



SITIOS INTERÉS GEOLOGICO

de la República Argentina

VILLAVIL

Un pueblo bajo riesgo de deslizamientos

Luis Fauqué^{1,2} Pablo Tchilinguirian¹ y Marcela Gladys Yamin^{1,2,3}



SegemAR

Servicio Geológico Minero Argentino

Anales 46 | Buenos Aires 2008



INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES

Sitios de Interés Geológico de la República Argentina

EDITOR

Comisión Sitios de Interés Geológico de la República Argentina (CSIGA):
Gabriela Anselmi, Alberto Ardolino, Alicia Echevarría, Mariela Etcheverría, Mario Franchi,
Silvia Lagorio, Hebe Lema, Fernando Miranda y Claudia Negro

COORDINACIÓN

Alberto Ardolino y Hebe Lema

DISEÑO EDITORIAL

Daniel Rastelli

Referencia bibliográfica

Sitios de Interés Geológico de la República Argentina. CSIGA (Ed.) Instituto
de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino,
Anales 46, I, 446 págs., Buenos Aires. 2008.

ISSN 0328-2325

Es propiedad del SEGEMAR • Prohibida su reproducción
Publicado con la colaboración de la Fundación Empremin



**INSTITUTO DE
GEOLOGÍA Y
RECURSOS
MINERALES**

Av. General Paz 5445 (Colectora provincia)
Edificio 14 - 1650 - San Martín - Buenos Aires
República Argentina



Av. General Paz 5445 (Colectora provincia)
Edificio 25 - 1650 - San Martín - Buenos Aires
República Argentina

www.segemar.gov.ar | comunicacion@segemar.gov.ar | csiga@segemar.gov.ar

BUENOS AIRES - 2008

Luis Fauqué¹⁻², Pablo Tchilinguirian¹ y Marcela Gladys Yamin¹⁻²⁻³

RESUMEN

En varios lugares del centro y norte de Argentina han ocurrido deslizamientos de gran magnitud. En Villavil, localidad ubicada en el valle del mismo nombre, en la provincia de Catamarca, aproximadamente 350 habitantes viven bajo riesgo de deslizamientos que podrían destruir la villa y sus alrededores, ya que en el pasado geológico reciente se han deslizado, por la ladera este del valle, siete enormes losas rocosas. En dicha ladera, los estratos o capas de rocas sedimentarias y volcánicas inclinan con el mismo ángulo y en la misma dirección que la pendiente, coincidencia que favorece los deslizamientos. Estos movimientos, que tuvieron una velocidad posiblemente superior a los 2 metros por segundo, fueron controlados por fallas (transgresivas y de estratificación) y probablemente se desencadenaron de forma abrupta como consecuencia de un terremoto. En la actualidad, ambos tipos de fallas ya están desarrolladas en las laderas ubicadas detrás de la villa y, aunque hasta ahora sólo han sido registrados pequeños movimientos, éstos sugieren que ya ha comenzado la primera etapa (cuasi-estática) del deslizamiento. En 1994, la Dirección Nacional del Servicio Geológico (actualmente Servicio Geológico Minero Argentino) informó a las más altas autoridades provinciales sobre el riesgo geológico que afecta a la localidad de Villavil, pero hasta la fecha no se han tomado medidas de prevención.

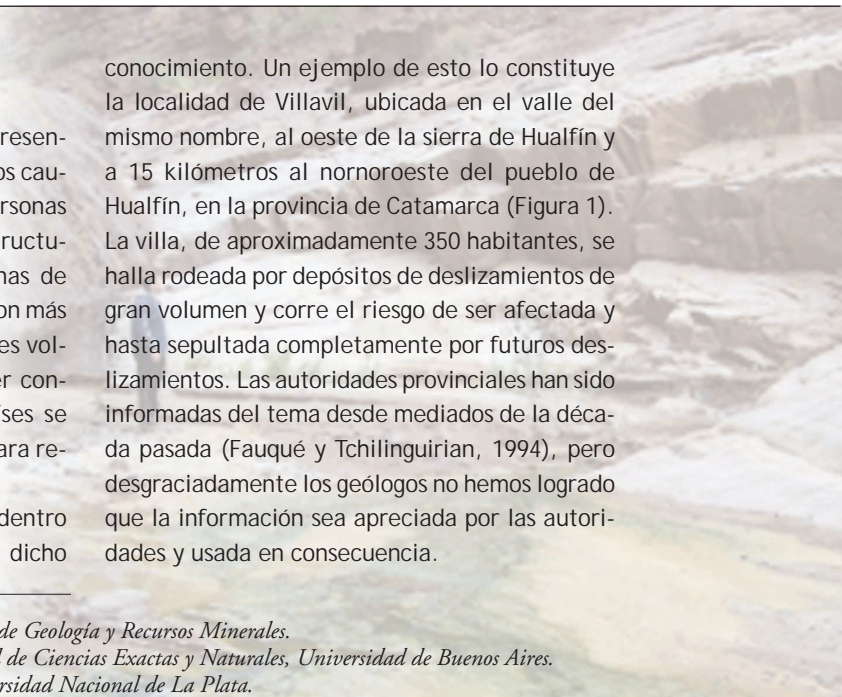
ABSTRACT

In several places in the centre and north of Argentina there have been some catastrophic landslides of large magnitude. In Villavil, in the province of Catamarca, approximately 350 inhabitants live under the risk of future slides that might destroy their town and its surroundings, because seven huge slabs have already slid down the eastern side of this valley. There, the layers of sedimentary and volcanic rocks are inclined at the same angle and in the same direction as the valley side. The slides, whose speed of movement that may have exceeded 2 metres per second, have been controlled by (transgressive and bed-parallel) faults. Such structures are already developed on the side behind the town and, even though they have so far registered only small movements so far, they suggest that the quasi-static stage of the slide has already started. In the case of the large displaced slabs, the transition from the quasi-static state to the dynamic state must have been abrupt and probably caused by an earthquake. In 1994, the Dirección Nacional de Servicio Geológico (National Geological Survey) warned the major provincial authorities about the geological risk affecting Villavil but up to date no preventive measures have been taken.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a los datos estadísticos presentados por Brabb en 1991, los deslizamientos causan anualmente la muerte de miles de personas y, además, producen daños en la infraestructura, cuya reparación insume varias decenas de billones de dólares. Sin embargo, aunque son más predecibles que los terremotos, erupciones volcánicas y algunas tormentas y pueden ser controlados más fácilmente, muy pocos países se benefician de la información disponible para reducir los riesgos que acarrearán.

Argentina se halla lamentablemente dentro del conjunto que no maneja con eficacia dicho



conocimiento. Un ejemplo de esto lo constituye la localidad de Villavil, ubicada en el valle del mismo nombre, al oeste de la sierra de Hualfín y a 15 kilómetros al noroeste del pueblo de Hualfín, en la provincia de Catamarca (Figura 1). La villa, de aproximadamente 350 habitantes, se halla rodeada por depósitos de deslizamientos de gran volumen y corre el riesgo de ser afectada y hasta sepultada completamente por futuros deslizamientos. Las autoridades provinciales han sido informadas del tema desde mediados de la década pasada (Fauqué y Tchilinguirian, 1994), pero desgraciadamente los geólogos no hemos logrado que la información sea apreciada por las autoridades y usada en consecuencia.

1. Servicio Geológico Minero Argentino, Instituto de Geología y Recursos Minerales.

2. Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.

3. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.

GEOLOGÍA REGIONAL Y EVOLUCIÓN DEL VALLE DE VILLAVIL

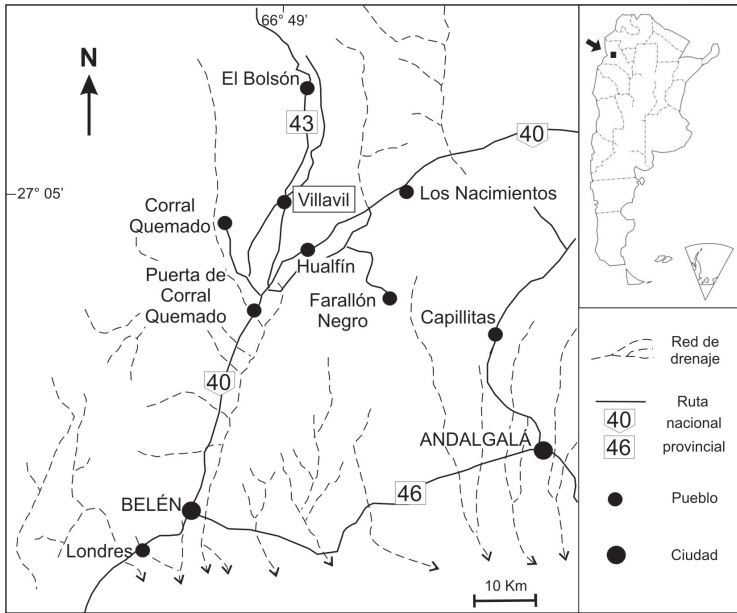


Figura 1. Mapa de ubicación.

El lugar es considerado sitio de interés geológico por tres motivos: se trata de un tipo particular de deslizamientos de gran magnitud, es ejemplo de una localidad que vive bajo condiciones de riesgo geológico potencial y, además, muestra la negligencia de las autoridades políticas, quienes tienen en sus manos el poder de decisión para solucionar el grave problema que afecta a esta comunidad y aún no han tomado ninguna medida.

Villavil está ubicada en las Sierras Pampeanas, enmarcada en un paisaje de sierras separadas por valles y depresiones amplias o pampas (vocablo del cual deriva el nombre que en 1873 aplicara Stelzner a dicha provincia o unidad geológica).

En las sierras se encuentran las rocas más antiguas, mientras que en los valles y las pampas se acumulan los sedimentos más modernos, depositados allí por ríos y vientos.

El basamento antiguo de las sierras está constituido, principalmente, por rocas metamórficas y graníticas de edad neoproterozoica - paleozoica. Entre su formación en profundidad y su ascenso, transcurrieron unos 200 millones de años (Ver «Ubicándose en el tiempo», al final del capítulo). Las rocas ascendidas fueron erosionadas paulatinamente y, durante el Mesozoico y el Paleógeno, en algunos sectores se originaron rocas sedimentarias que cubrieron al basamento.

La posterior elevación de las Sierras Pampeanas ocurrió aproximadamente hace 24 millones de años y formó parte de un proceso progresivo que se inició en el oeste y fue migrando hacia el este (Figura 2). Los esfuerzos compresivos que actúan en la corteza terrestre provocaron primero el ascenso de la Cordillera de

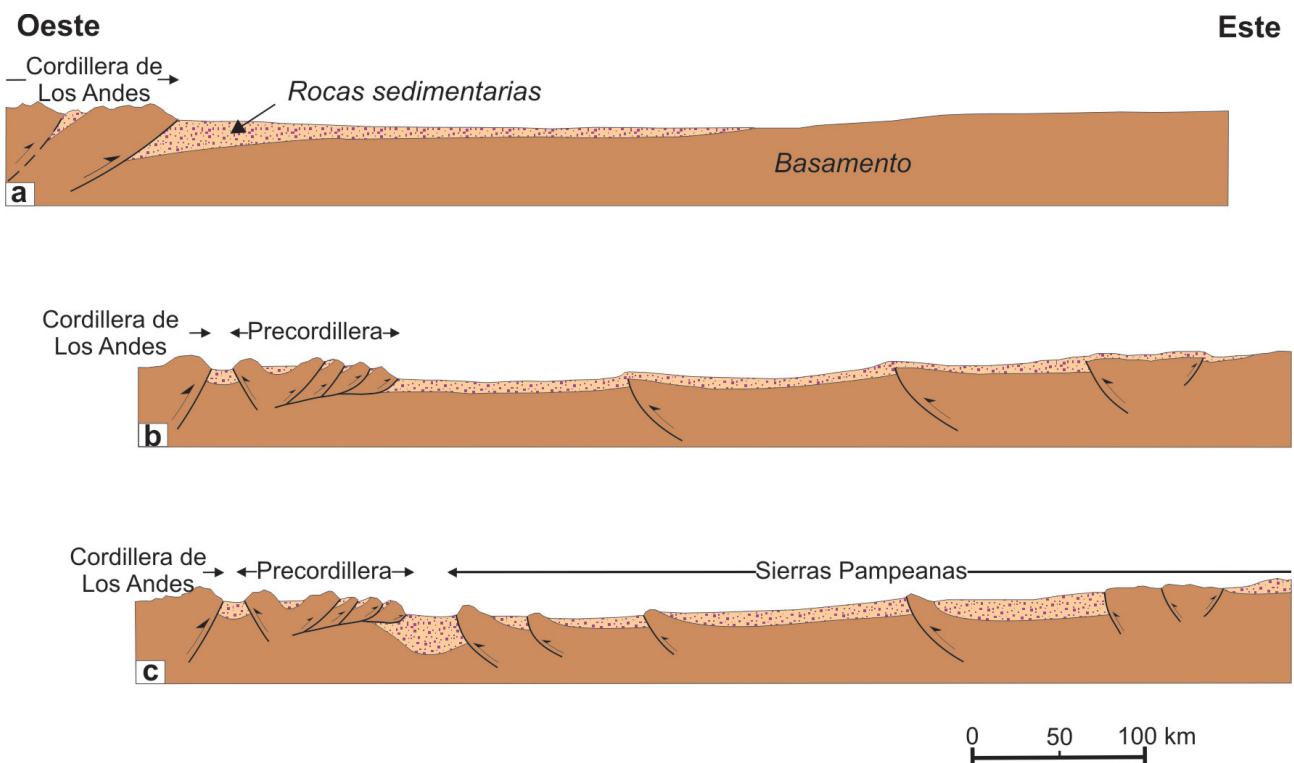


Figura 2. Perfiles esquemáticos que muestran la secuencia de los levantamientos de la Cordillera de Los Andes (a), la Precordillera (b) y las Sierras Pampeanas (c) (modificado de Ramos, 1999).

Los Andes, luego el de la Precordillera y finalmente el de las Sierras Pampeanas.

A medida que las sierras ascendían, sus rocas iban siendo afectadas por la erosión y el material que resultaba de este desgaste se iba depositando sobre las rocas más antiguas ubicadas hacia el nacimiento (ver la figura 2). Se originaron así rocas sedimentarias que, concomitantemente con el levantamiento, también fueron arrastradas y elevadas y, en algunos casos, plegadas entre los bloques de basamento (Figura 3). Actualmente se las halla en la parte baja de las laderas de las sierras o formando serranías menores en el paisaje. También constituyen la base sobre la que se asientan los depósitos modernos que rellenan los valles y depresiones. La localidad de Villavil está ubicada precisamente en un paisaje de serranías menores que la erosión fluvial labró sobre sedimentitas neógenas.

Es interesante ilustrar la evolución que ha tenido el valle de Villavil - El Bolsón - El Jarillal porque es una prueba de los cambios operados en el paisaje durante el pasado reciente. Inicialmente existía (Figura 4A) un único valle que drenaba las aguas en dirección sudoeste. La primera interrupción en el valle (Figura 4B) fue causada por una falla de desplazamiento de rumbo. Ésta produjo

allí una desviación del río hacia el este, dejando al mismo tiempo desconectado el tramo inferior (río El Jarillal) del tramo superior (río El Bolsón - Villavil). Finalmente, inmensos deslizamientos (Figura 4C) que sepultaron completamente un sector del tramo superior, dividieron a éste en dos partes: los ríos El Bolsón y Villavil.

¿DÓNDE Y POR QUÉ SE PRODUCEN LOS DESLIZAMIENTOS?

Los deslizamientos no se producen en cualquier lugar, sino en aquéllos donde coinciden un conjunto de factores y causas que favorecen su desarrollo, tales como las propiedades del material potencialmente deslizante, el paisaje y relieve circundante y los factores externos independientes.

El primer factor mencionado se refiere al tipo de material (roca, sedimento, suelo) y a sus características estructurales, como el grado de consolidación, la cementación, el espesor, la disposición de las capas o estratos y de las losas (cuerpos rocosos de gran tamaño, compuestos, en el caso de Villavil, por una sucesión de estratos de hasta 80 metros de espesor, con un largo y ancho

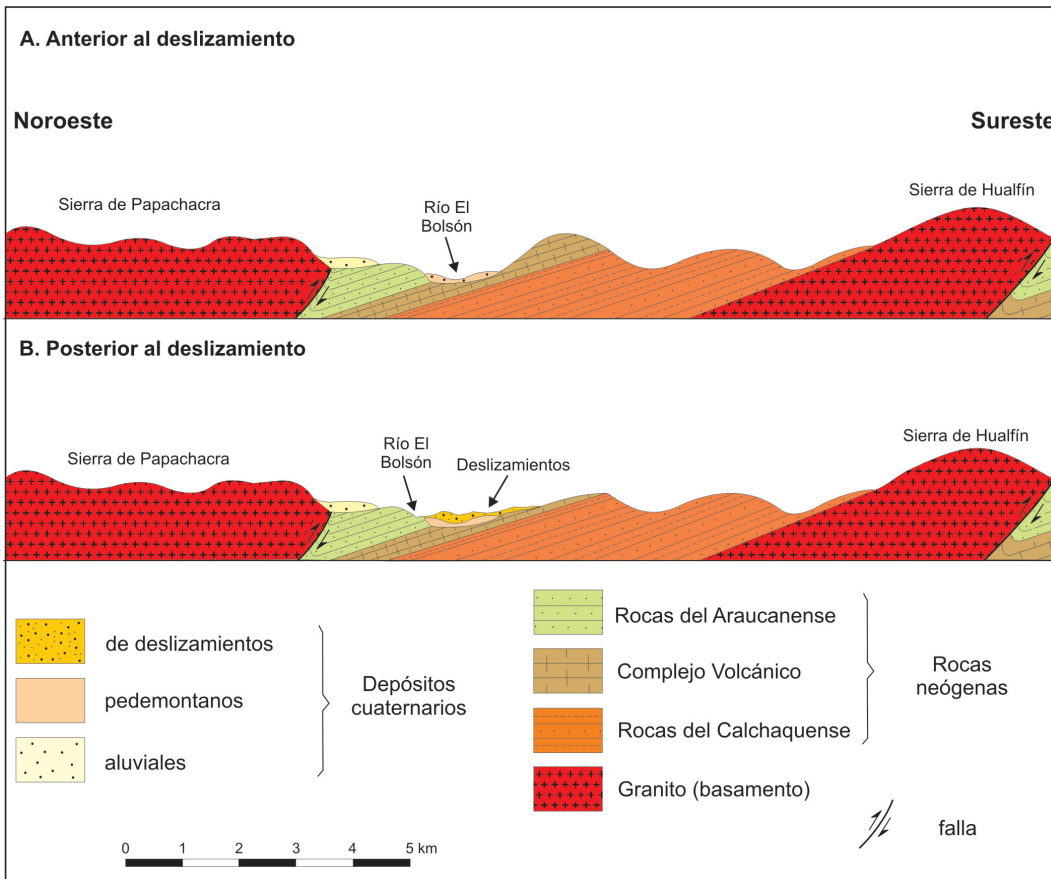


Figura 3. Corte transversal entre la sierra de Hualfin y la sierra de Papachacra mostrando las sedimentitas neógenas levantadas e inclinadas por el ascenso de los bloques de basamento.

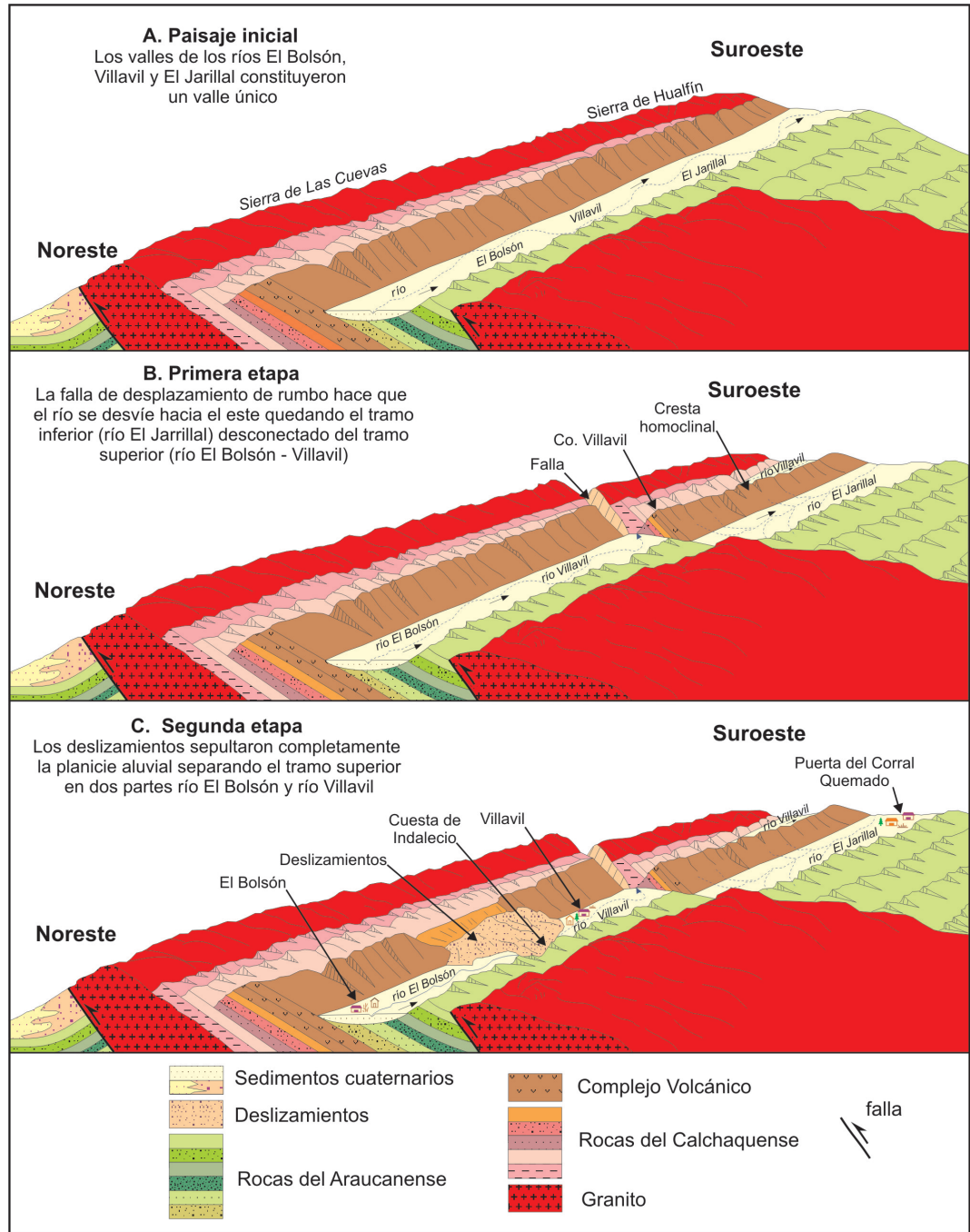


Figura 4. Diagrama simplificado que muestra la evolución reciente del valle El Bolsón-Villavil-El Jarillal.

cercanos a los 100 metros, en los deslizamientos mayores), además de las fracturas y fallas.

En cuanto al paisaje y el relieve, las características de las pendientes son cruciales para determinar la magnitud, severidad y tipo de deslizamiento. También influyen la orientación de las pendientes, la vegetación y las condiciones previas de humedecimiento del material deslizable, vinculadas con el clima de la región.

Los factores externos independientes comúnmente han sido denominados «disparadores» de los deslizamientos, ya que suministran la fuerza que los inicia en forma inmediata. Son princi-

palmente tres: los terremotos, las precipitaciones excesivas -aguaceros torrenciales- y las actividades humanas (acción antrópica), ya que el hombre con sus obras modifica las condiciones naturales de las laderas, favoreciendo su desestabilización y rotura.

Teniendo en cuenta los factores y causas antes mencionados se puede hacer un análisis sobre el valle de Villavil. Tal como puede verse en las figuras 3 y 4, este valle fue labrado por el río sobre una sucesión de estratos sedimentarios entre los que se intercalan rocas volcánicas, inclinando todo el conjunto al noroeste.

En el faldeo oriental del valle las rocas volcánicas inclinan en la misma dirección y con el mismo ángulo que la ladera (Figuras 3 y 4), lo que facilita los deslizamientos. Esta situación se complica aún más porque las losas de roca volcánica descansan sobre capas rojas de rocas arcillosas que constituyen una excelente superficie de patinaje.

A estas condiciones desfavorables se habrían sumado eventos sísmicos que actuaron como disparadores de los deslizamientos, en los cuales se movilizó, ladera abajo, toda o parte de la losa de vulcanitas de 80 a 100 metros de espesor, patinando sobre las rocas arcillosas.

En este marco geológico se asentó la pequeña población de Villavil, aprovechando un

tramo del valle no sepultado por los deslizamientos (Figura 5). La ladera ubicada atrás de la localidad no se ha deslizado aún, a pesar de que en ella se han observado una serie de factores condicionantes -litológicos y estructurales- que favorecerían la generación de deslizamientos. Detallados estudios realizados sobre esta vertiente, han permitido encontrar evidencias de movimientos muy lentos e imperceptibles, que en muchos casos son la preparación o el inicio de los movimientos rápidos posteriores.

Distribuidos tanto al sur como al norte de Villavil, hubo siete deslizamientos de gran envergadura (Figuras 5 y 6). El desigual grado de erosión que presentan los depósitos deslizados, indica que son de distinta edad, lo cual implica

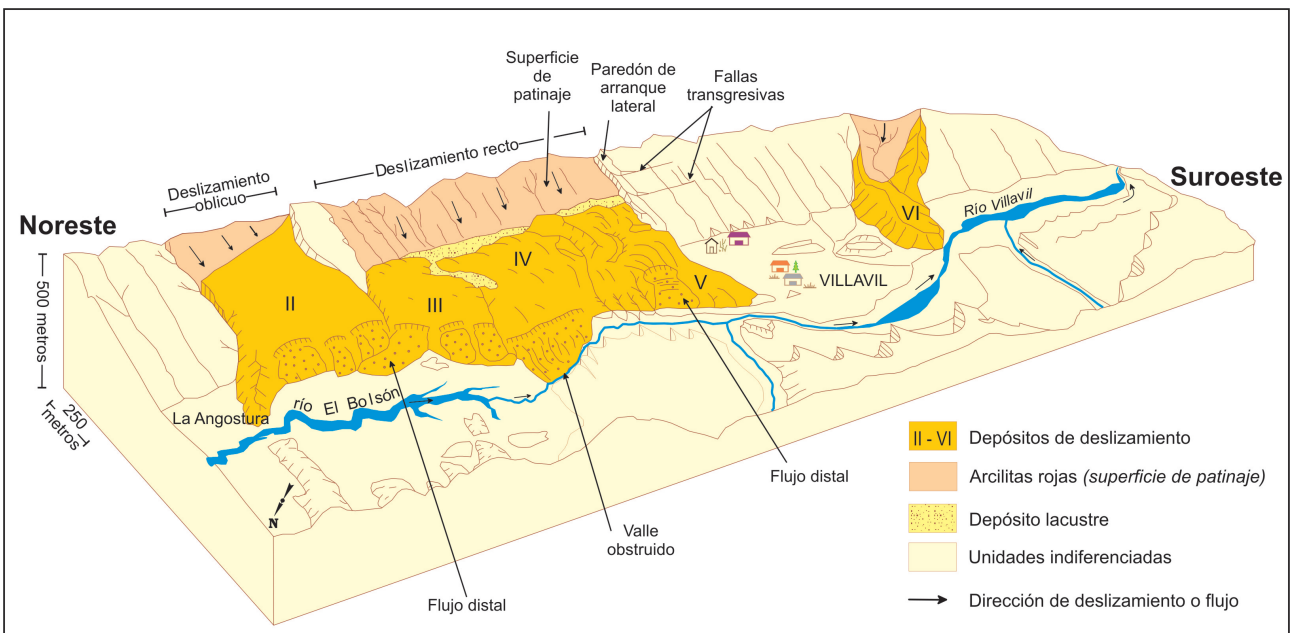


Figura 5. Deslizamientos más próximos a la localidad de Villavil; otros dos (I y VII) se hallan respectivamente al noreste y al suroeste del sector representado en la figura.



Figura 6. Imagen satelital donde se observan los deslizamientos que rodean a Villavil. La villa se destaca en el recuadro.

una reiteración de los movimientos y el consiguiente aumento de la peligrosidad.

¿De qué depende su peligrosidad?

La peligrosidad de los deslizamientos, que directa o indirectamente afectan al hombre y/o a las obras por éste realizadas, dependerá del volumen deslizado, de la velocidad del movimiento, del área que cubran sus depósitos y de la frecuencia de su reiteración.

CARACTERÍSTICAS DE LOS DESLIZAMIENTOS DE VILLAVIL

Mecanismo

Cuando los estratos inclinan en la misma dirección que la pendiente, como es el caso de Villavil, se pueden tener tres alternativas: que el ángulo de inclinación de los estratos sea mayor, igual o menor que el de la pendiente (ver recuadro). La situación más desfavorable es la última, dado que los planos de estratificación son superficies de discontinuidad que en esa posición facilitan el patinaje. Si el ángulo de los estratos supera al de la pendiente, los planos de estratificación no serán la estructura geológica que facilitará el deslizamiento, si es que éste se produce.

Si la inclinación de la pendiente y de los estratos coincide, se podría suponer que difícil-

mente habría deslizamientos. Sin embargo éstos ocurren cuando también se hallan presentes dos estructuras geológicas: las fallas transgresivas, que cortan el paquete rocoso hacia arriba, y las fallas de estratificación, que permiten el patinaje o deslizamiento a favor de los planos de estratificación. Ambas están representadas en el perfil esquemático de la figura 7, donde también se han señalado algunas de las partes constitutivas de los deslizamientos: la superficie de patinaje, la losa arqueada apoyada sobre la falla transgresiva, la losa sobrecorrida y los depósitos de flujos distales. Estos últimos, generados en la etapa final del movimiento, cuando la losa se rompe en bloques de diferentes tamaños, son muy móviles.

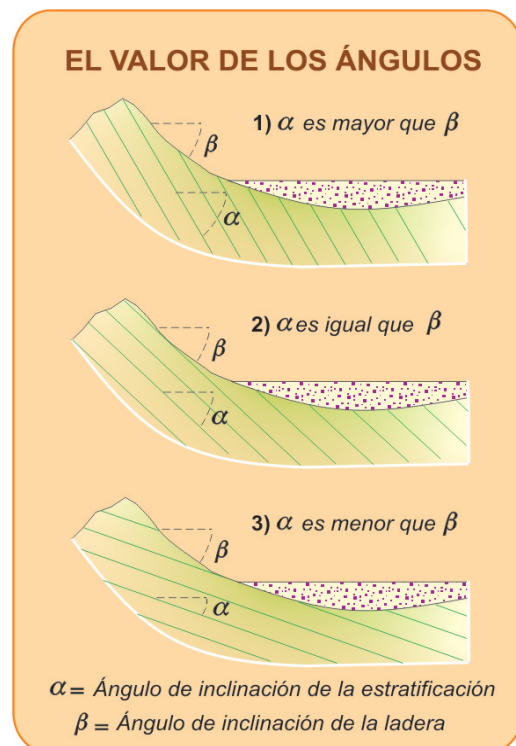
En este tipo de deslizamientos o movimientos de laderas, se pueden separar una etapa cuasi-estática y una etapa dinámica. La primera es tan lenta que el movimiento es imperceptible (milímetros o décimas de milímetros al año) y concluye cuando ya están desarrolladas las fallas transgresivas y las fallas de estratificación. La segunda es muy rápida (varios metros por segundo) y corresponde al patinaje de la losa o verdadero deslizamiento. Como ya se ha dicho, el pasaje de la primera etapa a la siguiente requiere generalmente de un disparador (precipitaciones, sismos, acción antrópica).

En la losa correspondiente a las rocas del Complejo Volcánico ubicadas atrás de Villavil (Fotografía 1) están presentes ambos tipos de fallas, y sobre las mismas se han registrado movimientos lentos e imperceptibles, indicando que ya ha comenzado la etapa cuasi-estática.

Aunque los deslizamientos que ocurrieron en el resto del valle son bastante similares, presentan entre sí algunas diferencias. Por ejemplo, algunos carecen de flujos distales y otros en cambio no poseen losa sobrecorrida, siendo todo el depósito un gran flujo. Estas variaciones están dadas principalmente por la distancia recorrida sobre la superficie de patinaje (Figura 8), así como por el desplazamiento, que puede ser recto u oblicuo sobre esa superficie (Figura 5).

En los más antiguos, el estado dinámico habría adoptado la forma de un rápido deslizamiento de losas, que al fracturarse durante el movimiento originaron enormes flujos distales con bloques de gran tamaño.

No existe en el área actividad antrópica que pueda haber actuado como disparador. Del mismo modo pueden descartarse las precipitacio-



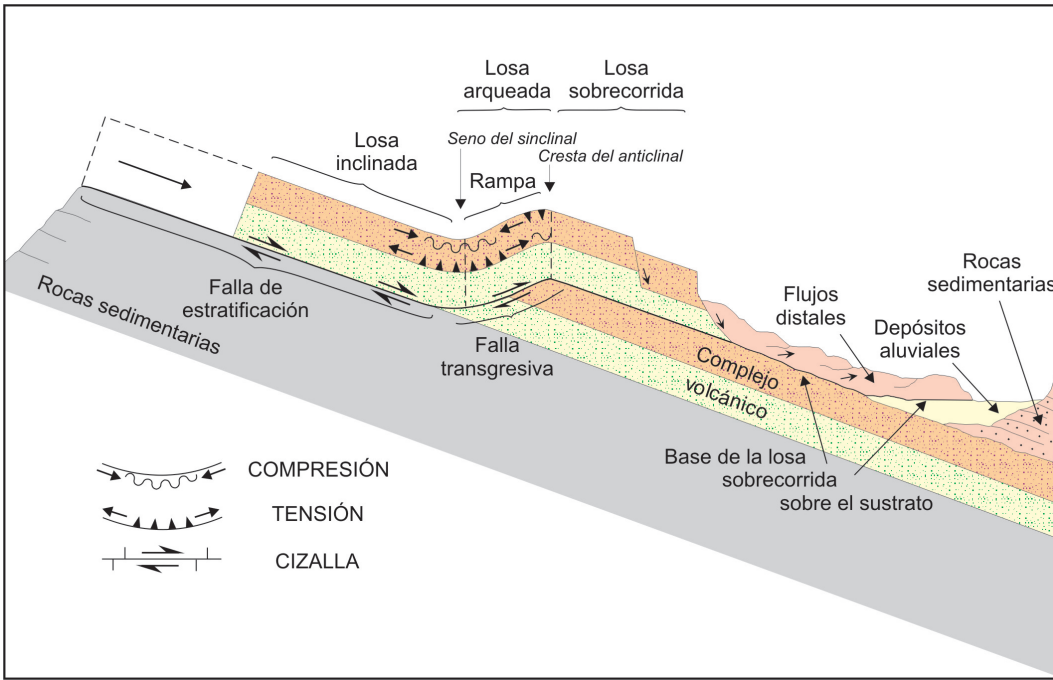


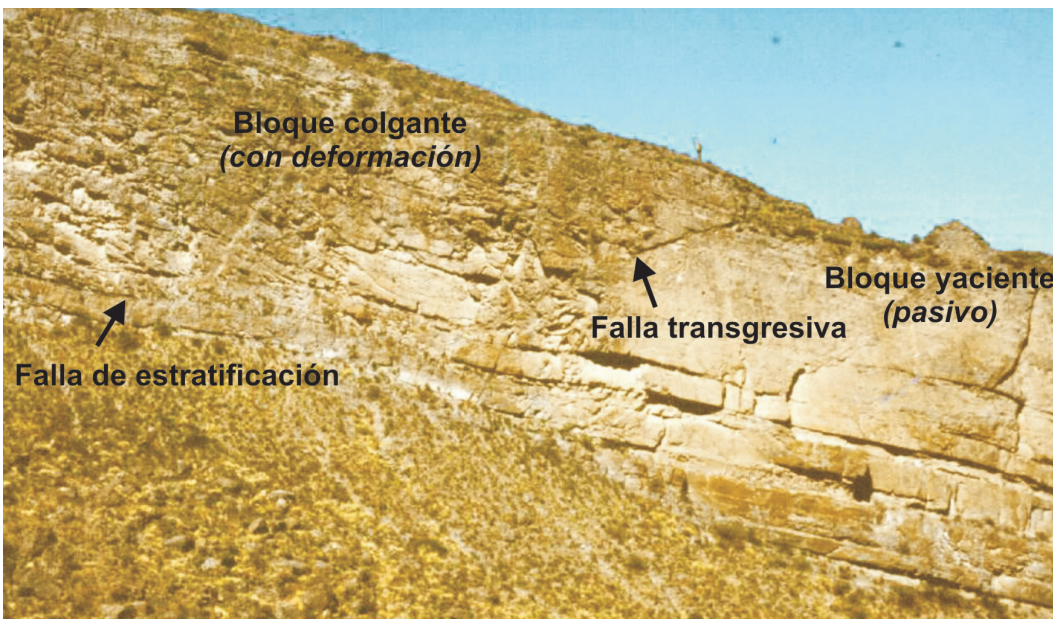
Figura 7. Perfil idealizado de los deslizamientos.

nes, por la baja fluidalidad que muestra la masa deslizada. Esto es un indicio de que el movimiento ocurrió con escasa o nula participación de agua. Fue un movimiento seco, facilitado por fluidización mecánica, la cual es producida por el choque entre los bloques, a través de los cuales éstos transfieren su energía cinética o de movimiento.

De tal modo puede concluirse que la carga dinámica o disparador que los inició, muy probablemente hayan sido temblores o terremotos, ya que la zona presenta elevada actividad sísmica, como puede corroborarse en los mapas

publicados por el Instituto Nacional de Prevención Sísmica.

Asimismo, los deslizamientos se hallan en las proximidades de una falla que corta la ladera, sobre la cual se producen desplazamientos, fundamentalmente de rumbo (Figura 4B). Sobre esta falla se habrían ubicado los epicentros del sismo de junio de 1986 en Hualfín, lo que indicaría que es una estructura activa y sismogénica (IMPRES, 1986), es decir que hay movimientos sobre el plano de falla y éstos generan sacudidas sísmicas que -si son de gran intensidad- desencadenan los deslizamientos.



Fotografía 1. Fallas transgresivas y de estratificación que afectan a la losa ubicada detrás del pueblo; sobre este paredón se produjo el arranque lateral del deslizamiento V.

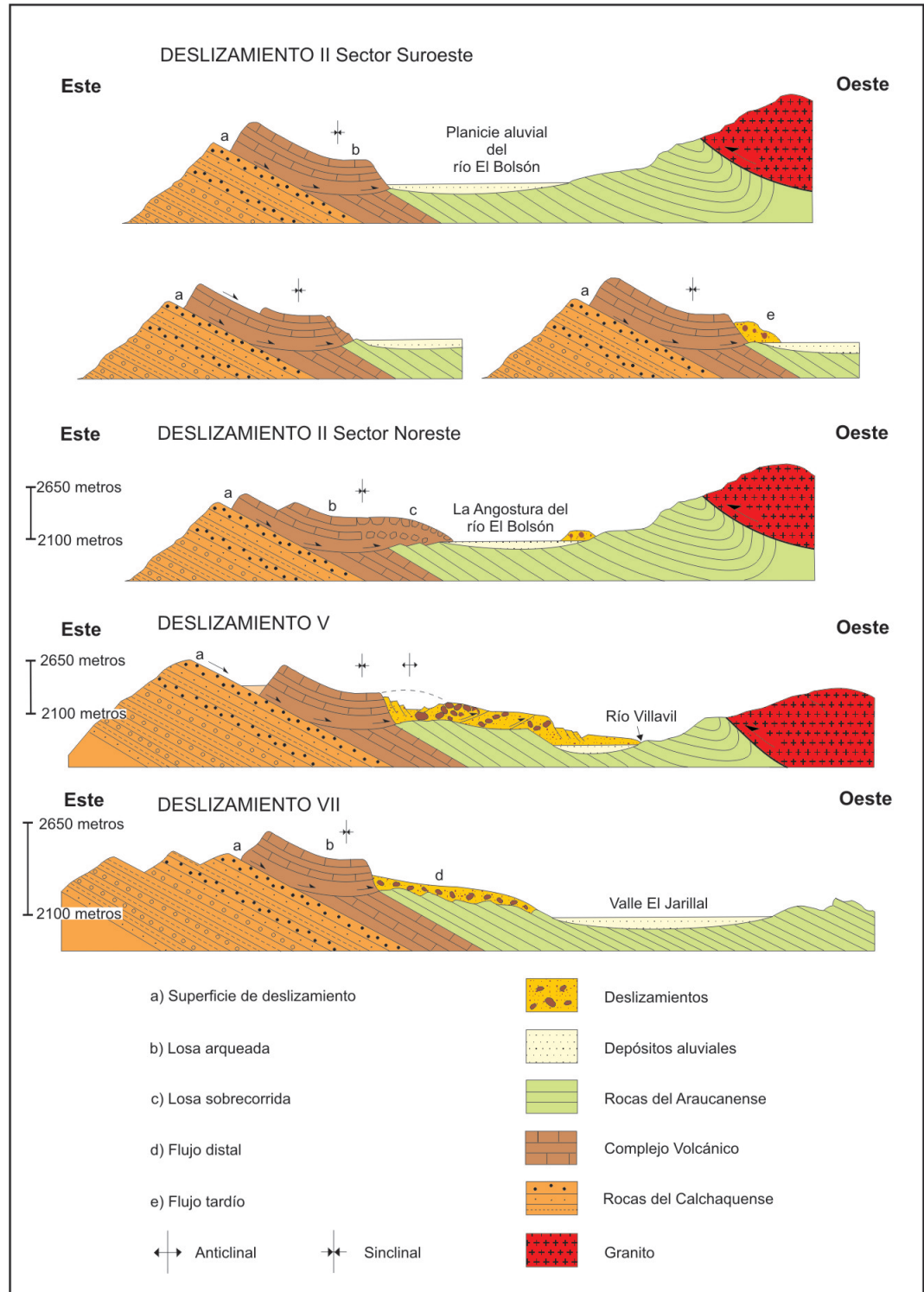


Figura 8. Sección transversal esquemática que muestra las características litológico - estructurales y los mecanismos de movimiento de los deslizamientos de Villavil.

Dimensiones

Es interesante analizar algunos de los parámetros que dan idea sobre las dimensiones de los deslizamientos. La Tabla 1 proporciona una serie de datos tales como el espesor aproximado de las losas deslizadas, el volumen del material movilizado, el desplazamiento de las losas sobre la superficie de patinaje, la distan-

cia que ese material penetra o invade el valle, el desnivel o distancia máxima que desciende la masa deslizada y la longitud máxima alcanzada por el deslizamiento, conocida también esta última como movilidad o distancia de viaje. Tener presente estos datos es importante para comprender que ninguna obra de estabilización permite evitar el riesgo que implica un probable deslizamiento, y que la única solución posible es

un traslado de las viviendas hacia lugares más seguros (Fotografía 2).

En la Tabla 1 no figuran datos del deslizamiento I porque fue un movimiento pequeño y muy antiguo y, por lo tanto, no se le han realizado análisis morfométricos pues sus depósitos están muy erosionados.

Velocidad

Ante la posibilidad de que en el futuro la localidad pueda ser afectada, se hizo una estimación de la velocidad que podrían alcanzar estos movimientos, dato muy necesario para la prevención del riesgo geológico.

Utilizando el modelo geométrico simplificado de la figura 7, el cálculo se basa fundamentalmente en las variaciones de energía potencial (energía de posición que depende de la altura del objeto) que la losa experimenta durante el deslizamiento, y en la transformación de esa energía potencial en energía cinética o

de movimiento. Hay muchas variables que el modelo no contempla y por lo tanto los valores obtenidos no pretenden dar más que una idea aproximada de las velocidades.

Los datos obtenidos indican que, de producirse deslizamientos de la magnitud de los ya ocurridos, podrían esperarse velocidades cercanas a 2 metros por segundo, por lo cual tardarían aproximadamente unos 5 minutos en alcanzar el centro de la localidad.

Resulta interesante entonces analizar cuál podría ser la distancia de viaje si se produce el movimiento de la losa ubicada atrás de Villavil.

Movilidad

La movilidad de los deslizamientos o distancia de viaje, es una información esencial para planificar la prevención de desastres.

En todos los deslizamientos de Villavil, la masa deslizada habría descendido desniveles parecidos o comparables. En cambio, la movili-

| Deslizamiento | Espesor losa deslizada (metros) | Volumen deslizado (10^6 m^3 *) | Patinaje de la losa (metros) | Invasión del valle (metros) | Descenso de la losa deslizada (metros) | Distancia de viaje (metros) |
|---------------|---------------------------------|---|------------------------------|-----------------------------|--|-----------------------------|
| II | 70-80 | 184 | 720 | 1.250 | 500 | 1.000-1.700 |
| III | 80 | 247 | 723 | 1.500 | 500 | 2.100 |
| IV | 80 | 375 | 1.300 | 1.880 | 500 | 2.300 |
| V | 80 | 243 | 1.315 | 1.400 | 500 | 2.000 |
| VI | 30-35 | 34 | - | 620 | 450 | 1.200 |
| VII | 70 | 15 | 290 | 600 | 300 | 1.000 |

Tabla 1. Parámetros que permiten estimar las dimensiones de los deslizamientos (* millones de metros cúbicos).



Fotografía 2. Vista hacia el norte desde la parte superior del deslizamiento VI. Detrás de las fincas puede apreciarse la altura, el volumen (y la distancia de viaje) del deslizamiento V (A). La ladera inclinada (B) que se halla a la derecha, es la losa inestable que podría deslizarse con gran riesgo para la localidad.

dad o distancia de viaje es variable (Tabla I), porque depende de varios factores:

- del volumen deslizado, siendo directamente proporcional al mismo. Los deslizamientos VI y VII, de pequeño volumen, habrían tenido poca movilidad y en cambio el deslizamiento de mayor volumen (IV) habría sido el de mayor movilidad.
- de la distancia de patinaje de la losa sobre la superficie de deslizamiento.
- de la forma del patinaje sobre dicha superficie: puede ser recto u oblicuo (Figura 5). Los deslizamientos II y VII, que se desplazaron en forma oblicua, habrían tenido menor movilidad que los demás.
- de la inclinación de la falla transgresiva: cuanto más cercano es el plano de falla a la horizontal, más probable es el movimiento y mayor su movilidad.

En caso de producirse deslizamientos de gran envergadura en la losa ubicada atrás de Villavil, la distancia de viaje podría ser de hasta 1.500 metros o aún mayor. Al respecto, debemos tener en cuenta que el frente serrano sujeto a riesgo de deslizamiento se halla a 620 metros del centro de la localidad. De acuerdo a estos cálculos la localidad de Villavil quedaría completamente sepultada.

EDAD DE LOS DESLIZAMIENTOS

Para poder valorar el riesgo que implican los deslizamientos, también resulta necesario conocer sus edades. Con ese propósito hemos analizado la cronología relativa de los movimientos, obteniéndose además una edad absoluta por el método Carbono-14.

El orden sucesivo de los deslizamientos III, IV y V, que se hallan en contacto (Figura 5) puede ser establecido fácilmente, mediante la comparación del grado de erosión y el grado de preservación de los distintos depósitos y de las superficies de patinaje. Así se ha podido determinar que el más moderno es el deslizamiento V y el más antiguo el III, conclusión preocupante ya que indica que a lo largo del tiempo, los movimientos se fueron acercando hacia Villavil.

Si bien no es fácil obtener edades absolutas, porque es rara la preservación de restos carbonosos en este tipo de depósitos gruesos, pudo sin embargo recuperarse material para datar en los depósitos lacustres formados por el represamiento de los

ríos, causados por los deslizamientos. Conjuntamente con la edad absoluta conseguida, el análisis de la evolución de los acontecimientos, ilustrado en la figura 9, nos permitió determinar la edad de los deslizamientos IV y V.

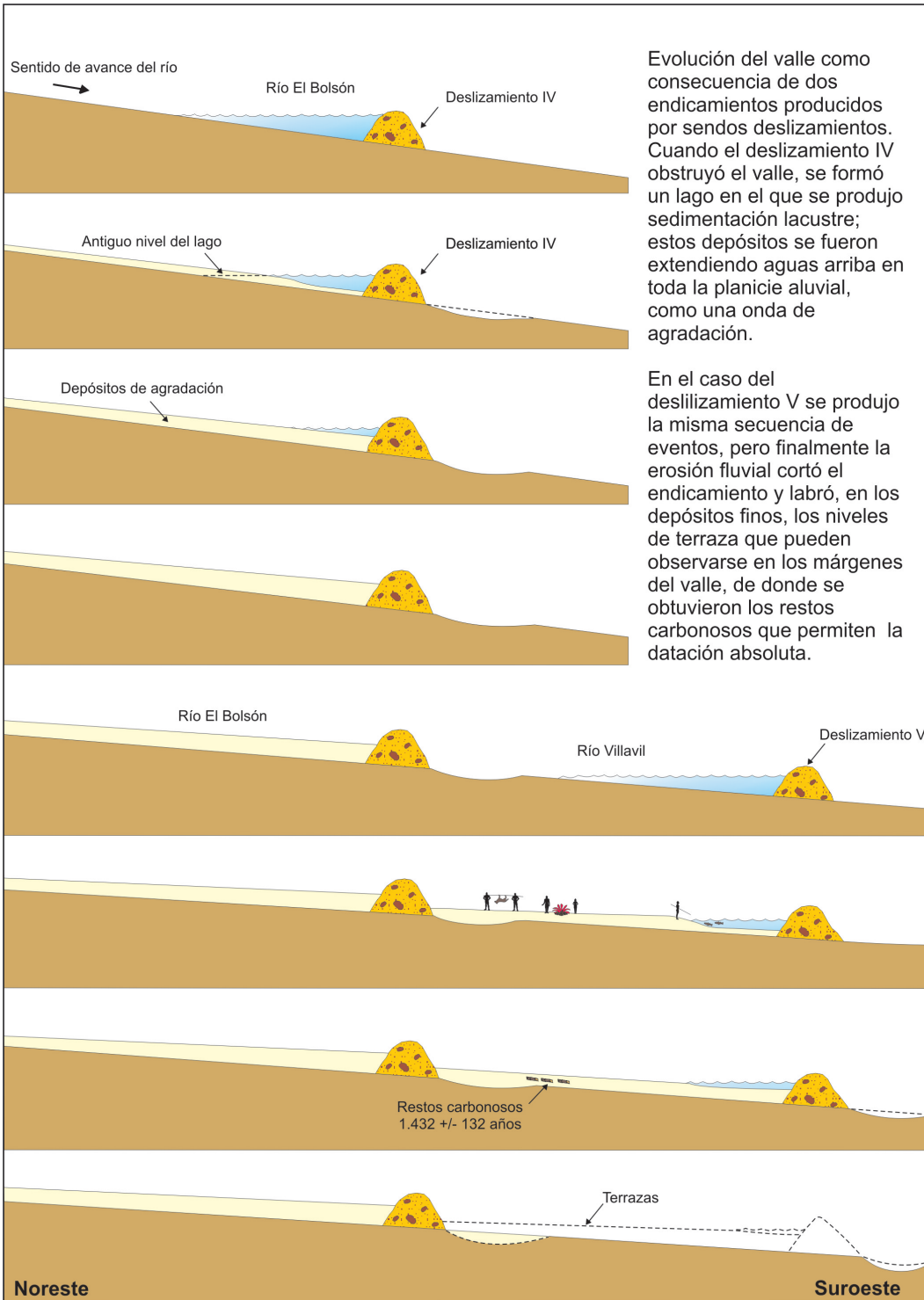
El deslizamiento IV obstruyó totalmente el valle del río El Bolsón. Luego de producido este cierre, que todavía perdura, se formó seguramente un cuerpo de agua inicial donde el río fue depositando el material clástico que transportaba (limos, arenas y gravas). Esto hizo que el curso fuera elevando cada vez más su lecho hasta que finalmente el agua encontró su salida por la margen derecha del valle, a través de las rocas araucanenses (Figura 4). El proceso de agradación fluvial fue configurando las planicies aluviales y creó un valle de piso plano de 2 kilómetros de ancho y con muy poca pendiente, recorrido por un curso sinuoso. Con el cambio de pendiente, el río perdió energía y poder de transporte y, por este motivo, a la zona de cierre sólo llegan arenas finas y limos, pues las gravas quedan depositadas aguas arriba.

Aguas abajo de este endicamiento, el deslizamiento V produjo un nuevo cierre, pero éste fue posteriormente cortado por la erosión. Al principio, el endicamiento temporario dio origen a un cuerpo lacustre donde se acumularon depósitos arcillosos, que luego fueron gradualmente cubiertos por depósitos fluviales arenolimosos. Una vez que el cuerpo de agua fue colmatado por los sedimentos, pasó a constituirse en una planicie del río compuesta por material fino. Cuando la erosión fluvial cortó la obstrucción comenzó la erosión de estos depósitos, que fueron socavados verticalmente, formándose así varios niveles de terraza del río. Es en ellos donde fueron hallados los restos carbonosos, asociados a cerámica indígena, restos de huesos y pircas enterradas (Figura 10). La datación por el método Carbono-14 de este material arrojó una edad de 1.432 ± 132 años (Fauqué y Tchilinguirian, 2002).

Tomando en cuenta este dato, podemos tratar de obtener una edad aproximada de los deslizamientos IV y V.

Los restos de carbón se ubican 4,8 metros por debajo del tope de la terraza, que tiene 12 metros de espesor. Los 1.432 ± 132 años representan entonces el tiempo requerido para la depositación de los 4,8 metros de sedimento más el tiempo en que la erosión del río condujo al cauce hasta su posición actual.

Teniendo en cuenta las velocidades estimadas de depositación y de erosión características



Evolución del valle como consecuencia de dos endicamientos producidos por sendos deslizamientos. Cuando el deslizamiento IV obstruyó el valle, se formó un lago en el que se produjo sedimentación lacustre; estos depósitos se fueron extendiendo aguas arriba en toda la planicie aluvial, como una onda de agradación.

En el caso del deslizamiento V se produjo la misma secuencia de eventos, pero finalmente la erosión fluvial cortó el endicamiento y labró, en los depósitos finos, los niveles de terraza que pueden observarse en los márgenes del valle, de donde se obtuvieron los restos carbonosos que permiten la datación absoluta.

Figura 9. Secuencia de los acontecimientos que modificaron el valle.

de estos ambientes semiáridos, podríamos considerar que transcurrieron 432 años para la erosión del cauce y 1.000 años para la depositación de los 4,8 metros de sedimento. Por consiguiente, los 12 metros de la terraza habrían requerido un tiempo de 2.500 años. Establecemos así una edad tentativa para el deslizamiento V, de aproximadamente 3.000 años.

Con estas estimaciones el siguiente paso fue evaluar la edad del deslizamiento IV.

La diferencia de elevación entre la planicie del río Villavil y la del río El Bolsón es de 130 metros. Tal como se ilustra en la figura 10, la mayor parte de este desnivel debe corresponder a los depósitos de agradación ocurridos después de que el valle fuera obstruido por el deslizamiento IV.

Se ha considerado arbitrariamente que la velocidad de sedimentación es la misma que supusimos previamente, y que de los 130 metros

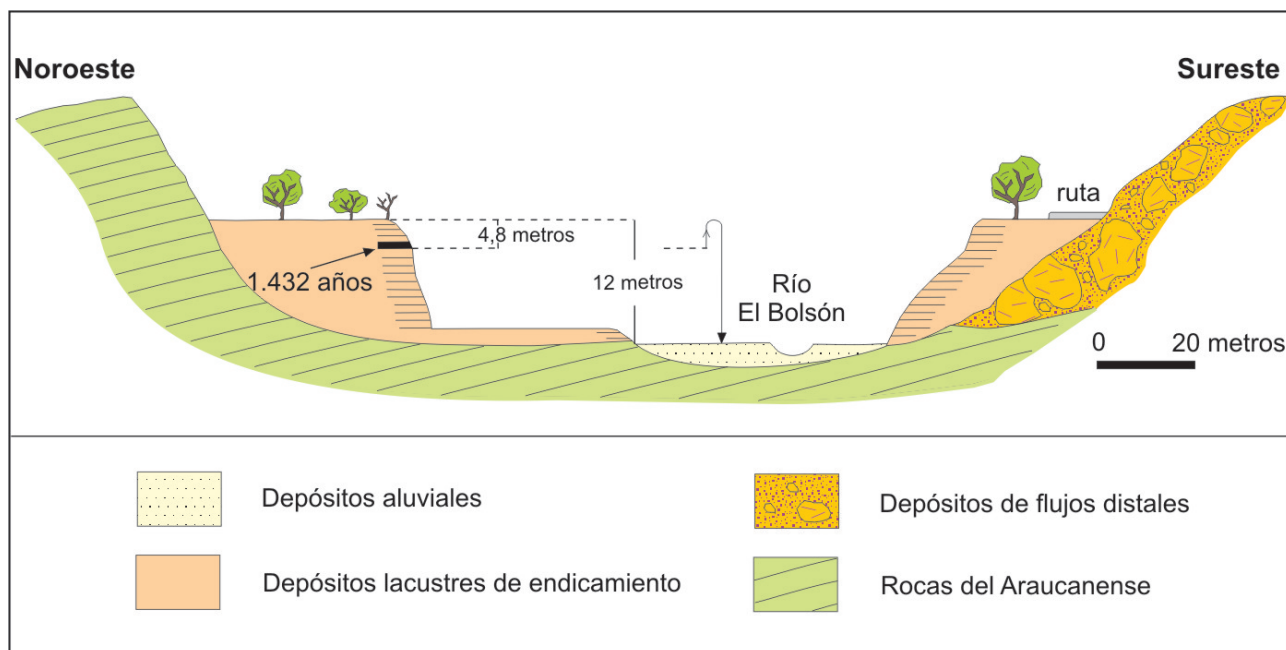


Figura 10. Perfil transversal esquemático que muestra la ubicación del material carbonoso datado.

de diferencia de elevación, 30 metros reflejan el depósito inicial del valle y 100 metros son debidos a agradación luego del deslizamiento.

Con dicha velocidad de sedimentación, la depositación de 100 metros de sedimentos requiere aproximadamente 25.000 años, y ésta podría ser entonces la edad aproximada del deslizamiento IV.

Por lo tanto, y de acuerdo a estos cálculos, la recurrencia de los deslizamientos en el área de Villavil estaría en el orden de miles de años.

COMUNICACIÓN A LAS AUTORIDADES Y A LA POBLACIÓN

Como conclusión de estos estudios, la Dirección Nacional del Servicio Geológico (actualmente Servicio Geológico Minero Argentino) elevó un informe al gobierno de Catamarca, en el que aconsejó no fomentar el establecimiento de nuevos pobladores, ni la construcción de viviendas u otro tipo de infraestructura en las 82 hectáreas en peligro de ser afectadas por deslizamientos. Del estudio surgió también la conveniencia de implementar una política de paulatina reubicación de las viviendas, comenzando por las que se hallan en la zona de más alto riesgo, próximas a la base de la ladera.

La difusión del tema fue muy amplia, pues el informe de dicha Dirección (Fauqué y Tchilinguirian, 1994) se entregó en mano al gobernador de la provincia de Catamarca, con quien se mantuvieron reuniones en tres oportunidades

durante el año 1994. Dos se realizaron en la Casa de Gobierno y la tercera en la localidad de Villavil, donde se le mostró *in situ* la problemática situación. Además, la Dirección Nacional distribuyó copias del informe de peligrosidad a todas las instituciones provinciales y nacionales vinculadas con el tema.

También se efectuaron dos reuniones informativas con la comunidad de Villavil -una en las aulas de la escuela y otra en las instalaciones del Club Social y Deportivo- en las que participó el Director de Defensa Civil de la Provincia. Allí, los geólogos de la Dirección Nacional del Servicio Geológico explicaron la finalidad de los estudios que se estaban desarrollando.

En la Universidad Nacional de Catamarca, que cuenta con un Departamento de Geología, se realizó una exposición a la que asistieron autoridades, docentes y alumnos, además del periodismo local. Finalmente, el tema de Villavil fue noticia no sólo en los periódicos locales sino también en los matutinos de mayor tirada de la Capital Federal.

A pesar de toda esta difusión y de la intervención de las instituciones nacionales y provinciales, no se tomó ninguna decisión al respecto. No se delinearon proyectos de reubicación de la población ni de monitoreos de la losa inestable ubicada detrás del pueblo. Ni siquiera se trazó un plan de contingencia ante eventuales movimientos, a fin de instruir a la población sobre la conducta a seguir.

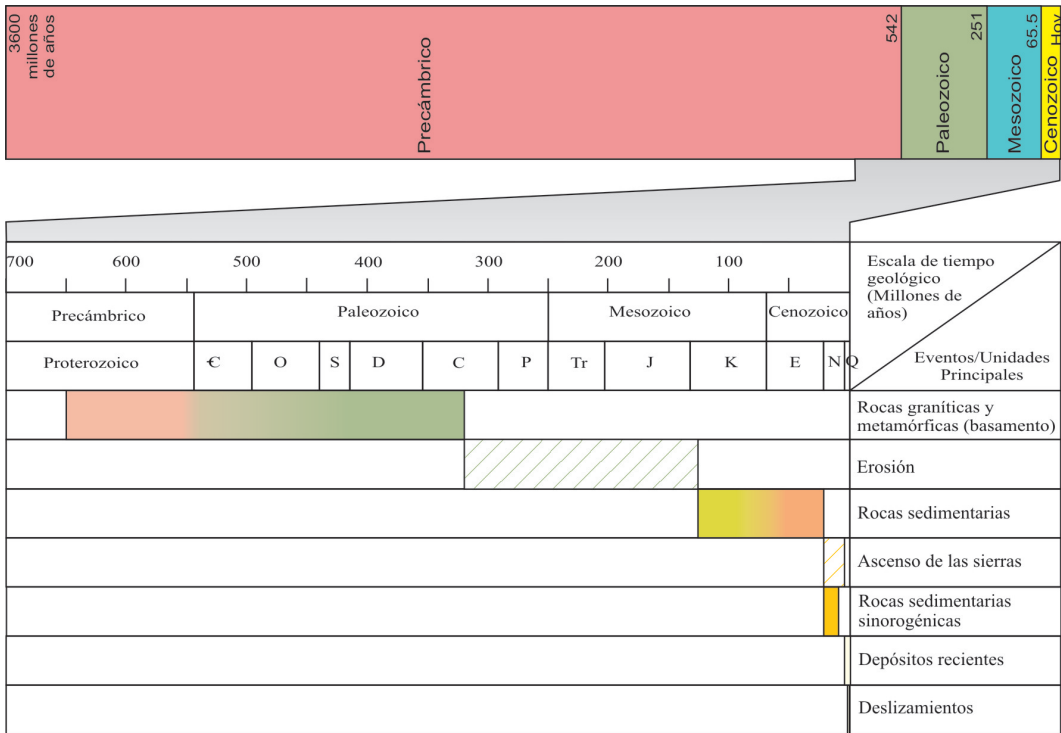
A pesar de la alarma provocada en primera instancia, poco a poco el interés por parte de

las autoridades comenzó a decaer y no se llevaron a cabo en forma integral los estudios necesarios, ni se tomaron medidas de prevención adecuadas.

Pero si las autoridades no comprendieron el problema, los habitantes de Villavil sí lo hicieron. En las reuniones informativas uno de ellos comentó: «vivir en Villavil es como vivir con una escopeta apuntando a la cabeza: puede dispa-

rarse en cualquier momento o uno puede vivir toda su vida sin que pase nada». Con muy buen criterio, otro sentenció «si tenemos que trasladarnos lo haremos, pero no podemos trasladarnos a un proyecto; cuando haya viviendas construidas en un lugar seguro allí iremos». No sólo no llegaron las viviendas, tampoco se elaboró el proyecto de construcción y, ni siquiera, el plan de contingencia.

UBICÁNDOSE EN EL TIEMPO



€: Cámbrico, O: Ordovícico, S: Silúrico, D: Devónico, C: Carbonífero, P: Pérmico, Tr: Triásico, J: Jurásico, K: Cretácico, E: Paleógeno, N: Neógeno y Q: Cuaternario

TRABAJOS CITADOS

Brabb, E. E., 1991. The World Landslide Problem. Episodes, Volume 14 (1): 52-61.

Fauqué, L. E. y Tchilinguirian, P., 1994. Estudio de riesgo geológico y recursos ambientales en la localidad de Villavil. Provincia de Catamarca. Secretaría de Minería. Dirección Nacional del Servicio Geológico. Informe inédito, 66 p., Buenos Aires.

Fauqué, L. E. y Tchilinguirian, P., 2002. «Villavil rockslides, Catamarca Province, Argentina». In: Evans S.G. and De Graff, J.V. (Eds.), Catastrophic Landslides: Effects, occurrence and mechanisms. Geological Society of America Reviews in Engineering Geology, Volume 15: 303-324.

Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES), 1986. Informe sobre la actividad sísmica ocurrida en Hualfín (departamento Belén, provincia de Catamarca) en junio-julio de 1986. Informe interno, 3 p., San Juan.

Ramos, V. A., 1999. Los depósitos sinorogénicos terciarios de la Región Andina. En: Caminos, R. (Ed.), Geología Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Anales 29 (22): 651-682.

Stelzner, A., 1871, 1872 y 1873. Comunicaciones al Profesor H. B. Geinitz. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläeontologie, Jahrgang 1872: 193-198 y 630-636, Stuttgart 1872, e Ibidem 1873: 726-746, 1873. Traducido por R. Kittel, 1966 en Academia Nacional de Ciencias, Boletín 45: 115-150.