

**"L'indagine geofisica di Tomografia Elettrica (ERT, Electrical Resistivity Tomography) per lo studio di fattibilità di perforazioni orizzontali TOC; esempi di studio nei distretti di Casanare ed Arauca in Colombia."**

# La Colombia



## Obiettivo dello studio

Il presente lavoro fa parte integrante dello studio per il nuovo oleodotto da 42", chiamato "Oleodotto del Bicentenario della Colombia" (OBC), che inizia dalla stazione di Araguanay a circa 18 Km da Yopal fino alla città di Saravena del distretto di Arauca, con una lunghezza di 229 Km.

Per la costruzione dell'oleodotto è previsto l'attraversamento di 16 importanti fiumi, per i quali si prevede o lo scavo a cielo aperto o tramite perforazione.

Scopo del presente studio è caratterizzare indirettamente le litologie presenti e le loro geometrie per dare continuità stratigrafica ai sondaggi meccanici a rotazione eseguiti precedentemente, ed evidenziare eventuali problematiche.

# Ubicazione dell'oleodotto e dei profili geofisici di Tomografia Elettrica

L'ubicazione del tracciato dell'oleodotto passa al piede dei rilievi collinari della cordigliera orientale delle Ande; la sua quota ruota attorno ai 200 m.

L'area si presenta pianeggiante con un basso angolo di pendio, ed è destinata prevalentemente al pascolo, limitate aree sono coltivate (riso).

La foresta originaria è limitata per lo più alle fasce golenali.

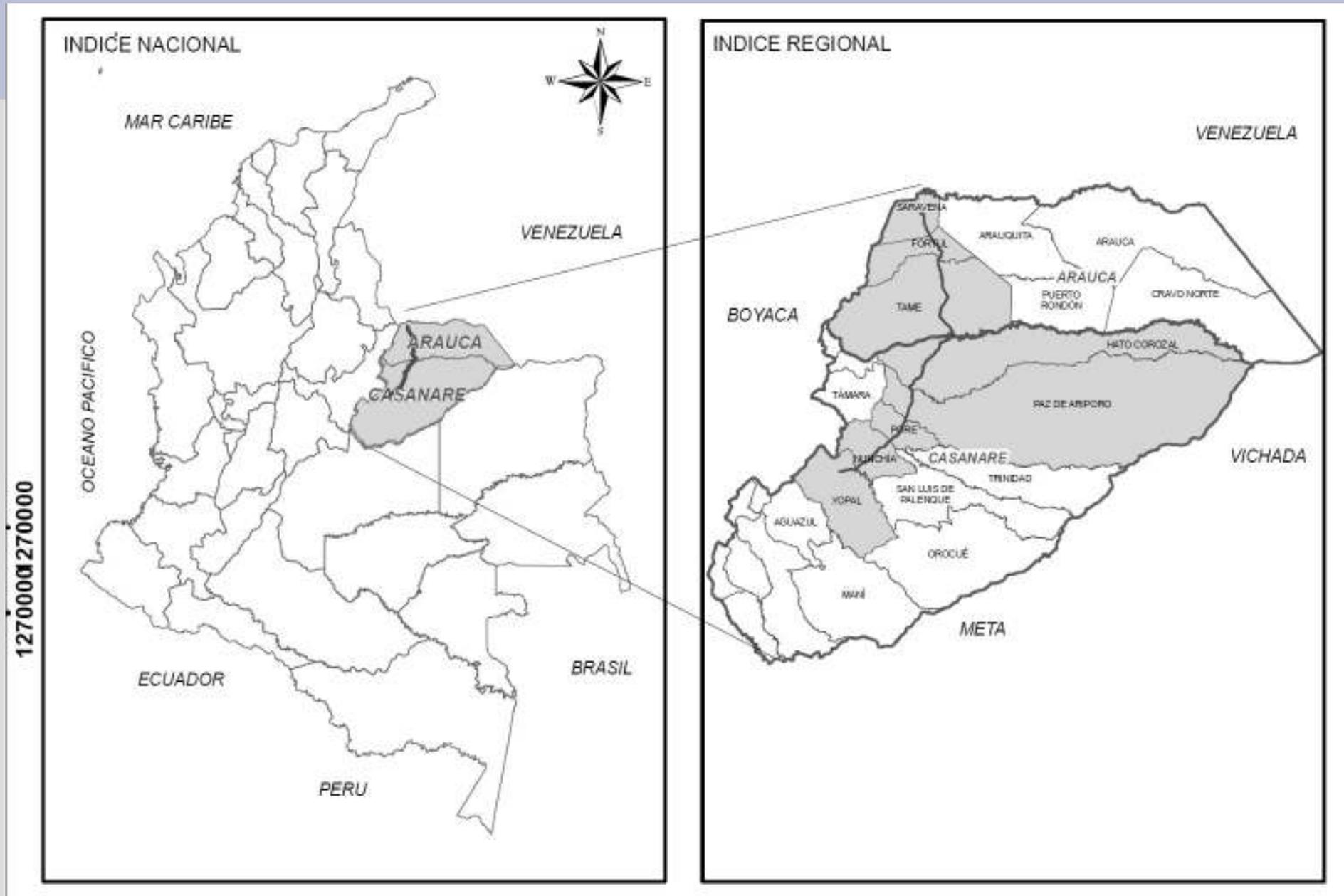
# Carta Politica della Colombia







# ZONA DI STUDIO





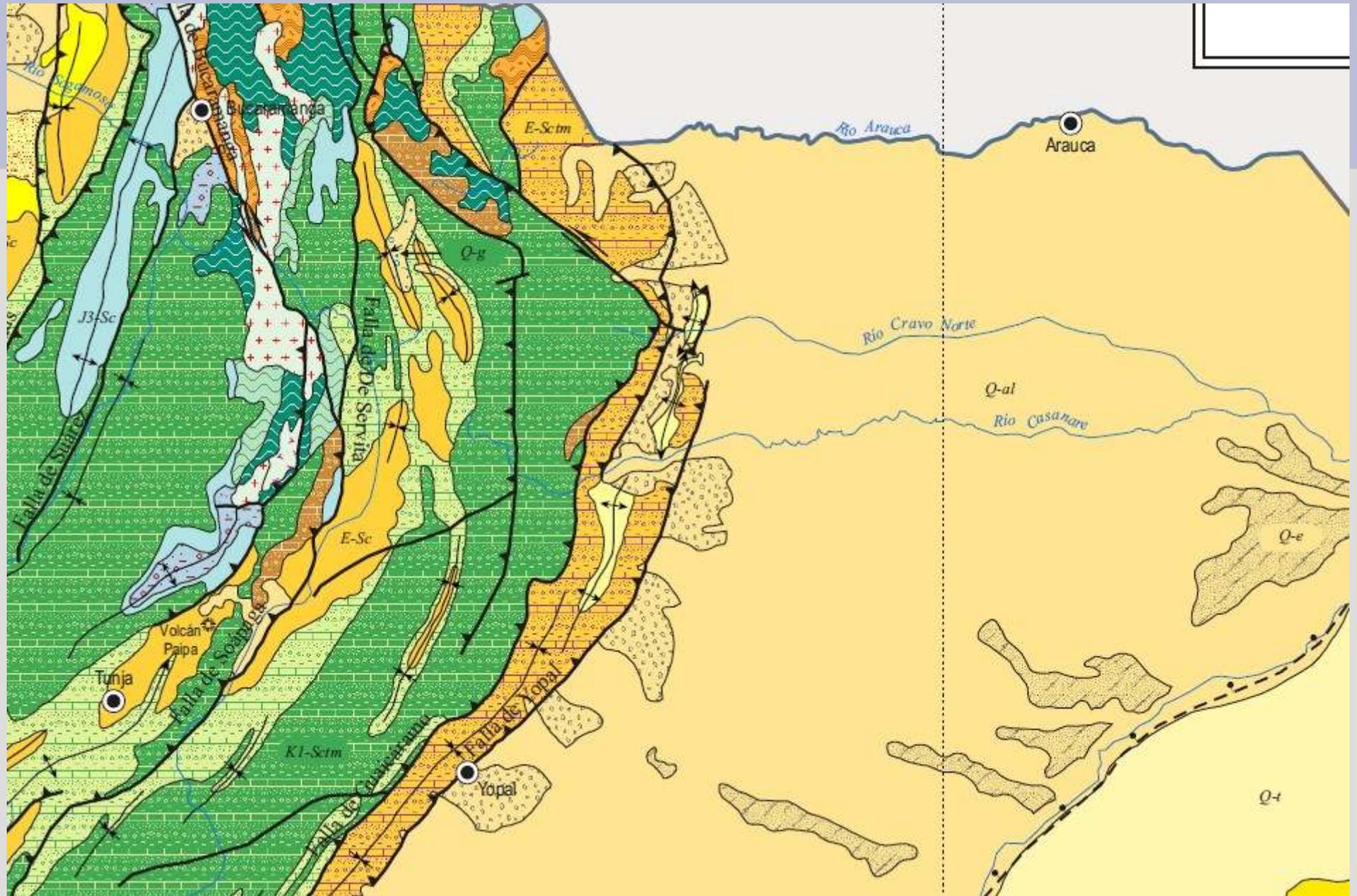
# Considerazioni sulla Geologia dell'area

La zona è costituita da una successione di conoidi torrentizie ghiaiose ciottolose che prendono origine dalla serie di bassi colli pedemontani costituiti prevalentemente da antiche alluvioni ghiaiose alterate e tettonicamente dislocate.

Nella prima parte dell'area i corsi d'acqua tendono ad avere un percorso rettilineo mentre successivamente per la diminuzione dell'energia assumono un andamento tipicamente meandriforme come si riconosce chiaramente dalle foto aeree e dalla cartografia.

Litologicamente queste alluvioni sono costituite prevalentemente da rocce carbonatiche molto dure.

Il trasporto solido attuale di questi fiumi è costituito prevalentemente da sabbie limose, più o meno leggermente ghiaiose, mentre in alcuni casi per l'alta energia delle acque si è in presenza di ghiaie talora con ciottoli ben arrotondati di grosse dimensioni (20-60 cm)













# Idrografia superficiale dei corsi d'acqua

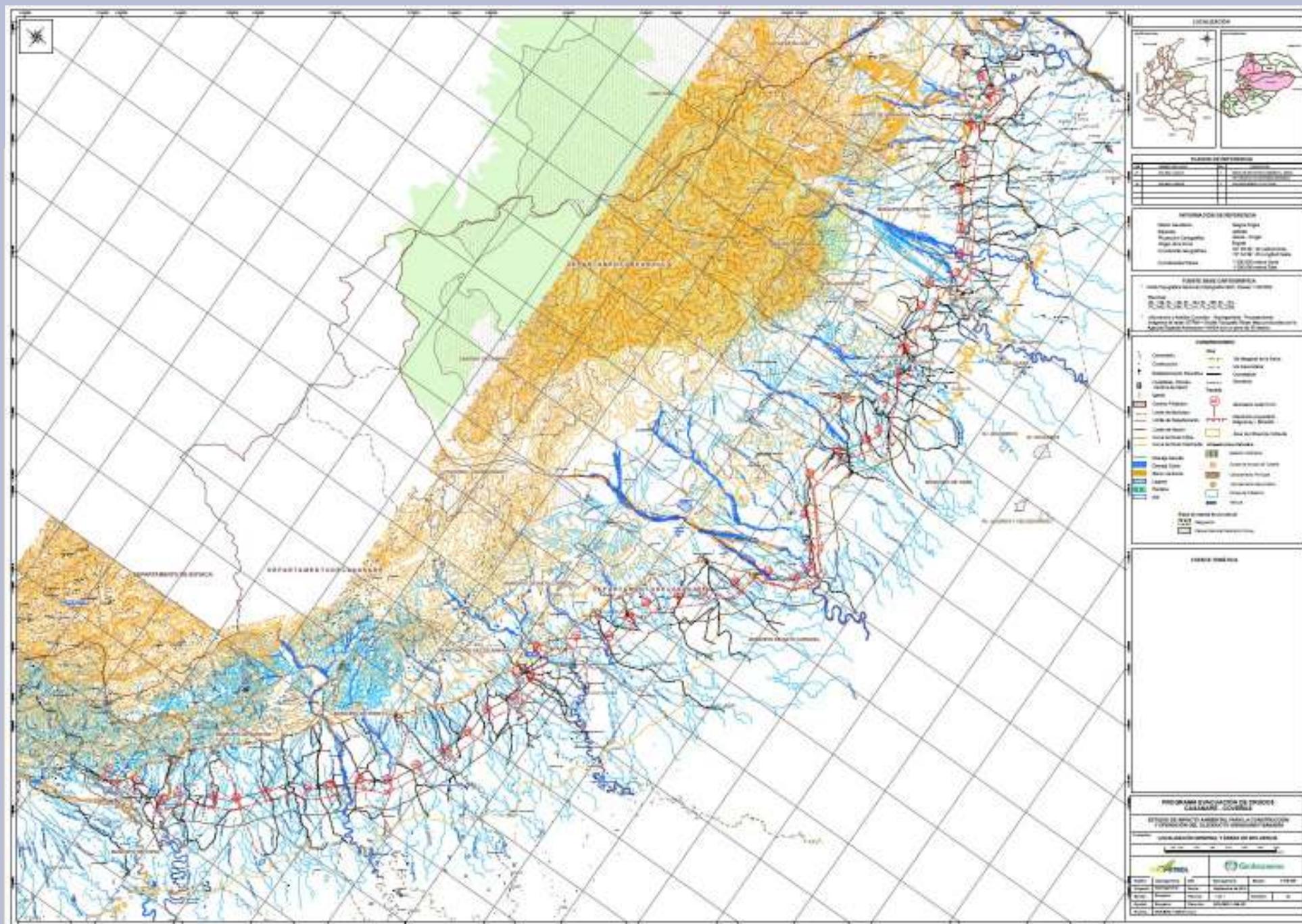
Data l'abbondante piovosità dell'area, l'idrografia superficiale è ben diffusa ed i corsi d'acqua hanno forti variazioni di portata in breve tempo (basso tempo di corrivazione) e quindi di ampiezza del letto.

L'erosione caratteristica dei fiumi equatoriali è prevalentemente di sponda, infatti la profondità del letto è generalmente contenuta in pochi metri.

Caratteristica chimica di queste acque è di avere un basso contenuto di sali come risulta evidente dalle misure di conducibilità elettrica da noi eseguite con un conduttivimetro portatile accuratamente tarato in un laboratorio chimico.

I valori di conducibilità elettrica variano tra i  $17 \mu\text{S}/\text{cm}$  ed i  $61 \mu\text{S}/\text{cm}$ , con una media di  $31 \mu\text{S}/\text{cm}$ , valori veramente molto bassi considerando che mediamente in Italia la conducibilità elettrica delle acque dolci è attorno a  $180\text{-}300 \mu\text{S}/\text{cm}$ .

# Tracciato Oleodotto Bicentenario di Colombia



I bassi valori di conducibilità elettrica hanno fatto sì che, nelle misure in acqua, non hanno influenzato in modo significativo le misure di resistività, in quanto la resistività media dei terreni è circa la metà della resistività dell'acqua; alcuni problemi semmai sono sorti per la difficoltà di far passare una corrente sufficiente nell'acqua per avere delle misure accurate.

.

Il problema è stato superato efficacemente sovradimensionando le dimensioni degli elettrodi e quindi la superficie di contatto con acqua.

# Conducibilità elettrica dei corsi d'acqua

Fiume	Conducibilità elettrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	Temperatura dell'acqua $^{\circ}\text{C}$	Resistività $\text{ohm}\cdot\text{m}$
Rio Tocaria	25	26,2	400
Rio Curama	55	26,8	182
Rio Guaciria	21	27,5	476
Rio Muese	17	28,5	588
Rio Aricaporo	25	30,5	400
Rio Chire	24	26,7	417
Rio Casanare	61	24,0	164
Rio Tame	28	27,1	357
Rio Guata	27	26,9	370

# Conducibilità elettrica e Resistività

Per trasformare il valore di conducibilità elettrica dato in  $\mu\text{S}/\text{cm}$  in  $\text{ohm}\cdot\text{m}$  si divide:  $10000/\text{valore } (\mu\text{S}/\text{cm}) = \text{ohm}\cdot\text{m}$

il range di resistività delle acque dei fiumi indagati varia tra

$$10000 / 17 (\mu\text{S}/\text{cm}) = 588 \text{ ohm}\cdot\text{m}$$

e

$$10000 / 61 (\mu\text{S}/\text{cm}) = 163 \text{ ohm}\cdot\text{m}.$$

## A titolo di paragone si riporta la conducibilità elettrica di alcune acque minerali commerciali

<b>Sorgente</b>	<b>cond.elettrica (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)</b>	<b>Resistività (Ohm-m)</b>
Lauretana	15,9	629,0
Sorgente Oro Alpi Cozie – TO	39,0	256,4
Meraner	51,0	196,1
Valli del Pasubio	59,0	169,5
Sant'Anna di Vinadio – CN	65,8	152,0
Levissima	124	80,6
Sorgente Val Cimoglianiana – PN	207	48,3
Pradis	222	45,0
Panna	240	41,6
Recoaro	240	41,6
Vera	248	40,3
Norda - Valli del Pasubio	249	40,2
Nerea	258	30,8
Rocchetta	279	35,8
Oliveto	1376	7,3
Sangemini	1376	7,3
Gaianello Vulture – PZ	1432	7,0
Sveva Rio Nero del Vulture PZ	1876	5,3

## Dati Geotecnici esistenti:

- Carta Geologica a grande scala;
- Sono disponibili le stratigrafie di vari sondaggi meccanici acquisiti per lo studio preliminare dell'area ma per lo più sono distanti tra loro anche 400-600 m e solo in zone agibili alle sonde;
- Nell'alveo del fiume sono disponibili alcuni dati indicativi riferiti alle batimetrie ma sono dati vecchi più di 2 anni e data la forte dinamica dei fiumi potrebbero non essere affidabili;
- Tutti i sondaggi evidenziano una forte variabilità locale legata ad alternanze di alluvioni più o meno ghiaiose sabbiose e limose;

# Modalità di acquisizione dei Profili Geoelettrici

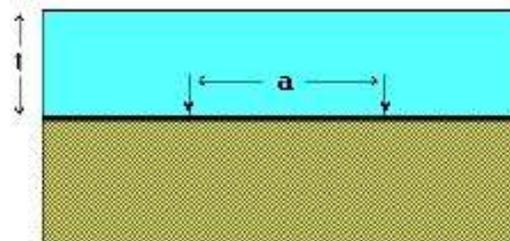
- I rilievi sono stati fatti utilizzando un ABEM SAS4000 con unità switching ABEM ES10-64C e 64 elettrodi, con una spaziatura interelettrodica di 4.0 m ed una profondità minima di indagine di 35 m; per l'acquisizione dei profili in acqua si è utilizzato un apposito cavo con distanza inter-elettrodica di 5.0 m;
- Si è usato un protocollo di acquisizione con una configurazione elettrodica di Wenner, Dipolo-Dipolo e Schlumberger;
- Per l'acquisizione in acqua si è utilizzata una configurazione con gli elettrodi posti sul fondo del fiume, e con più profili paralleli posti secondo corrente;
- Per ogni fiume si è rilevato in concomitanza la batimetria e la posizione nell'alveo mediante rilievo gps differenziale;

## Appendix E : Underwater surveys

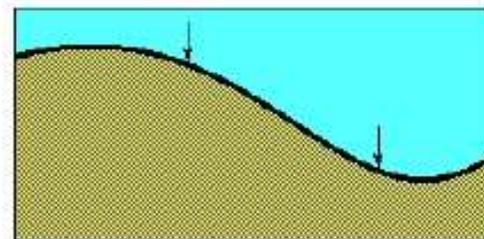
The possible situations for underwater surveys are shown in the following figure.

### Underwater Electrodes

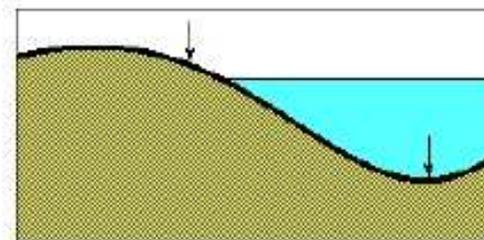
Case 1 : Water layer with flat sediment surface.



Case 2 : Water layer with an undulating sediment surface with all electrodes underwater.



Case 3 : Survey with some electrodes underwater and some some electrodes on land.



Survey with floating electrodes over a water bottom with topography

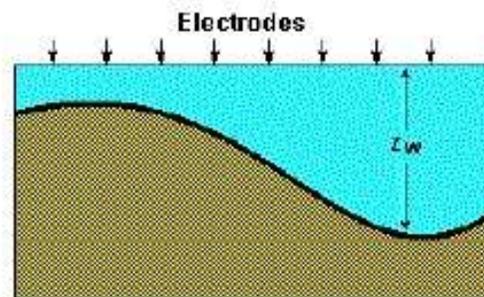
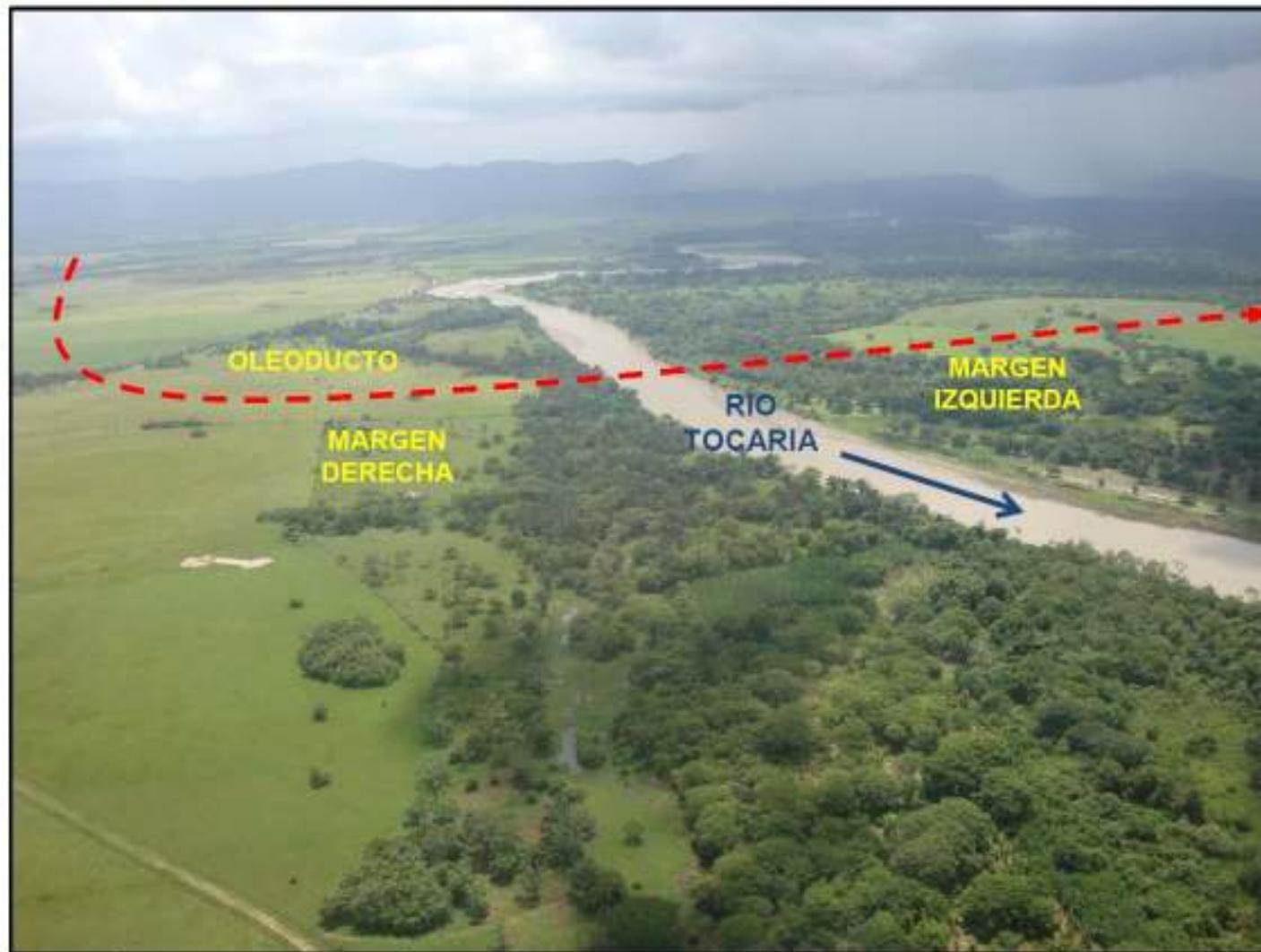


Figure 18 : Three possible situations for underwater surveys, and a survey with floating electrodes.

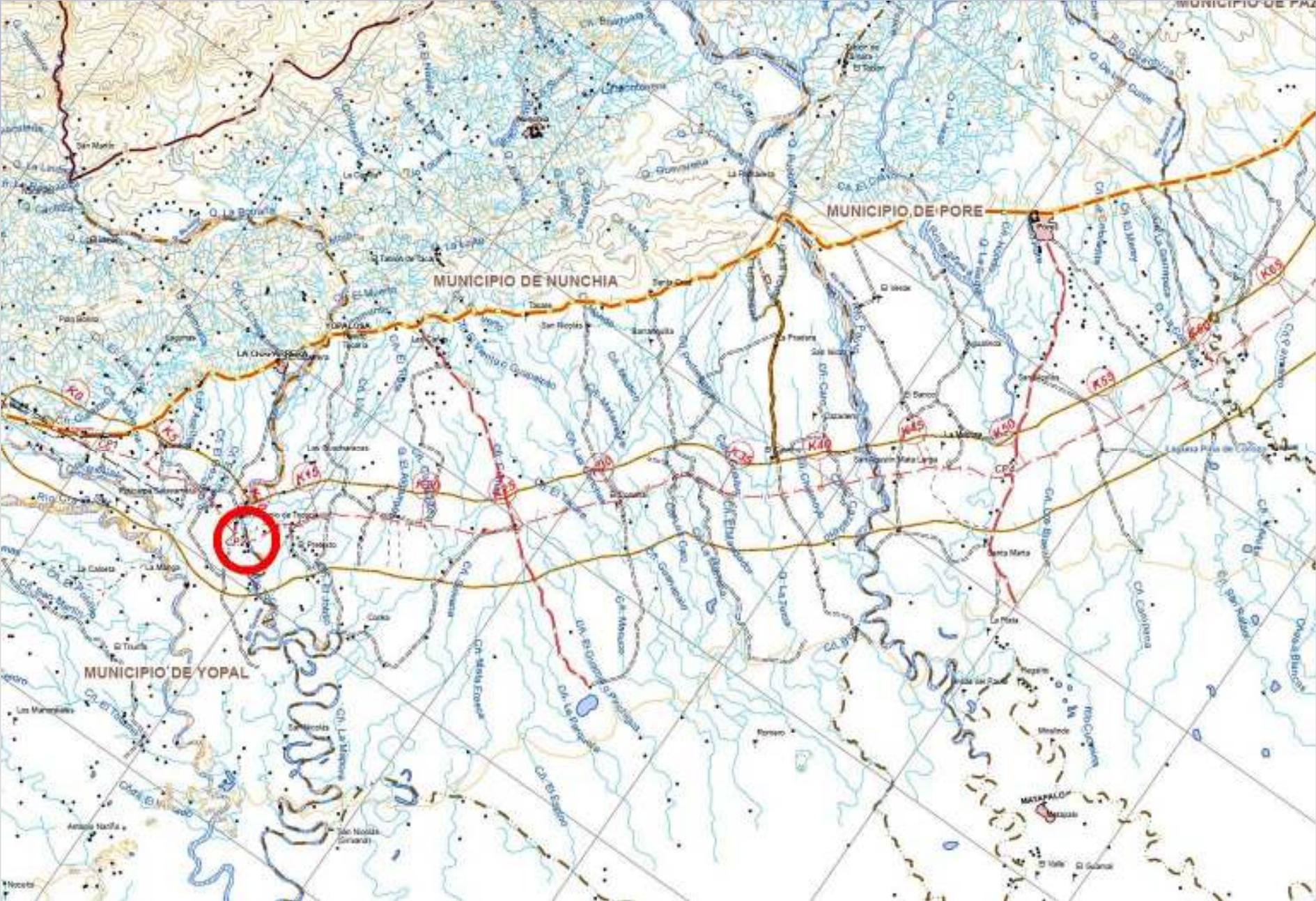
# Rio Tocaria



Fotografía 2.2.1  
aguas arriba

Panorámica del sitio del cruce del oleoducto con el río Tocaría, vista

# Rio Tocaria

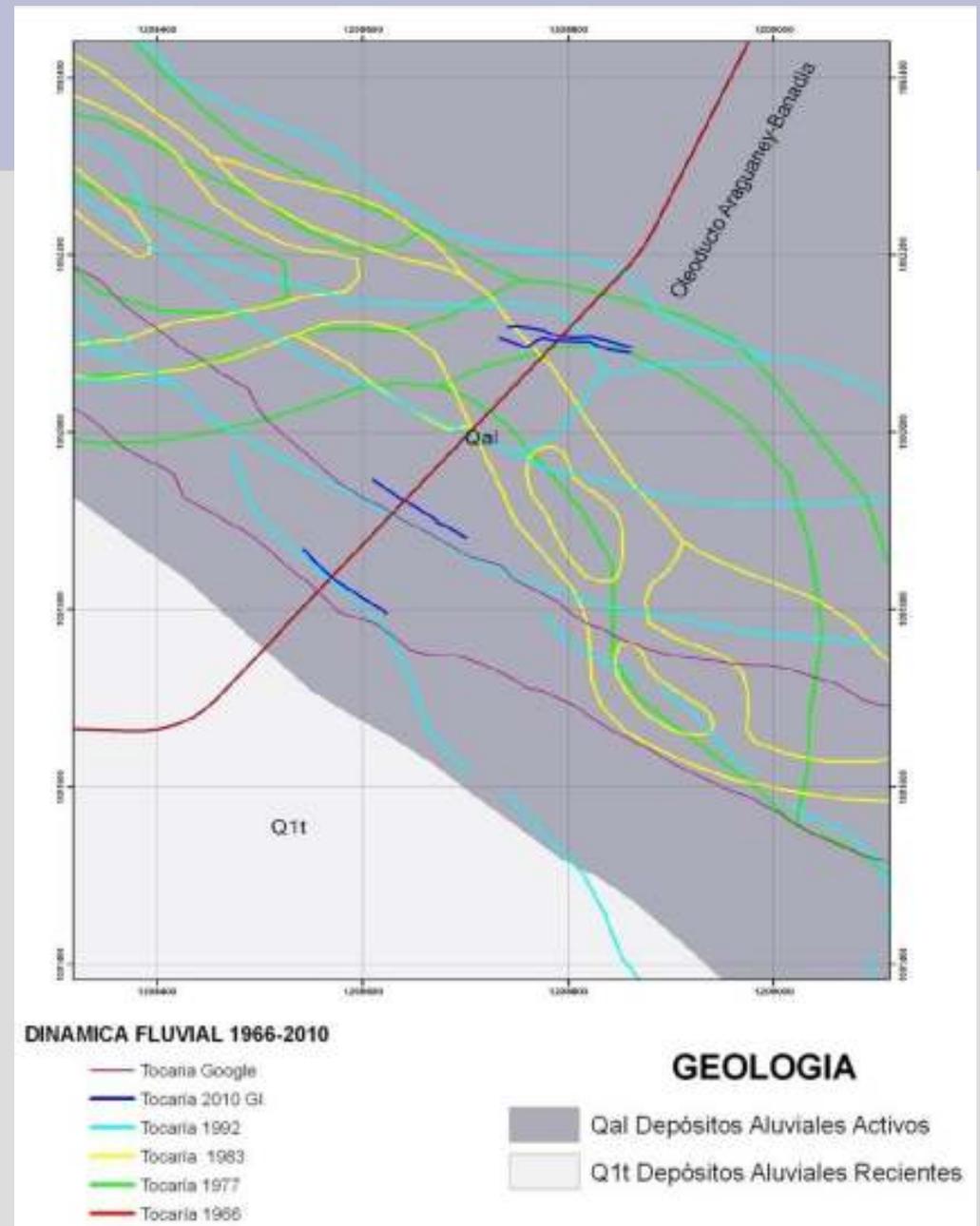
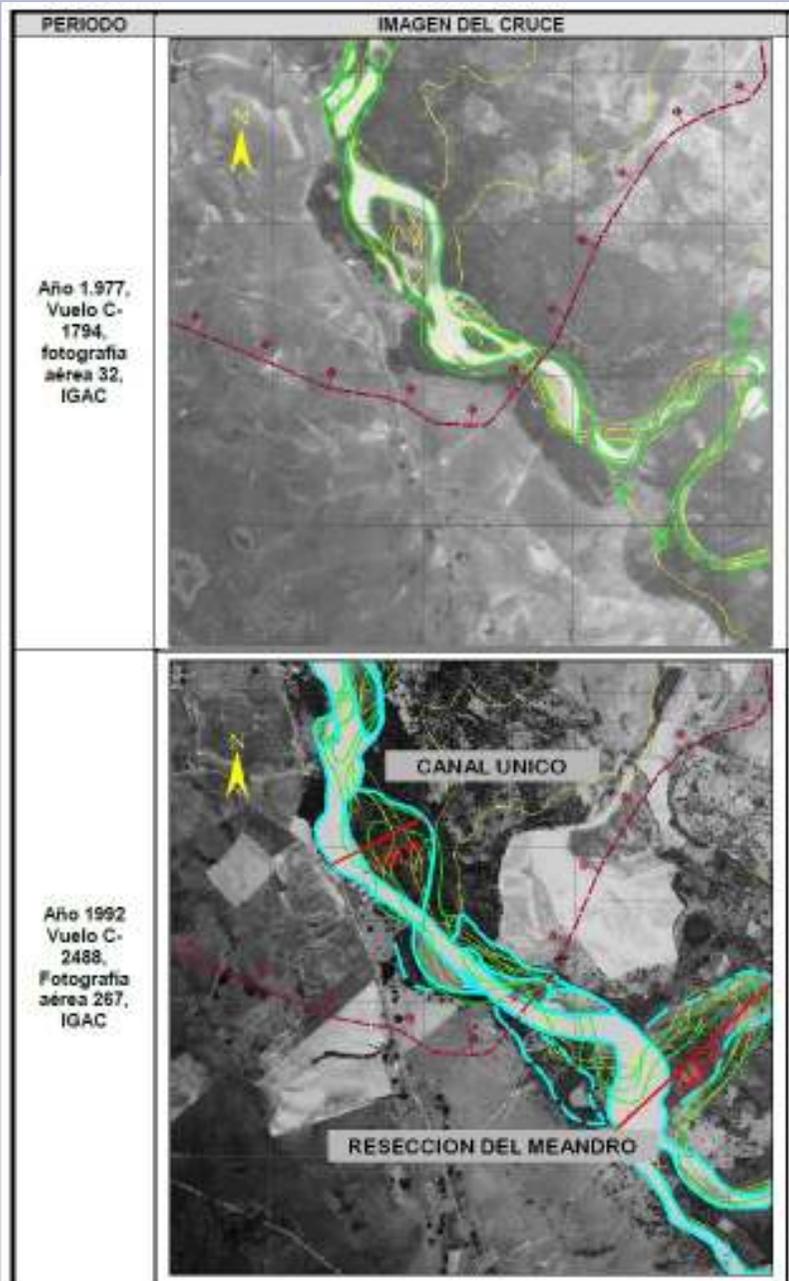


## Analisi dei dati disponibili

L'analisi dei dati disponibili evidenzia come caratteristica di questi fiumi è di avere un ampio letto di divagazione, che si evidenzia chiaramente anche nell'analisi riportata di un lasso di tempo molto limitato in termini geologici.

Lo studio riportato infatti evidenzia come nell'asso di tempo di 49 anni (1961-2010) siano molto ampie le divagazioni meandriformi.

# Dinamica fluvial



# Dinamica fluviale

PERIODO	IMAGEN DEL CRUCE	OBSERVACIONES
Google, GI 2010		<ul style="list-style-type: none"><li>- Trazando los cauces más recientes, en la imagen de Google Earth (magenta) y la topografía del 2010 (amarillo), se observa el desplazamiento del cauce hacia la margen derecha de río, indicando que el río recientemente está socavando lateralmente hacia el suroeste, sin embargo el trazado de 2010 se encuentra aproximadamente 20m al noreste del trazado. Aunque no se obtuvo la fecha de esta imagen se infiere que pertenece a la década del 2000-2010 y de ser así indica una regresión desde el punto más sureste observado hacia al noreste.</li></ul>

En la **Figura 2.2.4** se presenta el resumen de la dinámica fluvial del río Tocaría en el sitio de cruce, durante el período analizado.





Río Tocaría

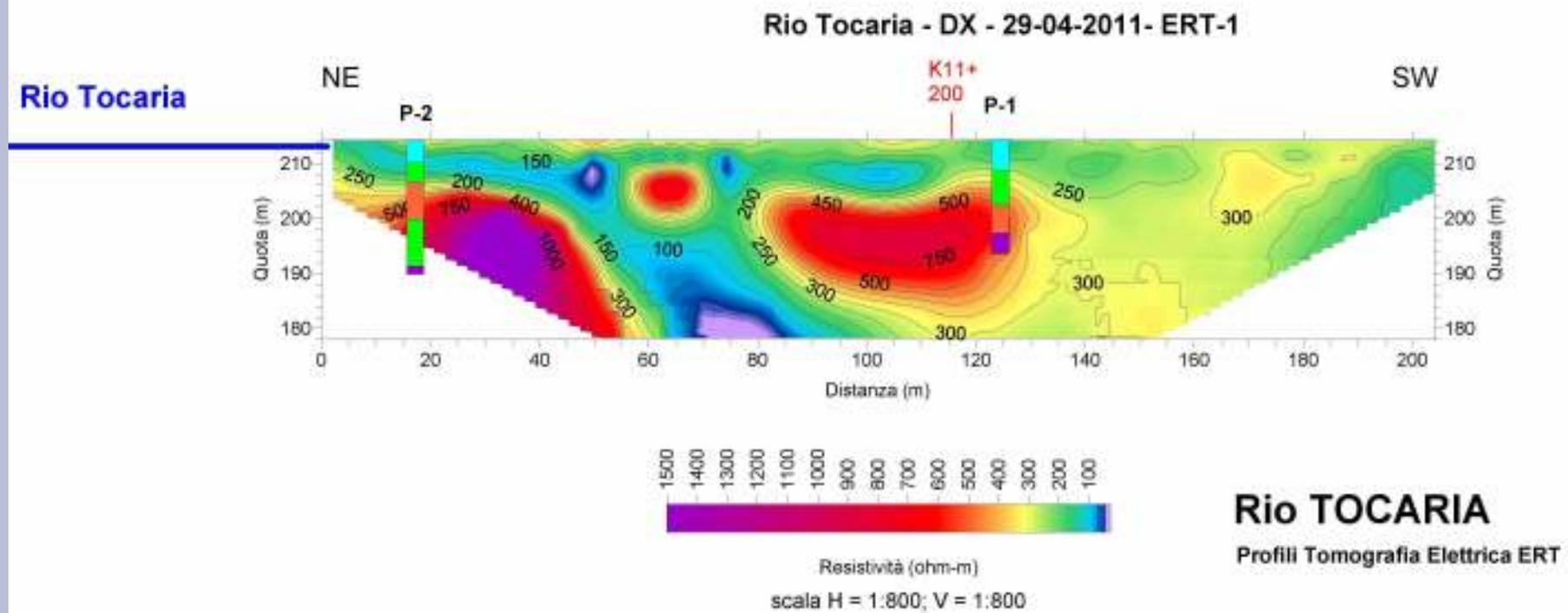
K12  
+000

K11  
+000

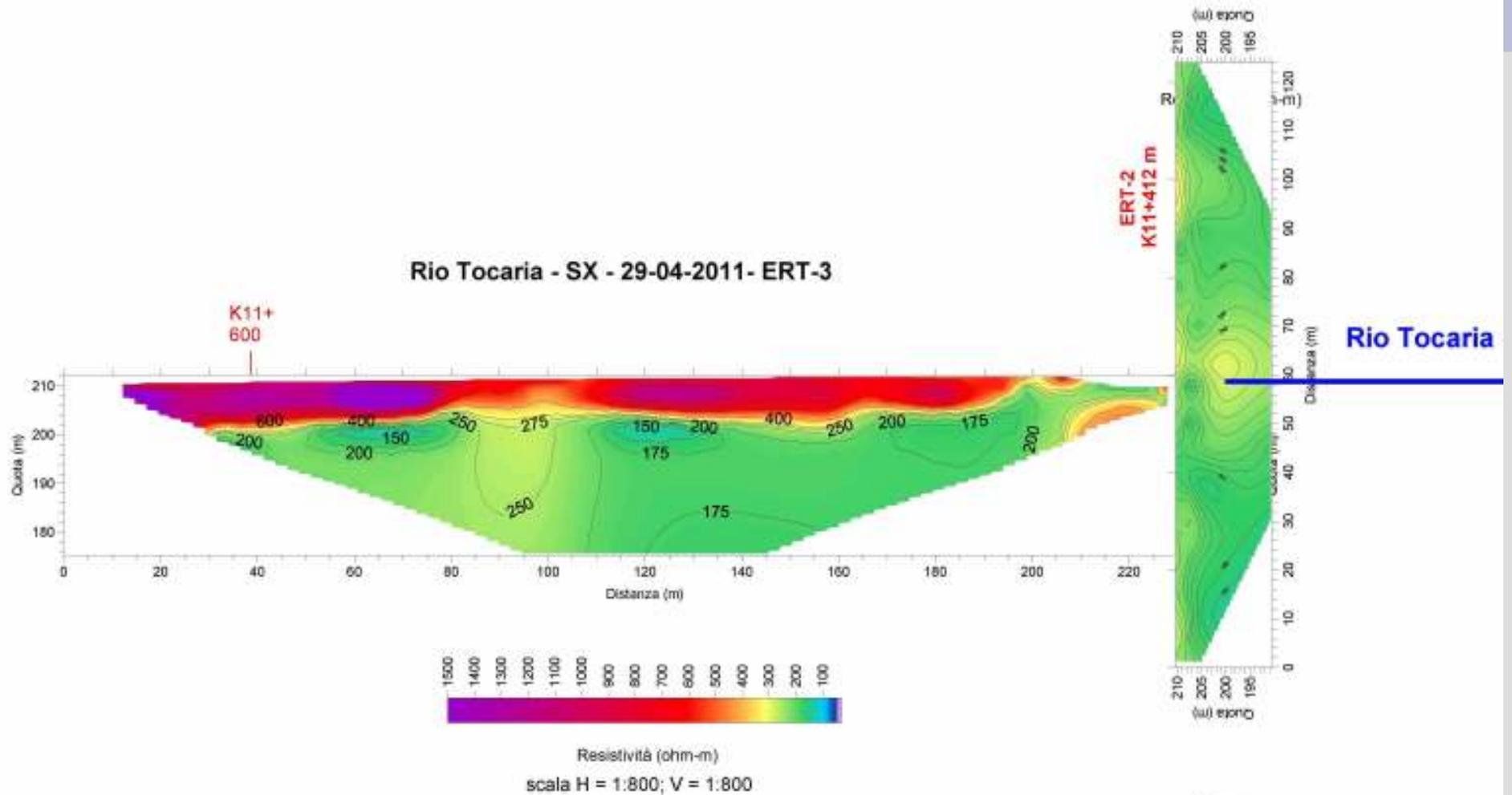




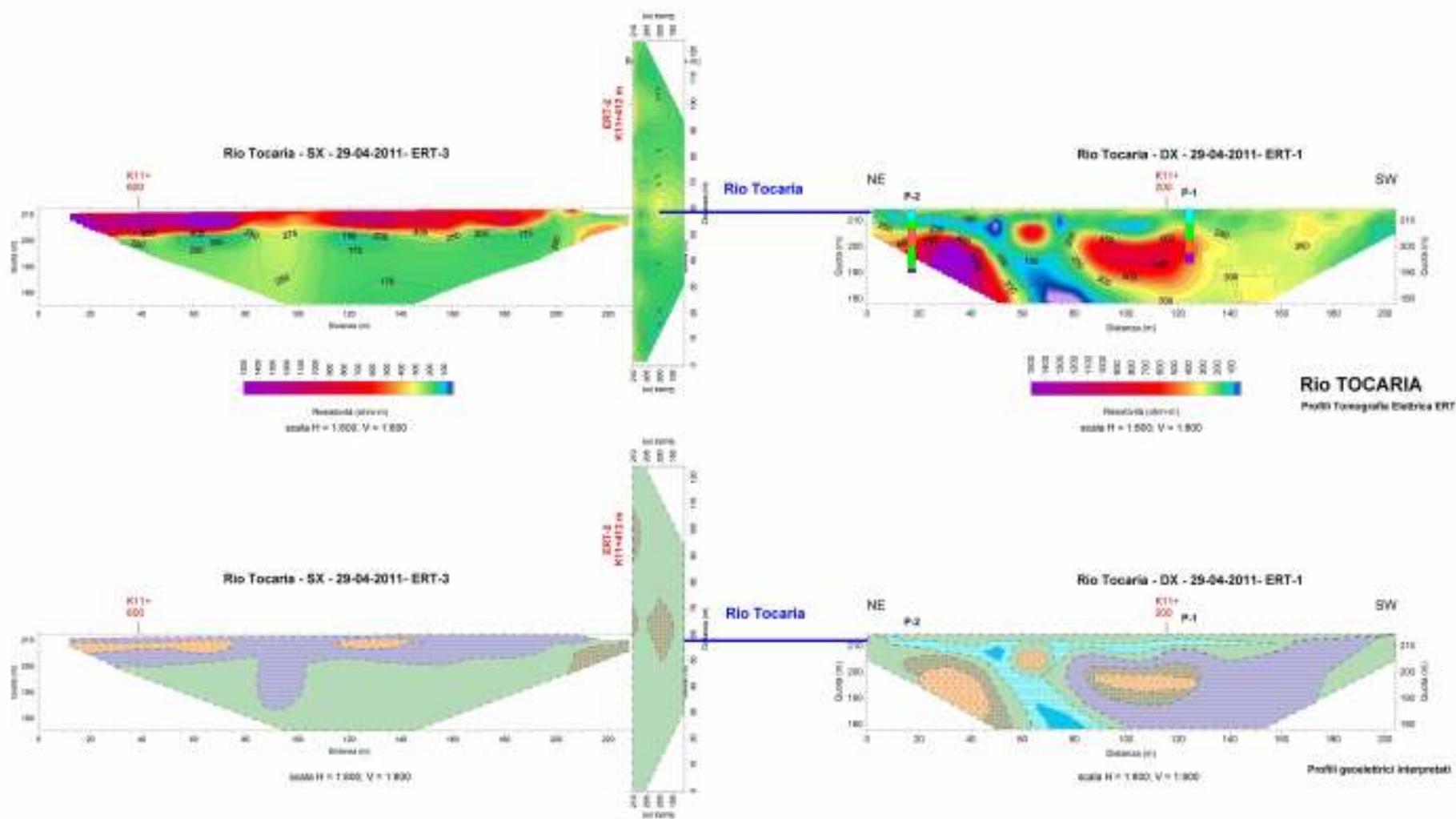
# Modello di inversione dai dati geoelettrici



# Modello di inversione dai dati geoelettrici



# Rio Tocaria: sezioni ERT e sezione geolitologica interpretativa



**Rio TOCARIA**

**P-304VE** Dr. Geol. Sergio Spontoni  
 Tomografia Elettrica

Via G. Tomasi di Lampedusa, 14/bis - 00187 Roma (RM)  
 Tel. +39 06 49412022 - Fax +39 06 49412023 - Email: p304ve@p304ve.it

Completato:	NOVI S.p.A. Via Conca della Spina, 10 - Roma (RM)
Progetto:	Geocentri ARAGUANEY - SANAZIA Rio TOCARIA - Profili geoelettrici interpretati

## Rio TOCARIA (K11+386)

L'area del fiume è stata studiata attraverso l'acquisizione di due profili di Tomografia Elettrica fatti sulle sponde ed un terzo posto lungo la riva sinistra all'interno dell'alveo del fiume parallelamente suo asse, per totali 568 m di stendimenti.

Non si è potuto acquisire i profili in acqua, come programmato, per la forte corrente presente al momento dello studio che non permetteva la staticità della barca durante l'acquisizione dei dati in acqua.

Il primo profilo (ERT-1) è stato acquisito sulla sponda idrografica sinistra ed evidenzia una distribuzione irregolare delle resistività con nuclei di alta resistività maggiori di 500 ohm-m con intercalati zone fortemente più conduttive.

Sulla sponda sinistra il profilo (ERT-3) mostra una situazione più regolare ed omogenea, sotto ad una copertura di pochi metri fortemente resistiva si estendono terreni più conduttivi ed omogenei

Il profilo trasversale ERT-2, acquisito sul letto del fiume, similmente al profilo ERT-3, evidenzia valori di resistività medi abbastanza omogenei.

Sulla base dei sondaggi eseguiti in destra idrografica (P-1 e P-2) si possono fare le seguenti correlazioni stratigrafiche con i valori di resistività.

I nuclei ad alta resistività sono riconducibili ad alluvioni ghiaiose con poca o nulla matrice fine. La forma vagamente lenticolare dei sedimenti in complesso suggerisce l'idea di un paleoalveo meandriforme con canali ghiaiosi, mentre sulla sponda sinistra la sedimentazione appare più fina e più regolare.

Il resistivo superficiale è attribuibile a sabbie secche.

- Si vuole caratterizzare al meglio le litologie presenti e le loro geometrie e dare continuità stratigrafica ai sondaggi meccanici a rotazione eseguiti precedentemente.
- Importante per la riuscita della perforazione è la corretta valutazione dell'angolo di ingresso e di uscita nel sottosuolo, dipendente dal raggio di curvatura adottato che è funzione della geometria delle litologie e del grado di flessione sopportabile dal tubo.
- L'indagine geoelettrica deve evidenziare i punti con possibili problematiche di trivellazione ed indicare la migliore via;
- E' importante evitare i terreni sciolti o molto fratturati dove il fluido di perforazione (fango bentonitico) si può disperdere rendendo problematico l'avanzamento; inoltre nei terreni sciolti la pressione litostratigrafica deve essere superiore alla pressione di iniezione del fango di perforazione altrimenti si ha lo sfondamento del tetto;

# Rio Curama



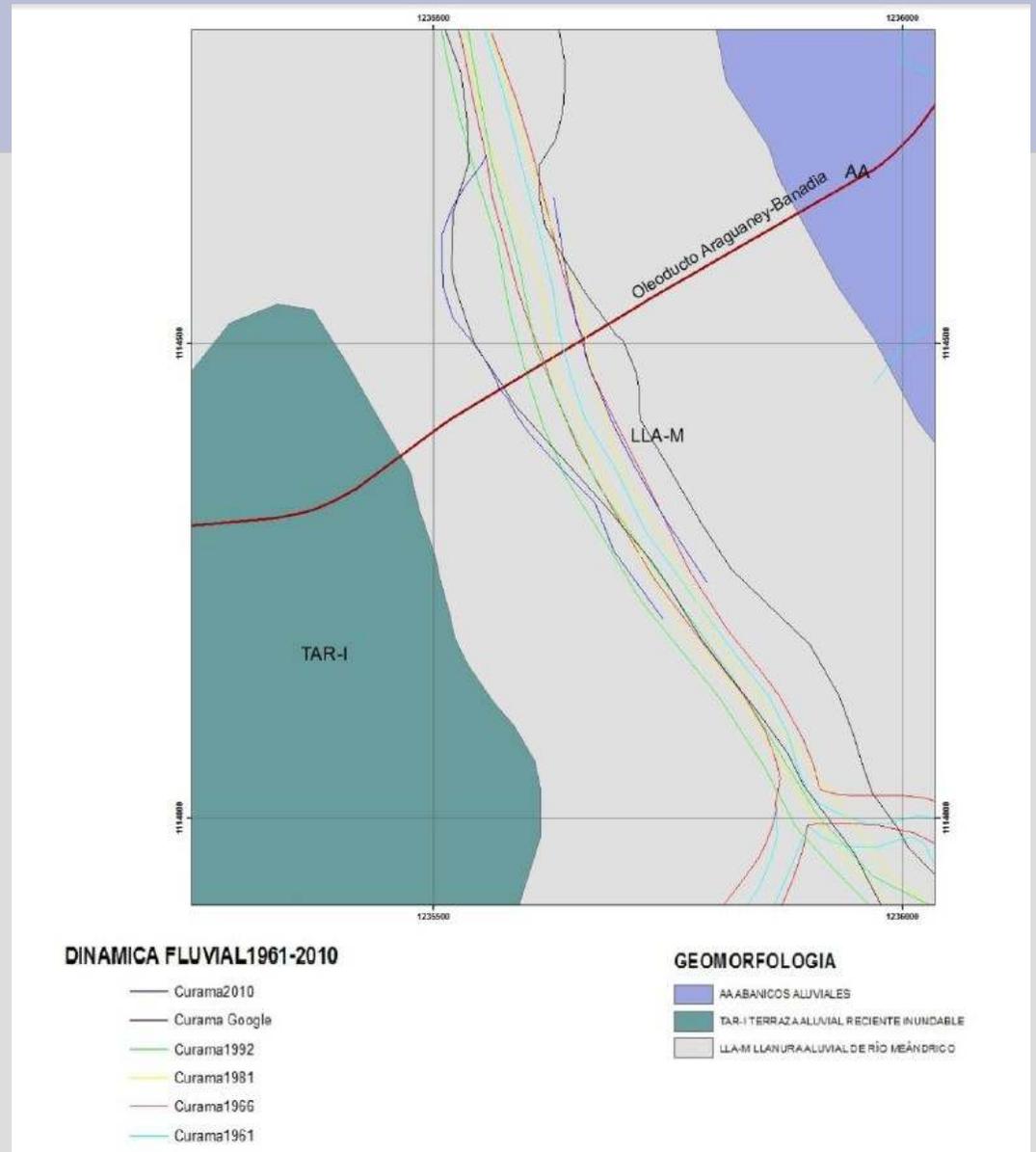


Río Curama

R08  
+000



# Dinamica fluvial



# Visione dell'area



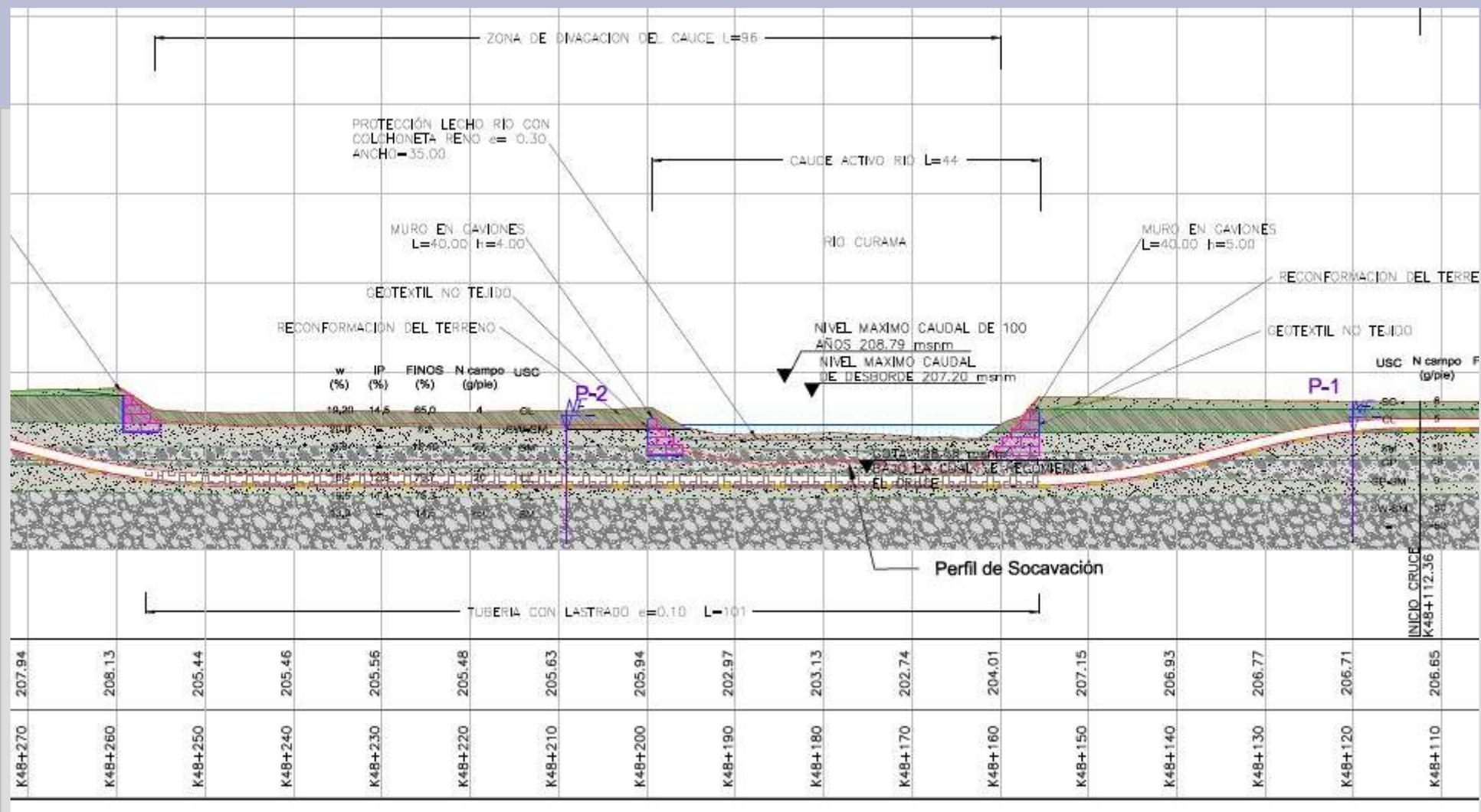




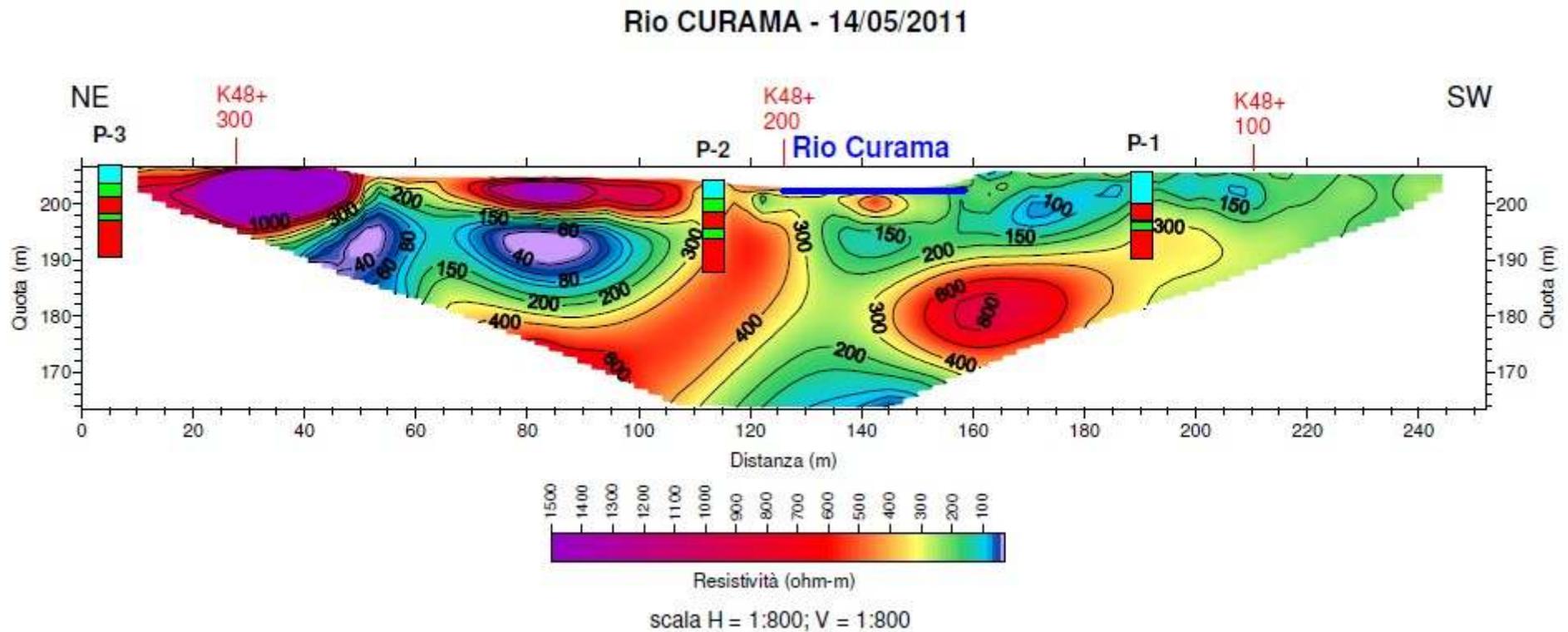




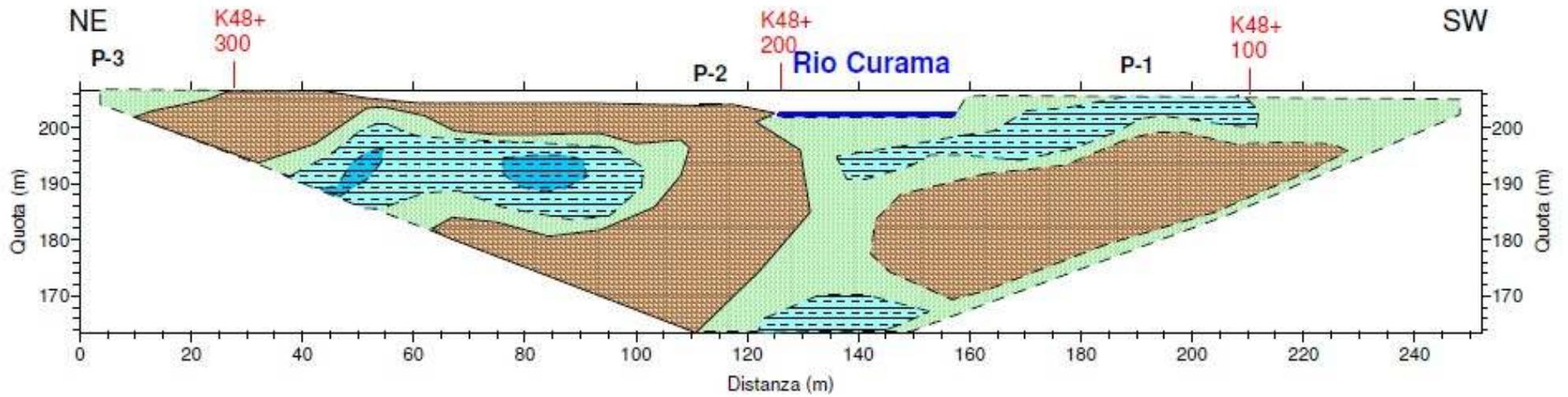
# Rio Curama proyecto preliminar de scavo



# Modello di inversione dai dati geoelettrici



# Rio CURAMA - 14/05/2011



scala H = 1:800; V = 1:800

## Risultati

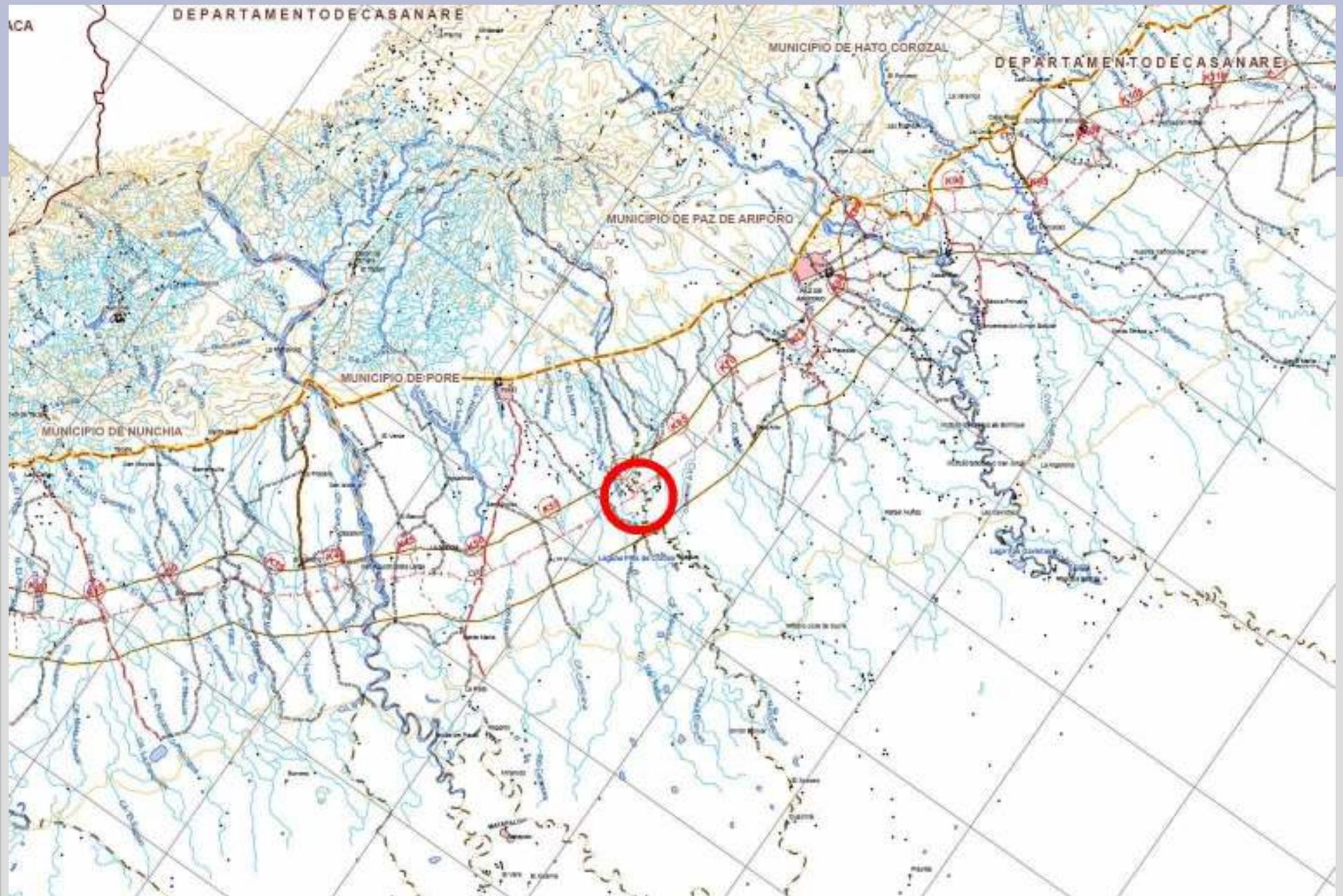
Il Rio è stato indagato con un profilo trasversale lungo 254 m posto a cavallo dello stesso, si evidenziano campi di resistività lenticolari con nuclei molto resistivi ed altri conduttivi.

Questo andamento avvalorato dai sondaggi geognostici indica una sedimentazione torrentizia meandriforme, con nuclei resistivi ghiaiosi ciottolosi immersi in una matrice più fine conduttiva, sabbiosa e limosa, le misure di SPT indicano uno stato molto denso di questi sedimenti (SPT >50).

La situazione stratigrafica evidenziata dall'uso della tomografia elettrica mostra una situazione più complessa di quella estrapolata dai soli sondaggi meccanici.

# Rio Guaciria







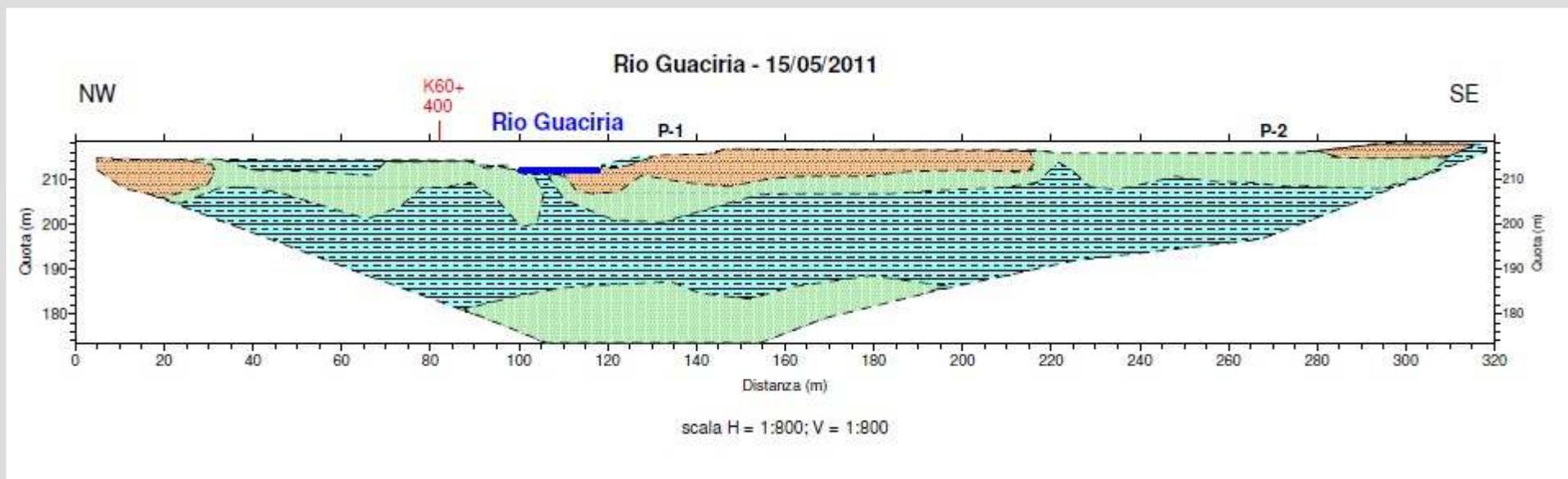
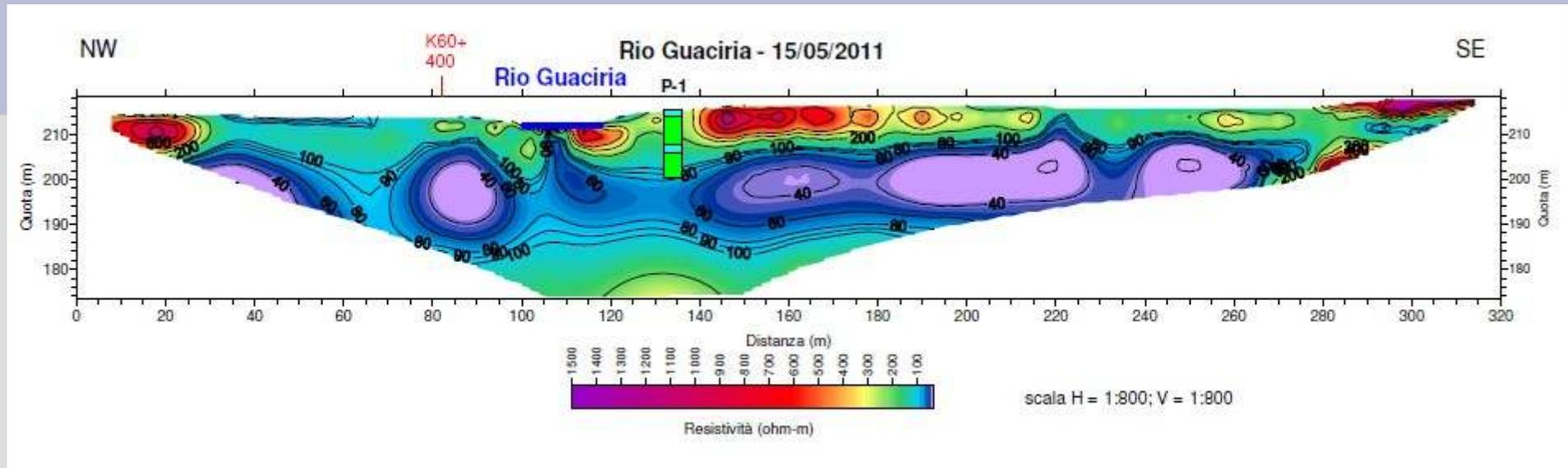








# Rio Guaciria: sezioni ERT e sezione geolitologica interpretativa



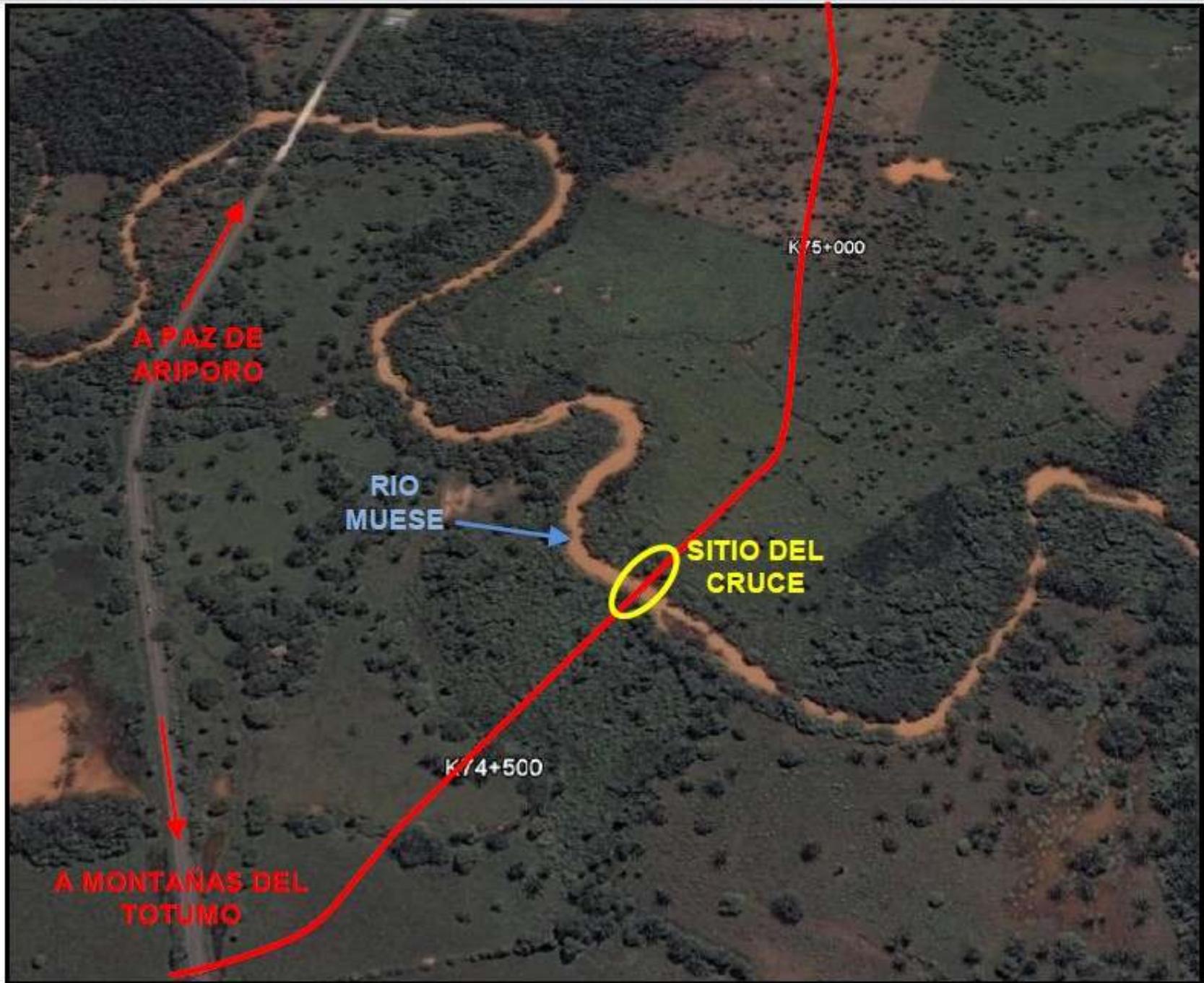
## **Rio GUACIRIA (K60+376)**

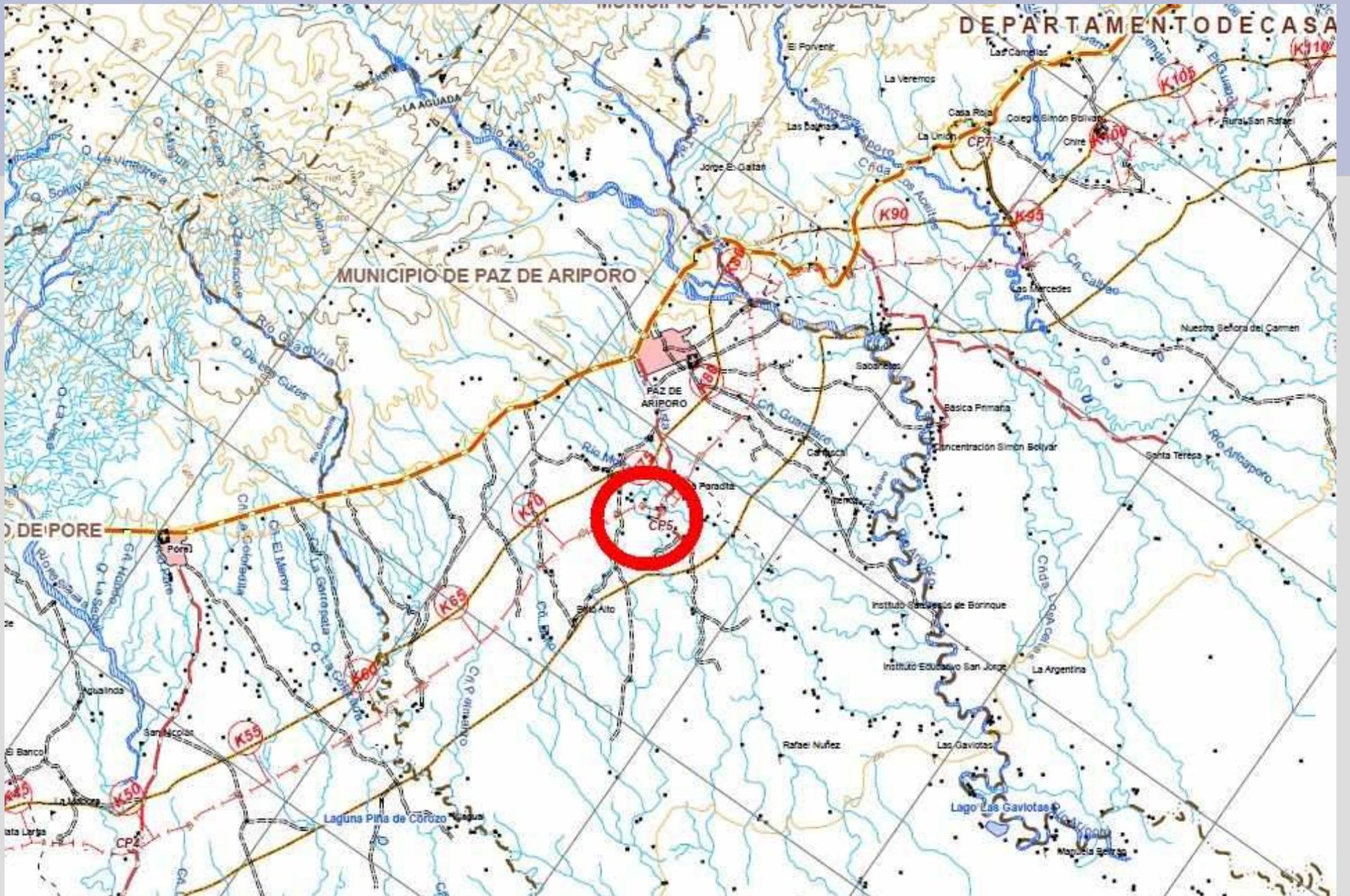
Il Fiume è stato studiato tramite l'esecuzione di due profili sovrapposti per totali 320 m.

Il modello elaborato di resistività mostra, sotto una copertura di qualche metro resistiva e riconducibile a sedimenti sabbiosi secchi, un andamento delle iso-resistive mediamente planare con bassi valori correlabili, anche in base ai sondaggi eseguiti, a terreni fini sabbiosi e limosi. Questo orizzonte appare mediamente continuo dello spessore di circa 15-18 m, sottostante si evidenzia probabilmente la presenza di sabbie.

# Río Muese







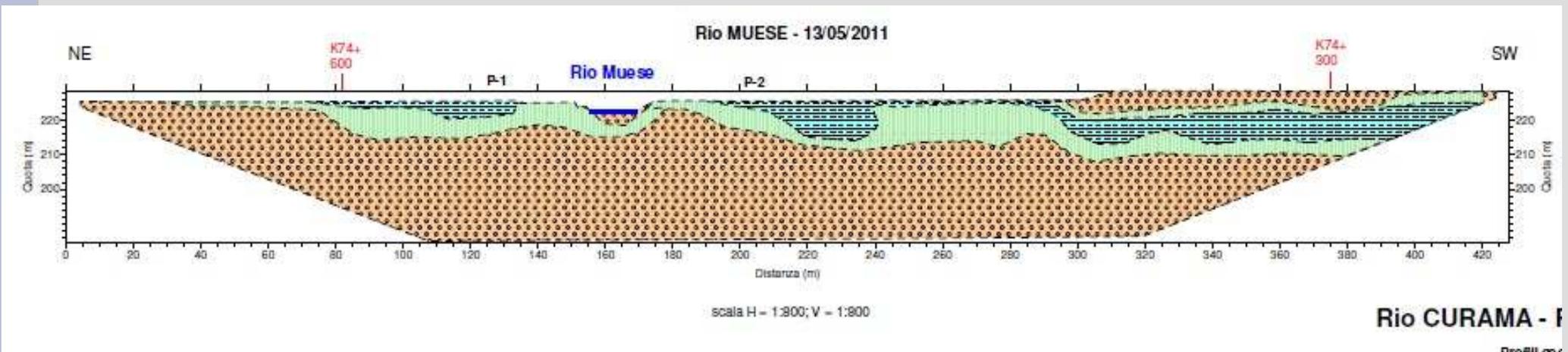
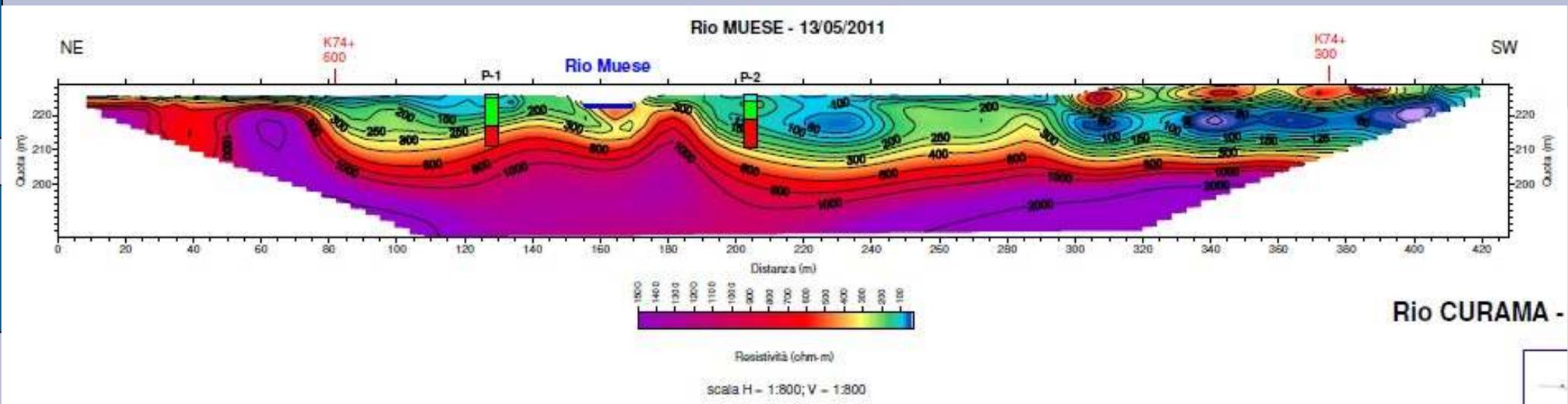
## **Rio MUESE (K74+512)**

Lo studio è basato sull'esecuzione di due profili sovrapposti per un totale di 428 m.

La sezione risultante evidenzia una parte superiore di dieci-quindici metri di terreni a bassa resistività riconducibili, anche in base ai due sondaggi geognostici, a terre sabbiose -limose.

Segue un substrato uniforme leggermente ondulato nella sua superficie, con alti valori di resistività  $>1000$  ohm-m riconducibile a sedimenti ghiaiosi ciottolosi, molto densi (SPT $>50$ ) che si estendono almeno fino alla massima profondità indagata di circa 40 m.

# Rio Muese: sezioni ERT e sezione geolitologica interpretativa



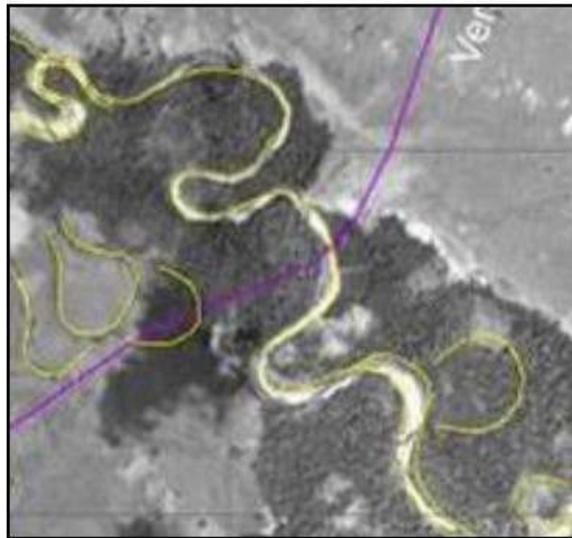
# Rio Ariporo e Aricaporo



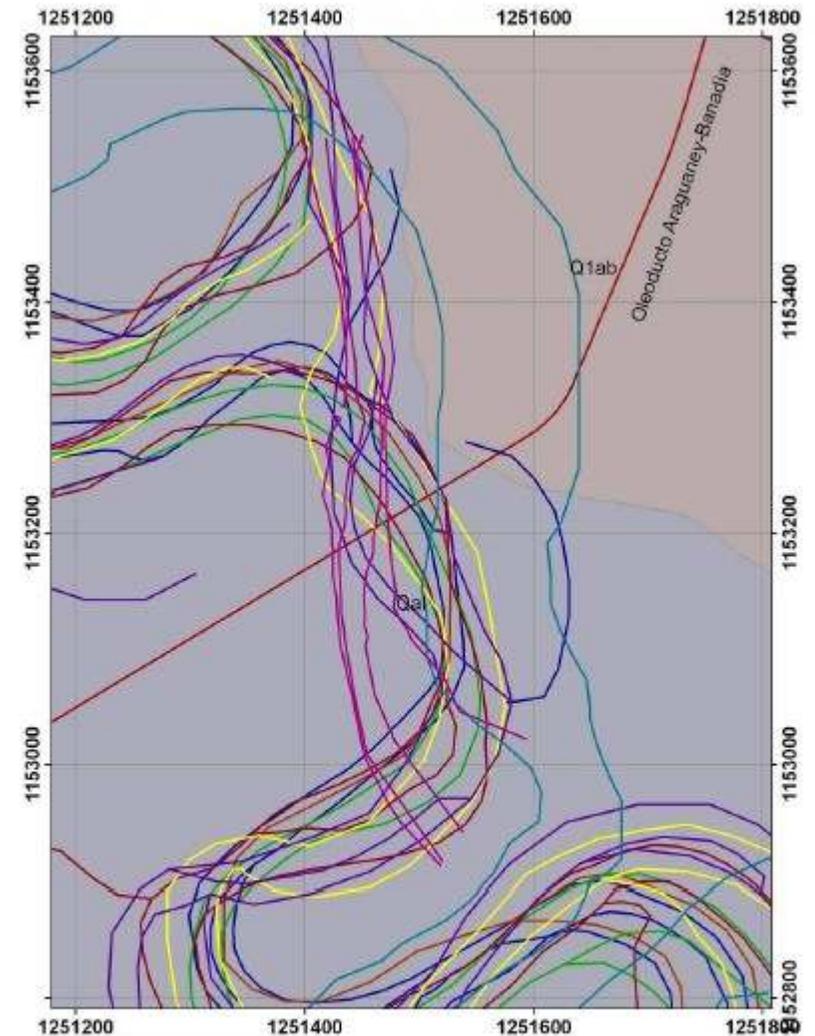
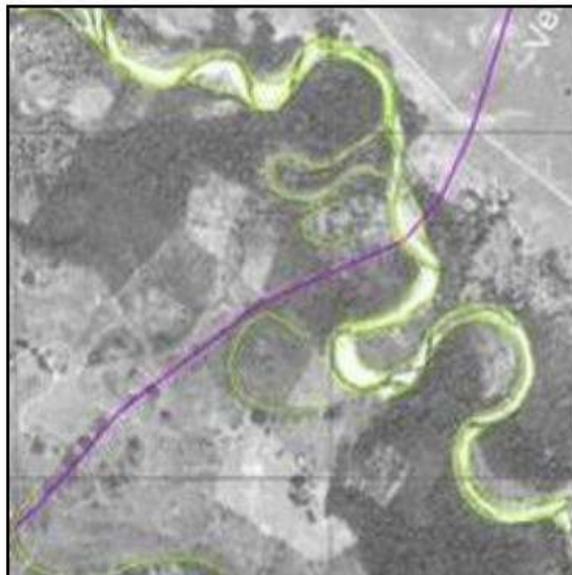


# Dinamica fluvial

Año 1.961.  
Fotografía  
aérea 1706,  
línea de vuelo  
R-463 del IGAC



Año 2.004.  
Fotografía  
aérea 139 de la  
línea de vuelo  
C-2702 del  
IGAC



## DINAMICA FLUVIAL 1961-2010

- Anicaporo 1961
- Anicaporo 1967
- Anicaporo 1978
- Anicaporo 1992
- Anicaporo C\_2499\_125(1992)
- Anicaporo 2004
- Anicaporo 2010 QI

## GEOLOGIA

- Qal Depósitos Aluviales Activos
- Q1ab Depósito de Abanico Reciente

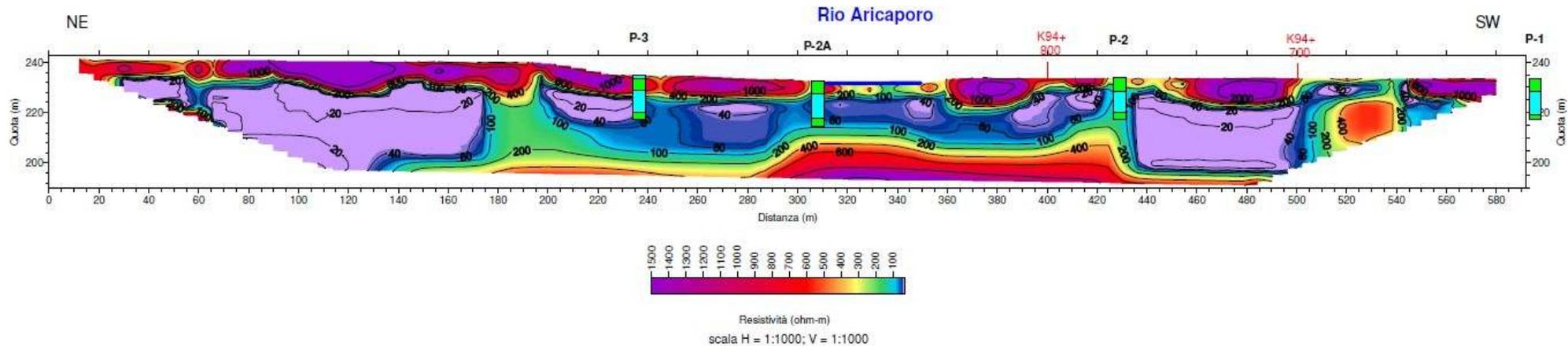




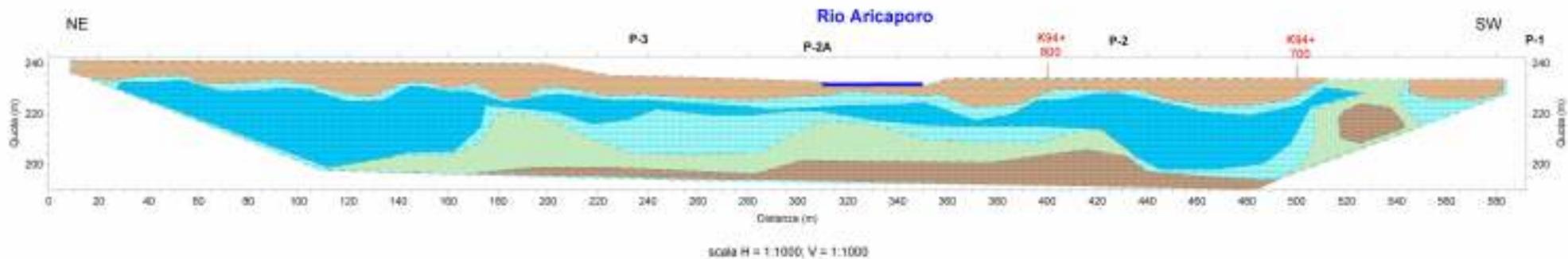


# Rio Aricaporo: sezioni ERT e sezione geolitologica interpretativa

Rio ARICAPORO - 04-05-06/05/2011



Rio ARICAPORO - 04-05-06/05/2011



## **Rio ARICAPORO (K94+862)**

Il profilo geoelettrico è stato sviluppato per 592 m con l'acquisizione di tre profili sovrapposti.

La situazione elettro-stratigrafica evidenzia, sotto ad una copertura resistiva leggermente ondulata di circa una decina di metri di terre sabbiose, di un orizzonte consistente variabile tra dieci e venticinque metri di terreni conduttivi con limitate bande leggermente più resistive, attribuibili a terre fini limose argillose e limo sabbiose, anche in base ai quattro sondaggi.

Inferiormente si estende un campo molto resistivo, ghiaie e ghiaie sabbiose, con un alto tra le progressive 300 e 420 m.

Il banco intermedio di terre fini è nel complesso esteso abbastanza uniformemente.

# Rio Ariporo







## Rio ARIPORO (K83+813)

Questo Rio si presenta a monte dell'attraversamento con un andamento mediamente rettilineo mentre a valle assume un andamento decisamente meandriforme.

Il letto si mostra totalmente ciottoloso (40-60 cm), e sono assenti sedimenti sabbiosi e a maggior ragione quelli più fini. (vedi Foto).

Queste ghiaie grossolane si estendono anche sui due terrazzi laterali, sotto un sottile strato di copertura limosa.

Questa granulometria grossolana è ben visibile anche nell'area del paese di Paz de Ariporo dove grossi ciottoli sono evidenti sulla superficie del terreno, a lato delle case.

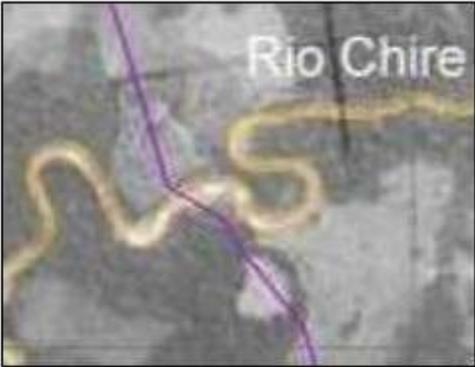
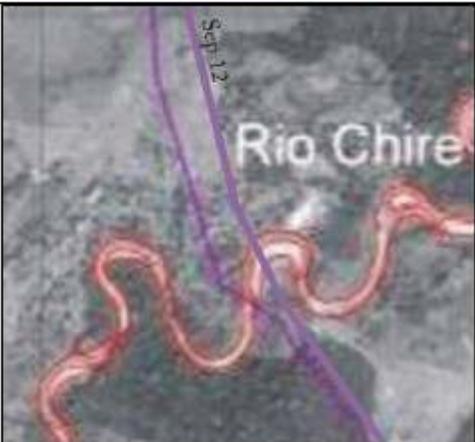
Data questa natura granulometrica e le considerazioni geomorfologiche dell'area non si è ritenuto necessario eseguire uno studio di tomografia elettrica.

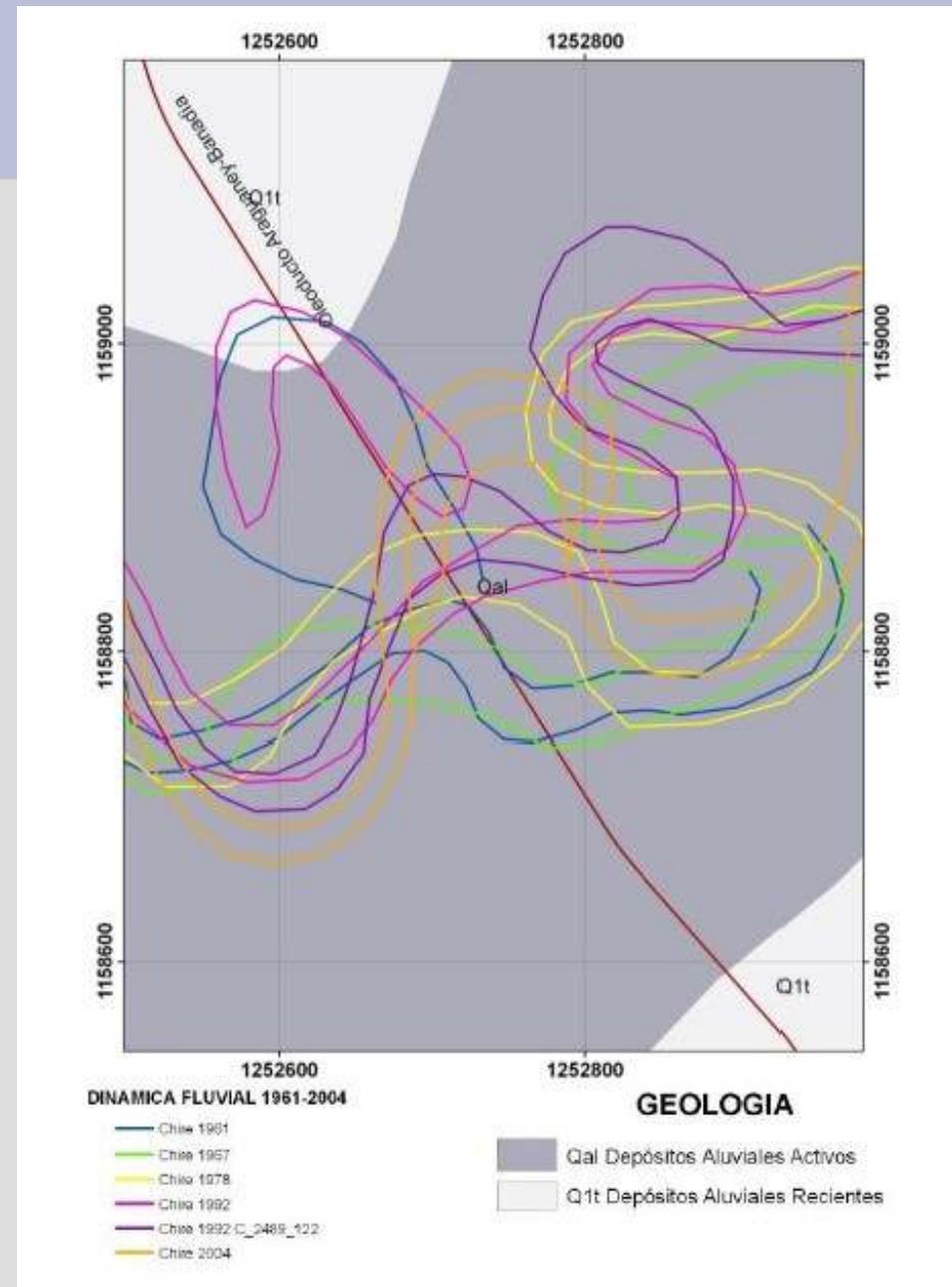
# Río Chire



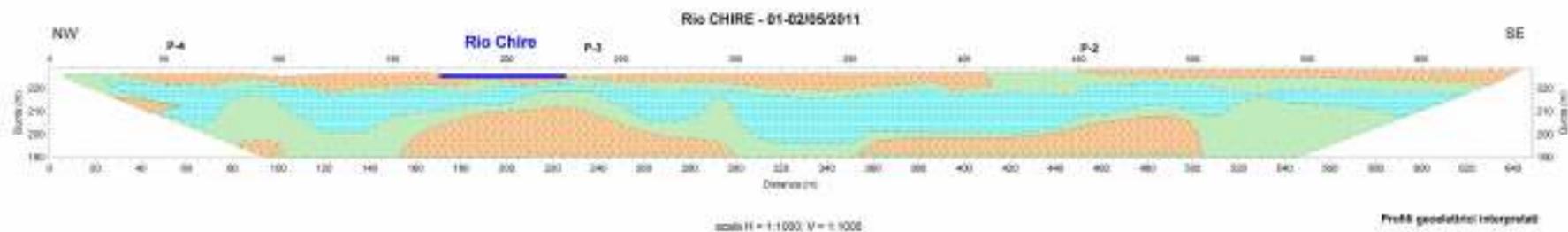
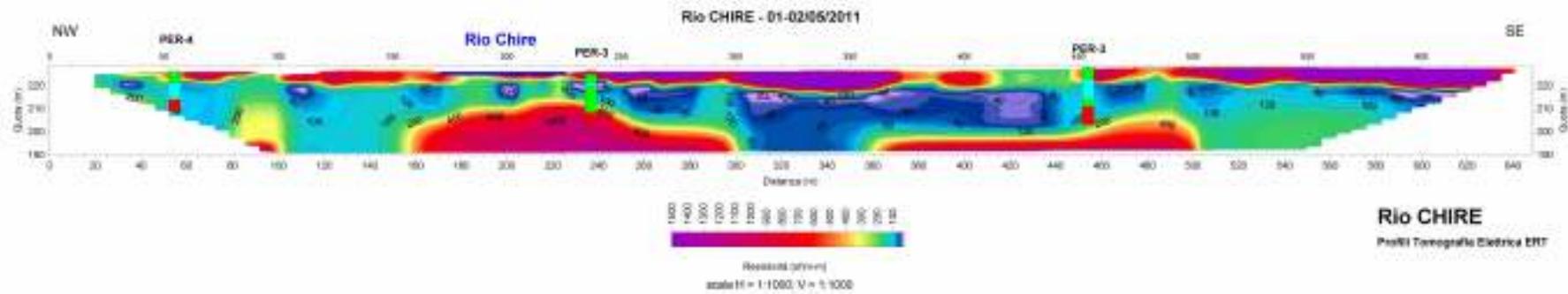


# Dinamica fluvial

PERIODO	IMAGEN DEL CRUCE
Año 1.978. Fotografía aérea 018 de la línea de vuelo C-1802	
Año 1.992. Fotografía aérea 122 de la línea de vuelo C-2489	
Año 2.004. Fotografía aérea 137 de la línea de vuelo C-2702	



# Rio Chire: sezioni ERT e sezione geolitologica interpretativa



## Rio CHIRE

	Dr. Gioro Sergio Bertinetti
Via G. Tassinari 11 - 01018 Alviano - Italia - telefono: +39 0444 506111 +39 0444 506112 - fax: +39 0444 506113 - email: p.wave@p.wave.it	
Esecutore:	SICOM S.p.A. Via Garibaldi Superiore, 8 - Alviano (PR)
Progetto:	Credito "INNOVABILITÀ" - SANADIA RIO CHIRE - Profilo geolitologico interpretato
Scale:	

## **Rio CHIRE (K101+049)**

Lo studio si basa su tre profili di tomografia elettrica per totali 648 m. Si evidenzia che sotto ad una copertura resistiva dello spessore variabile tra tre ed otto m di terreni sabbiosi secchi ad alta resistività, si estende un orizzonte continuo ma di spessore variabile tra dieci e trenta m di terre a bassa resistività non uniforme, attribuibile ad argille-limi con intercalazioni sabbiose.

Seguono due nuclei ad alta resistività tra le progressive 160-300 m e 360-500 m, attribuibili a terre ghiaiose molto dense (SPT>50), come è stato anche evidenziato dai due sondaggi meccanici.

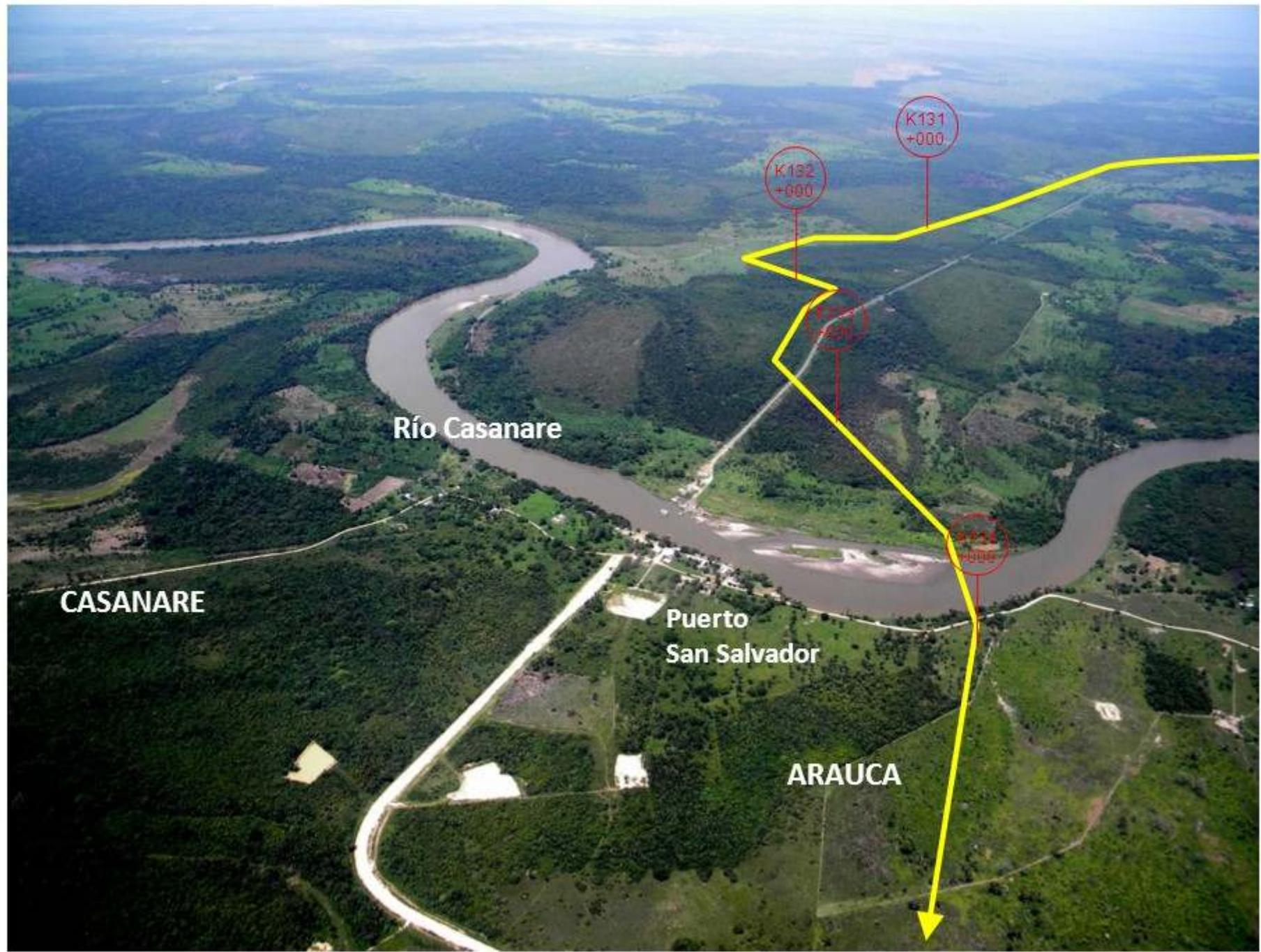






# Rio Casanare





Río Casanare

CASANARE

Puerto San Salvador

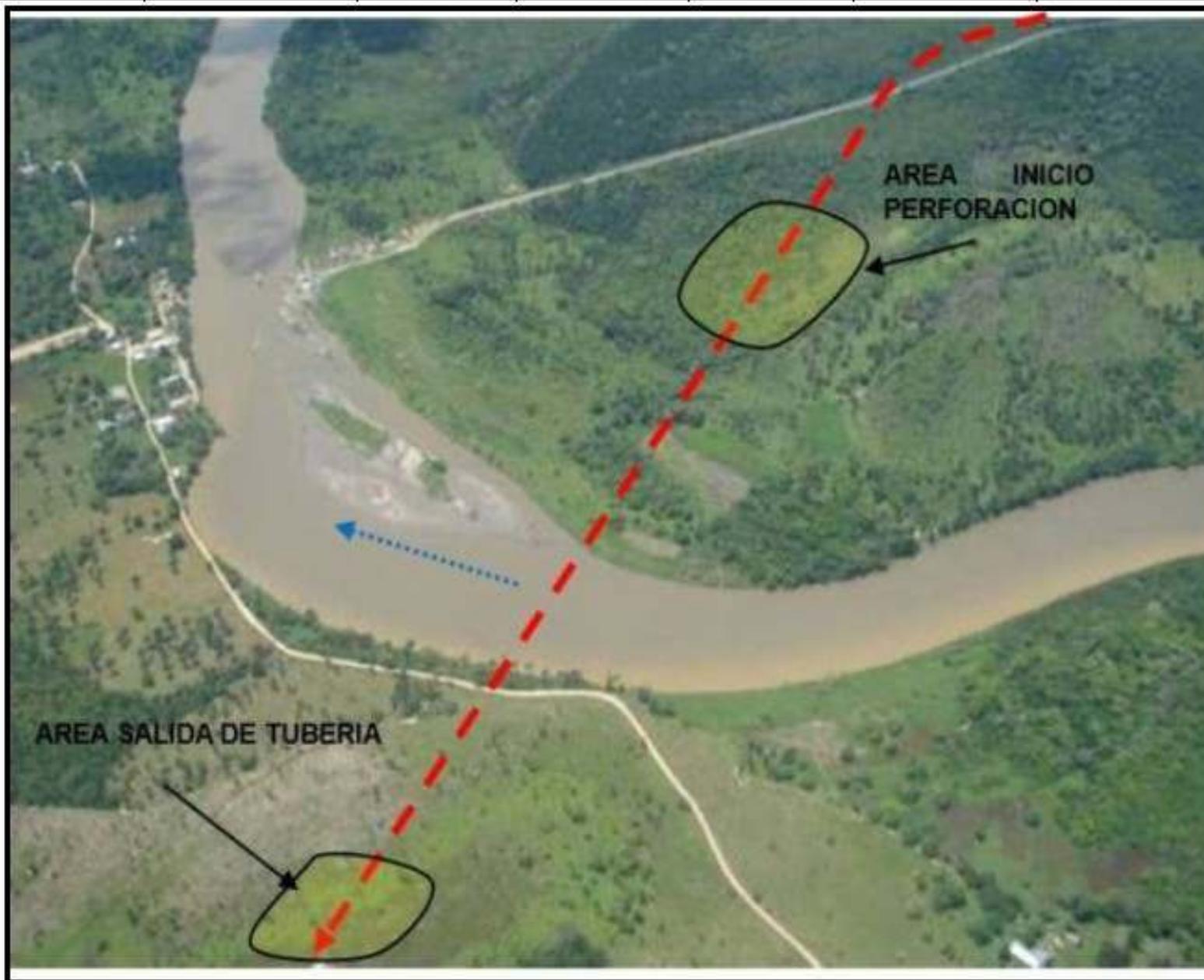
ARAUCA

K132 +000

K131 +000

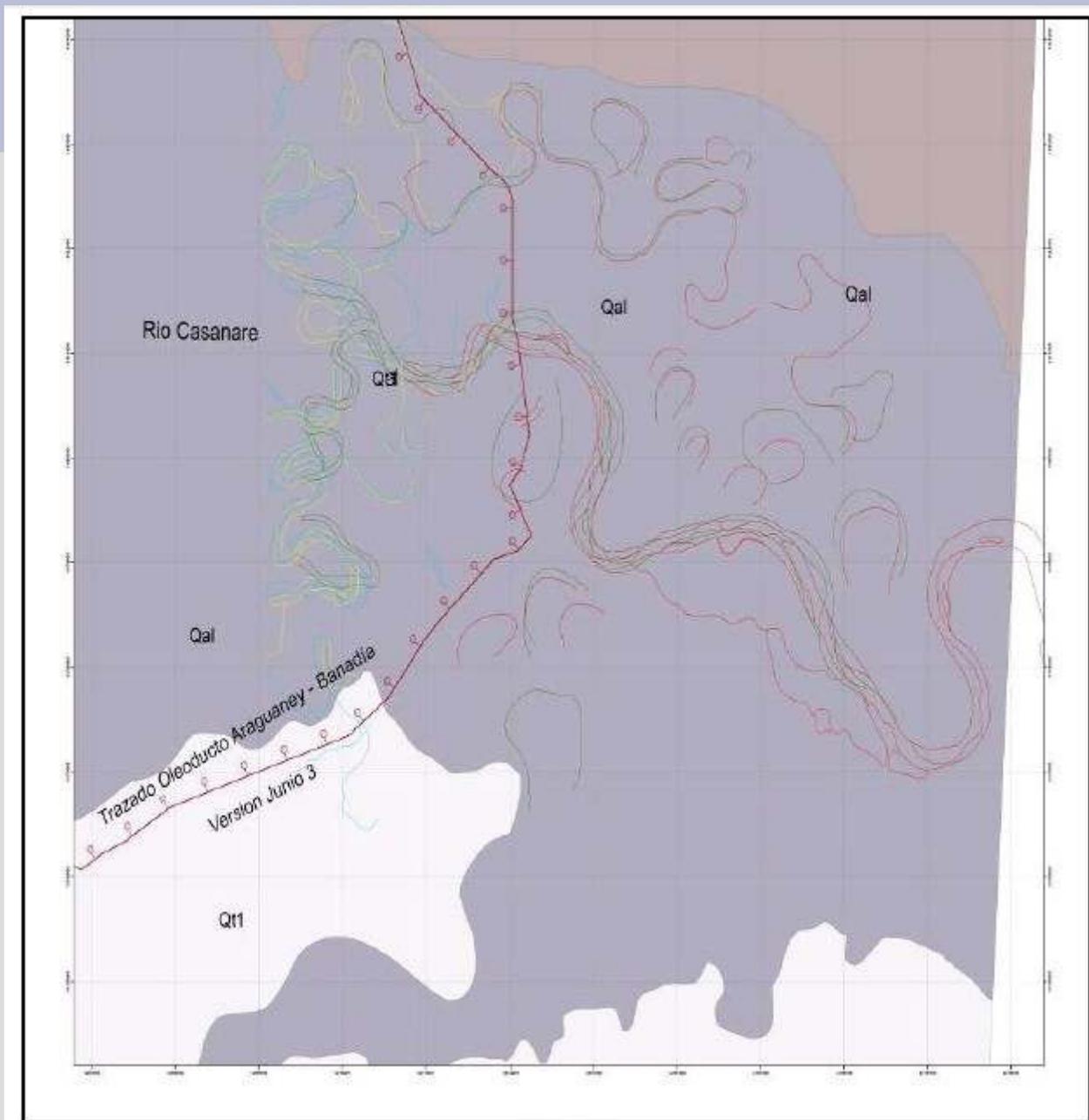
K133 +000





**Fotografía 2.10.4** Panorámica del cruce proyectado para la tubería del oleoducto por el cauce del Río Casanare y localización de inicio y final de la perforación

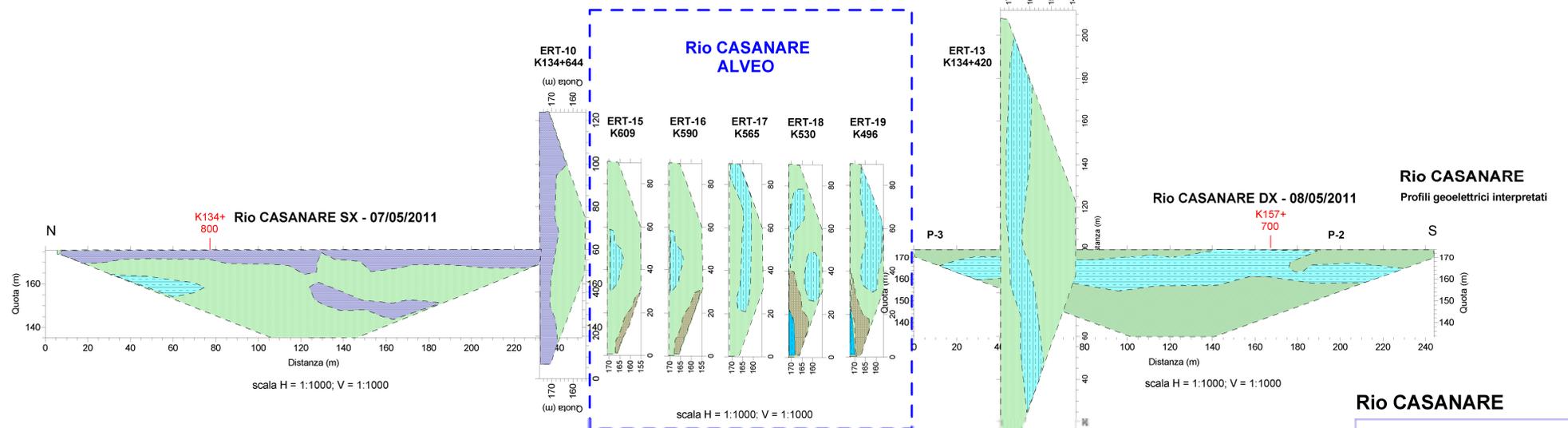
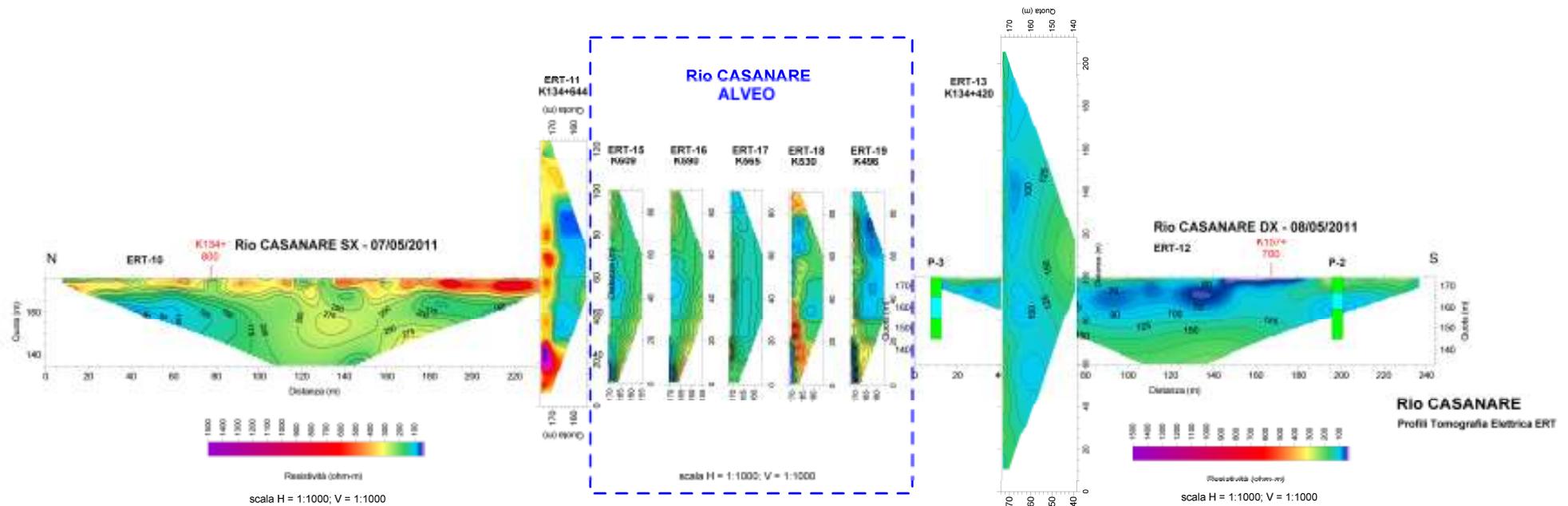
# Dinamica fluviale



# Rio Casanare



# Rio Casanare: sezioni ERT e sezione geolitologica interpretativa



**legenda:**

	argille - argille limose (> 50 ohm-m)		sabbie limose / argillose (150 - 250 Ohm-m)		Ghiaie sabbiose limose (250-750 Ohm-m)
	argille con intercalazioni sabbiose (50 - 100 ohm-m)		sabbie (250 - 500 Ohm-m)		Ghiaie e ciottoli senza matrice fine / sabbie secche sciolte - (> 750 Ohm-m)

**Rio CASANARE**

**P-WAVE** Dr. Geol. Sergio Bertoloni  
Geophysical Services

Via G. Tassinari 15 - 36100 Vicenza - Italia - tel/fax: +39 0444-308872  
+39 0444-308859 - tel. +39 329-745299 - email: pwave@pwave.it

Committente:	SICOM S.p.A. Via Consolato Superiore, Busseto (PR)
Progetto:	Oleodotto ARAGUANAY - BANADIA
03-06-2011	Rio CASANARE - Profili geoelettrici interpretati















# Misure nell'alveo del fiume







## **Rio CASANARE (K134+535)**

Lo studio è basato sull'esecuzione di quattro profili di tomografia elettrica, due perpendicolari al fiume, e due sulle sponde paralleli all'alveo, per un totale di 832 m di profili su terra.

Nell'alveo si sono eseguiti cinque profili pari a 450 m secondo l'andamento della corrente, leggermente angolati rispetto all'asse e opportunamente distanziati tra di loro.

La situazione geoelettrica mostra dei campi di resistività medio bassi, i valori medi sulla sponda destra appaiono leggermente più bassi di quelli rilevati sulla sinistra, e trovano continuità nei profili dell'alveo, con un passaggio graduale verso valori leggermente maggiori a sinistra.

La sponda sinistra evidenzia superficialmente pochi metri resistivi riconducibili a sabbie secche e talora con ghiaia.

I due sondaggi eseguiti sul lato destro confermano la prevalenza di terre fini con sabbie fino alla profondità di circa 40 m.

# Rio Tame



Fuente: Google Earth



# Dinamica fluvial

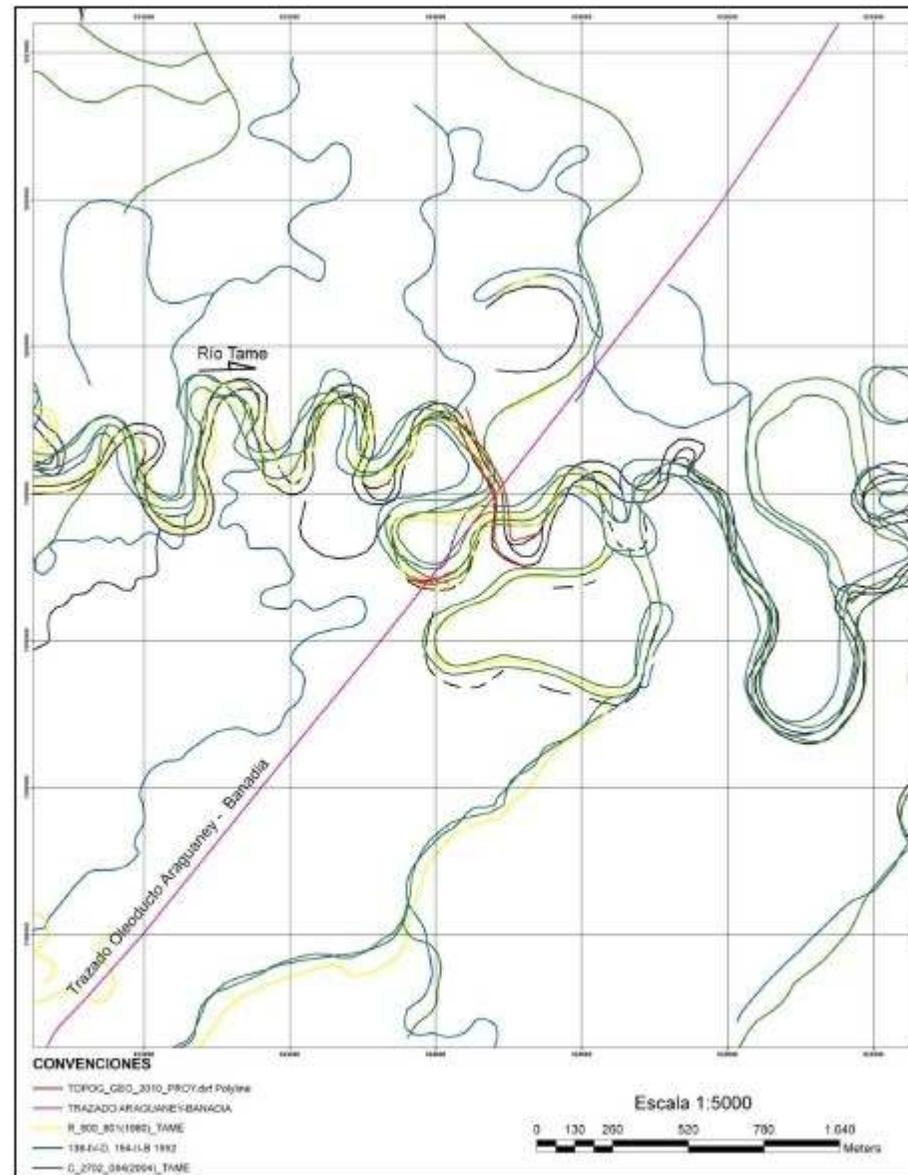


Figura 2.11.4 Contorno de la variación del cauce en el sitio de cruce sobre el río Tame para el periodo 1968-2004

















10/05/2011 11:19 AM

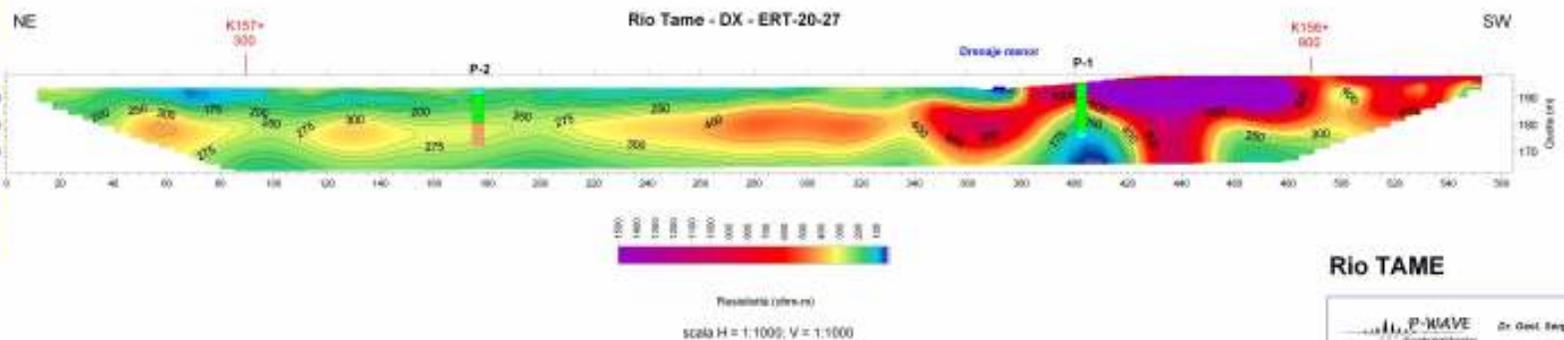
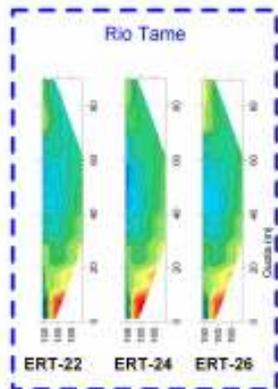
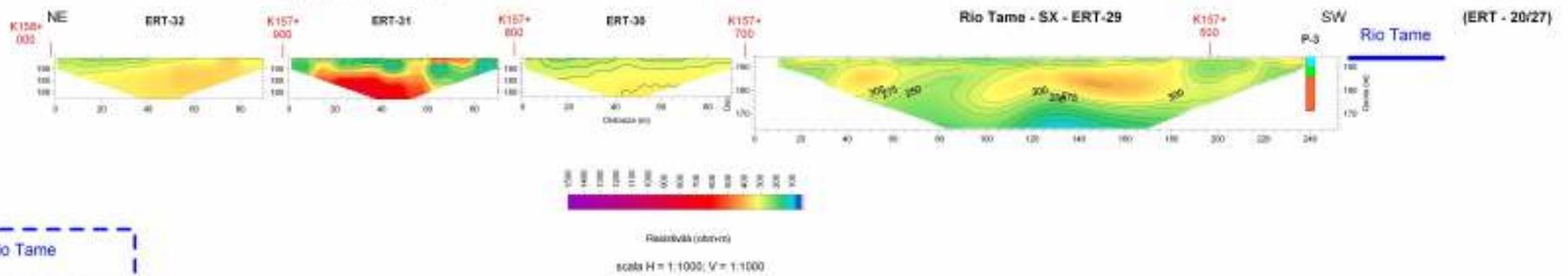
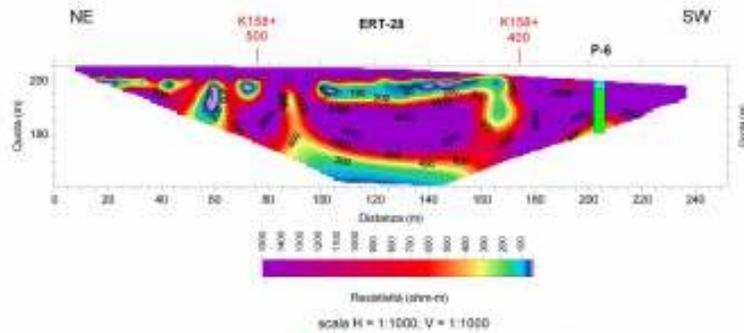


10/05/2011 11:45 AM



10/05/2011 11:59 AM

# Rio Tame: sezioni ERT

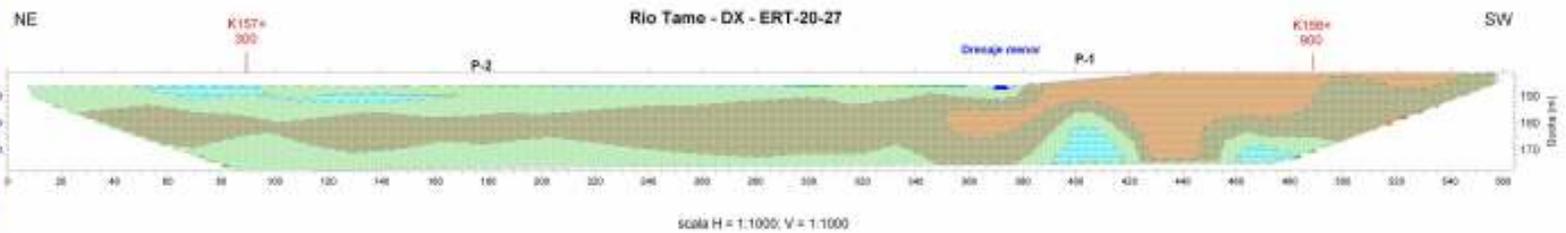
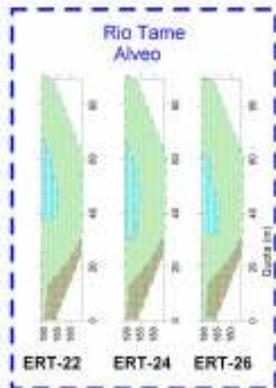
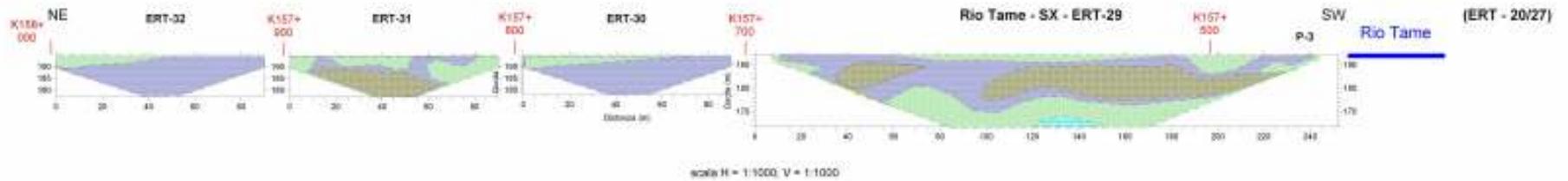
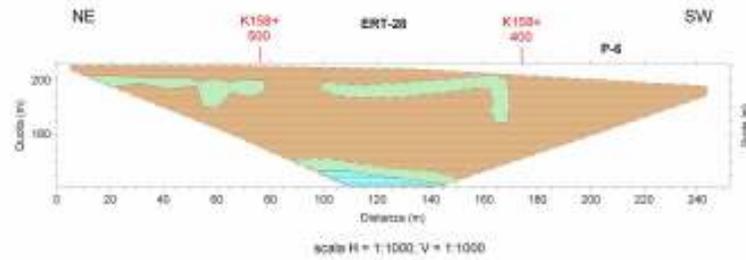


**Rio TAME**

**P-WAVE** S.p.A. - Ing. Geol. Sergio Bertoldini  
Via S. Teodoro 15 - 36100 Verona - Italia - tel/fax: +39 0444 392771  
+39 0443 399265 - cell: +39 329 7452009 - email: p.wave@p.wave.it

Coordinato	SCM S.p.A. Via Concordato Superiore, Scanzano (PT)
Progetto	Direttore: ARAQUANEY - BARACCA Rio TAME - Profili di Tomografia Elettrica
EL.01.2011	

# Rio Tame: sezioni geolitologiche interpretative



## Rio TAME

Profili geoelettrici interpretati

	Dr. Geol. Sergio Bartolomei
Via G. T. F. 13 - 38100 VERONA - Italy - Italia - Tel. 0445-308112 +39-0445-308055 - cell. +39-320-7402008 - email: p.wave@p.wave.it	
Contratto:	SFCM S.p.A. Via Concordia Superiore, Bassano (PR)
Progetto:	Diego ARAGLIANEY - BARMIDA Rio TAME - Profili geoelettrici interpretati

## Rio TAME (K157+398)

Il tracciato è stato studiato con l'esecuzione di sei profili per un totale di 1338 m su terra e tre in acqua per un totale di 270 m.

L'area di espansione del fiume in sinistra si presenta ampia e con vaste aree acquitrinose per cui si sono eseguiti tre profili discontinui sulle zone coperte da acqua.

L'area compresa tra i due terrazzi superiori mostra valori di resistività media, generalmente tra 300 e 400 ohm-m, i massimi si sviluppano in forme lenticolari dello spessore di 15-20 m, e sono correlabili a ghiaie sabbiose; al di sotto compaiono terreni più conduttivi riconducibili a sabbie limose-argillose o ad alternanze delle stesse.

Agli estremi, sui due terrazzi, la situazione è completamente diversa ed i valori di resistività raggiungono valori massimi, con forme lenticolari ed irregolari.

Questi sono riconducibili a sedimenti antichi di sabbie secche e a ghiaie sabbiose molto compatte come risulta dai valori di SPT (rifiuto), in particolare nel terrazzo sinistro.

# Conclusioni

In sintesi si può osservare che il substrato alluvionale dei corsi d'acqua è variabile tra sedimenti fini sabbiosi e sedimenti prettamente ghiaiosi-ciottolosi.

Nel *Rio Tocaria* la sponda sinistra è prevalente di terre fini sabbiose anche leggermente ghiaiose, con spessore superiore a 30 m, mentre la parte destra presenta delle lenti consistenti di ghiaie compatte e ciottoli senza matrice fine che arrivano a rifiuto negli SPT.

Indicativamente la perforazione sul lato sinistro del fiume non troverà sostanziali problemi data la relativa omogeneità dei terreni, invece sul lato destro le ghiaie con ciottoli potranno dare problemi di perforazione.

Nel *Rio Curama* la situazione stratigrafica evidenzia una sedimentazione torrentizia con continue divagazioni. Gli apporti ghiaiosi e ciottolosi danno rifiuto alla prova SPT cioè sono allo stato molto denso.

L'eventuale perforazione può trovare dei problemi.

***Rio Guaciria*** : in questo caso un banco di 8-10 m di argille limose pressoché continuo e sub orizzontale si estende in tutta la sezione e non sembra presentare particolari problemi ad una eventuale perforazione,

***Rio Muese*** : in questo caso prevalgono i sedimenti ghiaiosi ciottolosi anche senza matrice fine che si estendono da una decina di profondità fino oltre quaranta m.

L'eventuale perforazione può incontrare serie difficoltà.

***Rio Aricaporo*** : pur simile nel nome al precedente se ne differenzia completamente per il tipo di sedimentazione, dove prevalgono le terre fini e sabbiose.

Si evidenzia un orizzonte di terre fini limo argillose estese mediamente tra i 10 ed i 30 m di profondità. Un po' più delicato il lato ovest per la presenza di lenti di ghiaie e sabbie riconoscibili tra le progressive 520-580 m. La perforazione ne dovrà tener conto.

***Rio Chire*** : presenta una situazione stratigrafica accostabile a quella del Rio Aricaporo, per la presenza di un orizzonte di terre argillose con intercalazioni sabbiose. Lo spessore medio di questo ruota attorno ai 15 m. Solo tra le progressive 180-250 m lo spessore si riduce per la presenza di un alto di ghiaie con ciottoli.

Nel ***Rio Casanare*** prevalgono le terre fini e sabbiose anche se non è da escludere qualche limitata lente sabbiosa ghiaiosa; nel complesso non sembrano apparire problemi ad una perforazione.

Il ***Rio Tame*** presenta una differenziazione tra la sedimentazione più antica dell'alto terrazzo e la sedimentazione interna ai terrazzi più recente. Questa evidenzia la presenza pressoché continua di un banco di ghiaie sabbiose limose e di sabbie.

Questo banco apparentemente sembra limitato inferiormente da terreni più conduttivi e cioè più fini. I terrazzi presentano alti valori di resistività legati a banchi di sabbie ghiaiose parzialmente cementate da processi pedogenetici di tipo lateritico.

***Rio Guata*** mediamente si è in presenza di terreni con alternanze di sabbie ed argille limose, si presentano alcune lenti più ghiaiose nella parte centrale.

I due terrazzi destro e sinistro si differenziano come nei precedenti profili, e sono costituiti per lo più da sabbie e sabbie ghiaiose compatte.