

## **Relaciones entre niveles acuíferos y deslizamientos de barrancas en Entre Ríos. Soluciones mediante sistemas drenantes.**

**E.L. Diaz, ; O.A. Dalla Costa y J.A. Sanguinetti**  
**Dorrego 3187 - (3000) Santa Fe**  
**Tel/FAX: +54 - 342 - 4552526 / 4562424 / 4811014**  
**Email: proinsa@gigared.com**

### **RESUMEN**

La margen izquierda del Río Paraná presenta barrancas con alturas entre 10 y 60 metros. Desde la localidad de Santa Elena al norte hasta la ciudad de Diamante al Sur, la cubierta limo-loésica y otros niveles ubicados en la parte media del talud constituyen acuíferos cuyas descargas propician condiciones favorables para el deslizamiento de masas de las formaciones superiores, con serias afectaciones en áreas pobladas y rurales, asociados a períodos lluviosos y especialmente los de recurrencia de 20 – 25 años o superiores.

En las localidades de Hernandarias y Diamante se han llevado estudios que se basaron en relevamientos geológicos e hidrogeológicos que permitieron: definir la estratigrafía general, la distribución espacial y parámetros hidráulicos de los acuíferos, la determinación de las propiedades físico-mecánicas de los suelos involucrados y estimar los coeficientes al deslizamiento bajo distintos grados de humectación o saturación y según distintos planos potenciales de ruptura.

El conocimiento de las condiciones hidrogeológicas de los acuíferos intervinientes, así como controles piezométricos sistemáticos, posibilitaron comprender la relación entre precipitaciones y deslizamientos, diseñar las obras de drenaje y llevarlas a cabo. Las afectaciones a la infraestructura justifican plenamente las inversiones para solucionar los problemas en las localidades afectadas.

**Palabras Claves:** deslizamiento, drenaje, monitoreo

### **ABSTRACT**

The left riverbank of the Paraná River presents cliff with heights between 10 and 60 meters. From the town of Santa Elena,; in the north; until the city of Diamante; in the south; the loess cover and other levels; located in the half part of the bank; constitute aquifers whose discharges propitiate favorable conditions for the landslides of the upper formations, with serious affectations in populated and rural areas, associated to rainy periods and especially those of 20-25 years of return periods, or higher.

In the towns of Hernandarias, Santa Elena and Diamante they have been carried out studies, based on geologic and hydrogeologicals reports, allowed to define the general stratigraphy, the space distribution and hydraulic parameters of the aquifers, the determination of the physical-mechanical conditions of the soils and estimate the stabilization coefficients for different humectación grades or saturation according to different potential planes of rupture.

The knowledge of the hydrogeological conditions of the aquifer, as well as the systematic pyezometric controls facilitated understand the relationship between precipitations and landslides, to design the drainage systems. The affectations to the infrastructure justify the investments fully to solve the problems in the affected towns.

**Key Words:** landslides, drainage, monitoring

## **INTRODUCCION**

La humectación y saturación de suelos colapsibles como arcillas y limos y la ocurrencia de grandes movimientos en masa son situaciones ampliamente conocidas en regiones de altas precipitaciones y amplitud del relieve y particularmente en zonas tropicales, donde la meteorización origina mayores espesores de suelos lábiles, incluso a partir de macizos rocosos.

En las barrancas en la margen izquierda del Río Paraná los principales factores para la ocurrencia de deslizamientos están dados por niveles acuíferos con descargas en el talud de barrancas, por las mayores pendientes y alturas de las mismas, por estratos arcillosos conformando parte del talud y por las profundizaciones próximas a la margenl. Pero la dinámica fluvial es la dominante en la continuidad de estos procesos al transportar en forma inmediata los materiales deslizados que llegan hasta el nivel de playa preponderantemente de texturas limo- arcillosas y en un tiempo mayor a las fracciones más gruesas ( arenas ) , impidiendo la permanencia de taludes con pendientes suaves y estables.

Se puede decir que los deslizamientos, en sus distintos tipos, constituyen el mecanismo para el paulatino y constante retroceso del frente de barrancas interviniendo, a escala geológica, en los desplazamientos de todo el aparato fluvial del Río Paraná registrados tanto hacia el oriente como al occidente de su ubicación actual . Estos desplazamientos ocurren desde el plio – pleistoceno y con amplitudes de centenares de kilómetros. La distribución en el subsuelo de las Provincias de Santa Fe y Entre Ríos de depósitos fluviales de esa edad ( Formación Itzaingó) y expresión antigua del actual río, documentan los desplazamientos ocurridos en los últimos millones de años.

Otras evidencias de los desplazamientos recientes hacia el oriente es el truncamiento de las redes de drenaje desarrolladas en la parte alta del territorio entrerriano ( tramo entre las localidades de Santa Elena y La Paz) que estarían documentando retrocesos en el orden de varios miles de metros sobre la morfología actual del territorio .

Las expresiones actuales de este proceso geológico de larga evolución, manifestadas en los deslizamientos de las barrancas del Río Paraná, son las que interesan por sus afectaciones en zonas urbanas y también rurales.

## **OBJETIVOS**

Los objetivos del presente informe son los de presentar la relación directa entre las condiciones hidrogeológicas y climáticas, y su vinculación con los deslizamientos en localidades de la margen izquierda del Río Paraná, en la Provincia de Entre Ríos.

Demostrar que un adecuado conocimiento y estudio de las condiciones hidrogeológicas permite la selección de obras de ingeniería, no estructurales, destinadas al control de los deslizamientos en las localidades afectadas.

## **METODOLOGIA**

### **Recopilación de Antecedentes**

En un trabajo previo, Fili et al (2002), analizaron las condiciones hidrogeológicas del área de la ciudad de Diamante de la Provincia de Entre Ríos en la que se producen movimientos en masa, y presentaron los estudios, las propuestas de solución y los resultados de la construcción de un sistema de drenaje mediante drenes horizontales construidos con tunelería inteligente para deprimir los niveles acuíferos.

### **Geología**

En su parte cuspidal está integrado por limos – loésicos (*sensus latus*) depositados en el Holoceno , con espesores de 3 – 5 metros ( promedios a lo largo de la margen) a más de 15 m ( Punta Piragua ) . Estos materiales son físicamente estables en condiciones de humedad natural y altamente inestables en condiciones de saturación. Tienen porosidad y una conductividad hidráulica en el orden de 0,70 m/ día . Sus taludes son subverticales. Se extienden a lo largo de todo el tramo considerado. Sus espesores máximos coinciden con las mayores cotas del terreno o divisorias de aguas del llamado “ relieve disectado entrrierano”. Constituyen un acuífero libre, explotado en modestos caudales por la población rural.

En la parte media y hasta alcanzar el tercio inferior del talud a partir de la latitud de la localidad de Hernandarias se presenta una potente formación netamente arcillosa (Formación Hernandarias de edad pleistocénica) de colores castaño-rojizos, con potencias de hasta 30 m, con intercalaciones decimétricas de duripanes calcáreos, cenizas volcánicas y arenas eólicas. Es el substrato de la cubierta loésica y tiene baja permeabilidad y conductividad hidráulica. En coincidencia con la cuenca del Arroyo Feliciano, hasta un 10% de su volumen esta ocupado por cristalizaciones drusiformes de yeso.

En el tercio inferior del talud de barranca domina una formación arenosa y de origen fluvial ( Formación Ituzaingó de edad plio-pleistoceno) con desarrollos localizados de estructuras lentiformes arcillosas en sus partes media e inferior , culminando con niveles también arcillosos de 3 m de potencia. A partir de la latitud de la ciudad de Paraná y hacia el Norte esta formación reemplaza discordantemente a la Formación Paraná , de origen litoral marino y de edad miocénica integrada , en Diamante, desde arriba hacia abajo, por estratos de arenas muy finas (acuíferas y de 4- 5 m de potencia), un miembro arcilloso de alta plasticidad ( 10-12 m de potencia ) y a partir de cota de pelo de agua del Río y en profundidad por arenas con niveles fosilíferos. En la zona de ciudad de Paraná está representada por arenas arcillosas , intercalaciones delgadas de arcillas de alta plasticidad y en proximidad de su techo por bancos de calizas organógenas ( > 3 m potencia) culminando la secuencia miocénica con un nivel de arenas muy finas. En largos tramos de la margen fluvial considerada, niveles arcillosos pertenecientes a Formación Paraná ocupan posiciones en cotas inmediatamente por debajo del pelo de agua del río y sobrepuestos por los niveles arenosos de FM Ituzaingó.

La Formación Ituzaingó caracteriza, entonces, las barrancas desde la Ciudad de Paraná hasta la Paz con pequeños relictos o asomos de niveles de Formación Paraná solo en algunos puntos (El Cerro) mientras que la Formación Paraná lo hace desde la ciudad homónima hasta Diamante. Los miembros arenosos ( y predominantes) de estas dos formaciones se continúan hasta Cota IGM –20, constituyendo el principal acuífero explotado en gran parte del territorio de la Provincia.

Una superficie de arrasamiento regional (atribuible a un cambio climático ocurrido en el

pleistoceno bajo) produjo la nivelación del relieve ocupado por depósitos de ambas formaciones. Sobre esa antigua superficie y coherente con la aridificación imperante, se produjo una intensa precipitación de carbonatos (“tosca calcárea”) con bancos duros y concreciones de varios metros de espesor englobando una matrix limo-arcillosa o netamente loésica, en algunos tramos. La expresión sobre el frente de barranca y a lo largo de toda la margen considerada es un resaltante banco duro ubicado en Cota IGM 37, disminuyendo paulatinamente hacia el norte hasta Cota IGM 32.

### ***Los deslizamientos***

Un 22 % de los 180 km de barrancas entre Diamante y La Paz presentaban en el año 1981 deslizamientos recientes o actuales. Es muy factible un incremento significativo de ese porcentaje luego de las crecientes extraordinarias de 1982/83, 1992/93 y 1997/98 y del último período lluvioso 2002/2003 y también como lo indica la reactivación de deslizamientos y ocurrencias de nuevos movimientos registrados al presente solamente en áreas urbanas.

En anteriores presentaciones, incluidas en el listado bibliográfico, se han detallado aspectos sobre los deslizamientos de barrancas en el área, habiéndose tipificado los mismos atendiendo a controles geológicos dados por superficies deslizantes en estratos arcillosos ubicados en la parte media, inferior o por debajo del pelo de agua del río (lecho).

Una primera conclusión de esas experiencias señalaba el predominio de pequeños deslizamientos iniciales, originados en la parte alta de la barranca seguidos por la formación de escalones en la parte media e inferior del talud con los materiales colapsados y la posterior reactivación de estos últimos a través de planos deslizantes coincidentes con lentes o intercalaciones arcillosas.

En sectores de estrechamientos del cauce principal del Río Paraná la mayor velocidad, capacidad de transporte y profundizaciones del lecho (no permitiendo la formación de un perfil de equilibrio) se relacionaron con una mayor ocurrencia de deslizamientos (Diamante, Paraná – La Toma, El Cerro y otros puntos).

En ningún caso se han registrado eventos de magnitudes catastróficas como producto de un único movimiento o deslizamiento con superficies de ruptura profundas y retroceso súbito de varios metros del borde superior de la barranca o que involucren todo su talud. Esta posibilidad queda igualmente descartada en los cálculos de estabilidad incluidos en proyectos y obras de estabilización realizados a partir de 1994.

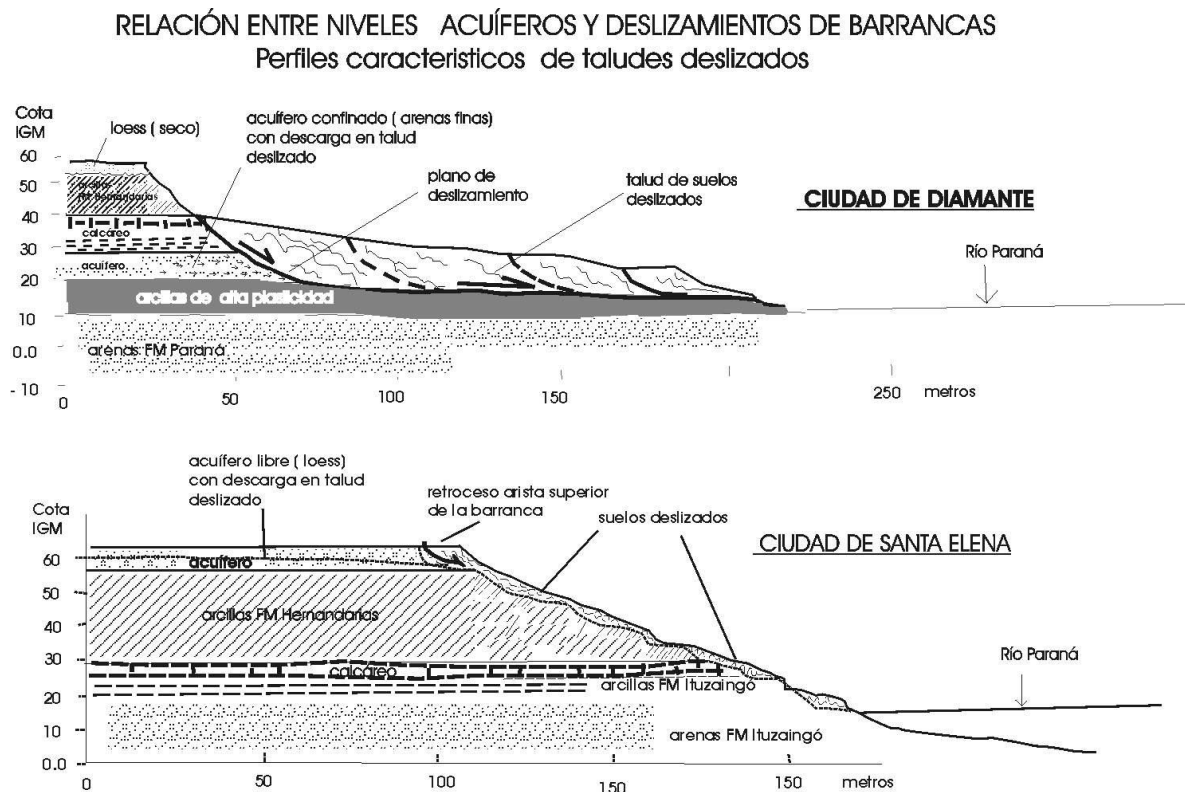
Puede decirse entonces que, los retrocesos con afectaciones serias, se producen por una sumatoria de corrimientos menores que se intensifican en períodos lluviosos. Los rangos de esos retrocesos corresponden a decenas de metros para los dos últimos períodos de grandes lluvias (1978 – 2002) con máximos de 25 m para cada uno de ellos como en el caso de la localidad de Santa Elena, Figura 2.

### ***Acuíferos intervinientes en los deslizamientos***

Fili et al (1995) caracterizan los ambientes hidrogeológicos de Entre Ríos. Experiencias en estudios y proyectos a partir de 1995 confirmaron la importancia de niveles acuíferos con descargas en el frente de barrancas como causa principal o, cuanto menos, de efectos más inmediatos en la ocurrencia de deslizamientos y por lo tanto necesarios de controlar en áreas urbanizadas o con infraestructura (medida ya planteada en Diamante, en 1978, luego de los destructivos deslizamientos ocurridos en coincidencia con un período lluvioso).

En Diamante el acuífero relacionada a los deslizamientos está confinado e integrado por estratos de arenas muy finas de la Formación Paraná ( Mioceno), ubicados entre cotas 22-26 (tercio inferior del talud de barranca) . Sobre el frente de barrancas, estos estratos están cubiertos por acumulaciones de suelos deslizados (Figura 1). No se conoce la extensión regional de este acuífero ni tampoco los sectores de posibles recargas cercanas a esta localidad.

En las localidades de Diamante y Santa Elena las descargas hídricas sobre el talud, iniciadoras de deslizamientos, son producidas por un acuífero libre conformado por limos loésicos (Holoceno) que integran la parte cuspidal de las barrancas y se extienden, superficialmente en gran parte del territorio entrerriano (Figura 1).



**Figura 1. Perfiles característicos de las áreas deslizadas**

En ambos escenarios la respuesta de los respectivos acuíferos a períodos lluviosos es inmediata (pocos días) habiéndose demostrado también en Hernandarias y Santa Elena aportes subterráneos de sectores urbanizados.. En estas dos localidades la profundidad de los planos de deslizamientos no supera los 3 – 4 m, mientras que en Diamante, donde el nivel acuífero se ubica en el tercio inferior de la barranca y está directamente apoyado sobre un potente banco arcilloso de alta plasticidad, el plano de deslizamiento supera los 10 metros de profundidad y las cuñas de suelos deslizados tienen anchos de 100 –150 m (Figura 1) características estas que se mantienen a los largo de 5000 metros sobre el frente de barrancas.

**Controles morfológicos.**

Si bien los depósitos superficiales de limos loésicos ocupan la mayor parte del territorio de Entre Ríos en la franja adyacente al Río Paraná, se diferencian sectores donde la

inestabilidad del talud de barrancas es más intensa. Estos sectores coinciden con superficies del terreno poco escindidas, de suaves pendientes hasta el borde barranca y de alguna extensión areal, condiciones, estas, que favorecen la infiltración y la escorrentía subterránea hasta el frente de barrancas. Regionalmente, donde dominan estas características, los retrocesos de su arista superior afectan tramos de varios kilómetros de longitud. En general, la morfología del substrato impermeable de este acuífero superior, dado por las arcillas de Formación Hernandarias, acompaña la superficie del terreno.

Cuando estas condiciones coinciden con mayores espesores de los limos loésicos (más de 15 m en la zona de Punta Piragua, con 62 m de altura de barranca) los retrocesos de la arista superior superan los 200 m, originando profundas entradas en su traza y una fuerte disminución de la pendiente en el resto del talud, particularmente del tramo ocupado por las arcillas de la Formación Hernandarias.

En el caso de sectores urbanizados, donde retrocesos de pocos metros implican afectaciones o impactos serios, las mencionadas condiciones naturales se magnifican por los aportes hídricos provenientes del uso doméstico o industrial y especialmente donde no existe una completa red cloacal o deficientes sistemas del drenaje urbano.

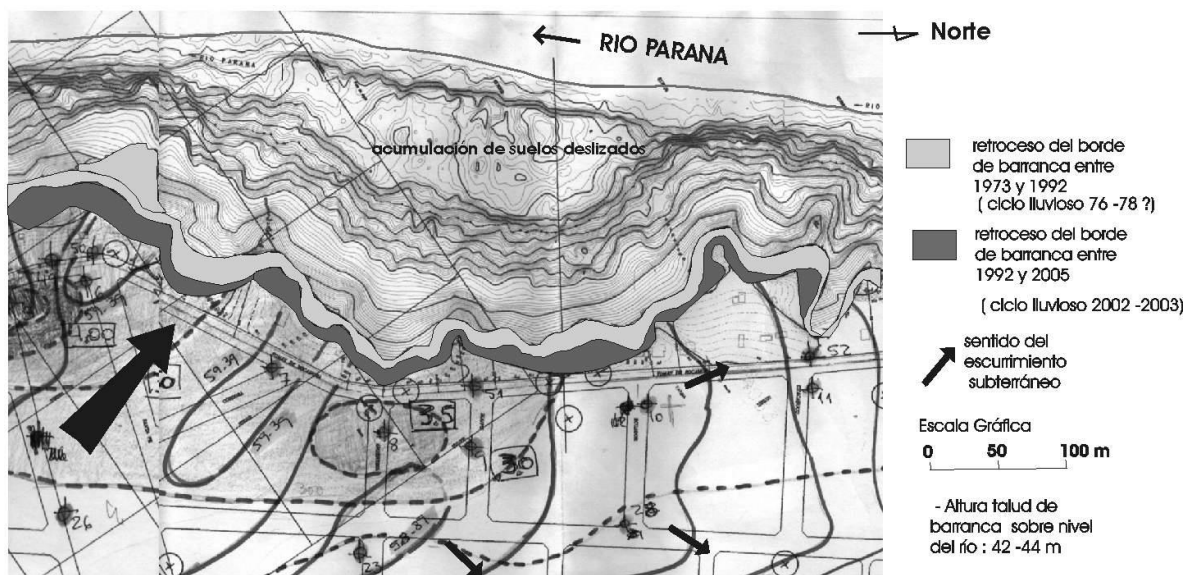
Sin embargo la morfología del terreno en la franja inmediatamente adyacente al borde superior de la barranca son las determinantes en la mayor o menor afectación por deslizamientos originados en la parte alta del talud. En el caso de la ciudad de Diamante, un relieve de fuertes pendientes en el sector urbanizado y aledaño al frente de barrancas, impide la llegada al talud de caudales y la saturación de los depósitos loésicos superficiales (con más de 5 m de potencia) no registrándose deslizamientos a partir de los mismos. Algo similar ocurre en el paraje La Toma (Ciudad de Paraná) donde existe una fuerte contrapendiente a la arista superior de la barranca. En ambas localidades, los deslizamientos ocurridos, con fuerte afectación en la infraestructura portuaria y vial (Diamante) y en emplazamientos de torres de alta tensión de 110 y 500 kV (La Toma) obedecen a otras condiciones, ya mencionadas: acuífero en el tercio inferior de la barranca y potente banco arcilloso (Diamante) y a profundizaciones del lecho del río Paraná e intercalaciones arcillosas por debajo del pelo de agua (La Toma).

Localmente, la morfología del substrato impermeable (arcillas de Formación Hernandarias) puede controlar una mayor intensidad de deslizamientos al concentrar los flujos subterráneos sobre puntos localizados, como sucede en la localidad de Santa Elena, Figura 2.

Respecto a las extensiones de las cuencas de recarga por infiltración de agua de lluvias se ha demostrado, tanto en Hernandarias como en Santa Elena, que superficies de 4 – 5 hectáreas aún parcialmente edificadas y pavimentadas, son suficientes para producir deslizamientos con fuertes afectaciones sobre viviendas e infraestructura, Figura 3.

Un ejemplo de recargas no naturales del acuífero superior se presenta en Santa Elena (Calle Uruguay) con caudales provenientes de la planta potabilizadora y que se manifestaban en taludes ubicados a 100 m (cañadon) y a 300 m (barrancas).

## RELACIÓN ENTRE NIVELES ACUÍFEROS Y DESLIZAMIENTOS DE BARRANCAS



Sector de la barranca en la localidad de Santa Elena - El mayor retroceso del borde de barranca (entrada de configuración semicircular) se lo asocia a una mayor descarga del acuífero superior (loess). Esta descarga está controlada por la morfología del techo del substrato impermeable (arcillas FM Hemandarias) cuya superficie estructural está representada en el gráfico.

**Figura 2. Relación entre niveles acuíferos y los deslizamientos**

### **Determinación de la conductividad hidráulica**

A los efectos de caracterizar las conductividades hidráulicas de los suelos, con el fin de diseñar el sistema de drenaje, USDA (2001,a y 2001,b), de la porción superior de la columna estratigráfica, se realizaron determinaciones de conductividad hidráulica de los suelos mediante la técnica de "pozo barrenado"

El ensayo consiste, Van Bavel et al (1948) y FAO (1978), en producir una depresión de la columna de agua en un pozo de diámetro de 3" y de profundidad conocida, a posteriori se mide la recuperación en función del tiempo. Para ello se utilizará una microbomba electrosumergible de 12 volts, para profundidades de hasta 5 metros.

La ecuación que interpreta el ensayo es una expresión derivada empíricamente, por lo que puede considerarse como una fórmula que indica la relación exacta que teóricamente debe existir entre las diferentes magnitudes. El valor de conductividad hidráulica K es lo suficientemente exacto si se cumplen las siguientes condiciones:

- radio de la perforación entre 3 y 5 cm.
- profundidad del pozo por debajo del nivel freático,  $20 < j < 200$  cm
- la depresión mayor que el 20 % de la profundidad saturada,  $h > 0.2 H$
- las variaciones de los descensos deben ser menor que un cuarto del descenso total,  $\Delta h < \frac{1}{4} h_{t1}$

Las mediciones deben finalizar antes de que el agua subterránea que ingresa al pozo barrenado haya repuesto la cuarta parte del volumen del agua extraída.

Los valores de recuperación se calculan y procesan mediante las ecuaciones de Van Beers (1958) que estableció el método y los cálculos que pueden utilizarse para los fines prácticos. Este método es probablemente el más eficaz. Consiste en abrir un agujero o pozo barrenado de 2 pulgadas de diámetro mediante barrenado manual, hasta una profundidad mayor de un metro por debajo del nivel freático. Se extrae con una bomba el agua que ingresa a la perforación, y se comienza a medir la velocidad de recuperación en cm/seg.

Esto se puede realizar varias veces para obtener intervalos de tiempo y ascenso constantes o lo más próximo a ellos para ser utilizados en el cálculo de la conductividad hidráulica; la que se determina mediante la fórmula de Ernst (1950). Para suelo homogéneo:

$$K = \frac{4000 * r^2 * \Delta h}{(J + 20 r) * (2 - \Delta h/j) * h * \Delta t}$$

donde:

K = conductividad hidráulica

h = distancia entre el nivel freático y el nivel medio del agua en pozo barrenado que corresponda al intervalo de tiempo  $\Delta t$ .

j = profundidad del pozo por debajo del nivel freático

r = radio del pozo

## **Diseño del Sistema de drenaje**

El sistema de drenaje en las localidades de Diamante, Santa Elena y Hernandarias fue diseñado en base a los datos de conductividad hidráulica, la morfología de las formaciones acuíferas, las

## **RESULTADOS**

### **Determinación de la conductividad hidráulica**

La Tabla 1 presenta los resultados de 17 determinaciones de conductividad hidráulica de los limos-loessoides en la localidad de Santa Elena, realizado en pozos barrenos mediante la técnica del "pozo inverso". Los valores oscilan entre 0,10 y 1,83 m/día ( $1,21 \times 10^{-4}$  a  $2,12 \times 10^{-3}$  cm/seg). Estudios similares han sido ejecutados en las localidades de Hernandarias y Diamante.

### **Situaciones en obras construidas**

Para la construcción del sistema de drenes horizontales, en las localidades de Hernandarias, Santa Elena y Diamante se utilizó una perforadora y se ejecutaron drenes horizontales desde media barranca, controlando que la perforación se desarrollara en el acuífero involucrado.

A medida de que las perforaciones se terminaban de construir y se colocaba el entubamiento definitivo comenzaron a medirse diariamente mediante la medición de la profundidad del nivel estático con respecto a la boca de pozo y las precipitaciones en un pluviómetro instalado al efecto en el área.



**Tabla 1. Valores de Conductividad Hidráulica determinados en Santa Elena**

Ensayo	Conductividad Hidráulica	
	(m/día)	(cm/seg)
1	0.35	$4.02 \times 10^{-4}$
2	0.45	$5.20 \times 10^{-4}$
3	0.35	$4.03 \times 10^{-4}$
4	0.40	$4.66 \times 10^{-4}$
5	0.38	$4.44 \times 10^{-4}$
6	0.30	$3.50 \times 10^{-4}$
7	0.31	$3.64 \times 10^{-4}$
8	0.10	$1.21 \times 10^{-4}$
9	0.13	$1.45 \times 10^{-4}$
10	0.50	$5.80 \times 10^{-4}$
11	0.31	$3.56 \times 10^{-4}$
12	1.83	$2.12 \times 10^{-3}$
13	0.78	$9.09 \times 10^{-4}$
14	0.70	$8.06 \times 10^{-4}$
15	0.88	$10.2 \times 10^{-4}$
16	0.21	$2.39 \times 10^{-4}$
17	0.53	$6.10 \times 10^{-4}$

En la localidad de Santa Elena, se instalaron 6 drenes subhorizontales ejecutados por tunelería inteligente en el año 2003, emplazados en la base del loess, con un total de 300 m de tubería drenante. En las primeras semanas de colocados drenaban del orden de 50 m<sup>3</sup>/ día. Actualmente ese caudal se ha reducido a la mitad, habiendo desaparecido las vertientes y mejorándose notablemente la estabilidad en el sector más afectado por los deslizamientos.

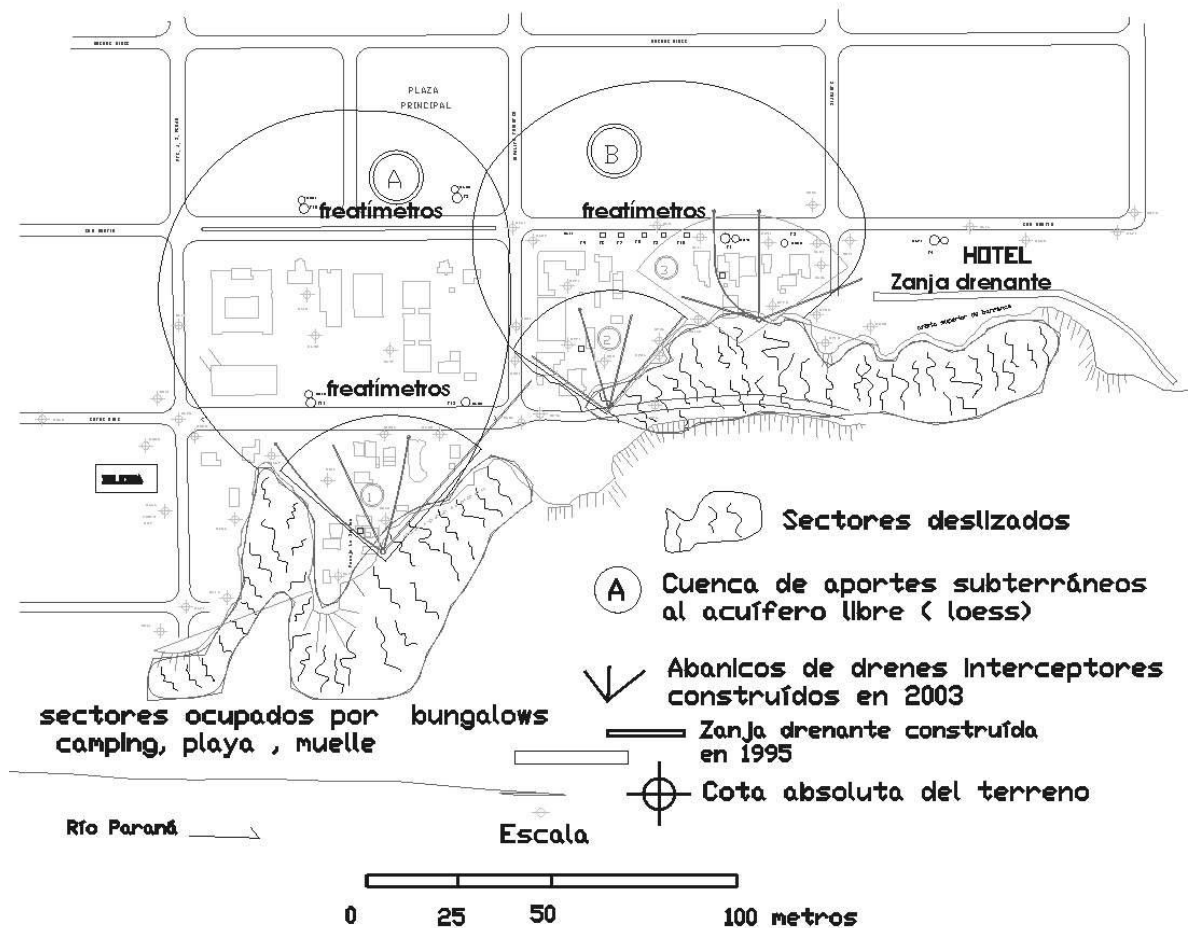
Se ha constatado en la ciudad de Diamante, en el sistema de drenes sub-horizontales alojado dentro del mismo, Fili et al (op cit) realizada entre los años 2003 a 2004, una rápida respuesta a las precipitaciones, no obstante el espesor del orden de 30 m de formaciones acuicludas que lo sobreyacen, confirmando la existencia de aportes urbanos y /o conexiones hidráulicas no detectadas. Otro punto a destacar es el nivel piezométrico existente antes de la instalación del sistema drenante que alcanzaba 7 m por arriba de su techo, deprimido actualmente a un par de metros por arriba de su piso, a los dos meses de instalada los niveles piezométricos se estabilizan. Se controló los caudales drenantes mediante el aforo volumétrico con valores estabilizados entre 250 y 1000 lt/hs.

Los caudales medios drenados luego de la estabilización en 39 cámaras de carga, con 4 drenes horizontales oscila actualmente en 400 m<sup>3</sup>/día, y se producen variaciones de la piezometría por efecto de las recargas de las precipitaciones, que oscilan en menos de 0,20 m. Existe un claro efecto de borde entre los drenes extremos, la cámara de carga final en el sur del área protegida que colecta los últimos 4 drenes es la que, drena los mayores caudales del conjunto, mientras que los drenes ubicado en el área norte, donde finaliza el área con los inconvenientes señalados drena los menores caudales.

En la localidad de Hernandarias, se han construidos drenes por tunelería inteligente, que continúan funcionando sin inconvenientes, Figura 3.

# Relación entre niveles acuíferos y deslizamientos

## Villa Hernandarias - Entre Ríos



NOTA : la relación entre los deslizamientos y las descargas del acuífero superior o acuífero libre ( loess) fueron consideradas en el Proyecto de 1993 (llevado a obra en 1995) al igual que en otra etapa de proyecto (Municipalidad 1996) . En 1995 se construyó una zanja drenante pero las principales medidas consistieron en inyecciones cementificas para aumentar la estabilidad en la parte inferior del talud de barranca y en protecciones flexibles sobre el lecho ( Río Paraná ) y playa para evitar erosiones del río, estas medidas respondieron a las condiciones del terreno en esa época. La incidencia del acuífero superior pudo evaluarse **en su real dimensión** luego de las lluvias de 2002 -2003

Figura 3

Figura 3. Relación entre cuencas y zonas deslizadas

## CONCLUSIONES

Las descargas de acuíferos sobre el frente de barranca es uno de los principales factores en el inicio de nuevos deslizamientos y reactivación de los existentes.

La instalación de sistemas drenantes impidiendo esas descargas son una medida necesaria pero no suficiente para una estabilización que garantice la seguridad de sectores urbanizados o con infraestructura, para lo cual se han planteado y llevado a obra, en los últimos años, otras soluciones ingenieriles que impiden el efecto directo del agua de lluvia sobre los taludes, las descargas de aguas superficiales, el aumento en la estabilidad de los taludes mediante perfilados y bermas, estructuras rígidas resistentes a los empujes, protecciones de lecho y playa.

La problemática planteada merece la concreción de proyectos de investigación que relacionen cuali y cuantitativamente las lluvias, el comportamiento de los acuíferos y la dinámica de los deslizamientos.

## BIBLIOGRAFÍA

Ernst, L.F. (1950). "A new formula for the calculation of the permeability factor with the auger hole method". Agricultural Experiment Station T.N.O. Groningen, the Netherlands.

F.A.O (1978). Ensayos de Drenaje. Boletín Nro 28.

Fili, M.; Tujchneider, O.; Perez, M.; Paris, M. y D'Elia, M. (1995). "Ground Water Researches in the Entre Ríos Province. Argentina". XXVI Congress of the International Association of Hydrogeologists. Edmonton. Canada.

Fili, M.F.; Dalla Costa, O.A.; Díaz, E.L. y Giorgio, E. (2002). "Estudios Hidrogeológicos para la estabilización de deslizamientos de barrancas en la ciudad de Diamante. Provincia de Entre Ríos. Argentina". XXXII IAH & VI ALSHUD Congress "Groundwater and human Development". Mar del Plata. 21 al 25 de Octubre de 2002.

Morbidoni N.P.; Simián, F. ; Sanguinetti J.A. y R. Ceresole (1982). "Características geotécnicas y análisis de estabilidad de las barrancas en la Zona del Estribo (Cierre Chapetón - Proyecto Paraná Medio)". VII Congreso Argentino de Mecánica de Suelos y Fundaciones – Rosario.

Morbidoni, N.P.; , D. Larangeira, D. y J.A.Sanguinetti (1984). "Protección de barrancas en el área de emplazamiento de las torres de alta tensión- Paraje la Toma – Paraná". VIII Congreso Argentino de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones – Neuquén.

Sanguinetti, J.A. y R. Ceresole. (1990). "Erosión en Márgenes de Grandes Embalses: aplicación de un método para su pronóstico". Actas del Tercer Simposio de la Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería – San Juan 1990.

Santi, M.; H. Casa, H. y J.A.Sanguinetti (2000). "Estudio de Aguas Subterráneas en la Provincia de Entre Ríos – Etapas II y III" Provincia de Entre Ríos". Contrato con el Consejo Federal de Inversiones. Inédito.

U.S. Department of Agriculture (2001,a). "Water Table Control". Part 624. National Engineering Handbook. Elaborado por Ken Twitty y John Rice. Natural Resources Conservation Service. 210-VI-NEH, April 2001.

U.S. Department of Agriculture (2001,b). "Water Management (Drainage)". Part 650 National Engineering Field Handbook. Elaborado por Ronald L. Marlow. Natural Resources Conservation Service. 210-VI-NEH, April 2001.

Van Beers, W.F.J. (1958). "The aufer hole method". Bull. N° 1. International Institute for Land Reclamation and Improvement. Wageningen. 32 páginas.

Van Bavel,C.H.M.and Don Kirkham. (1948). "Field measurement of soil permeability using auger holes". Soil Science Society of America Proceedings. Vol. 13. pp.90-96.