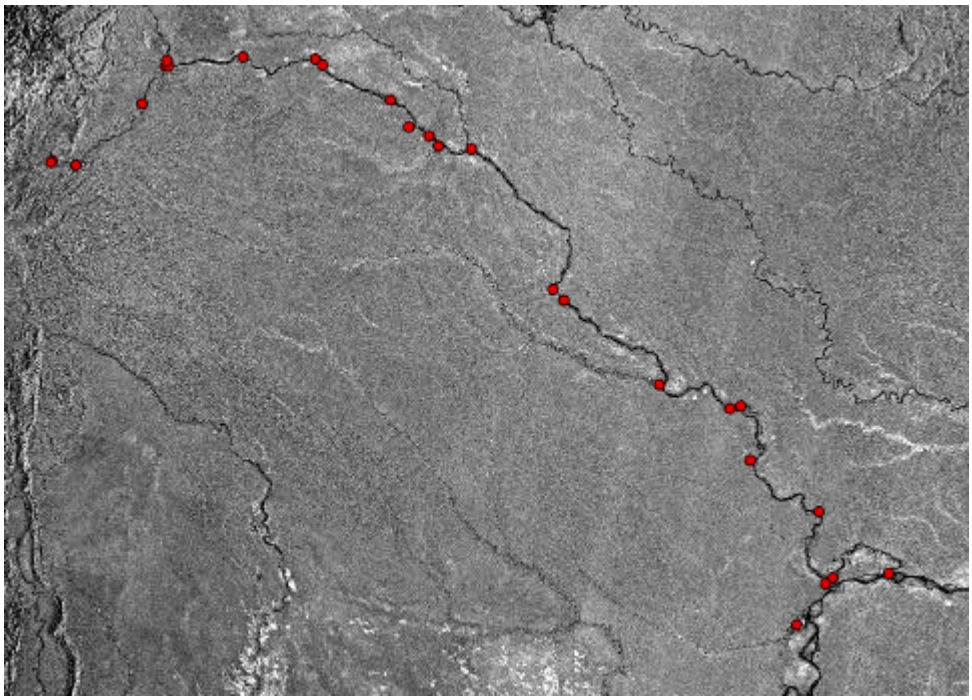
Estas muestras filtradas son enviadas al laboratorio LMTG de la UPS (Universidad Paul Sabatier) de Toulouse - Francia.

Filtración de las muestras en la canoa (Río Napo, Ecuador)

Filtración de las muestras en el barco (Río Napo, Perú)

Tabla 1: Lista de las muestras

Codigo	Fecha	Lugar	Río	Latitud	Longitud	Temp	Cond	pH	MES
NA_01	18/10/04	A.J. Napo	Misahualli	-1.03225	-77.66420	22.8	50.4	7.4	13.4
NA_02	18/10/04	A.J. Misahualli	Napo	-1.03664	-77.66713	22.1	77.0	7.7	28.8
NA_03	18/10/04	AJ Napo	Arajuno	-1.05060	-77.52500	27.7	48.5	7.2	30.0
NA_04	19/10/04	AJ Napo	Suno	-0.69470	-77.13600	27.7	85.5	7.9	6.8
NA_05	19/10/04	AJ Napo	Payamino	-0.47290	-76.99970	29.3	66.3	7.1	22.4
NA_06	19/10/04	FDO	Napo	-0.47396	-76.98009	28.5	73.4	7.3	44.8
NA_07	19/10/04	AJ Napo	Coca	-0.45377	-76.98652	27.7	149.3	7.9	33.2
NA_08	20/10/04	Itaya	Napo	-0.43200	-76.53600				74.4
NA_09	21/10/04	AJ Napo	Panayacu	-0.43154	-76.10489	27.6	96.1	7.5	107.6
NA_10	21/10/04	Panacocha	Napo	-0.46941	-76.06965	27.4	94.4	7.5	86.0
NA_11	22/10/04	RG Napo	Agua de infiltración	-0.66900	-75.67400	25.8	170.7	7.0	240.2
NA_12	22/10/04		Napo	-0.67400	-75.66900	27.0	95.2	7.2	114.4
NA_13	22/10/04	AJ Napo	Tiputini	-0.82886	-75.55802	28.1	32.3	6.7	24.3
NA_14	22/10/04	Rocafuerte	Napo	-0.87787	-75.45855	28.5	96.5	7.4	132.0
NA_15	23/10/04	AJ Napo	Yasuni	-0.94500	-75.39600	26.2	14.8	5.9	78,4
NA_16	23/10/04	AJ Napo	Aguarico	-0.96200	-75.19800	26.6	72.3	6.9	109,8
NA_17	25/10/04	AJ Napo	Aushiri	-1.78600	-74.71400	27.0	9.0	4.7	18,2
NA_18	26/10/04		Napo	-1.85900	-74.64800	27.6	65.0	7.3	127,0
NA_19	27/10/04	AJ Napo	Curaray	-2.34997	-74.09310	28.0	46.0	6.3	60,8
NA_20	28/10/04	AJ Napo	Tambayacu	-2.46400	-73.61200	27.0	7.0	5.0	26,2
NA_21	28/10/04	Sta Clotilde	Napo	-2.48181	-73.68194	27.4	56.0	6.8	80,8
NA_22	28/10/04	AJ Napo	Tacsha Curaray	-2.78825	-73.54963	27.2	18.0	6.0	17,2
NA_23	29/10/04	AJ Napo	Yanayacu	-3.08080	-73.15320		15.0	6.0	18,4
NA_24	30/10/04	AJ Napo	Mazan	-3.50450	-73.10850	28.4	13.0	5.6	27,8
NA_25	30/10/04	Bellavista	Napo	-3.47826	-73.07606	28.1	52.0	6.8	199,2
NA_26	30/10/04	AJ Napo	Amazonas	-3.46120	-72.74260	28.2	174.0	7.6	410,4
NA_27	01/11/04	AJ Amazonas	Nanay						22,4



Localización de las muestras de agua

e- Aforos sólidos

Durante la misión Napo'2004, se ha realizado en tres estaciones del Río Napo un muestreo completo de la sección, generalmente 3 puntos a diferentes profundidades en 3 verticales (25%, 50% y 75% del ancho).

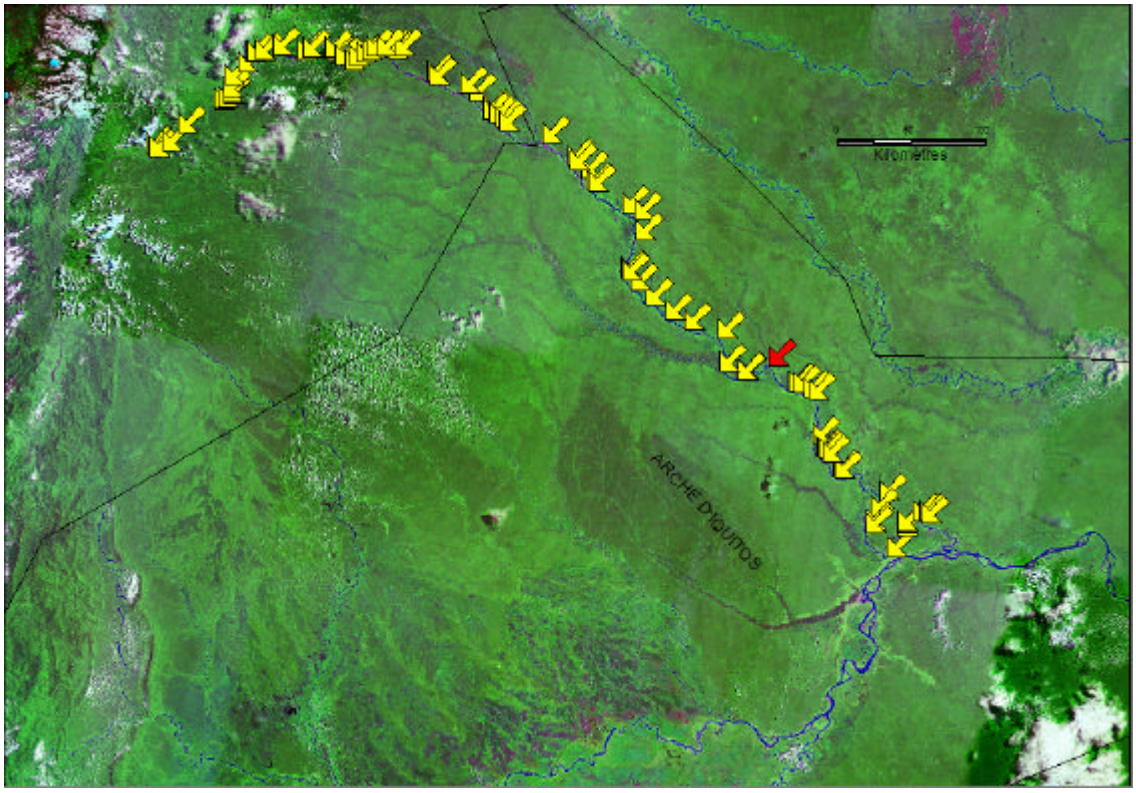
Sistema de muestreo en profundidad

2.2- Aspecto naturalista:

2.3.1- Geología

Al descender el río Napo desde los Andes (zona subandina) ecuatorianos hasta el arco de iquitos observamos 87 afloramientos geològicos, esto nos permitirá tener en adelante datos relativamente contínuos sobre cierta parte de la cuenca amazónica. Estos afluentes de buena calidad nos permitieron:

- Levantar secciones lito-estratigráficas;
- Efectuar un análisis de perfiles detallado y por lo tanto permitiron identificar los ambientes de depósito;
- Efectuar toma de muestras sistemáticas para dataciones radiométricas y/o bioestratigráficas, paliológica, minerológica y geoquímica de los sedimentos ;
- Buscar y colectar fósiles;
- Confirmar la presecencia de depósitos marinos en la cuenca amazónica miozena.



Localización de los afloramientos estudiados durante la Misión Napo 2004.
La flecha roja indica el punto donde aparece la palmera de Iquitos.

Globalmente nosotros pudimos identificar y estudiar dos tipos diferentes de afloramientos:

i. **El Miozeno**: Se trata de los afloramientos más antiguos observados, que tienen una antigüedad aproximada entre 20 y 5 millones de años. Estos años fueron precisados gracias a toma de muestras y a los fósiles colectados. Los sedimentos observados constituyen el lecho actual al río Napo, y confirman la ausencia de una sedimentación reciente. El análisis faciológico de estos sedimentos confirman la presencia de depósitos marinos en la cuenca amazónica miozena. Entre la frontera Ecuador-Perú y la confluencia con el río Curaray, estos ambientes de depósito son más profundos que los ya descritos en la región de Iquitos

(presencia de calcarias). Numerosos depósitos estuarios, que propician la preservación de fósiles vertebrados (ver reporte Pujos) fueron encontrados. El análisis detallado de estos datos de la toma de muestras deberían permitir tener informes más amplios sobre el mar miozeno de la cuenca amazónica para precisar la paleografía.

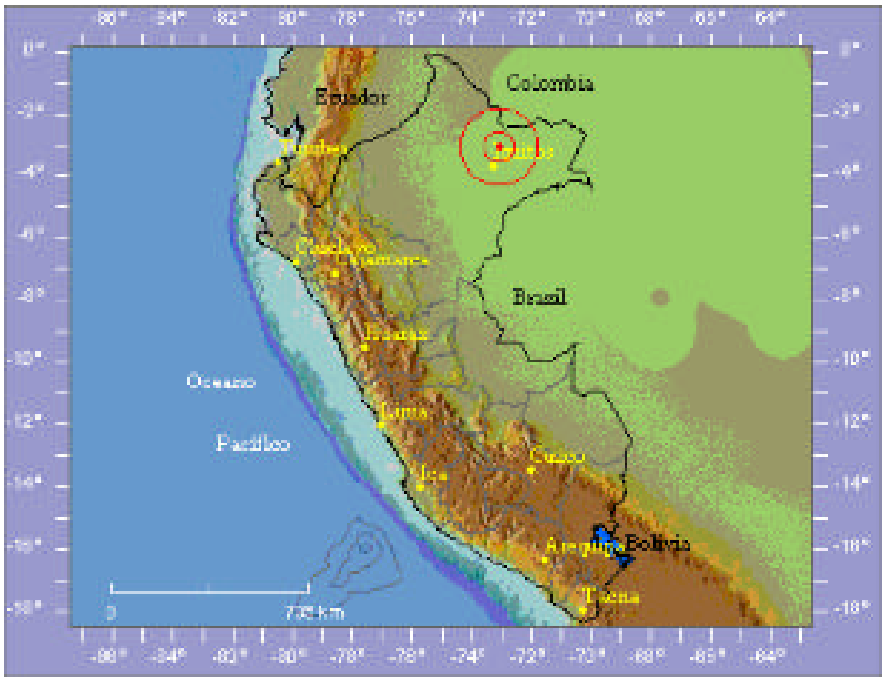
ii. **El Cuaternario**: Corresponden a los depósitos de tierra aluviales dejados por la paléo-Napo. Estos sedimentos nos dan un preciso detalle sobre la historia reciente de la cuenca (algunas decenas de millares de años). Las primeras observaciones muestran la presencia de sedimentos cuaternarios gruesos situados muy debajo de su depósito de ambiente actual, ésto implica un importante fenómeno de erosión regresiva y un atraso de los relieves andinos relativamente hacia el Oeste. Este cambio morfológico nunca antes había sido puesto en evidencia, y va a demandar un análisis mas detallado.

La interacción entre procesos geológicos y de biodiversidad pudo ser confirmada al aproximarse al arco de Iquitos, donde el límite nor-oriental del área de repartición de la palmera de Iquitos corresponde al borde del flanco NE del arco de Iquitos.

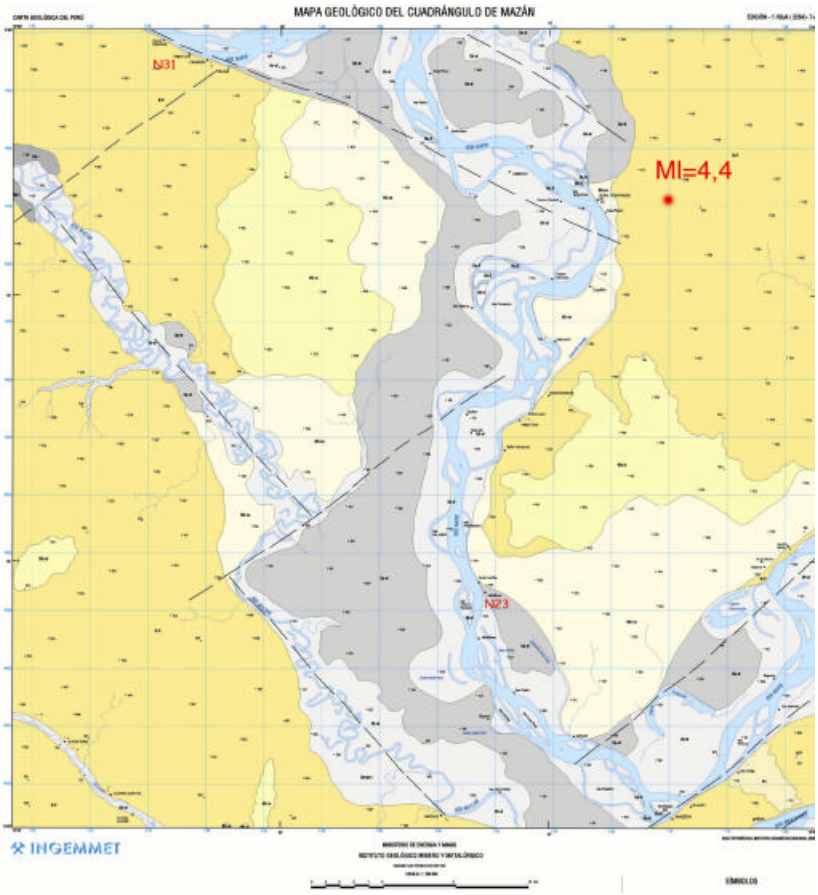
Estudio de un afloramiento en la orilla del Río Napo

2.3.2- Tectónico activo:

Desde el miozeno hasta la actualidad observamos la instalación de relieves de más de 7 000 m de altitud en la cadena de los Andes. El transporte de sedimentos producto de la erosión en dirección de la cuenca amazónica acompaña esta surrección de la topografía en la cadena andina y siguen la dirección de los grandes sistemas de drenaje actuales. La cuenca amazónica es por tanto considerada como una zona topográficamente « plana » a las escalas de las variaciones de relieves observados en américa del sur, presenta un fiable relieve, estable tectónicamente y sujeto a un fuerte relleno sedimentario. Sin embargo, el 6 de Julio del 2004 el instituto geofísico del Perú pudo registrar gracias a una red sísmica nacional peruana un sismo de magnitud >4º en la región del río Napo. Nuestra participación en la misión Napo 2004 permitió poner en evidencia estructuras tectónicas recientes (afectando hasta la superficie y el suelo actual) compatibles con la producción de sismos crecientes de magnitud comparable al que fue observado en julio último.



Localización del sismo del 6 de julio de 2004
(Reporte del Instituto Geofísico del Perú: 06/07/2004 HGMT:14h 44m 19.01s;
Latitud : -3.06 grados /Longitud : -73.06 degres; Magnitud : .4 Richter (ML);
Localización: 77 km al Nord-Este de Iquitos;
Hora en el Perú: 09h 44m 19.01s del 6 de Julio del 2004)



Localización del sismo del 6 de Julio del 2004 y carta geológica de la región.

Estrucuturas tectónicas activas (serie de fallas normales)

2.3.3- Paleontología:

Los objetivos paleontológicos de esta misión sobre el río Napo eran en un primer momento evidenciar los afloramiento fósiles, estimar su importancia así como ver la constitución de fósiles faunisticos presentes, luego de asociar estas observaciones y resultados con los obtenidos por los geólogos sobre los mismos afloramientos con el objetivo de comprender la evolución de esta región de la cuenca amazónica desde el Miozeno hasta nuestros días, sea desde de un punto de vista tectónico, sedimentario o faunistico.

Durante las dos semanas de viaje desde Misahualli hasta Iquitos, 87 afloramientos fueron inspeccionados y estudiados por el equipo compuesto de geológos y paleontólogos. Restos de vertebrados fueron sacados de aproximadamente 10% de los afloramientos. Durante la primera parte del viaje (Misahualli-Pantoja [frontera Ecuador/Perú]), dos sitios fosilarios fueron censados. Estos dos yacimientos contenían restos de Chéloniens (tortugas): uno data del Miozeno medio (~20 Ma [millones de años], Colhuehuapien). El otro es probablemente un poco más reciente. Los dos especimenes representados por un tercio del plastron y de un caparazón, el otro por varias placas solas y algunas osamentas.

Caparazón de Chelonia, sitio Na032

Del lado peruano, los yacimientos fósiles son más abundantes, particularmente alrededor de las localidades de Santa Clotilde y Mazan. Los niveles en los cuales fueron descubiertos los restos de vertebrados corresponden a las influencias marinas relativamente francas o de estuarios; la existencia de estos ultimos fueron certificados por la presencia entre otros, de vertebrados marinos de aguas dulces pero igualmente continentales.

Los lugares con influencia franca marina permitieron la colecta de restos de peces (e.g. Scombridae), de Chondrichtyens – rayas (*Myliobatis* sp.) y tiburones (*Charcharinus* sp.) – y de algunos mamiferos marinos (cf. Sirenia y Delphinidae [Mammalia, Cyacea]). Sobre los sitios de influencia más continentales, las rayas se ven abundantes. Pudimos igualmente descubrir numerosos dientes de una gran Ostéichtyen Characiforme de agua dulce (Serrasalmidae [Pacou]) así como un Dipneustes (Sarcoptérygien) y grandes bucles de batoïdes (Potamotrygonidae [rayas gigantes]).

En estos niveles los reptiles son numerosos con numerosas placas de Chéloniens pero sobre todo de restos oseos y dentarios de al menos tres taxonomias diferentes de cocodrilos – un Alligatoridae (cf. *Melanosuchus* sp., tamaño de caiman negro [*Melanosuchus niger*]), un Gavialidae (crocodilien longirostre) asimismo varios dientes de caiman gigante *Purussaurus* sp. Se nota igualmente un molde endocraneano, probablemente de reptil.

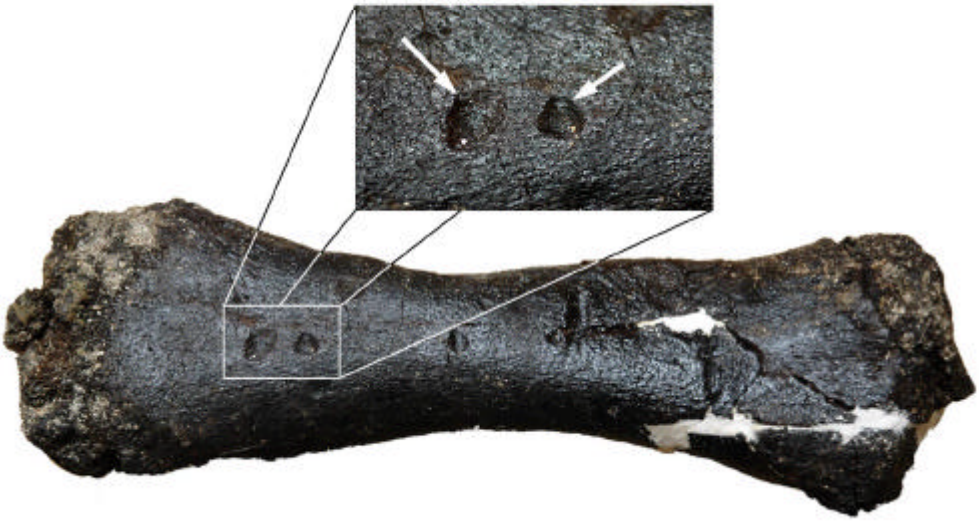
Diente de Purussaurus, sitio Na069

Algunos restos aislados de mamiferos continentales son igualmente presentados: un humero de pequeño tamaño (determinación en curso), dientes de roedores Caviomorfes pero igualmente restos oseos de Xénarthres Megatherioidea (Perezosos gigantes) del cual se tiene una garra de gran tamaño (cf. Megalonychidae).

Molde endocraneano, sitio Na071

Une pieza original y muy interesante es una tibia incompleta, probablemente de Megatherioidea de tamaño medio (aproximadamente 300 a 500 kgs) presentando más de una ventena de dientes de cocodrilo. Huellas de predación (habiendo provocado la muerte del animal o posmuerte) sobre grandes mamiferos fósiles que son extremadamente raros.

Garra de Megatherioidea, sitio Na071



Marcas de predación de un cocodrilo sobre un largo hueso de Megatherioidea

La comparación (preliminar) de faunas de vertebrados recientes del lado peruano del río Napo (principalmente en los 400 últimos kilómetros antes de Iquitos) con las ya conocidas en Brasil y Argentina, podrían indicar el año de fin de Miozeno (Huayquerian) – comienzo Pliozeno (Montehermosan).

Los fósiles de vertebrados dan informaciones sobre la edad (relativa) de formación del río Napo y la presencia de vertebrados marinos (*Charcharinus*, Scombridae,…) implica indiscutiblemente un ambiente marino, en el Miozeno en la Amazonía.

2.3.4- Botánica:

Los objetivos del estudio botánico durante la misión Napo'2004 fueron:

- Identificar los cambios florísticos que intervienen entre la base del pie de montaña ecuatoriana y la región de Iquitos utilizando las familias de palmeras como maracadores. Las especies tomadas particularmente en cuenta incluyen *Iriartea deltoidea*, muy abundante en el pie de montaña andina y muy raro en Iquitos, *Lepidocaryum tenue*, muy abundante en Iquitos y desconocidas en Ecuador y la pareja de especies hermanas *Astrocaryum urostachys* (Ecuador) y *Astrocaryum macrocalyx* (Iquitos).
- Poner en relación estos cambios con las características geológicas morfoestructurales de la región estudiada.

Los principales resultados obtenidos fueron:

- El doblamiento de palmeras observadas sobre el borde del río Napo

Los tipos florísticos más comunes son lógicamente las florestas instaladas sobre terrazas aluviales. Las características de estas plantas varian considerablemente en función de las frecuencias de inundaciones (que dependen de la altura de las terrazas) y del grado de hidromorfología del suelo:

i. Las plantas regularmente inundadas presentan una flora característica rica en palmeras espinadas (Bactridinae), en particular *Astrocaryum jauari*, *Bactris riparia*, *Bactris concinna*, *Bactris bidentula*, *Bactris brongniartii*, *Desmoncus orthacanthos*.

ii. Las plantas sobre terrazas altas, no muy raras y poco inundadas, y pocas en medios hidromorfos están caracterizadas por la presencia de *Astrocaryum urostachys* o *Astrocaryum macrocalyx*, *Bactris bifida*, *Geonoma brongniartii*, *Geonoma deversa*, *Euterpe precatoria*, *Phytelephas tenuicaulis.*

iii. Finalmente, las plantas sobre terrazas muy hidromorfas (pantanosas), están caracterizadas por la abundancia de *Scheelea butyracea*, con igualmente *Mauritia flexuosa*, *Euterpe precatoria*, *Socratea exorrhiza*, *Astrocaryum urostachys*.

En algunos lugares, las plantas sobre las colinas dominan el Napo, con una flora de palmeras diferentes, caracterizada por tierras firmes: *Astrocaryum chambira*, *Iriartea deltoidea*, *Oenocarpus mapora*, *O. bataua*, *O. balickii*, *Astrocaryum macrocalyx*.

No se encontraron grandes poblaciones de *Mauritia flexuosa*, característica de ciénaga del plano subsidente del Marañón-Pastaza, en razón del relieve sobre-elevado a lo largo del curso del río Napo.

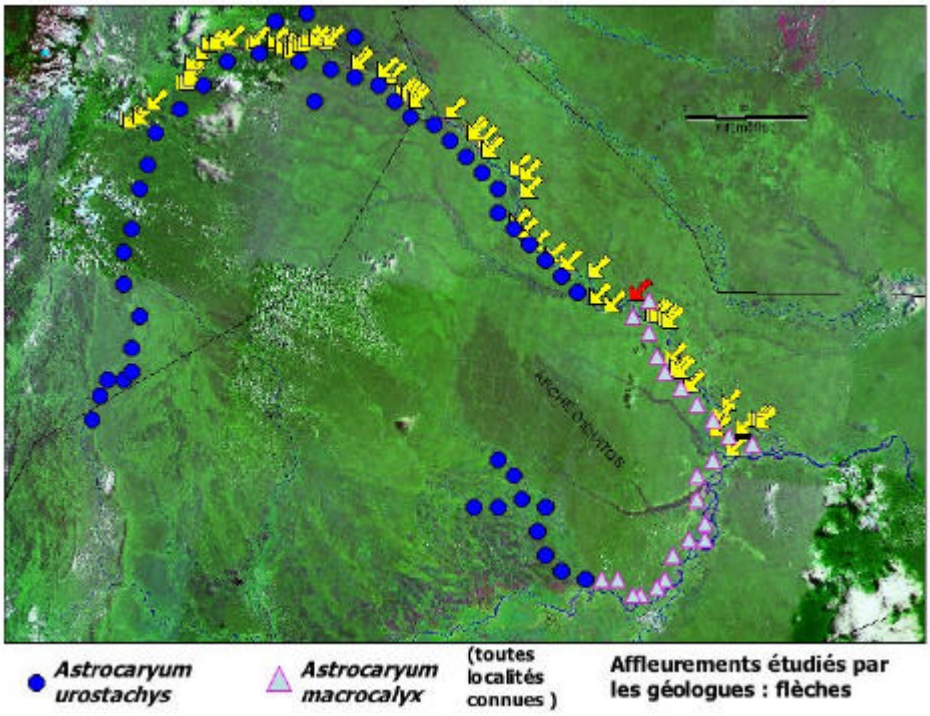
- Las marcas de cambios florísticos

i. Iriartea deltoidea. En Ecuador, esta especie es muy abundante en las plantas de colinas, por otro lado es muy rara y tipicamente limitada a las cienagas en Iquitos. En Perú, esta especie no estuvo presente de manera abundante, pero fue observada en una única ocasión sobre las colinas, cerca de la desembocadura del río Aushiri. Esta región presenta una flora de tipo pie de montaña andina ecuatoriana. La ausencia de observación de esta especie aguas abajo, podría deberse a la desaparición de la especie pero también a los recurssos insuficientes en la zona de colinas, no siempre próximas al río Napo.

ii. Lepidocaretum tenue. Esta especie es bastante utilizada en Loreto para la confección de totoras, a partir de las hojas trozadas (*crisnejas*). De hecho, esta pequeña palmera de baja madera es muy abundante en los bosques de la región de Iquitos. Por el contrario, esta especie no fue encontrada en Ecuador, lo que confirma que es una muy buena marca de los cambios floristicos estudiados. Desde la región de Pantoja, podemos observar totoras de *Lepidocaryum tenue*, pero teniendo en cuenta el comercio importante de crisnejas, eso no significa que se le pueda aproximar. En Copal Urco (02°20'30"S, 73°48'W), preguntamos a un habitante sobre el origen de esas totoras. El nos dijo que él efectua la recolecta de hojas más al interior de los bosques a tres horas de las riveras del Napo. Durante todo el recorrido, no observamos el menor indicio de *Lepidocaryum*, a pesar de la omnipresencia de totoras hechas con las hojas de esta palmera. Las informaciones dadas por este habitante sugería que la inspección de zonas inmediatamente accesibles desde las riveras del río Napo es insuficiente para evaluar completamente la diversidad de los tipos de floresta existente. Eso explica acertadamente por qué no encontramos más de otras especies típicas de Iquitos y generalmente asociadas al *Lepidocaryum*, como *Iriartella stenocarpa*, *Wendlandiella polyclada* o *Attalea ferruginea*, que están igualmente ausentes en Ecuador.

iii. Astrocaretum urostachets y Astrocaryum macrocalyx**.** Se trata de nuestra principal parareja de marcadores, debido a la facilidad de documentación de estas especies y debido también a que se pueden observar a lo largo del río Napo y en otros cursos de agua en la región. *Astrocaryum urostachys* ha sido mucho tiempo considerado como endémico en Ecuador y *A. macrocalyx* endemico en Iquitos. De hecho, los estudios nos han permitido constatar que estas dos especies están bien distribuidas, y que ellas llegan hasta una línea de contacto, sin mezclarse. Ya habíamos documentado de un punto de esta línea de contacto sobre el río Marañón, cerca de la desembocadura del río Tigre, que correspondía perfectamente al límite SO del arco de Iquitos. Recorriendo el río Napo desde el Ecuador, encontramos *Astrocaryum urostachys* en abundancia hasta la desembocadura del río Curaray. Algunos kilómetros abajo, aparecieron colinas donde encontramos las primeras poblaciones de *Astrocaryum macrocalyx*, el cual remplaza la especie ecuatoriana y ocupa el borde de la ribera hasta Iquitos. El contacto entre las dos

especies corresponde esta vez a la margen NE del arco de Iquitos. La distribución de este par de especies muestra entonces la importancia biogeográfica del arco de Iquitos y la necesidad de estudiar más al detalle todo este sector.



Muestreo en la selva