

Sismicidad y sismotectónica en Uruguay

Alberto BENAVIDEZ SOSA

San José 1280 E. 2, 11100 Montevideo (Uruguay)

RESUMEN

La sismicidad en el territorio uruguayo, perteneciente a la región intra-placa Sudamericana es estudiada considerando los datos tectónicos y geofísicos reunidos en las últimas dos décadas y las investigaciones realizadas sobre el tema en proyectos que han comprendido la totalidad del Continente. Asimismo, se presenta una relación de varios temblores de tierra ocurridos en la región en los años 1848, 1888, 1988 y 1990. El resultado primario de tales investigaciones ha sido el establecimiento de una nítida diferenciación de los niveles de riesgo sísmico entre la parte continental y la marítima del país. En la primera, se concluye que existe una estabilidad tectónica lo que ha derivado en la existencia en la misma de una mínima actividad sísmica. En cambio, en la segunda, referida como la Región del Río de la Plata, se ha encontrado que tuvo lugar la formación de una cuenca tectónica relacionada con la apertura del Océano Atlántico de un modo aulacogénico. Este proceso que comprende la expansión de los materiales profundos desde niveles astenosféricos ha sido responsable por tensiones en una corteza con una deformación plástica en su parte inferior y con fallamiento de bloques y subsidencia en su fracturable parte superior. Esta reología dependiente de la profundidad, agregada a la evolución sedimentaria local, así como a su actual estado tensional, permite inferir la existencia de por lo menos una provincia sismogénica en el este de la Región del Río de la Plata, denominada Cuenca de Punta del Este, donde focos de otros terremotos tectónicos posiblemente se localizarán en el futuro.

ABSTRACT

The seismicity in the Uruguayan territory which is situated in the South American intraplate region is studied taking into account the tectonic and geophysical data gathered mainly in the last two decades, and the researchs in the topic fostered by projects comprising the whole Continent. Also several earthquakes focused in the region in 1848, 1888, 1988 and 1990 are reported. The primary result of such investigations has been to set a clear-cut differentiation in the seismic risk levels between the continental and marine zones of the country. In the first one a current tectonic stability has been found which, in turn, arises for a minimal seismic inland activity. However, in the second zone —referred to as the Río de la Plata Region— took place the formation of a tectonic basin related with the opening of the Atlantic Ocean in an aulacogenical way. This process that involves expansion of deep materials from asthenospherical levels has been responsible for stresses in a crust with plastic flow in its lower part and with block faulting and subsidence in its brittle upper part. That depth-dependent rheology added to the local sedimentary evolution and its present stress state, allows to infer the existence of at least one seismic province in the eastern part of the Río de la Plata Region, namely the Punta del Este Basin where sources of other tectonic earthquakes might be located in the future.

INTRODUCCIÓN

En el Continente Sudamericano es posible considerar dos macrounidades tectónicas con características nítidamente diferenciadas. Por una parte, una región inestable que se extiende por toda la zona occidental del continente, anexa al borde de contacto entre la Placa Sudamericana con las Placas del Caribe, Nazca y Antártica, cuya interacción es responsable por una intensa actividad sísmica y otros fenómenos tectónicos relevantes de la zona andina. Por otra, una región con una tectónica relativamente estable, compuesta por zonas cratónicas o escudos, conocidas como las plataformas sudamericana y patagónica, que conforman toda la región central, oriental y patagónica de América del Sur.

La totalidad del territorio uruguayo pertenece a la última de aquellas regiones, teniendo una parte continental con una superficie de 177.879 km² —comprendida, aproximadamente, entre las latitudes -30° a -35° y longitudes de -53° a -58° — equidistante tanto de la fosa Chile-Perú como de la dorsal atlántica (figura 1). Su zona marítima es de 140.297 km²; abarca áreas de

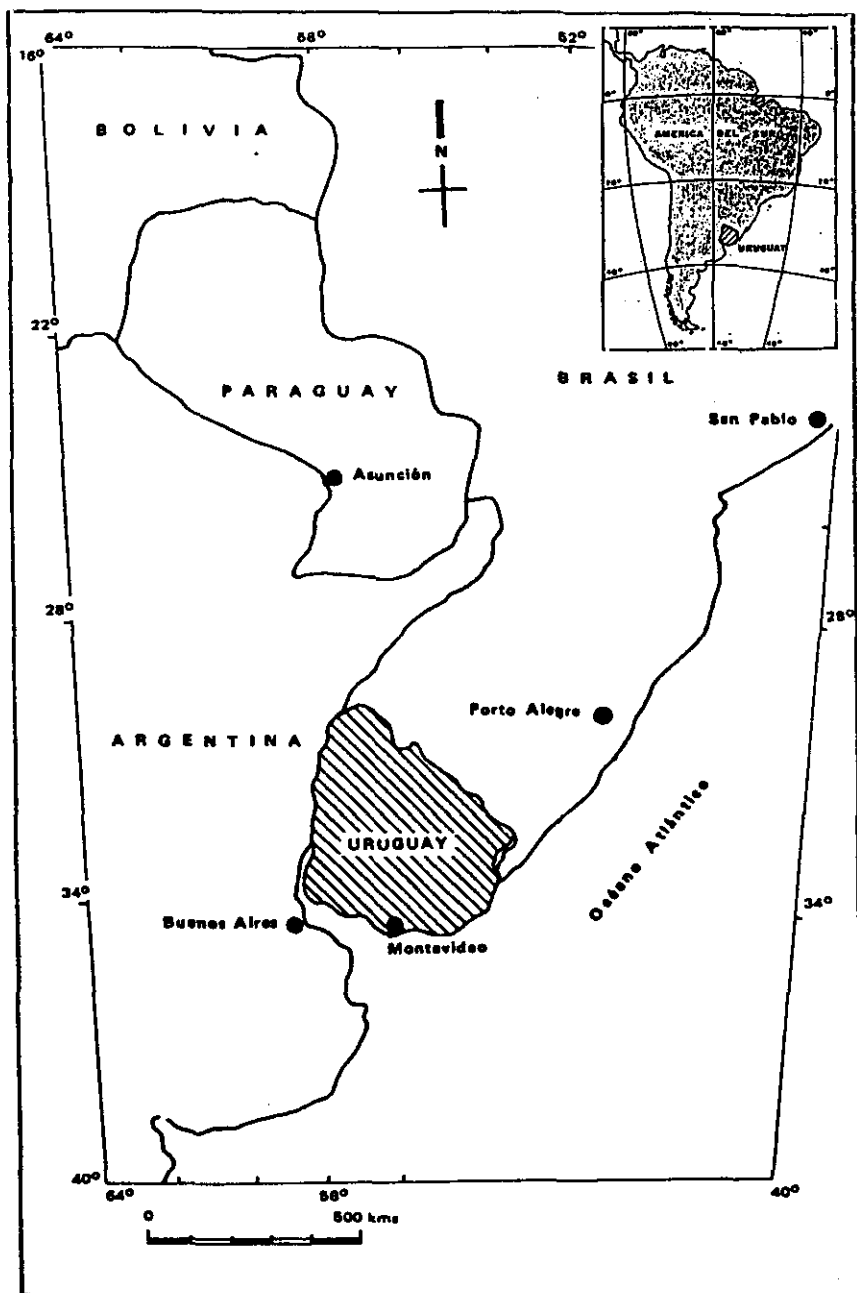


Figura 1. Ubicación del Uruguay.

aguas jurisdiccionales del Río de la Plata y del Mar Territorial (este último con una forma aproximadamente rectangular que se extiende en dirección SE en el Océano Atlántico) y a las que se denominará, en conjunto, Región del Río de la Plata. Una línea recta entre Punta del Este en Uruguay y Punta Rasa en la República Argentina, marca el límite convencional entre el Río de la Plata y el Océano Atlántico. La plataforma continental tiene un ancho medio de 200 km; poco profunda, su veril se sitúa en profundidades de -134 a -138 m.

El término de región asísmica atribuido al Uruguay es estrictamente inadecuado y corresponde a una valoración —aún así errónea— con un concepto de tiempo histórico y no geológico. El hecho es que esta región ha sido considerada como perteneciendo a una zona aislada de los efectos o riesgos de tales movimientos de la Tierra. Las probabilidades de ocurrencia de los mismos se consideraba nula debido a la escasa información respecto a temblores de tierra locales, al corto período de las referencias históricas correspondientes sumado al hecho de la falta de registros instrumentales cercanos y adecuados, así como a la circunstancia de que la actividad tectónica relacionada —hoy día reconocida— se focalizó en la zona del Río de la Plata y en la vecina región oceánica. Las escasas experiencias locales de temblores atribuidos directamente a terremotos, se debieron a efectos de fenómenos lejanos —generalmente con origen en la región andina— que por su intensidad permitieron su percepción por la población en ciertas zonas del territorio y posteriormente asociados a aquellos fenómenos por la información internacional.

La mayoría de los terremotos intraplaca se localizan en fallas activas o en las zonas que separan bloques corticales secundarios. La inusual distribución (o concentración) de epicentros en el interior de las placas o márgenes continentales puede indicar estados tensionales resultantes de movimientos de la placa en su conjunto, así como la probable génesis de zonas de subducción, sistemas de dorsales o aún, ser una manifestación de la presencia de puntos calientes (hot spots) en la zona (Walker, 1989).

Estudios recientes iniciados para estimar magnitudes máximas de terremotos en las denominadas regiones continentales estables (que comprenden las dos terceras partes de toda la corteza continental y de la cual el 25% es considerada en extensión) han permitido compilar una base de datos de movimientos de tierra en tales zonas y los dominios tectónicos asociados. Se tiende de esta manera a la obtención de pautas o modelos de sismicidad para regiones estables con similares características tectónicas, en las cuales los fenómenos relacionados no son frecuentes. El análisis de tal información ha permitido observar que la mayoría de la energía liberada y los más grandes terremotos detectados en esas regiones (que son distinguidas de aquellas zonas activas por la edad desde la última mayor actividad tectónica, ausencia

de fallas activas prominentes, falta de actividad orogénica, magmática o intrusiva reciente y ausencia de fracturas o procesos de extensión importantes menores que el Paleoceno) han ocurrido en la corteza en extensión con magnitudes: $M 8,3 \pm 0,2$, en fracturas continentales y $M 7,7 \pm 0,2$, en márgenes pasivos (EPRI, 1994).

El riesgo sísmico en las zonas costeras uruguayas del Río de la Plata y del Océano Atlántico que se encuentran, de acuerdo a la categorización anterior, en una región continental estable en extensión, en la que se han producido varios eventos sísmicos importantes, es un elemento cuya evaluación ha adquirido una gran importancia y necesidad. En primer lugar, las construcciones en la franja costera se han expandido aceleradamente en las últimas décadas siendo que, además, la mayoría de esas edificaciones se asientan sobre terrenos arenosos, no consolidados, y por lo tanto propensos a amplificar los movimientos del suelo provocados por el pasaje de las ondas sísmicas. En segundo término, la realización de obras de infraestructura (entre ellas la construcción de un puente de aproximadamente 45 km de longitud entre Buenos Aires, Argentina, y la ciudad de Colonia, en Uruguay) y el desarrollo de recursos petrolíferos en la plataforma continental, han derivado en la necesidad de emprender estudios sobre los niveles de sismicidad en la región.

Las primeras investigaciones al respecto fueron realizadas dentro del Proyecto SISRA (Sismología de la Región Andina), coordinado por el CERESIS, Centro Regional de Sismología para América del Sur. La primera etapa de aquel proyecto culminó con la publicación de cuatro mapas y catorce volúmenes que incluyen información histórica e instrumental de eventos sísmicos, datos geológicos y neotectónicos relevantes a la evaluación del riesgo sísmico, investigaciones sobre efectos económicos de los terremotos, así como la posibilidad del establecimiento de una red sismológica continental en América del Sur (CERESIS, 1985). Estos primeros resultados, sumados a datos más recientes, mostraron que en los últimos 250 años tres grandes terremotos se focalizaron en la Región del Río de la Plata en los años 1848, 1888 y 1988. La falta de datos instrumentales de estaciones sismográficas permanentes cercanas ha sido un impedimento para la evaluación de la sismicidad en la región en la cual se han detectado aquellos picos dentro de un nivel de actividad sísmica que es necesario determinar.

ESQUEMA TECTÓNICO REGIONAL

La información básica sobre el tectonismo en el territorio continental uruguayo fue elaborada por los investigadores que contribuyeron a los resultados

mencionados del Proyecto SISRA (Benavidez y Roma, 1985) basándose principalmente en la Carta Geológica del Uruguay (Bossi et al, 1975) y en la Carta Geo-Estructural del Uruguay (Preciozzi et al, 1979).

Tectónica del territorio continental

El territorio continental uruguayo comprende tres regiones geológicas principales (figura 2):

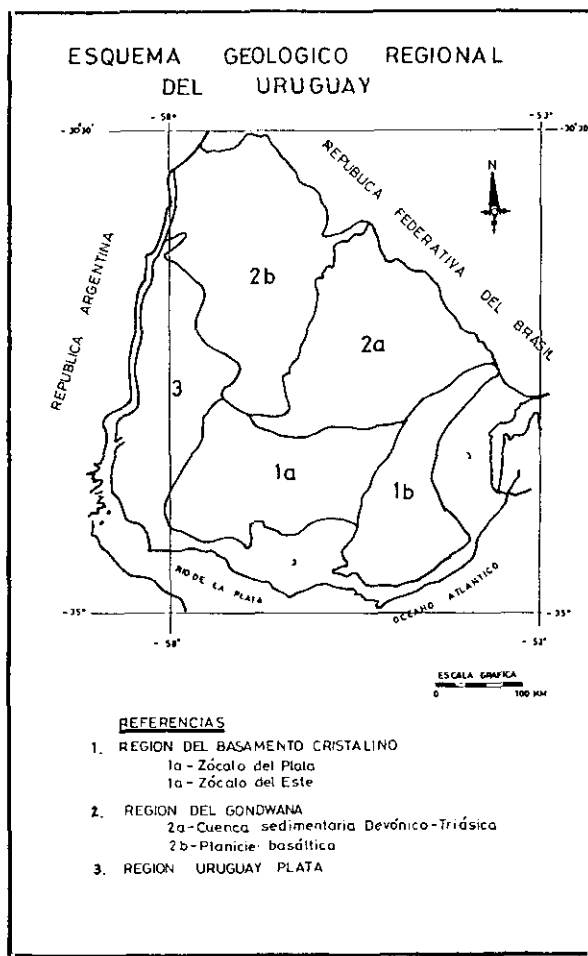


Figura 2. Regiones geológicas principales del territorio continental uruguayo.

1) Región del basamento cristalino, 2) Región del Gondwana y 3) Región Uruguay-Plata, cuya génesis y evolución marcan las características sismotectónicas actuales de la zona.

La región fue afectada por las orogénias transamazónicas y brasilianas, que determinaron la cratonización del basamento en el Paleozoico inferior y, durante el Paleozoico Medio y hasta la actualidad, ha dominado una tectónica isostática de la cual resultó el desarrollo de las cuencas sedimentarias gondwánicas y Uruguay-Plata. La mayor expresión de estos reajustes isostáticos se manifiestan en el Cretácico y están estrechamente vinculados al magmatismo básico continental que se desarrolló en el Jurásico Superior-Cretácico Inferior.

La tectónica terciario-cuaternaria se reconoce, en parte, a través de los lineamientos estructurales generados en el Mesozoico. Durante el Terciario Superior-Cuaternario se genera un patrón de orientación estructural N45W y N45E, representado fundamentalmente en el litoral platense y atlántico, que domina los ajustes isostáticos cuaternarios.

En general, dado que el territorio continental uruguayo no ha sido sometido a grandes tensiones tangenciales desde el Paleozoico Medio y que los movimientos debidos a la tectónica isostática operante son graduales, no presenta actualmente fenómenos de focalización sísmica importantes originados por el movimiento diferencial de bloques tectónicos adyacentes.

Tectónica de la Región del Río de la Plata

Una situación diferente a la anterior se plantea en la actual región del Río de la Plata donde la génesis de una fosa tectónica, su posterior proceso de sedimentación en una interacción de ambientes fluviales y marítimos, y el actual estado tensional local derivado del continuo aporte de sedimentos y una reología dependiente de la profundidad, crean condiciones de inestabilidad en especial en las capas superiores de la zona.

La figura 3 muestra los espesores sedimentarios del Terciario (curvas isopacas) en la Región del Río de la Plata. Los ejes de sedimentación coinciden con las partes centrales del graben del Salado y de Punta del Este, zonas de máxima depresión del basamento cristalino.

El Río de la Plata (cuya superficie es de aproximadamente 35.000 km²) desde un punto de vista hidráulico presenta las características de un estuario complejo que descarga al Océano Atlántico las aguas y los sedimentos erosionados de las cuencas de los Ríos Paraná y Uruguay. El Río Paraná tiene una cuenca de 2.605.100 km² con un caudal medio estimado de 15.000 a 17.000 m³/s en la desembocadura y un volumen anual medio de 504 km³ que

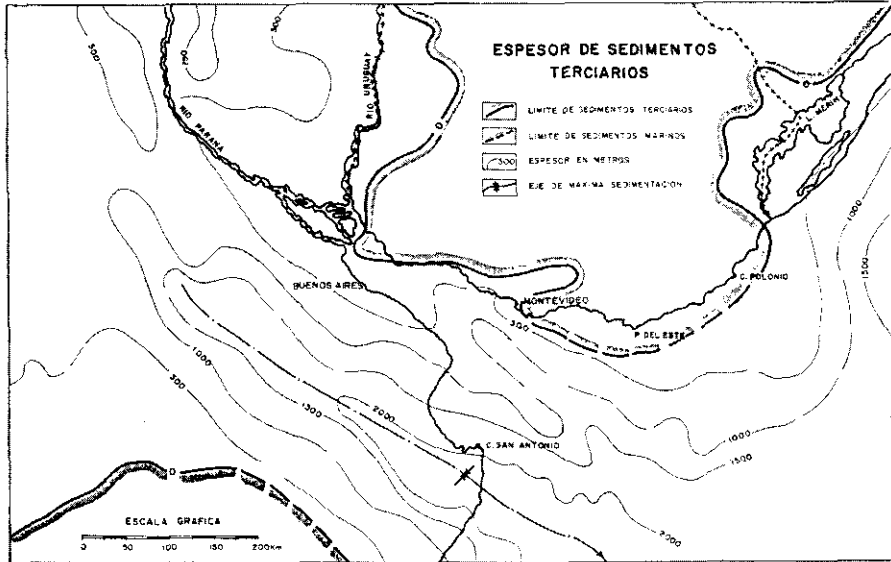


Figura 3. Espesores sedimentarios del Terciario en la Región del Río de la Plata. (Adaptada del informe MTOP-PNUD-UNESCO, 1979.)

escurren hacia el Río de la Plata; considerando una carga en suspensión estimada en 200 gr/m^3 según Urien (1972) se obtiene un caudal sólido en suspensión de $108 \times 106 \text{ ton/año}$. Por su parte la Cuenca del Río Uruguay es de 365.000 km^2 , estimándose en su desembocadura un caudal medio de $6.000 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que representa un volumen medio anual de 189 km^3 y un caudal sólido en suspensión de $37,8 \times 106 \text{ ton/año}$ (MTOP-UNESCO-PNUD, 1979).

La Cuenca de Punta del Este es una de las diversas cuencas pericratónicas cuyas pendientes interceptan al margen continental americano del Atlántico Sur formando amplios ángulos con respecto a las presentes isobatas de la plataforma. Su origen (así como de la adyacente Cuenca del Salado, de similar edad y estilo estructural) ha sido un fallamiento de carácter extensional, resultando en una cubeta sedimentaria (con una superficie de aproximadamente 11.000 km^2) en forma de embudo que se abre hacia el SE donde intersecta la línea de quiebre del margen continental (figuras 4 y 5).

Los estudios sísmicos y perforaciones realizadas en los últimos años para la búsqueda de recursos petrolíferos en la zona, han dado como resultado un conocimiento más detallado de la Cuenca (figuras 6 y 7), que agregados a los antecedentes de sismicidad, permite considerarla como una zona con actividad sísmica actual.

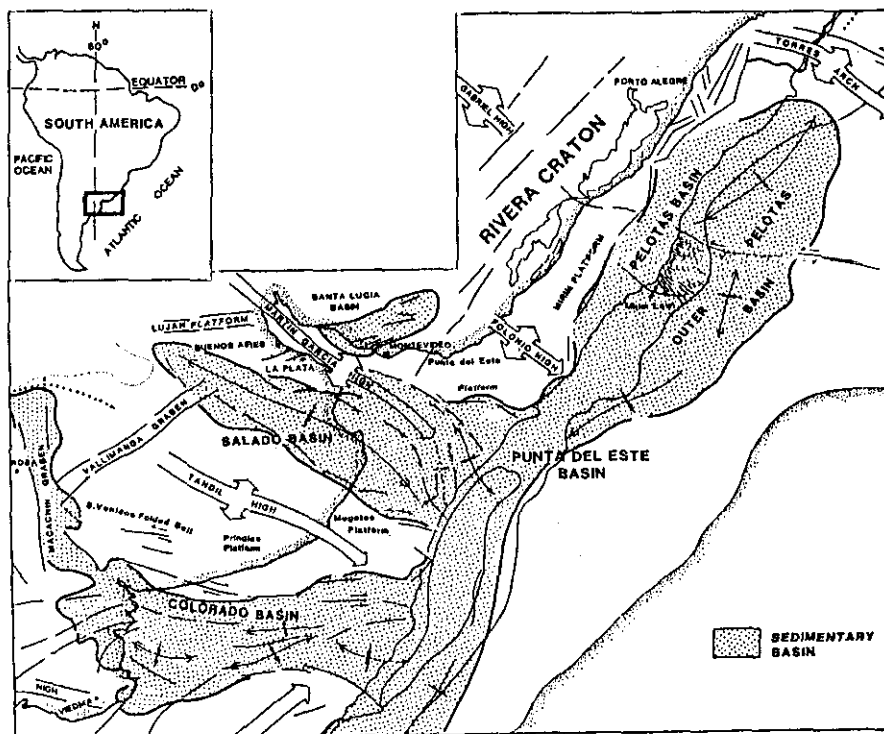


Figura 4. Elementos estructurales y tectónicos de la Cuenca de Punta del Este y cuencas adyacentes (De Urien et al., 1972).

Por su parte, las investigaciones en las dos grandes cuencas sedimentarias del Salado (de la cual la Cuenca de Punta del Este forma parte) y Colorado, que se sitúan al sur del Río de la Plata, han mostrado que tienen entre 6500 y 7000 m. de sedimentos Cretácicos y Cenozoicos y, además, que ambas exhiben una gravedad alta y una subsidencia activa (Introcaso, 1987). En efecto, los siguientes máximos de la anomalía de Bouguer están presentes en la parte central de esas unidades tectónicas: +55 mGal para la cuenca del Salado y +31 mGal para la del Colorado y, si se corrigen estos valores por efectos de los sedimentos, se tiene +110 mGal para la primera y +120 mGal para la segunda, respectivamente.

Según Introcaso y Ramos (1984) la cuenca del Salado está relacionada con la apertura del océano Atlántico Sur de un modo aulacogénico. Este proceso comprende la expansión de los materiales desde los niveles astenosféricos lo cual provoca tensiones en la corteza con una deformación plástica en

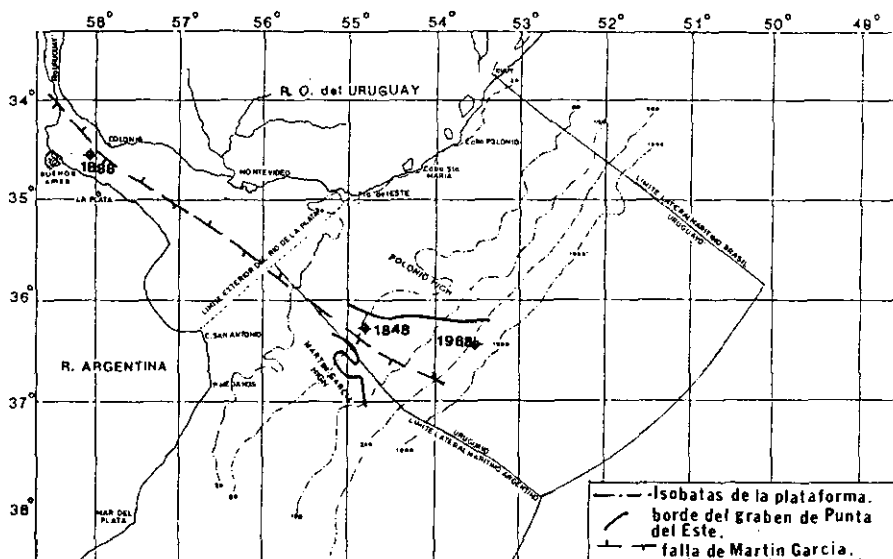


Figura 5. Posición del graben de Punta del Este dentro del territorio uruguayo. Se esquematizan las ubicaciones aproximadas de los epicentros de los terremotos de los años 1848, 1888 y 1988 (adaptada a Stoakes et al., 1991).

la parte inferior y un pronunciado fallamiento de bloques y subsidencia en la quebradiza parte superior. Esta subsidencia sería controlada por enfriamiento y las variaciones de la columna sedimentaria. Por su parte, la cuenca vecina del Colorado tendría un comportamiento similar. Agregado a ello, se ha observado que las cuencas mencionadas tienen una tendencia no solamente a la subsidencia sino también a su ensanchamiento (Belusov, 1962).

SISMICIDAD EN EL URUGUAY

Históricamente se tienen referencias documentadas de cuatro temblores de Tierra en el territorio uruguayo en los años 1848, 1888, 1988 y 1990, cuya localización aproximada se esquematiza en la figura 8. Los tres primeros fueron de importancia, con focos ubicados en la Región del Río de la Plata; en cambio, el último de ellos, de menor intensidad, su origen se situó tierra adentro, casi en el centro del país.

La información sobre los temblores con epicentros en la región marítima uruguayo, corresponde a un trabajo reciente sobre Terremotos en el Río de la Plata (Benavídez, 1995).

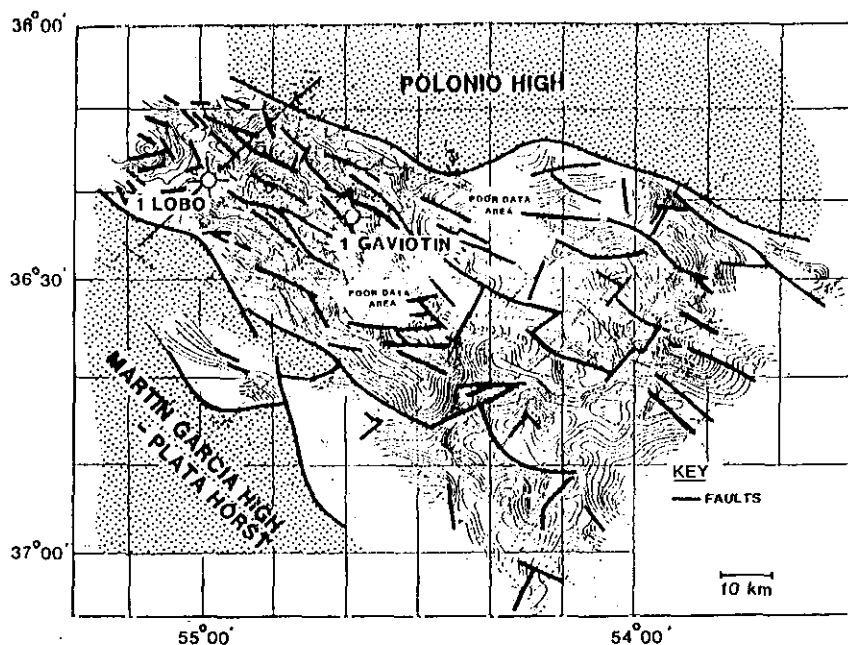


Figura 6. Fallamientos principales de la Cuenca de Punta del Este. Se señalan las posiciones de dos perforaciones realizadas en la zona, denominadas Lobo y Gaviotín. (Adaptada de Stoakes et al., 1991.)

El terremoto del año 1848

Se trató de un fenómeno principal, acaecido el 9 de agosto de 1848 a las 18 horas 35 m, con una duración aproximada de 5 segundos y sentido en la ciudad de Montevideo con una intensidad entre V y VI de la Escala de Mercalli Modificada. La ciudad era el centro de un conflicto armado (denominado Guerra Grande) estando sitiada desde hacía ocho años, por lo que se supone que existía un estado de permanente alerta ante cualquier eventualidad o hecho anormal. Dos periódicos, *El Defensor de la Independencia Americana*, editado extramuros y *El Comercio del Plata* en la propia ciudad, ofrecieron una amplia información sobre el suceso.

Las ondas sísmicas venían de la dirección SE-NW y la extensión de su percepción no excedió una distancia de 150 km hacia el interior del país. Asimismo fue detectado con bastante intensidad en las Barrancas de San Gregorio que se localizan al W de Montevideo, a una distancia de aproximadamente 60 km sobre las costas del Río de la Plata.

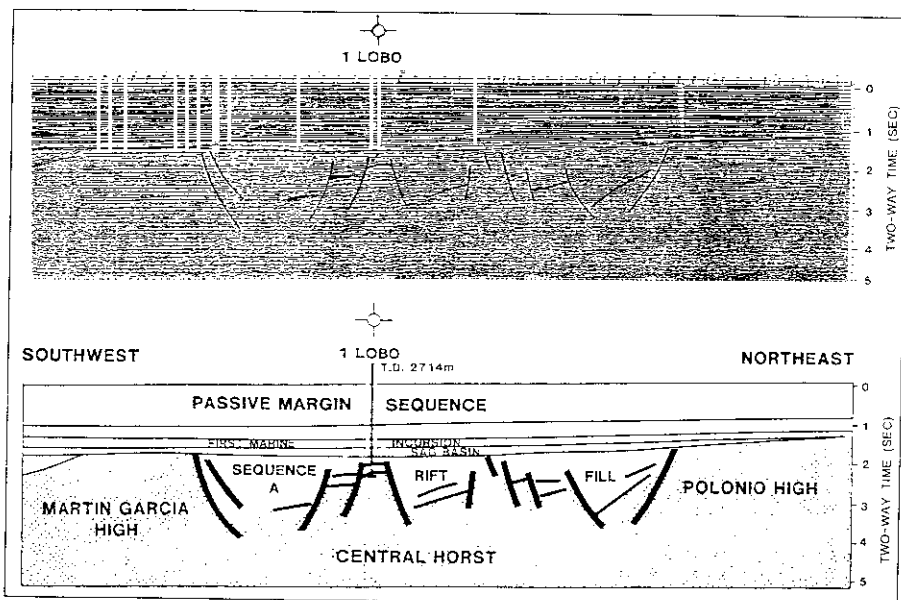


Figura 7. Línea sísmica (grafada en la figura 6) e interpretación tectónica, de un perfil de exploración realizado en la parte W de la Cuenca de Punta del Este. (Adaptada de Stoakes et al., 1991.)

Una serie de réplicas acompañaron al temblor principal en los días subsiguientes, siendo la última percibida en el mes de septiembre de 1848. La primera réplica ocurrió el 15 de agosto de 1848 a las 8 horas 22 m, con una duración de 4 segundos; la segunda y la tercera en la noche del 17-18 de agosto (una a las 23 horas 45 m con una duración de alrededor de 8 segundos y la otra, a las 0 horas 20 m con una duración de 2 ó 3 segundos). Una cuarta réplica aconteció el 11 de septiembre de 1848 a las 8 horas 13 m, con una duración de 14 a 16 segundos. Asimismo, otro elemento que contribuiría a clasificar estos eventos como réplicas o derivaciones del fenómeno principal, es el referente a que todos ellos mantuvieron la dirección original de SE a NW.

Sin lugar a dudas se trató de un fenómeno sísmico muy importante y posiblemente su foco se haya ubicado en la zona descrita de la Cuenca de Punta del Este más próxima a la ciudad de Montevideo por la gran intensidad con que el hecho se sintió en esta ciudad y por la dirección de las ondas sísmicas.

Es interesante señalar que las crónicas de la época citadas informan que no se tenían referencias de fenómenos similares en la zona en épocas anterior,

constituyendo este temblor, por lo tanto, el primer registro histórico de sismicidad en el territorio uruguayo a partir de los primeros asentamientos en el territorio (a mediados del siglo XVII).

El terremoto del año 1888

El 5 de junio de 1888 a las 0 horas 20 m un terremoto afectó la parte SW del Uruguay y la Provincia de Buenos Aires (Argentina). El hecho de que su epicentro se situó en el Río de la Plata entre las ciudades de Colonia en Uruguay y la capital de Argentina, Buenos Aires, sumado al hecho de que su magnitud se presume haber sido superior a 5,0, provocó un pánico generalizado en esa región. Existe una extensa relación del fenómeno en la prensa de

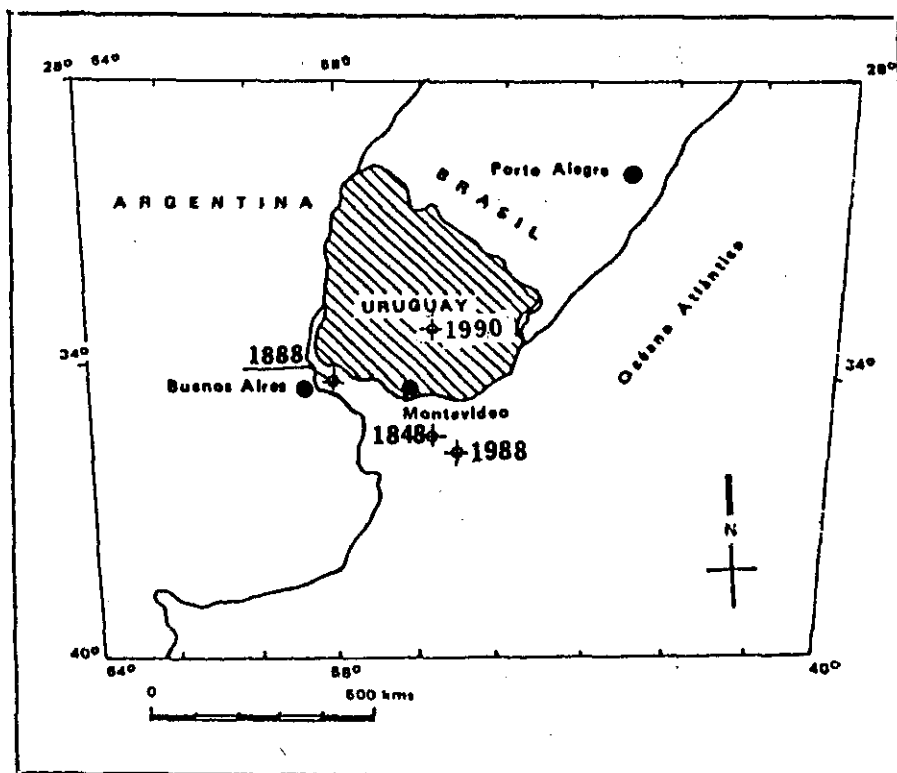


Figura 8. Localización aproximada de los epicentros de los temblores de los años 1848, 1888, 1988 y 1990.

la época que informa que el temblor fue sentido en localidades situadas hasta 400 km de distancia del epicentro. Esta información ha sido utilizada por investigadores argentinos para un trazado preliminar de isosistas (Castano, 1989). Con la base de este trabajo se ha trazado el mapa de curvas de igual intensidad de la figura 9.

La duración total de los sacudimientos se calculó entre 45 y 58 segundos, divididos de la siguiente manera: un primer movimiento oscilatorio sumamente débil que duró aproximadamente cinco segundos; un tiempo de calma de tres segundos; un segundo movimiento moderado con una duración de 25 segundos, seguido de un movimiento fuerte por espacio de 15 segundos. Para este último se relata que en Buenos Aires “el maderamen de las casas crujían

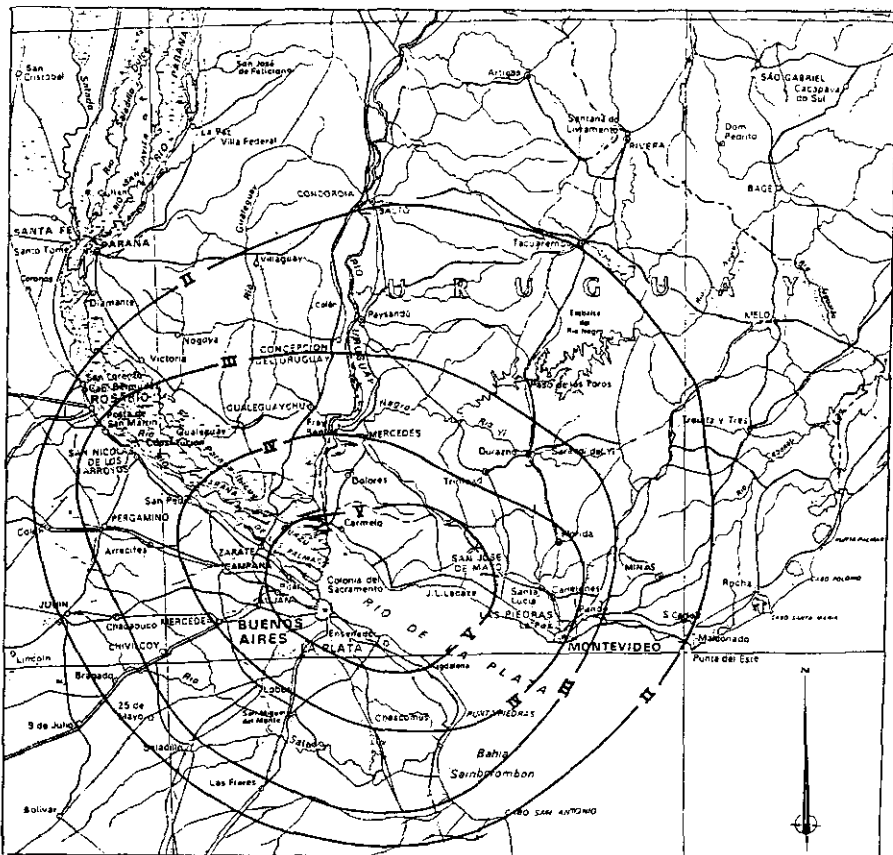


Figura 9. Curvas isosistas del terremoto del Río de la Plata del 5/6/1888 (adaptadas de Castano, J. C., 1989, comunicación personal).

fuertemente, las lámparas de las casas se bamboleaban, los muebles se movían de su sitio y los cuadros caían de las paredes...”; "...en algunas casas se rompieron los objetos de cristalería y porcelana saltando de los aparadores...". La población se encontraba alarmada, diciendo los partes al respecto que "los habitantes de Buenos Aires han permanecido en vela parte de la noche, azorados a causa de un fortísimo temblor de tierra... También en Colonia se sintió un fuerte sacudimiento, sin desgracias personales que lamentar. Vidrios y lozas de algunas casas de comercio fueron al suelo... En la Estanzuela, paraje cercano a la ciudad de Colonia, se derrumbó parte de una pequeña casa con débil cimentación en un fondo arenoso". (Estos datos han sido extraídos principalmente del periódico *La Tribuna Popular*, publicado en Montevideo, en sus ediciones del 5 de junio de 1888 y días siguientes.)

El temblor fue sentido asimismo con cierta intensidad en las ciudades uruguayas de Mercedes, Paysandú y Artigas, aproximadamente situadas en el mismo meridiano que el foco del temblor, así como en varias ciudades y pueblos del interior argentino. Una especial mención merece la información brindada por el diario *La Lucha* de la ciudad de Colonia, en su número del 5 de junio de 1888: "... Venía el vapor 'Saturno' de la capital vecina para esta ciudad. Navegaba tranquilo por el centro del canal con mas de 20 pies de agua, cuando de pronto se detuvo como si tocase el fondo. El capitán hizo echar la sonda, pero se encontró con que el barco, movido por una fuerza oculta, zarpaba por sí mismo de la varadura y seguía su camino".

En resumen, el terremoto del año 1888 fue sentido con gran intensidad en las ciudades de Colonia y Buenos Aires y también detectado en un área muy extensa que comprende varias provincias argentinas y casi la totalidad del territorio uruguayo. Las consecuencias de un evento sísmico similar serían hoy día, sin lugar a dudas, mucho mayores que aquellas experimentadas hace más de un siglo, dado el desarrollo urbano en la zona, el intenso tráfico marítimo actual donde se focalizó el temblor y en el cual se reportaron variaciones importante en el nivel del río. Más aún, actualmente se proyecta la construcción de un puente entre aquellas ciudades con una longitud de aproximadamente 45 km, cuyo punto medio se situará en las inmediaciones de la localización del epicentro de ese sismo.

La determinación del mecanismo focal de este temblor se encuentra posiblemente en un movimiento diferencial de bloques dentro de la zona de inestabilidad tectónica en que se encuentra el Río de la Plata, aunque también se ha especulado respecto a que la génesis del mismo se debería al deslizamiento de grandes volúmenes de sedimentos que se acumularon por el constante arrastre de los ríos Paraná y Uruguay. Esta última interpretación puede ser bastante discutible puesto que, en primer lugar, debería haber una cierta repe-

tición o periodicidad del fenómeno y, además, queda la duda de si tales deslizamientos podrían producir en la zona sacudimientos de tal intensidad.

El terremoto del año 1988

Casi exactamente un siglo después del evento sísmico descrito anteriormente, el 26 de junio de 1988 tuvo lugar en la zona oceánica de jurisdicción uruguaya, un temblor de tierra cuyos efectos fueron percibidos principalmente en una amplia faja de la zona costera desde Montevideo a la ciudad Rocha, situada en el este del país a 250 km de la anterior. Sin embargo, los mayores efectos fueron sentidos en la parte central de esa zona y, en especial, en las ciudades de Punta del Este y Maldonado (que hoy día prácticamente conforman un sólo conglomerado urbano).

No hubo pánico pero sí una alarma generalizada, que provocó que varias personas salieran al exterior a pesar de ser la madrugada de una noche invernal. Se pudieron percibir movimientos de las luces colgantes y de mobiliario liviano, sonaron campanillas ubicadas en las puertas y se informó, asimismo, de oscilaciones de cuadros en las paredes y la caída de objetos de estanterías.

El Observatorio Sismológico de la Universidad de Brasilia remitió los siguientes datos sobre el evento:

Fecha: 26/6/1988.

Hora (GMT): 3 h 24 m 23 seg.

Magnitud regional: 3,9.

Epicentro: 36,5 S, 53,5 W, +/-100 km,

de acuerdo a los registros obtenidos por la red sismográfica instalada en la zona de la Represa de Itaipú.

El INPRES (Instituto de Prevención Sísmica) que opera una amplia red sismográfica en la Argentina, sitió el epicentro del temblor en la latitud 36,5 S y en la longitud 53,5 W, con los siguientes registros:

Estación	Fase	Movimiento	Hora (GMT)
VBA	iP	+	03 h 26 m 11,5 seg
TCA	eP	-	03 h 27 m 00,5 seg
	S		03 h 28 m 50,0 seg
RFA	eP	+	03 h 27 m 23,0 seg
SLA	e(P)		03 h 28 m 00,8 seg
CFA	e(P)		03 h 27 m 39,1 seg

Por su parte, en el listado mensual sobre la determinación preliminar de epicentros del USGS (United States Geological Survey), en la publicación realizada por el NEIC (National Earthquake Information Center) para el mes de junio de 1988, se transcriben los siguientes datos:

Day	Origen Hr	Time Mn	(UTC) Sec	Geographic Coordinates		Depth Km	Magnitudes mb	SD	No.Sta. used	Region
				Lat	Long					
26	03	24	25,8	36.270 S	52.730 W	31D	5,1	1,0	51	South Atlantic

Se trató, por lo tanto, de un terremoto focalizado dentro de los límites territoriales uruguayos, en la denominada Cuenca de Punta del Este, cuyas características tectónicas se han descrito en este trabajo.

Las mayores expectativas nacionales de encontrar recursos petrolíferos se hayan en el momento actual centradas en la zona de la ubicación de los focos de los terremotos de los años 1848 y 1988.

La falta de datos instrumentales provenientes de una red sismográfica cercana, desplegada en el sur del territorio uruguayo han sido hasta el momento un impedimento para el estudio de los niveles de sismicidad en aquella Cuenca que puede ser catalogada como una provincia sismogénica.

El temblor del año 1990

El territorio continental uruguayo constituye una zona tectónicamente estable en que actualmente es improbable la focalización de terremotos importantes. La única referencia que se tiene de un temblor es de un hecho sísmico sentido con mayor intensidad en la localidad de La Paloma (Departamento de Durazno, latitud: $-32^{\circ} 41'$, longitud: $-55^{\circ} 35'$). En efecto, un temblor de tierra sacudió ese centro poblado el 10 de enero de 1990 a las 22 y 30 horas, con una intensidad de III en la Escala de Mercalli Modificada y con una duración de dos a tres segundos, de acuerdo a las manifestaciones de habitantes de la zona. Las mismas coincidieron en que inicialmente se sintió un fuerte ruido (para algunos similar a un trueno) acompañado inmediatamente de vibraciones del suelo, trepidación de vidrios, movimiento de objetos colgantes, muebles y caída de objetos de estanterías, así como se pudieron constatar algunos efectos en diversas construcciones. El origen de este fenómeno es incierto aunque se ha conjeturado sobre la posibilidad de que se trataría de un fenómeno causado por reajustes tectónicos en la zona del cercano embalse de la Represa del Rincón del Bonete sobre el Río Negro.

CONCLUSIONES

Los estudios de la geología general y del tectonismo en la zona muestran que la Región del Río de la Plata es más propensa que la parte continental uruguaya a focalizar temblores de tierra, tal cual lo confirman los movimientos ya detectados.

La litosfera puede transmitir tensiones a grandes distancias, cuya génesis puede deberse a diferentes causas, entre ellas el movimiento general de las placas tectónicas ya sea al deslizarse fuera de las dorsales oceánicas o en el proceso de consumirse en las zonas de subducción. Por otra parte, los cambios de temperatura provocan la expansión o contracción de los materiales litosféricos dando lugar a tensiones que pueden alcanzar valores muy altos. Asimismo otra fuente importante de tensiones se encuentra en los procesos de erosión y sedimentación, que crean variaciones tensionales en una mecánica de agregado o remoción de cargas en la parte más superficial de la corteza, en un proceso similar al generado por los períodos de glaciaciones o deglaciaciones. Recientes investigaciones tienden a confirmar que las fluctuaciones en los niveles tensionales en la litosfera pueden tener un rol muy importante en la estratigrafía de las cuencas sedimentarias así como una explicación de los ciclos de niveles del mar. Cloetingh et al. (1989) al estudiar el efecto de las tensiones intraplaca en los movimientos verticales de una litosfera como la indicada para las Cuencas del Salado y Punta del Este, fácilmente fracturable en su parte superior y con una deformación plástica en su base, concluyen en un modelo en que el efecto de aquellas tensiones en los movimientos verticales es magnificado cuando la litosfera es considerada con una reología en función de la profundidad más que de su elasticidad.

Los datos geológicos, geofísicos y de sismicidad en la zona, indican la existencia de una provincia sismológica en la Región del Río de la Plata puesto que se trata de una región con una inestabilidad tectónica cuyo origen se encuentra en una interacción de aquellas fuentes de tensiones. En efecto, se ha comprobado que la fosa tectónica o graben se encuentra en expansión y en un proceso de continua subsidencia. Mecanismos de variación de temperaturas en la base de la litosfera local y la dinámica de una sedimentación importante en su parte superior, crean las condiciones para variaciones en el estado tensional regional que, por otra parte, según diversos autores, es magnificado por las condiciones reológicas de la zona.

Con la base de los datos disponibles es posible concluir, entonces:

- El territorio continental uruguayo no presenta actualmente zonas con una actividad sísmica de importancia.

- Por su parte, la Cuenca de Punta del Este, que está comprendida dentro de la región marítima del país, constituye una provincia sismológica intraplaca con características muy especiales y un complejo mecanismo sismogénico sin una directa relación con la sismicidad y el tectonismo de otras zonas de la placa.
- Dentro de la plataforma continental sudamericana, esta última región conforma, por lo tanto, una zona de inestabilidad tectónica en que es posible prever que los procesos de subsidencia y extensión continuarán así como para la Cuenca del Salado de la cual la primera forma parte; el establecimiento de una red de observación de parámetros geofísicos y geodésicos a ambas márgenes del estuario podrá ser una herramienta muy importante para monitorear la variación tanto de aquella subsidencia y extensión de la cuenca, así como de los niveles de sismicidad en la región;
- Correlativamente, se deberá estudiar el riesgo y el peligro sísmico en las franjas costeras de la Región del Río de la Plata y en especial, del cauce y de la plataforma continental relacionadas, en las cuales se proyectan importantes obras de infraestructura y el desarrollo de recursos energéticos, puesto que, de acuerdo a los antecedentes expuestos, es posible predecir que otros fenómenos sismológicos se localizarán en el futuro en la zona.

BIBLIOGRAFÍA

- BELUSOV, V., "Problemas Básicos de Geotécnica", *Edit. Omega*, 854 págs., 1962.
- BENAVÍDEZ SOSA, A., "Terremotos en el Río de la Plata", Instituto Panamericano de Geografía e Historia, *Revista Geofísica*, nº 43, julio-diciembre 1995, págs. 53-66.
- BENAVÍDEZ SOSA, A., y ROMA, María Teresa, "Mapa Neotectónico Preliminar para América del Sur. Informe Nacional de Uruguay", *CERESIS, Proyecto SISRA* (Sismología de la Región Andina), Volumen 11, págs. 47-49, 1985.
- BOSSI, J. y colaboradores, "Carta Geológica del Uruguay a escala 1/1.000.000", *Dirección de Suelos y Fertilizantes*, Montevideo, Uruguay, 1975.
- CASTANO, J. C., "Mapa de Curvas Isosistas del Terremoto del Río de la Plata del año 1888", Comunicación personal.
- CERESIS, Centro Regional de Sismología para América del Sur, Resultados del Proyecto SISRA: Catálogo de Terremotos (9 vols.), Terremotos Destructivos 1530-1984, Simposio sobre el Peligro y Riesgo Sísmico, Efectos Económicos de los

- Terremotos (2 vols.) y 4 Mapas regionales: Sismicidad, Grandes Terremotos, Neotectónica y Máximas Intensidades, 1985.
- CLOETINGH, S., KOOI, H., y GROENEWOUD, W., "Intraplate Stresses and Sedimentary Basin Evolution", *Geophysical Monograph* 48, IUGG, volumen 3, Origin and Evolution of Sedimentary Basins and Their Energy and Mineral Resources, Ed. Raymond A. Price, págs. 1-16, 1989.
- EPRI, Electric Power Research Institute, "The Earthquake of Stable Continental Regions", The University of Memphis, Center for Earthquake Research and Information (CERI), Memphis, Tennessee, 1994, 2 vol.
- INTROCASO, A. y RAMOS, V., "La Cuenca del Salado: un modelo de evolución aulacogénica", (inédito), 1984.
- INTROCASO, A., "Recent Crustal Movements and Gravity in Argentina: a Review", International Lithosphere Program Contribution, *Geodynamics Series* Volumen 20, Recent Plate Movements and Deformation, K. Kasahara, Editor, págs. 73-79, 1987.
- MTOP-UNESCO-PNUD, "Conservación y Mejora de Playas", *Proyecto URU*. 73.007, UNESCO, 1979.
- PRECIOZZI, F., SPOTURNO, J., y HEINZEN, W., "Carta Geo-Estructural del Uruguay", *Ministerio de Industria y Energía*, Montevideo, Uruguay, 1979.
- STOAKES, F.A., CAMPBELL, C.V., CASS, R., y UCHA, N., "Seismic Stratigraphic Analysis of the Punta del Este Basin, Offshore Uruguay, South America", *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, V. 75, n° 2, págs. 219-240, 1991.
- URIEN, C.M., "Río de la Plata Estuary Environments", *Geo. Soc. Am.*, Mem. 133, 1972.
- URIEN, C.M., y ZAMBRANO, N., "The Geology of the Basins of Argentina Continental Margins and Malvinas Plateau", *Ocean Margins and Basins*, Ed. Plenum, New York, 1972.
- WALKER, D.A., "Seismicity of the Interiors of Plates in the Pacific Basin", *American Geophysical Union*, EOS, 1989.