Cresis

Centro Regional de Sismología para América del Sur

CATALOGO DE TERREMOTOS PARA AMERICA DEL SUR

CATALOG OF EARTHQUAKES FOR SOUTH AMERICA

DESCRIPCION DEL CATALOGO E INFORMES NACIONALES

DESCRIPTION OF THE CATALOG AND NATIONAL REPORTS

PROGRAMA PARA LA MITIGACION DE LOS EFECTOS DE LOS TERREMOTOS EN LA REGION ANDINA (PROYECTO SISRA)

EARTHQUAKE MITIGATION PROGRAM IN THE ANDEAN REGION (PROJECT SISRA)

VOLUMEN 1

1985

1511 67652
PN03629

Ceresis

Centro Regional de Sismología para América del Sur

PROGRAMA PARA LA MITIGACION DE LOS EFECTOS DE LOS TERREMOTOS EN LA REGION ANDINA (PROYECTO SISRA)

EARTHQUAKE MITIGATION PROGRAM IN THE ANDEAN REGION (PROJECT SISRA)

Esta serie de publicaciones del Proyecto SISRA comprende catorce (14) volúmenes que incluyen los siguientes dieciocho (18) tomos:

VOLUMENES 1 AL 9 – CATALOGO DE TERREMOTOS PARA AMERICA DEL SUR

- VOL. 1 DESCRIPCION DEL CATALOGO E INFORMES NACIONALES
- VOL. 2 ARGENTINA. DATOS DE HIPOCENTROS E INTENSIDADES
- VOL. 3 BOLIVIA Y BRASIL. DATOS DE HIPOCENTROS E INTENSIDADES
- VOL. 4 COLOMBIA. DATOS DE HIPOCENTROS E INTENSIDADES
- VOL. 5 CHILE. DATOS DE HIPOCENTROS E INTENSIDADES
- VOL. 6 ECUADOR. DATOS DE HIPOCENTROS E INTENSIDADES
- VOL. 7 (7a) PERU. DATOS DE HIPOCENTROS
  - (7b) PERU. DATOS DE INTENSIDADES
  - (7c) PERU. DATOS DE INTENSIDADES
- VOL. 8 VENEZUELA. DATOS DE INTENSIDADES E HIPOCENTROS
- VOL. 9 TRINIDAD Y TOBAGO Y AREAS ADYACENTES. DATOS DE INTENSIDADES E HIPOCENTROS

VOLUMEN 10 – TERREMOTOS DESTRUCTIVOS EN AMERICA DEL SUR 1530–1894

VOLUMEN 11 – MAPA NEOTECTONICO PRELIMINAR DE AMERICA DEL SUR

VOLUMEN 12 – MAPA DE MAXIMAS INTENSIDADES SISMICAS EN AMERICA DEL SUR

VOLUMEN 13 – EFECTOS ECONOMICOS DE LOS SISMOS (ECOSIS):
- (13A) METODOLOGIA Y RESULTADOS
- (13B) ESTUDIOS DE CASOS
- (13C) ESTUDIOS ECONOMICOS

VOLUMEN 14 – SIMPOSIO SOBRE EL PELIGRO Y RIESGO SISMICO Y VOLCANICO EN AMERICA DEL SUR (SAN JUAN, 1984)

Estas publicaciones pueden ser adquiridas individualmente o como serie completa.

These publications may be ordered individually or as a complete series.

Pedirlas a:

DIRECTOR, CERESIS
APARTADO 11363
LIMA 14, PERU

Este trabajo se publica con el entendimiento de que el Gobierno de los Estados Unidos de América y los Gobiernos de los países participantes están autorizados a reproducir y distribuir copias para fines propios de los Gobiernos.

Los puntos de vista y las conclusiones que contiene este documento son de los autores y no deben interpretarse como que necesariamente representan las políticas oficiales, explícitas o inferidas, del Gobierno de los Estados Unidos de América o de los Gobiernos de los países participantes.

La investigación y publicación fue auspiciada por el Geological Survey, United States Department of the Interior, bajo el Grant No. 14–08–0001 G–670, con financiamiento proporcionado por la Office of Foreign Disaster Assistance, Agency for International Development, United States Department of State, y por los países participantes.

This manuscript is submitted for publication with the understanding that the United States Government and the Governments of the participating countries are authorized to reproduce and distribute reprints for government purposes.

The views and conclusions contained in this document are those of the authors and should not be interpreted as necessarily representing the official policies, either express or implied, of the United States Government or of the Governments of the participating countries.

Research and publication supported by the Geological Survey, United States Department of the Interior, under Grant No. 14–08–0001 G–670 with funding provided by the Office of Foreign Disaster Assistance, Agency for International Development, United States Department of State, and by the participating countries.

Publicado por : CERESIS
Impreso por : TAREA
Asociación de Publicaciones Educativas
Apartado 2234 - Lima 100, Perú

1985

b

CATALOGO DE TERREMOTOS PARA AMERICA DEL SUR

CATALOG OF EARTHQUAKES FOR SOUTH AMERICA

Volumen I

DESCRIPCION DEL CATALOGO E INFORMES NACIONALES

DESCRIPTION OF THE CATALOG AND NATIONAL REPORTS

Editado por: Bonny L. Askew y S.T. Algermissen

Comité Consultivo:

Alberto Giesecke M.: Director, Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS)

S.T.Algermissen: Project Coordinator, United States Department of the Interior, Geological Survey

Paul W. Krumpe: Technical Advisor, United States Department of State, Agency for International Development, Office of the U.S. Foreign Disaster Assistance

Los volúmenes 2 al 9, corresponden a los catálogos de los países y regiones del Continente Sudamericano.

Volumes 2 to 9 correspond to the catalogs of the countries and regions of the South American Continent.

DESCRIPCION DEL CATALOGO E INFORMES NACIONALES

DESCRIPTION OF THE CATALOG AND NATIONAL REPORTS

VOLUMEN I

INDICE - CONTENTS

Descripción del Catálogo 1

Informes Nacionales:

- Argentina 15
- Bolivia 21
- Brasil 24
- Chile 30
- Colombia 35
- Ecuador 43
- Perú 47
- Venezuela 51

Apéndices 63

Tablas 71

Description of the Catalog 97

National Reports:

- Argentina 117
- Bolivia 123
- Brasil 126
- Chile 131
- Colombia 133
- Ecuador 139
- Perú 142
- Venezuela 146

Appendix 157

Tables 165

CATALOGO DE TERREMOTOS PARA AMERICA DEL SUR
(DATOS DE HYPOCENTROS E INTENSIDADES)

Bonny L. Askew
S.T. Algermissen
U.S. Geological Survey

DESCRIPCION DEL CATALOGO E INFORMES NACIONALES

Introducción

Se ha reconocido, desde hace algún tiempo, que un catálogo unificado de parámetros sísmicos para América del Sur es esencial para el progreso en muchas áreas de la investigación sismológica. Esto es particularmente cierto para estudios regionales de sismicidad, sismotectónica y la evaluación del riesgo sísmico. Los catálogos nacionales de algunos de los países en América del Sur han existido durante varios años y muchos de éstos tienen datos que datan desde el Siglo XVI. La calidad y el contenido de los catálogos nacionales disponibles, sin embargo, varían de un país a otro. El "Programa para la Mitigación de los Efectos de los Terremotos en la Región Andina" (conocido como el Proyecto SISRA), ha proporcionado un marco sin paralelo y posiblemente esencial para un esfuerzo de unificar los diversos catálogos sísmicos regionales y nacionales disponibles. Al comienzo del Proyecto se decidió concentrar el trabajo en los parámetros hypocentrales de los terremotos y catalogar la distribución de intensidades. Lo esencial, y ciertamente lo más importante del trabajo de los catálogos de hypocentros e intensidades, fue realizado por un grupo de trabajadores nacionales en cada país.

Ellos revisaron, editaron e integraron la variedad de datos sísmicos disponibles en su país. Luego, adecuaron la información a un formato previamente acordado por los representantes nacionales de cada uno de los países. Los catálogos nacionales resultantes fueron revisados y aprobados por el coordinador nacional para los catálogos. El Dr. Leonidas Ocola, del Instituto Geofísico del Perú, sirvió como coordinador regional para el proyecto de los hypocentros e intensidades sísmicas entre 1981 y 1983 contribuyendo significativamente a la conclusión exitosa de los catálogos. Los coordinadores e investigadores nacionales que contribuyeron de manera significativa en la preparación de éstos catálogos fueron:

CONTRIBUCIONES NACIONALES

País	Coordinador	Investigadores
Argentina	Juan C. Castano	M. Arturo H. Buff J.C. Castano C. Correa C.C. de Etchegaray M. Figueroa

País	Coordinador	Investigadores
		R. Q. Forradellas J. Monllor R. Munizaga M. Pérez N.P. Puebla M. Varela
Bolivia	Angel J. Vega	R. Cabré, S.J. J.M. Caprille R. Cardona E. Minaya A.J. Vega
Brasil	Jesús Berrocal G.	R. Antesana M. Assumpcao J. Berrocal C.M. Dias Nieto H. Franca R. Ortega J.A. Veloso
Chile	Edgar Kausel	L. Alvear J. Bannister S. Barrientos E. Kausel M. Pardo
Colombia	Rafael Goberna, S.J.	W. Arias J.A. Duarte J.R. Goberna, S.J. T. Palencia T.A. Vargas
Ecuador	Edgard Proaño	V. Cáceres M. Costa J. Egred A.
Perú	Hernán Montes	H. Alemán G. Espejo A. Garró D. Huaco W. Lescano L. Ocola L. Rodríguez J. Shikiya U. Torres
Trinidad-Tobago	John Shepherd	I. Rogers J. Shepherd
Uruguay	Alberto Benavidez	A. Benavidez
Venezuela	Gunther Fiedler (1981-83) Luis Urbina (1983-85)	G. Fiedler J. Grases

Organización

Como un paso crítico en el análisis del peligro y riesgo sísmico en América del Sur se ha compilado catálogos de datos de hypocentros e intensidades para toda América del Sur. Los catálogos están organizados por país o región, pero en conjunto forman una sola base integrada de datos que describe la sismicidad de todo el continente. El trabajo inicial de compilar estos datos fue realizado por investigadores en cada país, familiarizados con la sismicidad local y con acceso a fuentes de información histórica. Este trabajo de expertos locales, luego fue integrado en una base de datos consistente para toda la región.

Los catálogos de hypocentros e intensidades están organizados por países. Se incluye catálogos para Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Perú, Trinidad-Tobago y Venezuela. Un listado de los eventos en las áreas adyacentes a cada país también se incluye para que sea más completo, aunque estos eventos no han sido, de manera alguna, verificados o editados. Las áreas cubiertas por cada país no se sobreponen, de tal manera que cuando estos catálogos son combinados, los eventos sísmicos aparecen en el catálogo una sola vez.

Los catálogos cubren un período de tiempo que comienza con los eventos históricos más antiguos que se conocen y terminan en Diciembre 1981. El evento más antiguo que se incluye se refiere al año 1471. La información en el catálogo varía con el tiempo, ya que es relativamente incompleta para los eventos históricos antiguos, y mucho más completa para los eventos recientes. El límite inferior para la magnitud fue designado en 4.5 m_b. Eventos más pequeños no han sido rigurosamente eliminados, particularmente por que muchos eventos no tienen magnitudes reportadas o calculadas. El catálogo, sin embargo, es mucho menos completo para eventos de magnitud inferior a 4.5 m_b.

Una descripción del formato del catálogo de hypocentros aparece en el Apéndice A. Las Tablas 1 - 8 describen los códigos usados en el formato, incluyendo las referencias para las fuentes utilizadas. El código de dos letras para cada país, junto con el número identificador de cinco-dígitos (columnas 2-9), proporcionan una referencia única para cada evento. Los errores asociados con los códigos del factor de calidad para el tiempo, epicentro y profundidad, están descritos en las Tablas 1, 2 y 3 respectivamente. Los factores de calidad usados por otras fuentes para los datos de hypocentro, fueron convertidos a los factores definidos para este catálogo como se indica en las Tablas 1, 2 y 3. Estas relaciones fueron determinadas por L. Ocola en la fase inicial del proyecto del catálogo. El código X se usa en las tres Tablas cuando no se conoce o no se ha definido la calidad. En muchos casos, no existe una buena estimación del error para el hypocentro, pero conociendo si ha sido determinado por instrumentos o derivado de datos macrosísmicos, se cuenta con alguna información adicional acerca del error probable. Por lo tanto, los códigos M para macrosísmico e I para instrumental, han sido utilizados en vez de X para los factores de calidad del epicentro y de la profundidad cuando se conoce esta información. Hay espacio para cuatro valores de magnitud El primero es para una magnitud m_b, seguido por la magnitud M_s. Las otras dos pueden ser magnitudes m_b o M_s adicionales, otras magnitudes reportadas , magnitudes derivadas de los datos de intensidad, o magnitudes convertidas de una escala de magnitud a otra, (por ejemplo, una magnitud M_s convertida de una magnitud m_b).

Todas las intensidades listadas están ya sea en la escala Mercalli-Modificada (MM) (Wood y Newman, 1931) o la escala MSK (Medvedev y Sponheuer, 1969).

Compilación

La compilación de los catálogos fue realizada en dos partes. Una fue el catálogo instrumental que comienza poco después de 1900. La segunda fue el catálogo histórico que comienza con el evento más antiguo conocido para cada país y continuando hasta el presente. En el presente siglo, los datos históricos suplementan los datos instrumentales. El catálogo instrumental fue compilado usando datos de fuentes internacionales y datos instrumentales locales. Los datos internacionales fueron obtenidos principalmente de las compilaciones y publicaciones del U.S. Geological Survey (USGS), el U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), y el Centro Internacional de Sismología (ISC). Las fuentes primarias incluidas en las compilaciones del USGS, NOAA e ISC y las fechas respectivas son como sigue:

G-R	Gutenberg y Richter (1954)	1906-1950
ISS	International Seismological Summary	1918-1963
CGS	U.S. Coast and Geodetic Survey	1933-1973
BCI	Bureau Central International de Seismologie	1951-1960
ISC	International Seismological Centre	1964-presente
GS	U.S. Geological Survey	1973-presente

Los datos instrumentales de agencias locales, observatorios, estaciones y universidades también fueron incluidos. La compilación del catálogo histórico hizo necesario investigar documentos históricos incluyendo diarios, periódicos, revistas y archivos locales, y también la inclusión del resultado de investigaciones recientes sobre eventos históricos.

Para realizar una tarea de esta magnitud, fue necesario enfatizar ciertos aspectos en el proceso de compilación, dejando otros para futuro refinamiento del catálogo. Una de las tareas principales en esta etapa del trabajo del catálogo, fue eliminar el listado duplicado de un mismo evento. Ya que los datos fueron obtenidos de muchas fuentes que se sobreponen, en la colección inicial de eventos frecuentemente se encontraba el mismo evento múltiples veces. La inclusión de eventos como entradas múltiples no identificadas, puede variar cualquier análisis futuro del peligro y riesgo sísmico. Aparecieron dos problemas principales para eliminar eventos duplicados. El primero es poder reconocer entre dos o más eventos que son el mismo evento no obstante que la fecha, el tiempo, la ubicación y magnitud reportada por dos fuentes diferentes, pueden diferir significativamente. El segundo es decidir cual dato retener y cual eliminar. Es posible que en futuras versiones del catálogo de hypocentros se puedan incluir informes alternativos para los parámetros hypocentrales siempre y cuando sean identificados como alternativas y no como eventos adicionales. Sin embargo, en esta etapa sólo se ha consignado una entrada para cada evento reconocido.

Los programas de cómputo son de alguna utilidad para reconocer eventos potencialmente duplicados, pero se requiere de juicio personal para tomar una decisión final acerca de cuales eventos son duplicados. Esto implica considerar la precisión de los datos para un período de tiempo dato y una fuente

dada, y evaluar las diferencias de tiempo, localización, profundidad y magnitud. Los boletines del ISC asocian sus datos hypocentrales con informes de otras fuentes incluyendo el USGS. Estos boletines, para el período de tiempo para el cual existen, frecuentemente fueron utilizados como referencia en casos de duda para determinar si los eventos eran duplicados.

En general, se hizo un ordenamiento de las fuentes de acuerdo a su grado de confiabilidad para determinar la información que debería ser retenida para un determinado evento. Esto varió entre los países ya que estaban involucradas diferentes fuentes y en algunos casos fue necesaria la atención individual para determinar cual era el mejor dato. Se tomó la decisión, en general, de dar preferencia a los datos del ISC sobre los de GS para todos los eventos desde 1964 hasta el presente, período para el cual ambas agencias tienen información. Este período de tiempo representa un gran bloque de datos para el cual el ISC y GS fueron las fuentes primarias de información. Se decidió que sería mejor mantener una política consistente con todos los países para la selección de las localizaciones preferidas para estos eventos. El ISC fue escogido como fuente preferida porque tiene disponible los datos de las mismas estaciones que el USGS y, además, datos de otras estaciones cuya información es recibida por el USGS después de que esta institución ha procesado la solución hypocentral. Durante el período de tiempo que corresponde a las primeras décadas del siglo, los datos de Gutenberg y Richter tuvieron en general, preferencia sobre otros datos. Más allá de estas políticas generalizadas, la determinación de localizaciones preferidas fue generalmente dejada al criterio de los representantes de cada país.

En la compilación de una gran cantidad de datos, la detección y corrección de errores del procesamiento de datos viene a ser una seria preocupación. Se encontraron algunos errores de los datos obtenidos de la información básica compilada por el USGS, NOAA e ISC; otros errores fueron introducidos durante fases de la compilación del catálogo. Es virtualmente imposible eliminar todos los errores al procesar esta cantidad de datos recolectados de tantas fuentes diferentes. Se ha intentado detectar y corregir la mayor cantidad de errores posibles. Al hacerlo, nos hemos concentrado en los datos del hypocentro, magnitud e intensidad, ya que éstos parámetros son esenciales para el análisis del peligro y riesgo.

Una tercera área de especial atención ha sido referenciar todos los datos incluidos en el catálogo de la manera más detallada posible. Esto incluye principalmente el código de la fuente dadas para los datos hypocentrales y los códigos de fuentes para todas las magnitudes que aparecen en el catálogo. Las referencias completas para estos parámetros son una llave necesaria para examen y evaluación adicional en el futuro, y así estos catálogos pueden servir como base para futuras investigaciones.

Se encontraron varios problemas durante la compilación de los catálogos. El primero de estos fue al integrar los datos recibidos en muchos formatos diferentes, evitando introducir errores adicionales debido al procesamiento de datos. Se encontró otro problema al asignar los eventos a determinados países. Cuando los países individuales trabajaron en el catálogo, cubrieron un bloque geográfico delineado por coordenadas de latitud y longitud y no por fronteras políticas. Estos bloques se sobreponen entre los diferentes países. Para compilar el catálogo integrado de América del Sur, fue importante eliminar la duplicación de eventos que resultó al combinar los catálogos nacionales

individuales. Esto requirió definir algunas fronteras arbitrarias entre los países y asignar cada evento a un solo país. Para hacer esto, se digitizó un mapa producido por U.S. Defense Mapping Agency y se usó un programa de computadora que asignó de manera consistente los eventos a los diferentes países, en base a esas fronteras digitizadas. La asignación de eventos a los países, sin embargo, es sólo una aproximación usada con el propósito de organizar el catálogo en regiones.

Debido a que el trabajo editorial fue organizado por país, existe la posibilidad que algunos eventos han sido duplicados o eliminados del catálogo si diferentes fuentes con diferentes localizaciones fueron utilizadas por los diferentes países. Por ejemplo, si Colombia prefirió una localización de Gutenberg y Richter que se encontraba en el Ecuador, y el Ecuador utilizó una localización, determinada localmente, que colocaba el sismo en Colombia, es posible que ese evento fuera suprimido de ambos catálogos, y por lo tanto no está incluido en el catálogo de América del Sur. Además, ambos países pueden haber incluido el mismo evento y esta duplicación puede no haber sido descubierta. Se ha hecho lo posible para tener la seguridad que los eventos grandes (aproximadamente $M_S > 7.5$) no han sido eliminados ni duplicados. Una verificación más detallada no fue posible en esta fase del trabajo.

El ordenamiento de las fuentes de magnitud y de las escalas también presentó una serie de problemas. Frecuentemente las magnitudes son reportadas con documentación incompleta por diversas agencias. Hemos intentado obtener una descripción del método usado en la determinación de magnitud para todas las magnitudes incluidas en el catálogo.

Magnitudes

Una meta fundamental en el desarrollo de este catálogo ha sido presentar los datos de magnitud en un formato que documente lo mejor posible cómo fueron calculadas las magnitudes. Esta información es crítica para muchos tipos de investigación tal como el análisis del peligro sísmico. Es importante que los datos de magnitud que se agrupan sean homogéneos. Por ejemplo, en una regresión de intensidad sobre magnitud, si las magnitudes son un grupo mixto de m_b y m_S, la regresión tendrá poco valor. Muchas preguntas surgen acerca de cómo manejar adecuadamente las magnitudes que han sido calculadas de distinta manera, pero el primer paso para resolver este problema es poder determinar qué métodos fueron usados para los datos que están incluidos en el catálogo. Por lo tanto, para todas las magnitudes incluidas en el catálogo, hemos incluido referencias que describen cómo se determinaron los valores. Aun cuando las magnitudes pueden estar identificadas por un mismo código para escalas de magnitud, podrían haber sido determinadas de diferente manera. Por ejemplo, tanto las magnitudes GS y MOS están listadas como magnitudes m_b pero el método para el cálculo de las magnitudes difiere. En la Tabla 5 bajo el código de fuentes GS y MOS, existen referencias que describen cómo se calcularon estas magnitudes. Algunas magnitudes fueron derivadas por instituciones locales durante este proyecto, y a continuación se describe como se hicieron los cálculos.

Argentina: Se incluyen tanto magnitudes m_b y M_S. Una descripción de estas magnitudes es dada en Carmona y Castano (1973).

Bolivia: Las magnitudes (m_b) reportadas con el código de fuente SCB fueron derivadas de magnitudes M_L como sigue:

$$m_b = 0.65 + 0.89\ M_L \qquad (1)$$

Las magnitudes M_L en esta relación fueron determinadas usando la siguiente fórmula:

$$M_L = \log\ (A/T) + 1.8\ \log\ (\Delta\ ) + 3.5 \qquad (2)$$

donde A es la amplitud máxima en micrones de la onda S del sismograma de período corto y T el período predominante para el mismo tren de ondas; Δ representa la distancia epicentral en grados y 3.5 es la corrección de escala para poder adecuarse a la definición de Richter. Otras magnitudes también figuran con códigos de escala G, P y M. Las magnitudes con el G son magnitudes M_L que fueron calculadas usando la ecuación (2) arriba. Las magnitudes con el código P son magnitudes m_b convertidas de magnitudes M_S reportadas por Pasadena usando la siguiente ecuación:

$$m_b = 2.37 + 0.56\ M_S \qquad (3)$$

Las magnitudes con el código de escala M son magnitudes M_L convertidas de la intensidad máxima (I_o) en la escala MM usando la siguiente ecuación:

$$M_L = 1.08 + 0.6228\ I_o \qquad (4)$$

Brasil: Las magnitudes (m_b) fueron calculadas para muchos eventos usando datos macrosísmicos o instrumentales. Cuando se usaron datos macrosísmicos, una de las siguientes ecuaciones fue aplicada:

$$m_b = 1.63 + 0.60\ \log\ (A_t) \qquad (5)$$

$$m_b = 2.29 + 0.55\ \log\ (A_{IV}) \qquad (6)$$

donde A_t es el área total afectada en kilómetros cuadrados (correspondiente a la curva isosista de intensidad II MM), y A_{IV} es el área de la curva isosista con intensidad IV MM. Para los sismos con datos instrumentales para d entre 200 y 1500 km se usó la siguiente ecuación:

$$m_R = \log\ (2\ \pi\ A/T) + 2.3\ \log\ d - 2.28 \qquad (7)$$

donde m_R es equivalente a m_b calculada en base a datos regionales. A es la máxima amplitud del movimiento del suelo en micrones, T es el período aproximado de la onda, en segundos, correspondiente a A, y d es la distancia epicentral en km.

Chile: Las magnitudes dadas con el código de escala E fueron estimadas en base a los datos de intensidad. Para una descripción de las magnitudes determinadas instrumentales, correspondientes al código de fuente GUC, ver Lee y Wetmiller (1978).

Colombia: Las magnitudes (m_b) reportadas con el código de fuente IGE fueron calculadas de la siguiente ecuación:

$$m_b = \log (A/T) + 1.35 \log (\Delta) + 0.77 \qquad (8)$$

Las magnitudes M_S con el código de fuente R-I fueron evaluadas por el Padre J.E. Ramírez de los datos de intensidad. Las magnitudes M_S reportadas por IGE también fueron determinadas de datos de intensidad. Según parece, estas fueron convertidas de la fórmula derivada por Gutenberg y Richter (1956):

$$M = 1 + 2/3\ I_o \qquad (9)$$

Ecuador: Las magnitudes (m_b) fueron desarrolladas por el proyecto SISAN. Una descripción de estas magnitudes está incluida en Ocola (1984). Otras magnitudes con el código de fuente OAE y el código de escala K fueron convertidas de las intensidades MSK usando la fórmula dada en la ecuación 9 arriba.

Perú: El Instituto Geofísico del Perú (IGP) ha calculado las magnitudes (m_b) para muchos eventos anteriores a 1963. Estas se basaron en los sismogramas de las estaciones en Huancayo, Perú y La Paz, Bolivia, usando la siguiente ecuación:

$$m_b = \log (A/T) + Q \qquad (10)$$

donde Q se determina de los gráficos Q (PZ) dados por Duda (1970). Otras magnitudes m_b, identificadas por el código IGH, fueron calculadas de datos no publicados por Daniel Huaco del IGP. Para eventos no instrumentales, las magnitudes fueron calculadas de las intensidades máximas e identificadas con el código de escala "I", usando las siguientes fórmulas:

$$M = 0.090\ I_o + 4.147 \log(h) + 0.752$$

$$\text{para } I_o \geq 6 \text{ y } 0 < h < 33 \qquad (11)$$

$$M = 0.472\ I_o - 5.361 \log(h) + 13.023$$

$$\text{para } I_o \geq 6 \text{ y } 3 < h < 100 \qquad (12)$$

$$M = 0.287\ I_o + 1.200 \log(h) + 1.703$$

$$\text{para } 2 < I_o < 6 \text{ y } 0 < h < 33 \qquad (13)$$

$$M = 0.284 + 4.223 \log(h) - 4.147$$

$$\text{para } 2 < I_o < 6 \text{ y } 33 < h < 130 \qquad (14)$$

donde h es la profundidad, e I_o es la intensidad máxima en la escala MSK. Para convertir intensidad MSK a MM, todos los datos de intensidades fueron examinados. Los investigadores peruanos usaron no sólo la intensidad máxima observada, sino también la distribución de intensidades observadas para convertir intensidades MM a intensidades MSK.

Datos de Intensidades

Un resumen del formato del catálogo de intensidades se encuentra en el

Apéndice B. Los datos detallados de intensidades están dados para algunos de los eventos incluidos en el catálogo de hypocentros. Los datos descriptivos proporcionados por Silgado (1985) no estuvieron disponibles cuando se hizo la compilación del catálogo de intensidades y, por lo tanto, pueden no estar incluidos aquí. Están incluidos dos tipos de registros, o entradas, en el catálogo de intensidades. El primero es una sola línea para cada evento describiendo los parámetros del hypocentro. Luego, para cada evento, se incluye una serie de registros de localidades que dan la intensidad asignada para ese terremoto en dichas localidades. La escala de intensidad usada (MM o MSK se identifica en todas las intensidades listadas.

La identificación hypocentral incluye mucho de la misma información dada para ese evento en el catálogo de hypocentros. Se usa el mismo código de país y número de identificación en el catálogo de intensidades y en el catálogo de hypocentros para un mismo evento. La fecha y la hora listados también son iguales, sólo que la hora es dada al segundo más cercano en el catálogo de intensidades. El catálogo de intensidades ofrece espacio para dos diferentes epicentros: un epicentro instrumental y un epicentro determinado de la distribución de intensidades. La razón para esto es que el epicentro instrumental puede no corresponder muy bien con el centro del área de isosistas. Esto puede llevar a una incertidumbre adicional en la investigación de atenuación de intensidad. Por lo tanto, en algunos casos puede ser útil incluir tanto un epicentro instrumental como un epicentro basado en la distribución de intensidades. La profundidad focal del terremoto también es dada en el catálogo de intensidades pero sólo al kilómetro más cercano. Las magnitudes m_b y M_s listadas en el catálogo de hypocentros son repetidas en el catálogo de intensidades. Hay espacio disponible para reportar hasta tres diferentes intensidades máximas. La primera es la intensidad máxima observada. Este es el valor máximo verdadero de todas las observaciones de intensidad reportadas. En algunas situaciones, sin embargo, puede no estar reportada una intensidad en una localidad donde ocurrió la intensidad máxima. Esto puede suceder si el epicentro del evento está mar afuera, o en un área no poblada. En estas situaciones, frecuentemente es posible estimar cuál es la máxima intensidad que habría sido observada, en base a la distribución de las otras intensidades observadas. Así pues, la segunda intensidad máxima incluida es un máximo estimado. La tercera es una intensidad máxima, calculada de una magnitud reportada usando una fórmula apropiada de regresión. El último valor en el registro de hypocentro indica el número de localidades, con datos, que se tabulan a continuación.

El registro para cada localidad describe el valor de una intensidad observada. El código de dos letras, del país, está listado para indicar el país al cual corresponde la intensidad reportada. Se describe la localidad, dando generalmente el nombre de la ciudad o población, a veces seguido por el de la provincia donde está ubicada. Ocasionalmente, se incluye el nombre del país nuevamente en esta descripción. Se encuentran tabuladas las coordenadas y la altitud de la localidad. Hay espacio para reportar la distancia del epicentro y del hypocentro a la localidad. La diferencia entre estos dos parámetros es que la distancia hypocentral toma en consideración la profundidad del hypocentro y la elevación sobre el nivel del mar de una localidad dada, mientras que la distancia epicentral no considera estos factores. También hay espacio para reportar el azimuth al epicentro y las coordenadas de cada localidad. Se consigna la intensidad observada para la localidad. Todas las intensidades son identificadas con la escala utilizada para la evaluación, sea Mercalli

Modificada o MSK. El investigador que ha asignado el valor de la intensidad está también identificado bajo "Intérprete". Hasta cuatro referencias son dadas. Estas son referencias del material publicado, que pueden incluir valores asignados de intensidad, o pueden ser sólo descripciones del daño causado por el evento. En base a estas referencias, el intérprete ha asignado un valor de intensidad para esa localidad. También existe una columna para comentarios relacionados a la localidad. Este espacio puede ser utilizado para indicar razones poco usuales para los daños producidos, tales como licuefacción o deslizamientos.

Los parámetros hypocentrales dados en el catálogo de intensidades son los mismos que aquellos listados en el catálogo de hypocentros. Esto es importante porque no se dan referencias para los datos hypocentrales incluidos en el catálogo de intensidades, pero estas referencias se pueden encontrar volviendo al catálogo de hypocentros. También es esencial que el número de identificación usado en el catálogo de intensidades corresponda al número en el catálogo de hypocentros, y que cualquier evento que se encuentre en el catálogo de intensidades, esté incluido en el catálogo de hypocentros. Durante la compilación del catálogo de intensidades se ha tratado de asegurar que se mantenga esta correspondencia.

Surgió una duda acerca de lo que representa la intensidad máxima que se consigna en el catálogo de hypocentros. ¿Necesariamente debería ésta corresponder a la intensidad máxima dada en el catálogo de intensidades y, si así fuera, cuál de las posibles tres intensidades máximas?. Durante la compilación, se verificó que la intensidad máxima observada dada en el catálogo de intensidades, es la máxima entre las observaciones de intensidad reportadas. Las intensidades máximas listadas en el catálogo de hypocentros pueden diferir de aquellas listadas en el catálogo de intensidades. Para ofrecer el mejor estimado posible del tamaño de los eventos históricos, el catálogo del hypocentro puede listar una intensidad máxima estimada. Esto es más probable en el caso de eventos en el mar.

Puede darse el caso frecuente que un evento con epicentro en determinado país, tenga reportes de intensidades en países vecinos. En tal situación, se incluye el evento en el catálogo de intensidades para el país en el cual está ubicado el epicentro y las intensidades de las observaciones en otros países están incluidas en el mismo lugar. Se incluye el código de dos letras del país, con cada localidad, para identificar al país donde se observó la intensidad. Las observaciones en una localidad dada pueden estar incluidas más de una vez si más de un país ha incluido tales observaciones. Muchos eventos del área del Caribe fueron sentidos en Venezuela. Dado que no se ha compilado un catálogo de intensidades para el área del Caribe, estos eventos solo aparecen en el catálogo de intensidades para Venezuela.

El catálogo de intensidades incluye espacio, para cada localidad, para indicar su elevación, distancia epicentral, distancia hypocentral y acimut, facilitando el análisis de la atenuación de intensidad. La evaluación de estos parámetros varía significativamente entre los países. Si los datos no fueron completados por cada país, no se ha hecho ningún esfuerzo adicional para completarlos. Si los epicentros fueran reevaluados, la mayor parte de estos datos también tendrán que ser reevaluados. Esto se ha dejado como un posible refinamiento futuro del catálogo.

Mapas

Los mapas de epicentros fueron producidos de los datos del catálogo de hypocentros. Se elaboraron dos mapas: uno con la representación gráfica de todos los eventos y el otro sólo con los eventos de magnitud M_S, mayor o igual que 6.5. Los eventos fueron clasificados de acuerdo a la profundidad del foco, conforme a los rangos definidos por Gutenberg y Richter (1954) como sigue·

Foco profundo:	0 - 70 kms.
Foco intermedio:	70 - 300 kms.
Foco profundo:	mayor que 300 kms.

El segundo mapa clasifica los eventos en dos rangos de magnitud: uno con magnitud $6.5 \geqslant M_S < 8.0$, y el segundo grupo con magnitud > 8.0. Además, los eventos con magnitud $\geqslant 8.0$ están identificados por el año de su ocurrencia . Para poder clasificar los eventos en rangos basados en magnitudes M_S, fue necesario calcular la magnitud M_S para aquellos eventos que sólo tenían una magnitud m_b reportada ó una intensidad máxima. Se hizo una regresión de mínimos cuadrados, obteniendo M_S de m_b usando los datos del catálogo para eventos de profundidad menor o igual a 55 kms. El valor de 55 kms. fue escogido como el límite inferior para eventos poco profundos luego de un examen cualitativo de la distribución de profundidades en el catálogo. Esta regresión produjo la siguiente fórmula:

$$M_S = -6.44 + 2.18\ m_b \qquad (1)$$

Esta fórmula fue usada para calcular un valor M_S si no hubiera un valor M_S pero, si un malor m_b. Una segunda regresión fue hecha obteniendo M_S de I_o, también para eventos con profundidad menor o igual a 55 kms. Esta regresión produjo la siguiente ecuación:

$$M_S = 1.26 + 0.63\ I_o \qquad (2)$$

Esta ecuación es muy similar a la ecuación derivada por Gutenberg y Richter (1956) que es:

$$M = 1 + 2/3\ I_o \qquad (3)$$

La ecuación 2 fue usada para calcular M_S de I_o cuando no hubieron valores de magnitud disponibles. En Chile, los valores estimados de M_S (listados bajo otras magnitudes) fueron usados antes que los valores calculados de I_o. En los casos para los cuales no se dispone de un valor M_S, m_b o I_o, el evento no se ha incluido en el mapa de grandes terremotos.

Conclusiones

Los catálogos unificados de parámetros hypocentrales y de intensidad , compilados para América del Sur, tendrán utilidad para un amplio espectro de estudios, particularmente para la investigación del peligro y riesgo sísmico. Los sismólogos en cada uno de los países participantes han hecho un esfuerzo y una contribución significativa al revisar, editar y complementar los catálogos nacionales disponibles. Como resultado, todos los catálogos nacionales son ahora más confiables y completos y se ha añadido bastante información respecto a las fuentes de datos, métodos de cálculo, etc. La compilación de los catálogos nacionales en catálogos unificados para toda América del Sur no hubiera sido posible sin el esfuerzo nacional de investigación sostenida, en cada uno de los países.

El principal beneficio de los catálogos es que ellos constituyen una base de datos homogéneos para un amplio rango de investigaciones geofísicas. El término uniforme es usado aquí para decir que los datos contenidos en los catálogos han sido revisados de manera sistemática de tal modo que , hasta donde ha sido posible, los datos consignados de hypocentros, magnitudes e intensidades, sean consistentes para todos los terremotos.

Un concepto importante en la compilación de los catálogos uniformes es que todos los datos en los catálogos tienen referencias. No fueron usados en los catálogos datos de terremotos que no tenían referencias. Cualquiera que desee revisar la fundamentación para la inclusión de determinados datos en el catálogo puede, por lo tanto, remitirse a la fuente original de donde se obtuvieron dichos datos.

El principal objetivo del "Programa para Mitigación de los Efectos de los Terremotos en la Región Andina (Proyecto SISRA)", bajo el cual se compilaron estos catálogos, es definir más claramente la gravedad y distribución del peligro y riesgo sísmico (pérdida potencial) en América del Sur. Los catálogos de hypocentros e intensidades preparados contribuyen de manera fundamental a incrementar el entendimiento de la naturaleza del problema de los terremotos en América del Sur. Los catálogos, junto con el mapa neotectónico de América del Sur también preparado bajo el Proyecto SISRA, contienen datos fundamentales para investigaciones más avanzadas del peligro y riesgo sísmico, tales como descripciones probabilísticas del movimiento del suelo y de pérdidas esperadas. Está claro que los catálogos son absolutamente esenciales para mayor progreso en la evaluación del peligro y riesgo sísmico.

Es muy importante que los catálogos sean revisados y actualizados periódicamente. Los errores en un trabajo de esta magnitud son inevitables y tienen que ser corregidos. Dado que los catálogos, en todo caso, deben ser actualizados para incluir datos sismológicos más recientes, existe una amplia oportunidad para corregir errores. Un intervalo razonable para la corrección y actualización de los catálogos puede ser 5 años. La revisión y actualización de los catálogos debe ser una alta prioridad para el CERESIS.

El catálogo de datos de intensidad presentado aquí, indudablemente puede ser mejorado por la investigación adicional sobre terremotos históricos . Este primer catálogo de intensidades, sin embargo, proporciona una organización y un formato útil para incrementar la base de datos de la información sobre intensidades en América del Sur. El catálogo de datos de intensidad

es particularmente importante como parámetro básico para el estimado de la atenuación de la onda sísmica y la delineación de áreas de respuesta del suelo anómalamente alta. Los datos de intensidad también deben ser invalorables para la estimación de las pérdidas económicas debido a futuros terremotos.

El desarrollo de los catálogos presentados aquí en nueve volúmenes es un avance importante en la información disponible para un amplio rango de investigaciones geofísicas, pero especialmente para estudios de mitigación de los efectos de eventos sísmicos. Los catálogos se deben, principalmente, a los investigadores en los varios países que han trabajado diligentemente para hacer posible estos catálogos. Para muchos de estos estudiosos, el trabajo en los catálogos nacionales representa muchos años de investigación en sismología histórica e instrumental.

Se pueden hacer muchos refinamientos adicionales a los catálogos, que serían útiles como base para análisis más extensos y que incrementarían la precisión de los catálogos. Se debe añadir los números de la región Flinn-Engdahl para aquellos eventos que actualmente no los tienen. Se deben buscar datos adicionales en relación con los fenómenos asociados, particularmente datos sobre daños y desastres. Se puede incluir en el catálogo los mecanismos focales del terremoto en base a una nueva compilación e investigación . Las localizaciones alternativas deben ser añadidas para aquellos eventos para los cuales existe un alto grado de incertidumbre respecto a los epicentros indicados y se deben reevaluar los hypocentros de los grandes eventos. Creemos, sin embargo, que los catálogos compilados en este estudio representan un avance significativo para proporcionar un mejor banco de datos sísmicos , disponible para los científicos, ingenieros encargados de prevención y ayuda en caso de desastres así como para otros usuarios en una escala nacional e internacional.

CATALOGO DE TERREMOTOS PARA ARGENTINA
DATOS DE HIPOCENTROS E INTENSIDADES

CASTANO, Juan Carlos
FORRADELLAS, Raymundo Quilez
PUEBLA, Norberto Pantaleón

INFORME NACIONAL

Introducción

Teniendo en cuenta que se disponía de una variada información de la actividad sísmica en Argentina, compilada, evaluada y editada por distintos autores con diferente contenido y formatos, resultaba necesario unificarla para obtener un producto final confiable y completo.

A tal efecto, varios años antes de iniciarse el Proyecto SISRA, se constituyó un grupo de trabajo integrado por personal del INPRES, con el propósito de elaborar un catálogo nacional.

La metodología de trabajo consistió en recopilar en una primera etapa , toda la información histórica e instrumental existente para terremotos ocurridos en territorio argentino.

En una etapa posterior, con el material disponible, se inició el análisis e interpretación de dicha información tratando que los resultados fueran lo más cuantitativos posible.

Cuando se estaba ejecutando esta segunda etapa se inició el Proyecto SISRA decidiéndose entonces revisar lo realizado a efecto de compatibilizarlo con los formatos propuestos por la coordinación del Proyecto.

El grupo de trabajo que colaboró en las diferentes etapas de recopilación, análisis, procesamiento e interpretación estuvo integrado, además de los autores de este trabajo, por el siguiente personal: Miguel PEREZ, Miguel ARTURO, Roberto MUNIZAGA, Mario FIGUEROA, Jorge MONLLOR, Carlos CORREA, Claudia G. de Echegaray, Walter BUFF y Mario VARELA.

Material Utilizado.-

Debido a que no existió una red sismológica a nivel nacional hasta mediados de la década del setenta, casi todas las determinaciones de los parámetros focales de los eventos sísmicos ocurridos en el país provienen de los centros internacionales.

Prácticamente desde principios de este siglo está en funcionamiento la estación Sismológica del Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional de La Plata, que juntamente con estaciones de Chile y la de La Paz, Bolivia, han suministrado los datos más valiosos para el conocimiento de la actividad sísmica en la Argentina. A ellas se agregaron luego las estaciones sismológicas del Servicio Meteorológico Nacional y posteriormente, las del Instituto

Sismológico Zonda de la Universidad Nacional de San Juan.

Recién a partir de 1982, una vez implementada la Red Sismológica Nacional por parte del INPRES, éste viene realizando en forma contínua sus propias determinaciones sismológicas especialmente en las provincias de San Juan y Mendoza.

Para integrar los catálogos de hypocentros e intensidades, se recopiló toda la información existente, incluyendo algunas determinaciones cuantitativas realizadas por las instituciones antes nombradas, generalmente para reducidos intervalos de tiempo y, algunas veces, sin especificar la metodología utilizada para tales determinaciones. A ello se le agregó gran cantidad de nueva información relacionada con terremotos destructivos, obtenida de diferentes archivos históricos, especialmente de diarios y revistas de la época, para distintos lugares del país.

De esta manera se completó un archivo con todos los datos de la actividad sísmica argentina, que fue manejado por computadora y se generaron archivos ordenados por latitud/longitud y cronológicamente por fechas, a fin de utilizarlos en diferentes estudios y aplicaciones.

Al contar con información sísmica más completa en cinta magnética procedente de los centros internacionales: NOAA, NEIS, US-COAST, ISC, etc. se contrastó computacionalmente con los datos propios y de esta manera se procesó toda la información sísmica disponible dando como resultado el actual catálogo de sismos argentinos en formato SISRA, el que se continúa actualizando con datos propios.

Idéntico procedimiento fue implementado para el catálogo de Hypocentros como para el de Intensidades.

Métodos Usados en el Desarrollo del Catálogo.-

1. Parámetros de hypocentros

En el desarrollo del catálogo se tuvieron en cuenta los parámetros hypocentrales e información complementaria de acuerdo a los requerimientos actuales incluyendo datos de: macrosismos en base a la información histórica; instrumentales obtenidos de fuentes internacionales e instrumentales de fuente propia para sismos locales.

El método empleado fue el de compatibilizar toda la información a través de un proceso de comparación por computadora para seleccionar entre dos o más eventos de distintas fuentes, con tiempo origen y coordenadas epicentrales similares para una misma fecha, quedando a criterio de los autores la elección del evento en base a factores de calidad y a datos propios.

De esta forma se convalidó y ordenó cronológicamente toda la información existente.

Asimismo se agregaron al catálogo los parámetros determinados a partir de datos instrumentales propios desde 1981.

Los criterios de selección de eventos, para los valores de tiempo origen, coordenadas epicentrales y profundidad, fueron los siguientes:

a. Macrosismos históricos: Dar preferencia a la información obtenida de publicaciones locales de la época.

b. Sismos instrumentales de fuentes internacionales: Elegir de entre los diferentes parámetros aquellos que posean el mejor factor de calidad y la información complementaria más adecuada.

c. Sismos instrumentales propios: En base a comparación con los datos de otras fuentes, completar la información del evento.

En cuanto a la intensidad máxima, se informó el máximo valor dado en el catálogo de intensidades, para el mismo evento.

En la información de la magnitud se tuvo en cuenta la relación de la magnitud local a partir de la longitud de registro, utilizando coeficientes determinados para la región.

Por último se incluyó en todo el catálogo el código de región Flinn-Engdahl, que resultó de suma utilidad para la selección de eventos por regiones.

2. Determinaciones de intensidad y procedimientos usados:

Uno de los principales problemas que se presentó en la evaluación de las intensidades sísmicas fue debido, fundamentalmente, a la diferente calidad de la construcción existente ante la ocurrencia de cada uno de los terremotos destructivos. Por un lado se debe tener en cuenta que el análisis abarca un intervalo de tiempo de 200 años o más y además que, en algunos casos, existen diferencias notables durante una misma época para diferentes zonas del país .

Por esos motivos, en la mayor parte de los terremotos históricos analizados, se tomó a la construcción de adobe como referencia principal para estimar la intensidad sísmica. Este tipo de construcción es bastante uniforme en todo el territorio argentino, existiendo desde las primeras épocas de la colonización, especialmente en la región oeaste que es la más afectada por los terremotos.

En todos los casos estudiados la estimación de la intensidad fue global, no tomándose en cuenta casos aislados ya que, eventos sísmicos posteriores muy bien estudiados como el del 23 de noviembre de 1977, han mostrado que intensidades aparentemente muy elevadas se deben, generalmente, a efectos locales muy especiales o problemas específicos de diseño.

PLANES PARA FUTURAS ACTUALIZACIONES.-

El catálogo de hypocentros se actualiza opcionalmente a partir de determinaciones definitivas propias y se preveen realizar dos revisiones anuales , con frecuencia semestral, en base a datos recibidos desde otros centros, convalidados con la información propia.

En cuanto al catálogo de intensidades, se actualiza con la información

recibida desde las distintas localidades, luego de la ocurrencia de fuertes movimientos.

COMENTARIOS SOBRE TERREMOTOS DESTRUCTIVOS OCURRIDOS EN LA ARGENTINA.-

1. Terremoto de Esteco (Salta) del 13 de Septiembre de 1662.

Destruyó completamente la ciudad de Talavera de Madrid o Esteco, situada a orillas del Camino Real, en la región sureste de la provincia de Salta. En 1634 Esteco tenía alrededor de 2,000 habitantes, siendo este terremoto tan destructivo que la ciudad no se volvió a reconstruir.

Ocasionó daños de consideración en la ciudad de Salta a unos 100 km del epicentro.

Según los relatos de la época ocurrió por lo menos una réplica de gran intensidad que produjo nuevos daños.

2. Terremoto de Mendoza del 20 de Marzo de 1861.

Se considera el terremoto que, porcentualmente, ocasionó más daño y mayor número de víctimas en toda la historia sísmica argentina. Según el Censo de 1857 la ciudad de Mendoza tenía 8,000 habitantes de los cuales 5,000 fueron víctimas del evento sísmico. Destruyó toda la ciudad, incluídas las iglesias que eran de cal y ladrillo.

Se produjeron grandes deslizamientos en las montañas vecinas a la ciudad. También se observaron muchos agrietamientos del terreno. Efectos de licuación de suelos solamente se verificaron en Guaymallén.

Se percibieron numerosas réplicas, algunas de ellas de gran intensidad, especialmente en los primeros tres días después del terremoto principal.

3. Terremoto Argentino del 27 de Octubre de 1894.

Produjo daños importantes en las provincias de San Juan y La Rioja, y en menor grado en la provincia de Mendoza. Ocasionó agrietamientos en algunos edificios de la ciudad de Córdoba.

El área que sufrió mayores daños correspondió al centro-norte de la provincia de San Juan, especialmente los Departamentos de Jachal, Iglesia, Albardon, Angaco, San Martin, ocasionando un total de 50 muertos. Allí se observaron grandes zonas con licuación de suelos (extensas grietas, hundimientos de terrenos, levantamiento de los fondos de los canales de irrigación , calles inundadas).

Las localidades con mayores daños fueron Mogna e Iglesia, donde el 100% de las construcciones fueron destruídas. Se informó de caída de árboles y grandes desprendimientos en las montañas vecinas. También se percibieron numerosas réplicas, algunas de gran intensidad, durante el mes posterior al terremoto principal.

4. Terremoto Sudmendocino del 30 de Mayo de 1929.

Afectó a dos poblaciones del Sur de la provincia de Mendoza: Villa Atuel y Las Malvinas, que contaban con alrededor de 900 habitantes cada una. En Villa Atuel ocasionó 17 muertos y 11 heridos, mientras que en Las Malvinas produjo 23 muertos y 31 heridos.

En Villa Atuel hubieron extensas áreas con licuación de suelos, informándose de grandes agrietamientos del terreno, de emanaciones de arena y barro, y de calles inundadas por el agua brotada del suelo.

Se percibieron numerosas réplicas, de las cuales unas 20 se sintieron en el primer día después del evento principal.

5. Terremoto de Sampacho (Córdoba) del 11 de Junio de 1934.

Fue un terremoto que produjo muchos daños en un área muy pequeña. Replica de magnitud igual al evento principal menos de tres horas después.

En las primeras 24 horas se percibieron alrededor de cien réplicas, seis de ellas con intensidad > IV. El 90% de la edificación destruída o inhabitable.

6. Terremoto de San Juan del 15 de Enero de 1944.

Es el terremoto que ocasionó más víctimas en la República Argentina. Se estima que hubieron alrededor de 10,000 muertos. Afectó a la totalidad de la provincia de San Juan, especialmente a su ciudad capital donde estaba casi toda su población.

Produjo algunos daños en la provincia de Mendoza. Se percibieron réplicas, algunas de ellas intensas, inmediatamente después del evento principal, decayendo rápidamente con el tiempo.

Se comprobó una ruptura superficial en el lugar denominado La Laja, correspondiente a una falla inversa con 0,30 cm de máximo rechazo, sobre una longitud de alrededor de 7 km.

7. Terremoto de Salta del 25 de Agosto de 1948.

Epicentro ubicado en el Departamento de Anta, provincia de Salta, región de muy baja densidad de población. Alto nivel de destructividad en las siguientes poblaciones: Las Víboras, El Piquete, El Rey, Palomitas, Santa Rita, Las Pavas y Anta. En estos últimos tres lugares se informó de grietas profundas en el terreno vertiendo abundante agua, lo que está asociado a fenómenos de licuación de suelos.

8. Terremoto de San Juan del 23 de Noviembre de 1977.

Produjo daños de consideración en toda la provincia de San Juan, especialmente en la ciudad de Caucete donde ocasionó alrededor de 70 muertos y 300 heridos. También causó daños de cierta importancia en algunas áreas de las provincias de Mendoza y La Rioja. Se observaron grietas en edificios de Córdoba y San Luis. Grandes extensiones sufrieron licuación de suelos que

produjeron graves daños en caminos, canales de irrigación y terrenos de cultivo. Gran cantidad de réplicas, las que continuaban 4 años después del terremoto principal. Zona de réplicas de 90 km x 30 km x 35 km de profundidad. Epicentro del evento principal en el extremo norte del área de réplicas. Ruptura superficial correspondiente a una falla directa con 0,30 cm de desplazamiento, que afectó distintos niveles de acumulación cuaternaria sobre una longitud de por lo menos 10 km, en el extremo Sur del área de réplicas.

REFERENCIAS ADICIONALES:

- MOREY, F. (1938) Los Temblores de Tierra. Mendoza Sísmica.
- VOLPONI, F. (1962) Aspectos Sismológicos del Territorio Argentino - Actas Primeras Jornadas Argentinas de Ingeniería Antisísmica.
- Universidad Nacional de La Plata - Boletines Sismológicos.
- Instituto Sismológico Zonda - Universidad Nacional de San Juan - Boletines Sismológicos.
- BCIS - Bulletin Seismologique.

CATALOGO DE TERREMOTOS PARA BOLIVIA
DATOS DE HYPOCENTROS E INTENSIDADES

Angel Vega
Estela Minaya
Ramón Cabré S.J.

INFORME NACIONAL

INTRODUCCION

Buenos catálogos, tanto de focos sísmicos como de datos de intensidad , han sido una meta durante muchos años, en el Observatorio San Calixto.

El padre de la sismología en el país, Pierre M. Descotes S.J., ha estado coleccionando todo el material disponible, siendo sus fuentes principales Ballivián (1909) y Montessus de Ballore (1912-1916), para los terremotos históricos.

Un pequeño aumento de recursos (siempre tan escasos para los trabajos sismológicos en Bolivia), a través del proyecto SISAN (auspiciado por la Organización de Estados Americanos), hizo posible una primera sistematización de información sismológica respecto a Bolivia, comenzando con esos documentos antiguos de Descotes, continuando con las localizaciones obtenidas por las agencias sismológicas mundiales tales como el U.S. Coast and Geodetic Survey, continuadas por el National Oceanic and Atmospheric Administration y finalmente por el U.S. Geological Survey, asi como el International Seismological Summary, continuado por el actual Centro Internacional de Sismología.

Vega tuvo la responsabilidad principal de la revisión crítica y de completar el catálogo de hypocentros. Minaya fue responsable del catálogo de intensidades. Cabré ayudó principalmente respecto al uso de las fuentes disponibles. Remberto Cardona y Marcos Capriles completaron las lecturas de los movimientos sísmicos bolivianos más pequeños y prepararon los datos para el cómputo de epicentros como un control de referencia para la probabilidad de ocurrencia de terremotos destructivos.

MATERIALES USADOS

Los catálogos preliminares producidos con el Project SISAN han sido críticamente revisados y completados.

El catálogo de hypocentros ha sido obtenido básicamente de acuerdo con las determinaciones de hypocentros publicadas por Gutenberg y Richter (1949), del Sumario Sismológico Internacional, U.S. Coast and Geodetic Survey (y las instituciones que le sucedieron hasta el U.S. Geological Survey) y el Centro Sismológico Internacional.

El catálogo ha sido continuado hasta el fin de 1981, usando determina - ciones tando del U.S. Geological Survey como del International Seismological Centre. Unas cuantas de esas determinaciones (obtenidas de datos de sismó - grafos distantes) tuvieron que ser recalculadas en el Observatorio San

Calixto, en base a lecturas confiables de sismógrafos cercanos (la baja velocidad anómala debajo de los Andes, y la escasez de estaciones sísmicas, especialmente para el control este-oeste, han sido el origen sistemático de errores).

Algunos Hypocentros que no aparecen en los catálogos internacionales fueron incluidos después de que se constató que su magnitud era de 4.5 o mayor.

Unas 800 localizaciones de sismos más pequeños no están incluidas en el catálogo, pere contribuyeron para dar una confirmación indirecta para la determinación de calidad.

Las estaciones sismológicas Bolivianas que proporcionaron datos: La Paz (LPZ) 1913-1963; La Paz (LPB) desde 1961; Zongo (tripartito) desde 1972; Peñas (PNS) 1965-1975 y estaciones temporales en Cochabamba, Desaguadero, Samaipata, Tarija, Sicasica, Riberalta, Coroico.

El catálogo de intensidades (en base al catálogo SISAN) ha sido grandemente mejorado, por su revisión crítica y ampliación hasta fines de 1981 y, especialmente, por el hallazgo de más datos en periódicos antiguos y archivos y entrevistando a personas en varias zonas epicentrales (esta investigación fue combinada con viajes de campo para los estudios tectónicos; ver comentarios al mapa neotectónico).

Se revisaron los siguientes periódicos antiguos: El Eco; El Comercio; El Tren; El Verdadero Elector; El Oriente; El Observador; El País; El Deber; La Voz del Pueblo; El Industrial; La Razón; El Heraldo; El Ferrocarril; El Republicano; El Imparcial; Los Tiempos; La Patria.

Los principales documentos en los archivos históricos fueron: Libro del P. Calancha; Libro de las Cofradías; Libro de Fábrica de la Iglesia San Marcos de Miraflores; Padre Castedo; Historia de la Villa Imperial de Potosí, Tomo I; Bartolomé Arzans de Orsus y Vela; Fuentes inéditas para la historia de Potosí, con referencia especial al Archivo de Potos, y el Archivo Nacional de Bolivia.

METODOS USADOS PARA EL DESARROLLO DE LOS CATALOGOS

1. Los parámetros hypocentrales tomados de las agencias sismológicas mencionadas arriba fueron aceptados sin cambio, excepto cuando las lecturas en La Paz claramente no eran compatibles con esos datos.

Cuando se calcularon parámetros hypocentrales en el Observatorio San Calixto, se usó el método de Mohorovicic, limitando el área en el cual podría originarse el sismo y aceptando dentro de esa área el punto que daba los residuos de mínimo cuadrado para las estaciones consideradas. La profundidad fue restringida considerando criterios auxiliares tales como área de percepción, número de réplicas, la profundidad predominante para sismos mayores en esa zona. La magnitud m_s fue calculada por la amplitud de las ondas de cuerpo u obtenida mediante la comparación con la magnitud de superficie M_S o la magnitud local M_L. Cuando se disponía del valor de magnitud M_S esta también fue incluida en la lista.

$$M_L = \log A/T + 1.9 \log \Delta^\circ + 3.5$$

y relacionada a la Intensidad en el caso de los sismos históricos:

$$M_L = 1.08 + 0.62\ I_{max}$$

2. Los datos de intensidad fueron convertidos a la escala Mercalli Modificada; también cuando la única información que se tenía era el grado en la escala Rossi-Forel.

PLANES PARA MANTENER LOS CATALOGOS AL DIA EN EL FUTURO

El Observatorio San Calixto tiene un plan para coleccionar datos cada vez que ocurra un sismo en Bolivia, tanto los parámetros del foco como datos macrosísmicos. También continuará la consulta de archivos y publicaciones antiguas en búsqueda de datos complementarios que tengan relación con terremotos históricos.

REFERENCIAS ADICIONALES:

- BALLIVIAN, M.V. 1909. Datos sobre los Terremotos y Temblores habidos en el Territorio Boliviano. Recopilación de varios autores. la. Serie. Boletín de la Oficina Nacional de Estadística. Nos. 49-51. La Paz.

- MACELWANE, J.B. and SOHON, F.W. 1936. Introduction to Theoretical Seismology. John Wiley & Sons, Inc. New York.

- MONTESSUS DE BALLORE, F. 1912-1916. Historia Sísmica de los Andes Meridionales. Santiago, Chile.

- RODRIGUEZ, R. and VEGA, A. 1976. El Terremoto del 12 de Mayo de 1972 en Cochabamba. Revista Geofísica, No. 5, IPGH, pp. 161-171.

- VEGA, B.A. 1978. Catálogo Sísmico de Bolivia. Proyecto SISAN-OEA. Observatorio San Calixto. La Paz, Bolivia.

CATALOGO DE TERREMOTOS PARA BRASIL
DATOS DE HYPOCENTROS E INTENSIDADES

J. Berrocal

INTRODUCCION

El territorio brasileño ocupa la mayor parte de los escudos Precámbricos del continente Sudamericano, y está localizado en la región interna continental de la placa Sudamericana. Por este motivo el nivel de la actividad sísmica en el territorio brasileño es muy bajo, con las características propias de otras regiones intraplaca de nuestro planeta.

A pesar de esta situación, los estudios de sismicidad del territorio brasileño se han intensificado durante los últimos años, gracias al impulso dado a la Sismología en el Brasil con la instalación entre 1966 y 1972 del South American Array System (SAAS), a través de un proyecto conjunto organizado por CERESIS y la Universidad de Edimburgo - Escocia/UK (posteriormente el Instituto de Ciencias Geológicas de la Gran Bretaña), y gracias a la necesidad de efectuar estudios de sismicidad y de riesgo sísmico asociados a la planificación y construcción de presas hidroeléctricas de grandes dimensiones y de reactores eléctricos de energía nuclear.

Por este motivo, el Instituto Astronómico e Geofísico de la Universidad de Sao Paulo, en convenio con la Comissao Nacional de Energía Nuclear del Brasil, ejecutó un estudio de sismicidad a partir de 1977, para recopilar y analizar toda la información existente sobre sismos naturales ocurridos en el territorio brasileño, con la principal finalidad de elaborar un catálogo sísmico uniforme y actualizado.

Este trabajo fue realizado por un grupo que incluye el autor de este informe, el Dr. Marcelo Assumpcao, el Dr. Remy Antezana y los Srs. Coriolano M. Dias Neto (del Instituto de Geociencias de la Universidad de Sao Paulo), Renato Ortega, Heitor Franca, y J.A.V. Veloso (de la Estacao Sismológica de Brasília).

El catálogo publicado por Berrocal et al. (1984), incluye eventos ocurridos desde 1560, en su mayoría descritos a través de datos macrosísmicos, con informaciones instrumentales solamente a partir de la instalación de NAT y SAAS, a mediados de la década de 60.

El primer intento para recopilar datos de la sismicidad del territorio brasileño fue hecho por Capanema (1859). El primer catálogo, incluyendo descripciones macrosísmicas, fue publicado por Gama (1910). Branner (1912 y 1920) también publicó catálogos sísmicos incluyendo datos macrosísmicos e interpretaciones sismotectónicas. Catálogos más recientes, incluyendo solamente un listado de los eventos, fueron publicados por Sadowski et al. (1978) y por Haberlehner (1978). Algunas zonas sísmicas fueron estudiados con detalle por autores como Silveira (1906 y 1920), que trató sobre los temblores de Bom Sucesso (Minas Gerais), Sampaio (1916, 1919 y 1920), que estudió los sismos del Recóncavo Baiano (Bahia) y Sternberg (1953) que recopiló los sismos ocurridos en la región amazónica.

A partir de 1982 los datos sísmicos, macrosísmicos e instrumentales, de eventos ocurridos en el Brasil, están siendo publicados en la Revista Brasileira de Geofísica.

MATERIAL UTILIZADO

Como se mencionó antes, la mayoría de los eventos del catálogo sísmico del Brasil, fueron definidos a través de informaciones macrosísmicas extraidas de libros, anuarios y crónicas antiguas, asi como de periódicos y trabajos más recientes. En algunos casos fue posible recopilar información adicional, principalmente en el caso de sismos importantes ocurridos después de 1900, a través de consultas personales en los lugares afectados o a través de noticias en periódicos locales, publicados en la época de los eventos. En los otros casos, principalmente para los sismos más antiguos, se procuró conseguir la fuente de referencia original, de donde fueron extraidos los datos importantes.

Los sismos con epicentros determinados a partir de datos instrumentales, fueron retirados de los boletines del ISS (para el período 1913-1963) del ISC (a partir de 1964) y del Earthquake Data File Summary, recopilados por el NGSTDC del US Department of Commerce (a partir de 1900). A partir de inicios de la década del 70, y principalmente en la década actual, los epicentros de la mayoría de los sismos ocurridos en el Brasil son determinados con datos de la red sismográfica nacional, compuesta por varias redes de carácter local o regional y estaciones de primer orden, supervisionados por la Estación Sismográfica de Brasília, por el Instituto Astronómico e Geofísico de la USP y por el Instituto de Pesquisas Tecnológicas y estaciones de la Universidad Federal de Rio Grande do Norte y del Observatorio Nacional de Rio de Janeiro.

En el catálogo sísmico publicado por Berrocal et al. (1984), los sismos con datos macrosísmicos son divididos en las siguientes categorías:

A. Con información abundante que permite la construcción del mapa de isosistas y determinación del epicentro con buena precisión.

B. Con informaciones suficientes para determinar el área afectada, epicentro e intensidades, con aceptable precisión.

C. Con informaciones seguras sobre su ocurrencia, permitiendo algunas veces evaluar las intensidades observadas, pero no permite estimar el área afectada ni el epicentro con precisión.

D. Evento dudoso, con fecha y local inciertos, no siendo posible estar seguro sobre su real ocurrencia o sobre su naturaleza.

E. Oscilaciones sentidas en el territorio brasileño como efecto de sismo distante, normalmente ocurrido en la región andina.

F. Dato falso en la fuente consultada.

R. Dato repetido, correspondiente a otro sismo del catálogo.

Los sismos de categorías F y R no son incluidos en el catálogo. En general las determinaciones epicentrales de sismos de categoría A y algunos de categoría B son muy precisas, mayor que las determinaciones instrumentales efectuadas con datos de la red internacional de sismógrafos (NEIS e ISC).

Los datos epicentrales extraídos de los boletines internacionales, fueron en su mayoría abandonados, principalmente aquellos con mucha imprecisión en la determinación de los parámetros y otros por corresponder a fases PmKP de sismos de gran magnitud ocurridos en otras regiones de la tierra (Assumpcao, 1983a). Otros epicentros fueron relocalizados, principalmente de aquellos sismos registrados por varias estaciones de la red sismográfica internacional.

Existen todavía sismos con epicentros localizados lejos de las regiones con mayor densidad de sismógrafos, en estos casos ellos son definidos solamente con las informaciones macrosísmicas. Algunas redes de carácter local o regional, presentan problemas en el control de hora, disminuyendo la precisión de las determinaciones cuando hay que utilizar esa información. Estas situaciones son consideradas para definir el error asumido en la determinación de los epicentros.

METODOS UTILIZADOS EN LA PREPARACION DEL CATALOGO

Parámetros hypocentrales

Los sismos con datos macrosísmicos, tienen sus horas de origen, con por lo menos varios minutos de precisión, obtenida a partir de las descripciones existentes para cada evento. En el caso de sismos con datos instrumentales la precisión baja para algunos segundos, siendo menor si el epicentro se encuentra dentro de una red sismográfica. En este caso se utiliza el programa HIPO 71 (Lee y Lahr, 1975), con modelos crustales preliminares existentes en el Brasil (Dias et al., 1980) o el modelo de Herrin (1968), que dan mejores resultados que el modelo de Jeffreys & Bullen (1940).

Las coordenadas del epicentro, para los sismos con datos macrosísmicos son obtenidos de los mapas de isosistas o de las áreas afectadas, con una precisión del orden de decenas de kilómetros o menos, cuando existen datos abundantes. Los eventos con datos instrumentales tienen sus coordenadas determinadas automáticamente por medio del programa HIPO 71, como fue explicado antes. En este caso se obtiene también un valor para la profundidad focal. En el caso de los eventos con datos macrosísmicos no se calcula este parámetro. Para algunos sismos registrados fuera del Brasil, como el ocurrido el 05.08.1983 en Codajás-Amazonas (Assumpcao et al., 1983), son utilizadas lecturas de la fase p^P para calcular la profundidad del foco.

Para los sismos con datos macrosísmicos, en zonas densamente pobladas, la máxima intensidad observada corresponde a la máxima intensidad epicentral. Cuando los datos son menos densos, se efectúa una extrapolación, cuando es necesario.

La magnitud para los sismos con datos que permiten construir mapa de isosistas o área afectada, se utiliza las siguientes relaciones:

$$m_b = 1.63 + 0.60 \log (A_t), \quad ó$$

$$m_b = 2.29 + 0.55 \log (A_{IV})$$

donde A_t = área total afectada en km^2, correspondiente a la isosista II MM, y

A_{IV} = área de la isosista IV MM en km^2.

Estas ecuaciones dan buenos resultados para sismos tectónicos ocurridos en la región intraplaca continental de la América del Sur.

Para los sismos con datos instrumentales con Δ entre 200 y 1500 km, se utiliza la siguiente relación (Assumpcao, 1983):

$$m_R = \log (2\pi \ A/T) + 2.3 \log\Delta - 2.28$$

donde m_R = magnitud con datos regionales, equivalentes a m_b

A = amplitud máxima del movimiento real del suelo en micrómetros (μm)

T = período en seg. correspondiente a A

Δ = distancia epicentral en km.

Para los sismos con datos instrumentales con Δ menor que 200 km se utiliza el método de Richter (1958) para el cálculo de M_L.

Determinaciones de Intensidad y Procedimientos Utilizados.-

Para la evaluación de la intensidad fue utilizada la Escala Mercalli Modificada (Wood y Neumann, 1931). Todos los datos macrosísmicos, para cada evento, fueron evaluados separadamente por cuatro de los autores del catálogo sísmico del Brasil. Cuando las evaluaciones separadas eran parecidas, se adoptó la media como el valor de intensidad final para cada punto analizado. Cuando había discrepancia en los valores, era efectuada una discusión para llegar a un valor justificado.

La intensidad máxima epicentral, en el caso de sismos con epicentro en área oceánica y sentidos en el continente, fue inferida utilizando relaciones empíricas de variación de la intensidad con la distancia, deducidas de eventos de la región con mapas de isosistas conocidas.

ACTUALIZACION DEL CATALOGO

Como se menciona antes, los sismos ocurridos a partir de 1982 son publicados en la Revista Brasileira de Geofísica, permitiendo una constante actualización del catálogo, ya que los parámetros son presentados en el mismo

formato que en el catálogo original. Algunos epicentros y otros parámetros ya publicados, pueden ser modificados en estudios posteriores, estos nuevos valores serán publicados en la Revista Brasileira de Geofísica.

REFERENCIAS ADICIONALES:

- ASSUMPCAO, M. (1983) A regional magnitude scale for Brazil. Bull. Seism. Soc. Am., 73: 237-246.

- ASSUMPCAO, M. (1983a) PmKP phases misidentified by LASA as Brazilian events. Geophys. J.R. astr. Soc., 72: 265-271.

- ASSUMPCAO, M.; ORTEGA, R.; BERROCAL, J. & VELOSO, J.A. (1983) O Sismo de Codajás-AM, de 05.08.1983. Rev. Bras. de Geof., 2: 39-44.

- BERROCAL, J.; ASSUMPCAO, M.; ANTEZANA, R.; DIAS NETO, C.M.; ORTEGA,R.; FRANCA, J. & VELOSO, J.A.V. (1984) Sismicidade do Brazil, IAG-USP, 320 pp.

- BRANNER, J.C. (1912) Earthquake in Brazil. Bull. Seism. Soc. Am., 2: 105-117.

- BRANNER, J.C. (1920) Recent earthquake in Brazil. Bull. Seism. Soc. Am., 10: 90-104.

- CAPANEMA, G.S. (1859) Quais as tradicoes ou vestigios geológicos que nos levem a certeza de ter havido terremotos no Brasil. Rev. Inst. Hist. Geogr. Bras., 22: 135-159.

- DIAS, L.; FERNANDES, C. & BERROCAL, J. (1980) Estructura crustal na area do reservatorio de Sobradinho. Trabajo presentado en el XXXI Congresso Brasileiro de Geologia, Camboriu-SC. Boletim No. 2, Resumos: 352.

- GAMA, A. (1910) Tremores de terra no Brasil e sua origem provável. An. 1° Congr. Bras. Geogr., Rio de Janeiro, 4: 153-178.

- HABERLEHNER, H. (1978) Análise sismotectonica do Brasil, notas explicativas sobre o mapa sismotectonico do Brasil e regioes correlacionadas. An. 2° Congr. Bras. Geol. Eng., 1: 297-329.

- HERRIN, E. (1968) Seismological tables for P phases. Bull. Seism. Soc. Am., 58: 1193-1241.

- JEFFREYS, H. & BULLEN, K.E. (1940) Seismological tables. Brit. Ass. Adv. Sci., Gray Milne Trust, 50 pp.

- LEE, W.H.K. & LAHR, J.C. (1975) Hipo 71 (Revised): A computer program for determining hypocenter, magnitude, and first motion pattern of local earthquakes. Open-file Report 75-311, U.S. Geological Survey, 114 pp.

- RICHTER, C.F. (1958) Elementary seismology. W.H. Freeman and Company. San Francisco and London, 768 pp.

- SADOWSKI, G.R.; CSORDAS, S.M. & KANJI, M.A. (1978) Sismicidade da plataforma brasileira. An. XXX Congr. Bras. Geol., Recife, 5: 2347-2361.

- SAMPAIO, T. (1916) Movimientos sísmicos na Bahia de Todos os Santos. An. 5° Congr. Bras. Geogr., 357-367.

- SAMPAIO, T. (1919) Tremores de terra no Reconcavo da Bahia de Todos os Santos. Rev. Inst. Geogr. e Hist. da Bahia, 26, 45: 211-222.

- SAMPAIO, T. (1920) Tremores de terra na Bahia em 1919. Rev. Inst. Geogr. e Hist. da Bahia, 27, 46: 183-195.

- SILVEIRA, A.A. (1906) Os tremores de terra em Bom Sucesso. Impresso Oficial do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 132 pp.

- SILVEIRA, A.A. (1920) Os tremores de terra em Bom Sucesso. Imprensa Oficial do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2° Vol., 197 pp.

- STERNBERG, H.O. (1953) Sismicidade e morfologia na Amazonia Brasileira. Boletim Geográfico, Bol. 117, Ano XI, pg. 595-600.

- WOOD, H.O. & NEUMANN, F. (1931) Modified Mercalli Intensity Scale of 1931. Bull. Seism. Soc. Am., 21: 277-283.

CATALOGO DE TERREMOTOS PARA CHILE
DATOS DE HYPOCENTROS E INTENSIDADES

Edgar Kausel

INFORME NACIONAL

INTRODUCCION

El Catálogo de Sismos tiene una larga historia en Chile. Ya en el siglo pasado, varios autores acumularon información sobre sismos ocurridos en épocas coloniales. Generalmente dichas compilaciones se relacionaban con estudios dirigidos a la preparación de textos de Historia y Geografía de Chile, más que a trabajos científicos sobre el tema. Con toda seguridad, fue Montessus de Ballore (1911-1916), quien preparó el catálogo de sismos históricos chilenos más completos de la época. Gran parte de los catálogos históricos posteriores se basan en su monumental obra. Mas tarde Greve (1964) y Lomnitz (1970), perfeccionaron el trabajo de Montessus de Ballore. Adicionalmente, en las primeras cuatro décadas de este siglo varias instituciones internacionales y universidades iniciaron la preparación de catálogos mundiales con valiosa información pertinente a Chile. La información de epicentros con datos instrumentales se ha obtenido principalmente de los Catálogos del U.S. Geological Survey, International Seismological Summary (1918-1959), Gutenberg y Richter (1904-1952), International Seismological Centre y datos del Servicio Sismológico de la Universidad de Chile - Departamento de Geología y Geofísica. Un grupo de esta institución formado por Luis Alvear, Sergio Barrientos, Edgar Kausel y Mario Pardo fueron los responsables de ordenar los datos en un nuevo catálogo de sismos a partir de estas y otras fuentes menores. El catálogo de intensidades fue revisado por Luis Alvear y John Bannister, a partir de información recopilada por diversos autores.

METODOS UTILIZADOS EN LA PREPARACION DE CATALOGOS

El trabajo de generación de catálogos de hypocentros y de intensidades fue muy laborioso. El material usado está detalladamente documentada en cada una de las referencias al final de este informe. Sólo se darán aquí algunos criterios utilizados para seleccionar o fijar los parámetros hypocentrales.

Para los sismos históricos (no instrumentales), las coordenadas epicentrales corresponden a las coordenadas del lugar geográfico por el cual es conocido el sismo (ciudad, pueblo, localidad, etc.), por lo que pueden existir errores de $\pm$ 2° en la ubicación de algunos de ellos. La magnitud de estos sismos corresponde a Ms estimada en base a información macrosísmica estudiada por Lomnitz (1970) y Kausel (1979 f). El código de escala de magnitud usado en estos casos es E (columna 92). Cuando los autores han estimado un rango de magnitudes solamente, se utilizó el promedio de este rango, redondeando al decimal superior. La información sobre tiempo origen fue obtenida de una recopilación hecha por Barrientos (1981) y convirtiéndola en

A la columna 131 (Fenómenos no-tectónicos) se le asignó un carácter blanco 'b', por estimarse que todos los sismos del catálogo son de origen tectónico.

Todos los datos de intensidades máximas del catálogo de hypocentros fueron obtenidos de documentos que mantiene el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile (GUC).

Se agregó el código STL como fuente de magnitudes calculadas, que corresponde a las siglas de la Estación Sismológica Santa Lucía.

En la confección del Catálogo de Intensidades, se ha hecho uso de información entregada por E. Silgado (1983, comunicación personal) para tres sismos (1730, 1751 y 1822) e información recopilada por E. Kausel (1979 F) para los sismos de 1868 y 1877. Esto conformó el catálogo de intensidades correspondiente a terremotos ocurridos antes de 1900.

Para el presente siglo, se ha utilizado información publicada por Montessus de Ballore (1911-1916) para el terremoto de Valparaíso de 1906, Bobillier (1930) para el terremoto de 1928 modificada por Kausel (1979 b), Eisenberg et al (1972), Kausel (1965, 1967), una gran cantidad de datos reunidos por F. Greve (1949) en "Cartas de Curvas Isosistas" no publicados y datos de los archivos del Departamento de Geología y Geofísica resumidos por Barrientos (1981) y otros que aparecen en las referencias. En las cartas de Curvas Isosistas se indican intensidades puntuales en una escala de I al VI. Para convertir estas intensidades a intensidades en la Escala de Mercalli se usó el criterio de multiplicar la intensidad por un factor 2 y restar al resultado una unidad.

Para las coordenadas de localidades, pueblos y ciudades antiguos, se ha consultado a Risopatrón (1924). Para los terremotos de 1868 y 1877 aparecen localidades de las cuales se desconocen sus coordenadas, posiblemente corresponden a sitios en zonas del Sur del Perú, oeste de Bolivia o antiguas localidades chilenas que han sido abandonadas o han cambiado de nombre. En estos casos se ha dejado en blanco el espacio correspondiente del catálogo de intensidades.

Profundidades para sismos anteriores a 1900, en general no han sido estimados, por lo que el lugar para esta información también se ha dejado en blanco.

La altura de los lugares para los que se indican intensidades, se ha obtenido de mapas, documentos, libros, etc. Para algunas caletas y localidades costeras, ella ha sido estimada en 10 mts.

En el cálculo de distancias hypocentrales se considera la línea recta que une el hypocentro con el punto de observación, sin considerar la altura del lugar.

Cuando se indican dos intensidades diferentes para una misma localidad, la intensidad real corresponde a la información de intensidad comprendida entre los valores anotados. Por ejemplo, Santiago V-VI, aparece en el catálogo de intensidades como Santiago V y Santiago VI.

REFERENCIAS ADICIONALES:

- BARRIENTOS, S. (1981) Regionalización Sísmica de Chile, Memoria de Tesis para Optar al Título de Magister en Ciencias, Mención Geofísica, Santiago, 72 pp y apéndice.

- BOBILLIER, C. (1930). Observaciones de 1928; Boletín del Servicio Sismológico de Chile, Santiago.

- BRUGGEN, J. (1950). Fundamentos de la Geología de Chile; Santiago Inst. Geográfico Militar, 374 pp.

- COOKE, R. and C. MORTIMER (1971). Geomorphological evidence of faulting in the Southern Atacama Dessert, Chile; Revue de Géomorphologie Dynamique; v. 20; 71-78 pp.

- DAVIS , S. and J. KARZULOVIC (1963). Landslides at Lago Riñihue, Chile, BSSA. v 53, 1403-1414 pp.

- DAVISON, C. (1936). Great Earthquakes; T. Murby and Co., London, 286 pp.

- DOBROVOLNY E., R. LEMBKE, W. BOWES, H. THOMAS and N. BRAVO (1963). Relation between Geology and the Damage in Pto. Montt, Chile, caused by the earthquake of May 22, 1960; BSSA, v. 53, 1299-1314 pp.

- DUKE, M. and D. LEEDS (1963). Response of soils, foundations, and earth structures to the Chilean Earthquakes of 1960; BSSA v. 53, 309-357 pp.

- EISENBERG, A., R. HUSID and J.E. LUCO (1972). A preliminary report of the July 8, 1971 Chilean Earthquake; Bull. Seismol. Soc. Am., v. 62, 423-430 pp.

- GALLI, C. and J. SANCHEZ (1963). Relation between Geology and the effects of the Earthquakes of May 1960 in the City of Castro and Vecinity Chiloé; BSSA, v. 53, 1263-1271 pp.

- GALLI, C. And J. SANCHEZ (1963). Effects of the Earthquakes of May 1960 in Concepción and Vecinity; BSSA, v. 53, 1281-1297 pp.

- GREVE, F. (1949). Cartas de Curvas Isosistas; Depto. de Geofísica Universidad de Chile; inéditos.

- GREVE, F. (1964). Historia de la Sismología en Chile; Publicación Instituto de Geofísica y Sismología, Santiago, Chile, 94 pp.

- KAUSEL, E. (1979a). Comportamiento de Diferentes Suelos durante el Terremoto del 16 de Agosto de 1906, Informe para la Comisión Chilena de Energía Nuclear; 9 pp. y Apéndice.

- KAUSEL, E. (1979b). El sismo de Talca de 1° de Diciembre de 1928; Informe para la Comisión Chilena de Energía Nuclear; 10 pp.

- KAUSEL, E. (1979c). Análisis de Intensidades sismo de Chillán 1939; Informe para la Comisión Chilena de Energía Nuclear, 10 pp.

- KAUSEL, E. (1979d). Terremoto del 22 de Mayo 1960: Informe sobre posibles diferencias de intensidades en distintos tipos de suelos; Informe para la Comisión Chilena de Energía Nuclear; 6 pp., Apéndice.

- KAUSEL, E. (1979e). Comportamiento de Suelos en el Terremoto de Taltal, 28 de Diciembre de 1966; Informe para la Comisión Chilena de Energía Nuclear, 5 pp.

- KAUSEL, E. (1979f). Los Terremotos de Agosto 1868 y Mayo 1977, que afectaron al Sur del Perú y Norte de Chile; Inédito, Depto. Geofísica, Santiago.

- KAUSEL, E. (1967). El Terremoto del 28 de Diciembre, 1966. Informe Preliminar Revista IDIEM, v.6, N° 1, 1-5 pp.

- KAUSEL, E. (1965). Informe preliminar del terremoto del 28 de Marzo, 1965; Revista IDIEM, v. 4, 23-28 pp.

- KAUSEL, E. y C. LOMNITZ (1968). Tectonics of Chile; en Panamerican Symposium on the Upper Mantle; Instituto de Geofísica, UNAM, v. 2, 47-62 pp.

- LOMNITZ, C. (1960). A Study of the Maipo Valley. Earthquakes of September 4, 1958; Proc. 2nd. WCEE (July 11-18, 1960 Tokyo and Kyoto, Japan), v. 1, 501-520 pp.

- LOMNITZ, C. (1970). Major Earthquakes and Tsunamis in Chile During the period 1535 to 1955; Geol. Rundschau; v. 59, 938-960 pp.

- MILLER, H. (1967). Zur junger Tektonik in der Hochkordillera Nord-Chiles N. JB. Geol. Palaout. Mk., v. 9, 536-544 pp.

- MILNE, I. (1880). The Peruvian earthquake of May 9, 1877; Trans. Seismol. Soc. of Japan, v. 2, 50-96 pp.

- MONTESSUS DE BALLORE, F. (1911-1916). Historia Sísmica de los Andes Meridionales; Ed. Cervantes, Santiago.

- MUÑOZ, M.I. (1973). Estudio de las réplicas del Terremoto de Taltal del 28 de Diciembre de 1966, Memoria de Tesis para optar al Título de Magister en Ciencias, Mención Geofísica, Santiago.

- OKADA, A. (1971). On the Neotectonics of the Atacama fault zone region; Preliminary Notes on the late Cenozoic faulting and geomorphic development of the Coast Range of Northern Chile; Bull. Dept. of Geography, Univ. of Tokyo; March 1971. 65 pp.

- RISOPATRON, L. (1924). Diccionario Geográfico de Chile; Imprenta Universitaria.

- SAITA, T. (1940). The great Chilean earthquake of January 24, 1939; Bull. Earthq. Res. Inst., Tokyo Univ., v. 18, 446-459. pp.

- SILGADO, E. (1973). History of the most noteworthy earthquakes in Peru (1513-1970); Geofís. Panam., v. 2, 179-243 pp.

- SILGADO, E. (1983). Comunicación escrita.

- THOMAS, H., W. BOWES and N. BRAVO (1963). Field observations made between Puerto Montt and Maullín; BSSA, v. 53, 1353-1356 pp.

- THOMAS, H., W. BOWES, and N. BRAVO (1963). Geologic Report on the effects of the Earthquake of 22 May 1960 on the City of Llanquihue, BSSA., v. 53, 1357-1359 pp.

- THOMAS, H., W. BOWES, and N. BRAVO (1963). Geologic Report on the Effects of the Earthquake of 22 May 1960 in the City of Pto. Varas, BSSA, v. 53, 1347-1352 pp.

- THOMAS, H., W. BOWES, N. BRAVO, and A. MORAGA (1963). Effects of the Earthquakes of May 1960 and Geologic Relations in Rio Maipo; BSSA, v. 53, 1361-1366 pp.

- WEISCHET, W. (1963). Further Observations of Geologic and Geomorphic Changes Resulting from the Catastrophic Earthquake of May 1960, in Chile. BSSA, v. 53, 1237-1257 pp.

- WINSLOW, M. (1982). The structural evolution of the Magallanes Basin and neotectonics in the southernmost Andes; Antarctic Geosci., 143-154 pp.

- WRIGHT, C. and A. MELLA (1963). Modifications to the soil pattern of South Central Chile Resulting from Seismic and Associated Phenomena During the Period May to August 1960., BSSA., v. 53, 1367-1402 pp.

CATALOGO DE TERREMOTOS PARA COLOMBIA
DATOS DE HYPOCENTROS E INTENSIDADES

J. Rafael Goberna S.J.

INFORME NACIONAL

INTRODUCCION

Los catálogos de hypocentros e intensidades de Colombia, que se presentan en esta etapa del proyecto SISRA, no son ni pueden ser completos y perfectos. Tampoco se pretendía esto al planear dicho proyecto. Durante los primeros siglos de la colonia solamente los cronistas especiales se ocupaban en narrar lo ocurrido en las ciudades seriamente afectadas por los temblores. Sin embargo a partir ya desde principios del siglo XIX empezaron a aparecer no sólo científicos extranjeros, sino también personas nativas suficientemente ilustradas e interesadas en la ciencia y en la historia, que se preocuparon en registrar y anotar los temblores sentidos en sus ciudades; estos listados de carácter meramente locales y parciales pueden sin embargo considerarse como los primeros catálogos sísmicos de Colombia; así tenemos la lista de Dn. Santiago Pérez de Valencia para Popayán desde antes de 1800 hasta 1845; la de Dn. José Manuel Restrepo para Bogotá en su Diario Político y Militar desde 1819 hasta 1858 lo mismo que la de Dn. José María Caballero desde antes de 1800 hasta 1819. Para mitad del siglo ya existían en el orden internacional científicos como Mallet, Perrey, Fuchs, Milne, Montessus de Ballore y otros dedicados a coleccionar y catalogar datos sísmicos de extensión tanto nacional como internacional.

Naturalmente este ambiente despertó más el interés en Colombia y para el fin del siglo el Sr. Francisco Javier Vergara y Velasco había reunido un buen número de los principales temblores colombianos y de las regiones vecinas y con ellos publicó en los Anales de Ingeniería de 1898 el primer Catálogo cronológico de temblores colombianos y poco tiempo después publicó además la primera Carta Seismológica de Colombia, que contenía los epicentros de su Catálogo. Sin duda este Catálogo sirvió de fuente para otros listados de la época, como el de Rudolph y Szirtes en 1911, el de Espasa en el vol. 14 (palabra Colombia) de su Enciclopedia Universal Ilustrada Europea-Americana, y en parte también al de Milne.

Sin embargo estos listados y catálogos se reducían a breves descripciones de los principales efectos sísmicos de los temblores cronológicamente ordenados o en meras listas con indicaciones del año y de la región, pero carecían de los más importantes parámetros e incluso de las fuentes. La elaboración de un verdadero listado y catálogo sistemático con la determinación e inclusión de los principales parámetros se debe al P. Jesús E. Ramírez cuando en 1947 como resultado de trabajos anteriores publicó con la colaboración del P. Luis Forero Durán el primer Mapa Sísmico y Tectónico de Colombia, acompañado de un listado cronológico de los sismos colombianos más importantes con los valores de sus parámetros.

Este primer trabajo fue ampliándose, completándose y perfeccionándose en los años siguientes con nuevas ediciones y con otros listados y catálogos

elaborados para diversos proyectos, como el SISAN de CERESIS, el de la Comisión de Estudios del Canal Interoceánico Atlántico-Pacífico y el de Woodward -Clyde Consultants para el Río Cauca. Pero sobre todo con sus obras sobre la Historia de los Terremotos en Colombia, especialmente en su segunda y última edición de 1975.

Naturalmente en todos estos trabajos colaboraron activamente bajo su dirección gran parte del personal técnico del Instituto Geofísico. Para la elaboración especial del actual Catálogo de hypocentros e intensidades sísmicas para el SISRA contribuyeron bajo la dirección del Coordinador Nacional, P. J. Rafael Goberna, S.J. Director del Instituto Geofísico de los Andes Colombianos (Universidad Javeriana) los Sres. Juan A. Duarte, Tito A. Vargas, William Arias y Timoleón Palencia, técnicos del mismo Instituto y miembros del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". A ellos se deben los trabajos de análisis sísmicos y además la determinación manual de gran parte de los parámetros hypocentrales (IGE). En cambio para el trabajo de computación colaboraron a las órdenes y bajo la dirección del Dr. Alberto Sarria Molina un grupo de sus estudiantes de la Universidad de los Andes.

MATERIAL UTILIZADO

Para los epicentros históricos la fuente fundamental es la obra del P. Ramírez "Historia de los Terremotos de Colombia (segunda edición, 1975), ya que en ella se recogen gran parte de los datos tomados de las fuentes originales y en ellos principalmente se basan las determinaciones de los parámetros sísmicos adoptados, cuyo listado y catálogo se incluye al final de la obra con las referencias correspondientes. Para los sismos instrumentales se aceptan los valores dados por autores o entidades generalmente reconocidos, como B. Gutenberg y Ch. F. Richter, U.S. Coast & Geodetic Survey y los demás organismos posteriores, como la NOAA, la NOS, etc. hasta la actual NEIS, a los cuales se añaden el ISS, el ISC y el BCIS.

En otros casos cuando se trata de sismos históricos no incluidos en la obra del P. Ramírez, la fuente principal es ordinariamente el Archivo del Instituto Geofísico (IGE), pero citándose la autoridad de donde se toman. En cambio en el caso de sismos instrumentales los datos están tomados directamente de los sismogramas analizados por el personal del Instituto Geofísico o de las publicaciones del ISS y del BCIS y luego procesados por el método manual (IGE) o por medio de la computadora (HYP).

Sin embargo en el Catálogo final del SISRA se han incluido los valores dados por el ISC con preferencia a los de NEIS y entidades antecesoras, lo cual no creemos sea aceptable sin un cuidadoso análisis previo y sobre todo porque no es fácil tener a mano las publicaciones del ISC; ésto tiene mucha más aplicación tratándose de los datos tomados de LASA y de LAO, pues algunos de sus datos son erróneos.

OBJETIVOS

La principal finalidad del proyecto SISRA en su primera etapa era sistematizar según un modelo aprobado, el material sísmico existente en las instituciones pertinentes de las naciones suramericanas participantes. Con él

se pretendía además elaborar listados provisionales de los hypocentros y de las intensidades de los eventos sísmicos recolectados en cada nación y a la vez confeccionar mapas de intensidades máximas y de zonificación sísmica, que sirvieran de base para luego investigar y determinar el riesgo sísmico de la región andina suramericana. Con estos objetivos generales delante, Colombia trató en primer lugar, de poner al día los listados de sus temblores, analizando y procesando los datos de los sismogramas de todas sus estaciones; en segundo lugar, tratar de sistematizar sus varios listados sísmicos de acuerdo a las normas adoptadas para las demás naciones; en tercer lugar, tratar de completar lo más posible el material sobre los eventos históricos y finalmente formar el catálogo de intensidades del mayor número de sismos, que pudieran servir para elaborar mapas de isosistas, que permitiesen trazar el mapa de intensidades máximas de Colombia. De ese modo Colombia pudo presentar no sólo sus catálogos de hypocentros y de intensidades, sino también una serie de mapas individuales de isosistas, con los que se elaboró el mapa de intensidades máximas, y además se elaboró un mapa neotectónico y otro de deslizamientos y solifluxión producidos por temblores.

METODOS EMPLEADOS EN EL DESARROLLO DE LOS CATALOGOS DE HYPOCENTROS Y DE INTENSIDADES

a) Naturalmente los valores de los parámetros de sismos históricos no pueden en general tener mucha precisión, sobre todo cuando no existen suficientes datos para precisar la intensidad y la extensión de sus efectos. Su determinación depende en gran parte del valor de la fuente original y de la apreciación de la intensidad y de los daños y efectos relatados por los testigos empleados por la fuente. De ahí que no siempre se puedan aceptar como exactos los datos sobre la hora y sobre los minutos señalados en las fuentes; incluso muchas veces existen divergencias entre los testimonios sobre la hora origen y a veces sobre la misma fecha, especialmente cuando los datos no proceden de testigos presenciales, pues en épocas pasadas los mismos cronistas no se preocupaban mucho de la precisión de tiempo en los eventos referidos. Por lo mismo el tiempo origen asignado a los sismos históricos hay que tomarlo como el valor más aceptable en cada caso según los datos disponibles.

b) Por las mismas razones anteriores los valores adoptados para los parámetros de localización no tienen en la mayoría de los casos históricos más valor y significado, que la indicación general de la región, en que se sintió o causó daños un sismo. El método, pues, seguido por el P. Ramírez en este catálogo consistía en situar el epicentro de un temblor en la ciudad, en que sus efectos o daños fuesen mayores cuando no existían datos de otras partes. En el caso de existir daños y efectos aproximadamente iguales en dos ciudades el epicentro se sitúa en el punto medio de la distancia entre ambas ciudades; si los daños y efectos eran mayores en una ciudad que en las demás el epicentro se sitúa a distancias inversamente proporcionales a dichos efectos. Naturalmente los errores de localización pueden ser muy considerables sin que pueda determinarse su magnitud, sobre todo cuando los datos son muy escasos, como ocurre en los sismos más antiguos.

c) Cuando se trata de eventos instrumentales, los valores de sus parámetros son los dados por las personas y entidades, que los determinaron y que aparecen como sus autores; cuando alguno de esos valores están determinados por otras personas o entidades distintas, éstas se indican a su lado. En los casos de eventos instrumentales analizados y procesados tanto por el P. Ramírez o bajo su dirección como por el personal del Instituto Geofísico (IGE)

a determinación de los parámetros del tiempo origen, distancia y localización geográfica se hace de ordinario por medio de las tablas elaboradas en la Universidad de Saint Louis (Saint Louis, Mo.) por el Rev. Joseph S.Joliat, S.J. (Tentative tables of travel times for near earthquakes, Saint Louis University, 1931); solamente en casos especiales se usan las tablas de Jeffreys-Bullen o de Herrin. En todos estos casos, ya sean históricos o instrumentales procesados por medio de computadora (H Y P) el programa empleado es el Hypo 71 modificado y entonces también se calcula la profundidad, tomando como profundidad básica de referencia la de los 40 km, la cual se acompaña con una R para indicar su restricción por el programa.

d) Intensidades y magnitudes

Todos los casos de sismos procesados por el P. Ramírez o bajo su dirección (R - I) tanto históricos como instrumentales tienen asignadas magnitudes e intensidades. Sin embargo no se conoce exactamente el método empleado para sus determinaciones y el significado preciso de sus valores; con todo creemos con bastante seguridad que las intensidades están evaluadas de acuerdo con la escala de Mercalli modificada y que para las magnitudes se utilizó la fórmula de Gutenberg-Richter para los sismos superficiales de California: $M = 1 + 2/3\ I_0$ o las tablas de equivalencia deducidas de ella (Richter Elementary Seismology, p. 353, o Bath Introduction to Seismology, p. 117, table 7). De este modo en los sismos históricos se determinó la intensidad por los efectos evaluados según los datos referidos por las fuentes y de ahí se pasó al cálculo de la magnitud (Ms); en caso de sismos instrumentales se siguió el mismo procedimiento o el inverso. De igual modo se procedió en los sismos, en los que esos valores no habían sido determinados por los autores de los demás parámetros.

Naturalmente en estos casos no se puede precisar la calidad o el grado de precisión de los valores asignados y por lo tanto los valores hay que tomarlos con cautela y seguramente necesitan una nueva evaluación y homogeneización con las determinaciones del Catálogo. Este trabajo no se ha podido realizar para el Catálogo actual de SISRA y por lo mismo no se ha determinado la intensidad de los sismos procesados para esta etapa de SISRA. En cuanto a la magnitud se ha tratado de calcularla para todos los sismos posibles, utilizando la fórmula provisional $Mb = \log \frac{A}{T} + \log D + 0.77$, en la cual A es la amplitud mitad del primer ciclo de P en la componente vertical de corto período del sismógrafo Benioff o del SRO reducida al movimiento del suelo; T es el período del ciclo anterior; D es la distancia hypocentral de la estación, en km. Aunque los resultados así obtenidos no se han analizado debidamente, por la comparación realizada ocasionalmente con valores dados por centros internacionales, se puede afirmar que resultan un poco bajos; por lo mismo tampoco se ha tratado de calificar su calidad.

e) Catálogo de Intensidades.-

En la elaboración del Catálogo de Intensidades se acordó desde el principio seguir el modelo empleado para el proyecto SISAN y por esa razón Colombia incorporó en el proyecto SISRA todos los datos y resultados obtenidos anteriormente, pero además no sólo se ampliaron y se completaron con nuevos datos los eventos estudiados antes, sino que se elaboraron un buen número de nuevos eventos hasta formar un catálogo de 138 eventos. Naturalmente la fuente principal para estos datos fue también la obra del P. Ramírez, completada para muchos casos con el material de información y prensa, conservado en

el archivo del Instituto Geofísico.

La evaluación de las intensidades se hizo de acuerdo con la escala de Mercalli modificada; sin embargo en algunos eventos la evaluación fue hecha por varios grupos independientemente; como consecuencia los valores obtenidos para la intensidad en el mismo sitio fue muy diversa. Naturalmente esto va a exigir un mayor análisis de la escala y de los criterios de aplicación, de modo que la diversidad de apreciación de los datos no sea tan grande. Por el momento hemos determinado no suprimir ninguno de los resultados ni tratar de uniformarlos, sino incluirlos todos con la referencia al grupo evaluador en cada caso.

Por otra parte como en los trabajos anteriores no se había pretendido calcular las distancias y azimutes de los diversos puntos al epicentro, tampoco se trató de hacerle ahora tanto por el trabajo y tiempo que esto requiere como porque será más fácil hacerlo cuando estén también elaborados los mapas isosísticos.

Finalmeate en cuanto a los valores de los parámetros sísmicos empleados en este Catálogo, se ha procurado usar los mismos, que se presentan en el Catálogo de hypocentros.

f) Mapa de deslizamientos, agrietamientos y licuación.-

No es mucho lo que se puede decir de la elaboración de este mapa; es el primero de esta clase, que se ha tratado de producir sobre los efectos geológicos de los temblores colombianos y que nos indican en donde han ocurrido estos fenómenos ya sea por la naturaleza de los terrenos o ya sea por la especial intensidad de los sismos, que los ocasionaron. Estos efectos están señalados sobre un mapa de Colombia a escala de 1:2,000,000 sin mucha precisión en los límites, pues han sido pocos los datos encontrados tanto en la obra del P. Ramírez como en las escasas fuentes disponibles y en la prensa ordinaria. Sin embargo se puede suponer que todavía se podrá encontrar bastante información en otras fuentes, que faltan por estudiar y analizar.

g) Otros elementos.-

La comprensión de otros datos o elementos incluidos en los Catálogos no ofrece especial dificultad y por lo mismo no parece necesaria una mayor explicación; en cambio creo es conveniente un breve comentario sobre el punto de las calificaciones de calidad y precisión en los parámetros principales. Excepto en el caso de utilizar programas de computación con bastante número de datos, parece sumamente difícil el poder apreciar con aceptable exactitud la calidad y precisión de los resultados de modo que se pueda cuantificar dentro de límites, que tengan utilidad práctica. Esto ocurre en todos los casos de eventos históricos y en los eventos instrumentales, cuyos datos son escasos o su intensidad relativamente pequeña o moderada, como ocurre en la mayoría de los eventos catalogados. Por lo mismo no se ve la utilidad de emplear tiempo en tales determinaciones. En cambio, es más práctico y útil para apreciar la calidad y precisión de los valores presentados, el conocer el número de datos o de estaciones utilizado en los cálculos y determinaciones, como se está haciendo en los principales centros internacionales y así se ha hecho en nuestro Catálogo de hypocentros. Igualmente nos parece el indicar con un símbolo aquellos valores, cuya precisión se sabe que es muy

escasa, como lo hace NEIS mediante una estrella y actualmente con otros símbolos para diversos casos.

PLANES Y TRABAJOS FUTUROS

Como se señaló al principio los Catálogos actuales, presentados como fruto y resultado de los trabajos realizados durante la primera etapa del proyecto SISRA, no pueden ser ni completos ni perfectos por su misma finalidad y por la naturaleza de su elaboración; es un trabajo preliminar para presentar en común y según un modelo homogéneo el material sísmico existente en las naciones participantes. Esto no quiere decir que los resultados obtenidos no sean de gran valor e importancia; el esfuerzo realizado ha sido de un mérito excepcional y los datos encontrados en muchos casos duplican los anteriormente existentes. Sin embargo el trabajo que todavía queda por hacer es mucho y ciertamente muy valioso. En primer lugar es necesario seguir manteniendo los Catálogos al día mediante el continuo procesamiento de los datos diarios. Por otra parte los datos y resultados obtenidos no son definitivos. Hasta ahora no ha sido posible conseguir y revisar todas las fuentes sobre los eventos ocurridos en la nación y mientras esto no se consiga, los datos y resultados pueden ser todavía ampliados y completados y tal vez incluso modificados. Además siempre quedan algunos casos sin analizar debidamente por ser dudosos y tal vez contradictorios sus resultados.

También es mucho lo que pueda hacer en la elaboración de mapas isosísticos, pues los preparados han sido relativamente pocos y con nuevos materiales todavía se podrán elaborar bastantes más. Todo esto hará posible el mejorar no sólo la investigación y estudio de la atenuación sísmica y de otros elementos relacionados con el estudio de la relación entre la actividad sísmica y las fallas geológicas, que la producen o la manifiestan. Sin estos datos y elementos no se podrá determinar y conocer el peligro y riesgo sísmico de las diferentes regiones de la nación, que en definitiva es a donde debe llevar todo este estudio y trabajo del material sísmico.

Finalmente es también necesario emprender un estudio de otros elementos sísmicos de gran interés reciente, como es la determinación del momento sísmico de los temblores importantes, y de su mecanismo focal. Todo lo anterior no se puede conseguir en un período de tiempo limitado y tiene que constituir materia de nuevos proyectos y de nuevos programas, que han de requerir también mucho tiempo y muchos medios económicos.

REFERENCIAS ADICIONALES:

- BRITISH ASSOCIATION for the Advancement of Science. Circulars and Bulletins - International Seismological Summaries. London.

- BUREAU CENTRAL INTERNATIONAL DE SEISMOLOGIE.- Bulletins Mensuel et Catalogues annuals et regionals. Strassbourg.

- CENTENO-GRAU, M.- Estudios Sismológicos. Caracas, 1969.

- DEWEY, J.W. - 1972. Seismicity and Tectonics of Western Venezuela, BSSA., v. 62, No. 6, pp. 1734-1746.

- ESPASA-CALPE.- Enciclopedia Universal Ilustrada Europea-Americana, t. 14, (palabra COLOMBIA), p. 130.

- FUCHS, J.W.C. Catalogues of Earthquakes... Neues Jahrb. fur Miner. Geol und. Bal. 1866-1872.

- FUCHS, J.W.C. Catalogues of Earthquakes... Jahrb. der K.K. Geol. R. 18.3-1877.

- FUCHS, J.W.C. Catalogues of Earthquakes... Miner. und Petrol. Mith. 1877-1884.

- GRASES, J. (1971). Sismicidad de la Región Centroamericana asociada a la Cadena Volcánica del Cuaternario, Caracas.

- GRASES, J. (1971). La Sismicidad Histórica del Caribe: I Documento de trabajo, 1502 hasta 1900, Caracas.

- GUTENBERG, B., RICHTER, Ch. F. (1954). Seismicity of the Earth and Associated Phenomena, Princeton.

- MALLET, R. Catalogue of Recorded Earthquakes from 1686 B.C. to A.D. 1850. The Reports of Researches on Science, The British Asso. for the Adv. of Sc. 1852, pp. 1-176; 1853, pp. 118-212; 1854, pp. 1-326.

- MILNE, J. (1911) Catalogue of Destructive Earthquakes. Br. Ass. for the Adv. of Sc., Report of the eighty-first Meeting, pp. 649-740, Portsmouth.

- MONTESSUS DE BALLORE, F. (1884). Temblores y Erupciones Volcánicas de Centro América, San Salvador.

- PERREY, A. (1858). Documents sur les Tremblements de Terre au Perou, dans la Colombie et fans le bassin de l'Amazonie, 1530-1857. Bull. Ac. Roy. Belgique, v. 7, pp. 1-134, Bruxelles.

- PERREY, A. Notes sur les Tremblements de Terre resenties en 1866 et 1867 avec supplements pour les années anterieures de 1843 a 1865. Ac. R. Belgique, Extrait du tome XXI des Mémoires couronnés et autres Mémoires, 1869.

- ROTHE, J.P. (1969). The Seismicity of the Earth, 1953-1965, Unesco, París.

- RUDOLPH, E., SZIRTES, M. (1919). Das Kolumbianische Erdbeben am 31 Januar 1906. Gerl. Beitr. sur Geophysik, v. 11, pp. 132-190; 107-275.

- MOLNAR, F., SYKES, L.R. (1969). Tectonics of the Caribbean and Middle America Region from Focal Mechanisms and Seismicity. Bull. Geol. Soc. of Am. v. 80, No. 9, pp. 1671-1680.

- SYKES, L.R., EWING, M. (1965). The Seismicity of the Caribbean Region. Jr. Geoph. Res., v. 70, No. 20, pp. 5067-5070.

- TABOR, L.L. (1967). Compilation of Seismic Data: Colombia and adjoining Land and Sea Areas. Blume and Associates, San Francisco, CA.

- TABOR, L.L. (1967). Compilation of Seismic Data: Panama and adjoining Land and Sea Areas. Blume and Associates, San Francisco, CA.

- U.S. COAST AND GEODETIC SURVEY. Preliminary Determination of Epicenters.

- U.S. COAST AND GEODETIC SURVEY. Earthquake Report Data. NEIS.

- U.S. COAST GEOLOGIC SURVEY. NEIS, EARTHQUAKE DATA Report.

- U.S. COAST GEOLOGIC SURVEY. HYPO 71 (Revised). A computer program for determining Hypocenter, Magnitude and first Motion Pattern of Local Earthquakes. Menlo Park, CA, 1975.

- VERGARA Y VELASCO, F.J. (1898). Los Terremotos en Colombia. Anales de Ingeniería, Año 10, Serie 1, v. X, No. 118, pp. 186-192, Bogotá.

- VERGARA Y VELASCO, F.J. Carta Sismológica de Colombia. Atlas Completo de Geografía Colombiana, 1906, Bogotá, y Anales de Ingeniería, Año XX, v. 14, No. 161, p. 14, Bogotá, 1907.

CATALOGO DE TERREMOTOS PARA ECUADOR
DATOS DE HYPOCENTROS E INTENSIDADES

José Egred A.

INFORME NACIONAL

INTRODUCCION

1. Investigadores colaboradores:

Participaron en diferentes actividades de la elaboración de los catálogos, los siguientes investigadores:

Tglo. Vinicio Cáceres (Instituto Geofísico)
Sr. Wilman Costa (Instituto Geofísico)
Tglo. Edgar Chicaiza (Instituto de Cómputo)
Sra. Marcela de Robalino (perforación comp.)
Dr. Luis Fernández (CERESIS)

2. Reseña histórica:

Los catálogos se elaboraron en dos etapas:

Etapa	Catálogo	Período
1	Hypocentros	1900 - 1981
	Intensidades	1938 - 1981
2	Hypocentros	1541 - 1899
	Intensidades	1541 - 1937

Esto obedeció a ligeros cambios de criterio cuando el Proyecto estaba en marcha. Igualmente fue necesario realizar algunas modificaciones para cumplir con la versión definitiva del formato, que fue modificado.

La etapa 1 del Catálogo de Intensidades se la hizo en base a la información original que en su mayoría se encontraba disponible en el Observatorio Astronómico de Quito. Para cubrir la etapa 2 fue necesario realizar una investigación específica para el Proyecto, la cual se la hizo recurriendo a fuentes originales de información, tales como archivos, bibliotecas, hemerotecas, etc.

Toda la información recopilada, fue seleccionada, catalogada y evaluada, para finalmente proceder a la interpretación de las intensidades, en su totalidad. Esto permite que el Catálogo se lo presente con un criterio general uniforme para todo el período.

El Catálogo de Intensidades se concluyó y entregó en Agosto de 1983, a excepción de los parámetros: distancia epicentral, distancia hypocentral y azimut, que se envió para su inclusión en Octubre de 1984. El Catálogo de Hypocentros en Julio de 1983.

MATERIALES USADOS

1. Catálogo de Hypocentros:

El Catálogo de Hypocentros se elaboró en base a información de las siguientes fuentes:

Período 1900 - 1981

a) Catálogo Sudamérica (CERESIS)
b) Catálogo Ecuador (CERESIS)
c) Catálogo SISAN
d) Boletines: USGS, ISC, USS, otros.

Período 1541 - 1900

a) Breve Historia de los Principales Terremotos en la República del Ecuador.
b) Investigación de Sismos Históricos: José Egred A.

2. Parámetros hypocentrales:

Se incluyen todos los parámetros que ha sido posible determinar y con estricto ceñimiento al formato SISRA; tomando muy en cuenta el factor de calidad, especialmente para el período pre-instrumental.

3. Localizaciones:

Las localizaciones no instrumentales se determinaron por intensidades máximas y por isosistas, cuando fue posible trazarlas.

En el catálogo original se hicieron constar todas las fuentes de información, para finalmente seleccionar la que debía incluirse en la versión final.

4. Profundidad:

No se realizaron cálculos de profundidad. Constan únicamente los suministrados por las fuentes.

5. Intensidad máxima:

Consta la máxima intensidad determinada en el Catálogo de Intensidades.

6. Magnitudes:

Se incluyen para cada evento todas las magnitudes suministradas por diferentes fuentes, siguiendo el orden de prioridades SISAN, que se guía por la densidad y calidad de datos. Para el cálculo de magnitudes en base a la intensidad, se empleó la fórmula de Richter.

A fin de evitar que se elimine una buena cantidad de sismos de magnitudes pequeñas o que no tenían el dato, no se fijó una magnitud inferior límite para la inclusión de los eventos en el Catálogo.

7. Determinación de intensidades:

El Catálogo de Intensidades fue elaborado exclusivamente para el Proyecto SISRA, desde la investigación y recopilación de datos, hasta la determinación de las intensidades, por lo cual este es un Catálogo original. Se aprovechó esta circunstancia para tomar en cuenta mayores detalles en la evaluación que la hizo en la escala MSK.

La determinación de intensidad máxima en los eventos con limitada cantidad de datos, especialmente en los terremotos históricos, se tomó en cuenta la máxima reportada. Para la inclusión en el Catálogo se tomaron en cuenta los eventos desde intensidad 3.

8. Distancia hypocentral:

Para el cálculo de este parámetro, en los eventos que no tenían dato de profundidad, se adoptó la profundidad normal: 33 km.

9. Referencias:

No se insertaron referencias para cada sitio, sino para cada evento en general, las cuales constan en las primeras líneas del respectivo casillero.

10. Planes futuros:

La investigación realizada para la elaboración del Catálogo, en especial para el período histórico, dejó en evidencia que aún queda mucha información que puede ser extraída y aprovechada, razón por la cual ya se ha implementado un proyecto para la continuación sistemática de la investigación. La información que se obtenga será insertada en los Catálogos, al igual que la que periódicamente se obtenga de eventos futuros.

REFERENCIAS ADICIONALES:

- ARCHIVO DE LA FUNCION JUDICIAL. Periódico Oficial "El Nacional", varios números, año 1886; publicación de: Resumen de la Historia del Ecuador, Terremotos y temblores que padecieron las poblaciones, Tomo II, Capítulo VII, por Cevallos Pedro F.

- ARCHIVO DE LA FUNCION JUDICIAL. Periódico Oficial "El Seis de Marzo", Año 5°, época segunda, N° 403.

- SANTASILIA Jorge Juan, ULLOA Antonio de. Relación Histórica del Viaje a la América Meridional hecho de orden de S. Mag. para medir algunos Grados de Meridianos. Madrid, Antonio Marín, 1748.

ARCHIVO OBSERVATORIO. Formularios de encuestas, realizadas en las zonas afectadas por terremotos.

- VILLAVICENCIO, Manuel. Geografía de la República del Ecuador, Imprenta de R. Craighead, New York, 1858.

- SEMANATE R. A. y Otros. Informe, presentado por la Comisión Técnica al

Ministerio de Instrucción Pública, sobre sismos ocurridos en el Valle de Machachi el día 5 de Febrero y siguientes, Quito, Marzo, 1923.

- SEMANATE, P.A. Sismología del Terremoto de Pelileo. Casa de la Cultura Ecuatoriana, Quito, 1959.

- RAMIREZ, Jesús Emilio R.P. El Gran Terremoto Ecuatoriano de Pelileo, Instituto Geofísico de los Andes Colombianos.

CATALOGO DE TERREMOTOS PARA PERU
DATOS DE HYPOCENTROS E INTENSIDADES

Dr. Daniel Huaco

INFORME NACIONAL

INTRODUCCION

El catálogo sísmico del Perú (versión 85.1) tiene dos secciones: el catálogo de Hypocentros y el de Intensidades; ambas partes constituyen un catálogo integrado donde se conjuga, con formato uniforme, la información histórica e instrumental disponible, homogenizada y adecuadamente clasificada.

Los Catálogos, tanto para los parámetros focales como intensidades, son el resultado de una combinación y selección de los catálogos de Daniel Huaco (1983) y de Leonidas Ocola (1984), preparados, respectivamente, para los Proyectos SISRA y SISAN.

El Proyecto SISAN, cuyo principal objetivo fue preparar catálogos sísmicos para Bolivia, Colombia, Ecuador y el Perú, bajo la dirección del Dr. L. Ocola, fue iniciado en 1973 en el Instituto Geofísico del Perú, bajo los auspicios de la Organización de Estados Americanos (OEA) y la coordinación administrativa del Centro Regional de Sismología para América del Sur-CERESIS. Los criterios generales, la organización y otros detalles de la composición del catálogo SISAN, pueden ser encontrados en Ocola (1983). H. Alemán, J. Shikiya, P. Huaco, W. Lescano, G. Espejo y Alcides Garro del Instituto Geofísico del Perú, han trabajado en la compilación de datos y su procesamiento. La Sra. Ursula Torres ha contribuido en la evaluación de intensidades.

Independientemente, con el apoyo del Proyecto SISRA, se inició un nuevo catálogo para el Perú en 1982, cuando el catálogo SISAN aún no estaba disponible. Dato que la literatura histórica sólo describe los grandes eventos y sin mucho detalle para poder extraer información que permita cuantificar los parámetros focales, la primera tarea, y posiblemente la más importante, fue la de obtener más datos para el período de 1500-1900. Los señores L. Rodríguez y P. Huaco hicieron importantes contribuciones en la búsqueda de bibliografía histórica. Luego se preparó nomenclatura normalizada para propósitos del proyecto. Huaco (1984) cuantificó la información histórica dando énfasis a los parámetros de intensidad y magnitud macrosísmica. Fueron desarrolladas por Huaco, fórmulas para la magnitud macrosísmica.

El presente catálogo ha sido preparado con el aporte económico del proyecto SISRA de CERESIS y las contribuciones del presupuesto propio del Instituto Geofísico del Perú (1982-1983) y de la Institución Carnegie de Washington (Departamento de Magnetismo Terrestre). Una ayuda invalorable fue dada por los señores Rodolfo Alvarez, Efraín Fernández y María Esther Sebastián para programar la computadora e implementar el catálogo en el Sistema de Procesamiento Sísmico en Tiempo Real del IGP.

MATERIALES USADOS

Para el período histórico de 1500 a 1900, un número de fuentes que aparecen en las referencias han sido investigadas. La mayoría de los grandes eventos están descritos por más de un autor y no se puede identificar a un sólo autor de un catálogo organizado. Para dar crédito o identificar la fuente principal se ha escogido al autor cuya contribución ha sido la más importante para la evaluación de los parámetros hypocentrales. Considerando que el espacio asignado para el factor de calidad del tiempo de ocurrencia no tiene mucho valor, para este período, en la columna 40 aparece una letra que identifica la fuente-autor con una cita en el código de Fuentes al final de este informe.

Para el período instrumental, varias fuentes han sido usadas. Ellas están identificadas en las columnas 14-16, conforme al Código de Fuentes. Para poder identificar un evento le ha sido asignado un número, precedido por las letras PE, que significan PERU. Este número es el nexo entre los catálogos de hypocentros y de intensidades.

METODOS USADOS PARA DESARROLLAR EL CATALOGO

Parámetros Hypocentrales

a. Tiempo de origen

El tiempo de origen ha sido dado por uno o más autres que describen los efectos del terremoto. En la mayoría de los casos, el tiempo tien aproximación de un minuto, para el período histórico; las estimaciones del tiempo tales como "un cuarto de hora" fueron traducidas a minutos, y todos los tiempos de origen están dados en GMT. En los casos que están en conflicto respecto a la fecha y a la hora, se ha seleccionado la hora dada por el autor que ha proporcionado más información útil al describir el terremoto.

El tiempo de origen durante el período instrumental está dado por el Centro que informa del evento.

b. Localizaciones (coordenadas epicentrales)

Para los eventos que ocurrieron durante el período histórico, las coordenadas epicentrales han sido estimadas en base a la distribución de intensidades, el área de percepción y, e particular, los daños y otros efectos. En algunos casos, una aproximación p o el epicentro ha sido lograda con una precisión comparable a la de los epice os anteriores a 1960.

c. Profundidad

Para grandes terremotos, no fue difícil estimar la profundidad de la fuente en base a la distribución del daño. Se supuso que las profundidades focales características no han cambiado, a escala macroscópica, durante los 400 años de la etapa histórica, en comparación con el siglo presente. En consecuencia, las profundidades observadas, desde 1960 a la fecha, son similares para aquellos eventos que ocurrieron desde 1500 hasta 1900. Para una interpretación física de profundidad, fue de mucho valor la descripción de

ciertos recientes eventos grandes y el Mapa de Sismicidad para el Perú, para el período 1900-1977.

En el caso donde la información existente corresponde a un solo lugar , las coordenadas epicentrales dadas son aquellas del lugar donde se observó la intensidad.

Durante el período instrumental anterior a 1963 sólo se puede confiar en la profundidad para el caso de eventos destructivos. Todavía hay mucho que investigar en relación con este parámetro.

Magnitud

Las magnitudes sísmicas aparecen en cuatro columnas. La magnitud mb representa la magnitud calculada con las ondas de cuerpo. La magnitud mb identificada por IGP o DH ha sido calculada, usando sismogramas de Huancayo y La Paz (Bolivia) para estimar la función de calibración (...) y las Tablas dadas por Duda (1970). Los eventos para los cuales aparece IGP como fuente fueron publicados en varios informes, Huaco et al (1973) y aquellos identificados por DH, corresponden a una serie de datos calculados por el autor y no publicados. Para las fechas después de 1963, el valor dado por el CGS ha sido usado. Ms corresponde a la magnitud calculada con ondas superficiales. En la columna MAG 1 está la magnitud de ondas de cuerpo que tienen un valor menos confiable que mb o que han sido estimados haciendo uso del nivel de detección (AND). En la columna MAG 2 la magnitud ms es dada para propósitos de ingeniería. La información puede ser derivada de Ms, mb o la magnitud macrosísmica Mm. Si la fuente es la columna Ms, una mayor precisión, con dos decimales, es dada. Si es una conversión de mb a Ms, esto ha sido realizado usando la fórmula de Huaco (1980) mb = 3.303 + 0.423 Ms. Se ha dado preferencia a esta fórmula porque la de Richter, especialmente para eventos fuertes no da como resultado un valor de Ms que esté de acuerdo con aquel que se obtiene midiendo directamente las ondas superficiales. Por ejemplo, para un evento destructivo como aquel del Perú, el 31 Mayo 1970, las magnitudes calculadas son mb 6.6 y Ms 7.8. Con la fórmula de Richter el valor para mb 6.6 resulta en Ms 6.5, mientras que con la fórmula de Huaco se obtiene Ms 7.794, que es prácticamente igual a aquella observada.

Para el propósito de cuantificar los eventos históricos, la magnitud macrosísmica Mm ha sido introducida, en base a la intensidad y al área de observación. Para calcular Mm y para discriminar entre los eventos superficiales y de profundidad intermedia, la fórmula de Huaco-Rodríguez (1983) ha sido usada: $Mm = 0.0896\ Io + 4.14712 \log (h) + 0.75156$ para profundidades $0 < h < 33$km y $Mm = 0.47184\ Io - 5.36147 \log (h) + 13.02316$ para profundidades $33 < h < 100$ km, ambas fórmulas para $I \geq 6$. Para I entre 2 y 6, $Mm = 0.28145\ I - 4.22306 \log (h) - 4.14673$, para profundidades de $33 < h < 130$ km, y $Mm = 0.28707 + 1.2003 \log (h) + 1.70319$ para profundidades $0 < h < 33$ km. Para el período 1500-1900, la magnitud macrosísmica aparece en la columna MAG 2.

Intensidad

La intensidad epicentral Io en la escala MM ha sido determinada para la mayoría de los eventos destructivos, con la información macrosísmica que existe en la literatura. En casos donde la intensidad está expresada en otras

escalas: Rossi-Fore, MSK, estas han sido convertidas a MM. En la interpretación y evaluación de efectos, en términos de intensidad, se ha considerado el material y tipo de construcción típica para el período cuando ocurrió el evento. Una buena referencia para las características de la construcción colonial es la ciudad de Popayán (Colombia). El terremoto que destruyó parte de Popayán en marzo, 1983, ha sido un evento de calibración que ha contribuido a mejorar la técnica para la evaluación de varios eventos históricos.

Debido a la importancia que tiene la frecuencia de la actividad sísmica en la evaluación del peligro sísmico, ningún evento para el cual hay alguna información, respecto a la intensidad, ha sido omitido, no obstante el grado de incertidumbre. Para los casos donde la intensidad ha sido observada los lugares han sido identificados con las respectivas coordenadas en el catálogo de intensidades.

Algunos eventos tienen intensidades asignadas que no concuerdan con las observaciones y descripciones históricas; tales eventos se están re-evaluando. La intensidad máxima es el parámetro más difícil de correlacionar para los valores dados en los catálogos de Ocola (1984) y de Huaco (1983). Hay casos, especialmente para sismos fuertes, de discrepancias hasta de dos grados. Dado que la intensidad es subjetiva por definición, aún más considerando que su valor resulta de una descripción histórica, uno tiene que respetar la opinión de otro experto en materia de evaluación. Para informar al usuario del significado cualitativo de la intensidad, se han adoptado los siguientes criterios y cóodigos:

1. Si el autor es una sola persona, dos letras lo identifican.

2. Si son dos los autores y coinciden, cada cual está identificado con una letra, separados por una coma.

3. Si los dos autores están en desacuerdo, ambos autores son identificados cada cual por una letra, separada una de la otra por un asterisco.

REFERENCIAS ADICIONALES:

- HUACO, D., ESPEJO, G., FLORES, A., HUACO, P. (1973). Sismicidad del Embalse Chira-Piura.

- HUACO, D. (1983). Catálogo Sísmico del Perú. Proyecto SISRA. Instituto Geofísico del Perú.

- ROSALES, A. (1917). Ultimos Terremotos del Perú. Imprenta Escuela de Ingenieros.

- RICHTER, C. (1958). Elementary Seismology.

- UMLAUFF, A. (1915). La Región Sísmica de Caraveli. Sociedad Geográfica de Lima. Tomo XXXI.

- OCOLA, L. (1984). Catálogo Sísmico del Perú - Proyecto SISAN, Instituto Geofísico del Perú.

CATALOGO DE TERREMOTOS PARA VENEZUELA
DATOS DE HYPOCENTROS E INTENSIDADES

José Grases G.

INFORME NACIONAL

INTRODUCCION

La preparación del catálogo para Venezuela, se inició con una cuidadosa revisión de los listados, las referencias bibliográficas y las fuentes documentales en las cuales pudiesen encontrarse datos confiables. En relación a los listados o catálogos de hypocentros registrados instrumentalmente se da información en el Reporte General.

Sobre los movimientos sísmicos que en tiempos históricos han ocasionado algún tipo de daño en localidades de Venezuela, existe una abundante literatura, aún dispersa, que proviene tando de narraciones hechas por testigos presenciales como de noticias publicadas por terceros, informes oficiales, boletines sismológicos, noticias de prensa local y foránea, etc. Destaca en esa literatura la obra de Centeno Grau (1969), la cual contiene una muy completa compilación de relatos sobre los terremotos destructores, temblores sentidos y efectos secundarios acaecidos en Venezuela desde 1530 hasta 1949.

Incluidas las áreas cubiertas por el mar, las cuales representan entre una tercera y una cuarta parte del total, la extensión del área sísmicamente activa que se ha estudiado es algo mayor que un millón de kilómetros cuadrados. En buena parte de ella, la historia política y la acción colonizadora desde los años del descubrimiento, estuvieron influenciados por España, Inglaterra, Francia y, en menor grado, Holanda, lo cual ha hecho más laborioso el trabajo de recopilación de datos.

En las áreas colindantes con la frontera occidental del país, resultó de particular utilidad el catálogo de terremotos colombianos del padre Ramírez S.J., en su segunda edición (1975). De igual modo, el catálogo de Robson (1964) sobre la actividad sísmica en el Caribe Oriental, fue de utilidad en el estudio de eventos sísmicos con epicentros ubicados en el Oriente del país.

La preparación del catálogo estuvo a cargo de J. Grases. Los criterios de selección fueron discutidos con L. Ocola y V. Winkler. Los listados de hypocentros corrieron a cargo de O. Pérez, y la revisión y cotejo de la versión final fue realizada por N. Lugo. La iniciativa y el reconocimiento de la importancia de este catálogo son de G. Fiedler, iniciador de la sismología instrumental en Venezuela.

MATERIAL UTILIZADO

1. Fuentes Documentales

Si alguna observación cabe a la obra pionera de Centeno Grau, es la ausencia de una indicación precisa sobre las fuentes de información que

sustentan la compilación presentada en forma de catálogo; seguramente Centeno utilizó otros catálogos locales como los de Ibarra (1862), Ugueto (1935), Soto (1931), Febres Cordero (1929) etc.; reseñas sobre sismos destructores ocurridos en Venezuela, como las de Ahrensburg (1901), Ernst (1878, 1887, 1889), Franquiz Jiménez (1901), Ibarra (1862), Rojas (1879), Sievers (1905), etc.; descripciones de testigos, informaciones hemorográficas, relatos de testigos presenciales y observaciones personales.

El cotejo sistemático de esas y otras fuentes de información, como son los trabajos publicados en el extranjero es una tarea pendiente que puede arrojar resultados promisores. Es sabido que destacados venezolanos del siglo XIX fueron corresponsales de investigadores europeos interesados en los problemas sismológicos y ese flujo de información permite entender la riqueza documental sobre eventos venezolanos en catálogos como los de Perrey (publicados en Bélgica entre 1844 y 1872); el de Mallet (1852) y el de Milne (1911) aparecidos en Inglaterra y los de Rockwood (publicados en Norteamérica entre 1872 y 1886). Ocasionalmente se describen en ellos fenómenos peculiares de sismos venezolanos que no siempre figuran en las narraciones más conocidas de autores locales (véase Grases 1971). Por ejemplo, en el libro sobre predicción de sismos publicado por Rikitake (1976) se cita como caso de perturbaciones premonitoras captadas por los animales una descripción publicada en New York por Milne (1886, p. 303) del bien conocido episodio según el cual minutos antes del terremoto que destruyó Caracas el año de 1812, en un establo situado al Este de la ciudad un caballo enloquecido rompió las cercas y escapó hacia la parte alta del valle, hecho éste que fue interpretado como precursor del terremoto principal.

A partir del mes de febrero del año 1959 comienzan a aparecer en forma sistemática los Boletines Mensuales del Instituto de Sismología del Observatorio Cajigal bajo la certera dirección de G. Fiedler; ellos constituyen el registro más completo de la actividad sísmica del país, con datos instrumentales e informaciones macrosísmicas relevantes de lo acontecido durante los 20 años subsiguientes. Sobre los registros del Cajigal hechos con anterioridad a 1959 sólo se conocen los listados de Ugüeto (1935), Soto (1931), referencias ocasionales de Centeno (1969), noticias en la prensa local generalmente asociadas a temblores sentidos y, más recientemente, la recopilación de notas hechas por Salas (1981) sobre movimientos sísmicos registrados y anotados en el Observatorio Cajigal entre 1891 y 1953.

Interesa señalar aquí que este Observatorio tiene sus inicios en septiembre de 1888. Paralelamente a las observaciones astronómicas y meteorológicas, se realizaban anotaciones de movimientos sísmicos sentidos en el área de Caracas. Según Salas (1981), en 1931 el Cajigal obtiene un sismógrafo Wiechert que, sin estar debidamente calibrado, registra esporádicamente sismogramas. En su catálogo, Centeno cita a partir de 1914 el Observatorio Cajigal (O.C.) como fuente de información de temblores sentidos en Caracas; a partir de 1933 añade información sobre duraciones tan cortas como 2 segundos, lo cual hace presuponer que fueron leídas en registros sismográficos. Sobre la interpretación de éstos queda mucho por hacer.

2. Precauciones en su Interpretación

Información descriptiva como la anotada en el acápite anterior debe ser usada con extrema cautela, especialmente en los eventos más antiguos , pues

la interpretación de descripciones imprecisas no es siempre inmediata; el descubrimiento de nuevas evidencias documentales puede facilitar una mejor comprensión del hecho*. Tal es el caso de la bien conocida narrativa en verso de Juan de Castellanos sobre importantes daños en la Isla de Cubagua a mediados del siglo XVI, que fue interpretada durante muchos años como un "terremoto desastroso"; nuevas evidencias documentales dejan escaso margen de duda de que en realidad se trató de un huracán con lo cual se confirma la sospecha adelantada por Montessus de Ballore en 1915.

Cuidado especial debe guardarse igualmente con narraciones de segunda mano. Viene al caso citar la supuesta destrucción de Caracas, enriquecida con descripciones detalladas del número de víctimas, construcciones dañadas, etc. dada por el Prof. Rockwood en el Journal of Science de 1883 como consecuencia del terremoto destructor que afectó Panamá y Colombia el 7 de septiembre de 1882; esto no se ajustó a la realidad ya que la información anterior fue negada por el naturalista Ernst, a la sazón radicado en Caracas, en carta publicada en la siguiente aparición de la misma revista. Estos y otros errores que no vienen al caso, pueden distorsionar las evidencias disponibles de un fenómeno donde las mismas son muy escasas.

Apartando los eventos ocurridos en los últimos decenios, la evaluación cuantitativa de terremotos destructores es fruto de un estudio detenido de los efectos conocidos refiriéndolos a alguna de las escalas de intensidad de daños. Esta asignación de intensidades es altamente subjetiva, por lo cual resulta difícil mantener una uniformidad u homogeneidad de criterios sobre la severidad de las sacudidas que afectan una determinada área a lo largo de varios siglos. Sin embargo, en el estudio de terremotos pasados, salvo que existan registros instrumentales, ésas son las únicas evidencias que se conocen hasta el momento y es en base a ellas que se han podido adelantar evaluaciones cuantitativas (Fiedler 1961) y las que se indican en la Sección 3.2.1.

METODOS UTILIZADOS EN LA PREPARACION DEL CATALOGO

3.1 Criterios para la Selección de Eventos

Los principales criterios que se adoptaron para la compilación del catálogo de Venezuela fueron los siguientes:

i) Todo evento registrado instrumentalmente para el cual se poseían, por lo menos: fecha, hora GMT y coordenadas geográficas del epicentro. Por tanto, se incluyeron, entre otros, eventos de magnitud desconocida, así como aquellos reportados por una sola estación, poco confiables; igualmente, del catálogo se incluyeron eventos dados por la estación Cajigal (CAG) con azimut y distancia. Conjuntamente con los parámetros del hypocentro, se sintetizó la información macrosísmica conocida.

---

* Por razones políticas de la época, el terremoto que destruyó Caracas el 26 de marzo de 1812 fue negado en Inglaterra; el periódico londinense "The Times" del 29 de mayo de 1812 desmintió la negativa, publicando relatos de testigos presenciales en la Guaira, que hoy en día constituyen valiosos testimonios. (Véase Grases 1970).

ii) Todo evento de origen sísmico cuya intensidad asignada de acuerdo a Brazee sea ≥ VI y para el cual por lo menos se conocía el año, el mes y las coordenadas de localidades afectadas; en su casi totalidad también se conocía el día y la hora con aproximación de minutos; excepcionalmente esta aproximación fue de segundos (eventos sísmicos con información macrosísmica, reportada por CAG). En adición a estos, se listaron eventos sísmicos con intensidades asignadas de menor grado en la escala M.M.; algunos de estos resultaron estar relacionados con sismos de fuente distante (epicentros en países vecinos), habiéndose incorporado al respectivo catálogo.

La información preparada con los criterios anteriores dió lugar a un total aproximado de 5.000 entradas entre epicentros y localidades. Esta fue contrastada con los listados de epicentros de NOAA, ISC y otros, a fin de preparar dos catálogos: a) uno con los parámetros hypocentrales exclusivamente (una línea de información por sismo) y con indicación de la intensidad máxima y, b) otro donde sólo se anotan aquellos eventos sentidos y/o destructores con indicación tanto de los parámetros del hypocentro como de las intensidades asignadas en las localidades afectadas por cada sismo.

En lo que sigue se da información relevante sobre los datos contenidos en cada uno de esos catálogos.

3.2 Catálogo de Hypocentros

3.2.1 Magnitud y Coordenadas Focales

Los hypocentros contenidos en el catálogo pueden dividirse en 2 grupos. El primero, correspondiente a eventos del siglo XX, para los cuales el hypocentro, el tiempo origen y la magnitud provienen de registros instrumentales. La selección de la fuente de información más confiable se atuvo a los criterios indicados en el reporte general, y que para el caso de Venezuela pueden resumirse en la forma siguiente:

- Para la región se estableció una lista con prioridades de confiabilidad en la asignación de epicentros; esta fue la siguiente: DEW; SYK; G-R; ISS (ISC); CGS (GS); todas las demás. Este criterio general fue mantenido, salvo casos en los cuales se dispusiese de información más confiable (estudios especiales sobre sismos individuales).

- Los eventos que se encuentran en un catálogo (por ejemplo, CGS-NOAA) y nó en ISC, fueron incorporados.

- Los eventos que sólo son dados por LASA (LAD) se suprimieron, debido a que a menudo dan epicentros alejados de redes más amplias; se evita así el peligro de duplicaciones.

- El redondeo de centésimas en las magnitudes se hizo hacia la décima superior.

Cuando hubo más de una fuente y hubo discrepancias en las magnitudes y coordenadas focales, se siguieron criterios de selección discutidos con los sismólogos locales. Ocasionalmente fue inevitable anotar la magnitud dada por la fuente de autoría A, junto con las coordenadas focales dadas por la

fuente de autoría B; de igual modo se retuvo la magnitud señalada por ISC como "minimum likely" con un asterisco (*).

Las magnitudes MC (magnitudes Caracas) dadas por Cajigal se anotaron como m_b ya que en general se trata de eventos cercanos y no se hizo distinción en el catálogo para M_L.

Para los eventos utilizados en 3.2.2 sin indicación de profundidad focal, ó con indicación "SUP", se les asignó una profundidad focal de 33 km.

El segundo grupo corresponde a eventos para los cuales no se dispone de registros instrumentales, tales como todos los anteriores al siglo XX y algunos del presente siglo. Para la determinación de M_s y h se analizó una muestra con isosistas bien definidas, midiéndose en ellas las áreas A_i (km^2) en las cuales la intensidad es por lo menos igual a i. El radio r_i (km) de una circunferencia de igual área, denominado radio equivalente, es:

$$r_i = \sqrt{\frac{A_i}{\pi}} \qquad (1)$$

Se admitió que la atenuación se puede describir por relaciones del tipo:

$$I_o - I = C_1 + C_2 r + C_3 \log_{10} r \qquad (2)$$

donde:

I_o = Intensidad en la región epicentral, generalmente desconocida;

I = Intensidad a una cierta distancia epicentral r (km);

C_1; C_2; C_3 = Coeficientes de correlación ($C_1 \cong -2.60$ a -1.20; $C_2 \cong 0.0041$ a 0.0063; $C_3 \cong 2.2$ a 1.68) que dependen de las diferentes regiones del país y de la profundidad focal.

Igualmente se determinaron los valores de B_1 y B_2 que relacionan I_o con h y la magnitud M_s según la expresión:

$$I_o = B_1 M_s^{1/2} - (h^{1/3} + B_2) \qquad (3)$$

y los de B_1' y B_2' en la expresión aproximada:

$$I_o = B_1' M_s + B_2' \qquad (3a)$$

donde B_2' es un valor que depende del rango de profundidades focales h (km) que se adopte.

De las ecuaciones (2) y (3a) se obtiene la relación:

$$M_s = C_2' \, r + C_3' \log_{10} r + K_i \qquad (4)$$

donde:

$$C_2' = C_2/B_1' \quad ; \quad C_3' = C_3/B_1'$$

$$K_i = (C_1 - B_2' + I)/B_2'$$

En gráficos que representan la ecuación (4) para diferentes rangos de profundidad focal e intensidades, se verificó el mejor ajuste del conjunto de parejas (i ; r_i) correspondientes a un determinado sismo; este trabajo no fue hecho de forma sistemática y requiere revisión. Obsérvese que una vez conocida la ecuación (4), este procedimiento no requiere la asignación de I_o, parámetro generalmente incierto, y con lo cual se simplifica la tarea de los sismos que tienen epicentros submarinos.

De una manera general, se decidió asignar un epicentro, aún cuando sólo fuese de carácter tentativo, para cada uno de los eventos de esta historia de sismos; si no se dispone de epicentro instrumental, ni se han estudiado mapas de isosistas, se asignó como epicentro las coordenadas de la localidad con mayor intensidad.

3.2.2 Hora Origen

La hora fue uniformada a G.M.T. Se estimó importante respetar las diferencias inevitables entre tiempos "instrumentales" y "macrosísmicos", estas diferencias usualmente son de unidades de minutos, aún cuando pueden ser de decenas de minutos (en especial, cuando se trata de sismos sentidos en horas de la madrugada y, particularmente, si la información proviene de centros rurales).

La hora origen sólo es conocida en aquellos eventos registrados instrumentalmente.

3.2.3 Intensidad Máxima y Tsunamis

A cada localidad mencionada como afectada por un sismo, se le asignó una Intensidad según la escala Modificada de Mercalli (versión Brazee). Aún cuando las incertidumbres en la asignación de Intensidades son grandes, se considera más conveniente indicar un valor utilizando el mejor criterio posible con la información que se tenga a mano en el momento de hacer tal asignación y que indique cuál fué, como mínimo, la intensidad alcanzada.

El valor indicado como Intensidad máxima es el correspondiente al mayor valor de Intensidad asignado; es decir, no se intentó en ningún caso inferir Intensidades epicentrales.

Los cuatro sismos que, de acuerdo a las descripciones conocidas, han

generado olas marinas importantes en el Oriente de Venezuela (alturas de 2 a 7 metros, recesión e inundaciones del orden de 200 metros), sólo han afectado a Cumaná y parte de la región Sur del Golfo de Cariaco. Las áreas epicentrales de dos de estos eventos (15-VII-1853 y 17-I-1929) se sitúan en el Golfo de Cariaco un tercero (1-IX-1530) en sus cercanías; del cuarto evento (fines del siglo XVI) no hay información suficiente.

3.3 Catálogo de Intensidades

3.3.1 Asignación de Intensidades

La asignación de Intensidades se hizo en base a la escala modificada de Mercalli (versión no resumida, "unabridged", de acuerdo a la ordenación de BRAZEE). Los criterios siguientes se aplicaron en forma sistemática:

a) A toda localidad mencionada en las descripciones conocidas se le asigna Intensidad; por insuficiencia de información este criterio puede conducir a errores, pero evita la omisión de localidades cuya importancia relativa no puede ser juzgada "a priori";

b) En adición al comentario anterior, el criterio (a) es relevante cuando la indicación de "sentido", ó "fuertemente sentido", ó "daños", u otro, se extiende a más de una localidad; en estos casos, ocasionalmente se han asignado valores de Intensidad más probable con $\pm \Delta I = 1$ en forma alterna, para reflejar las incertidumbres propias de información escasa y/o escueta;

c) No se han interpolado, ni extrapolado efectos;

d) En lo posible, se ha hecho la consideración de que las construcciones rurales son de calidad inferior a las urbanas; en este aspecto y siempre que se dispuso de datos estadísticos sobre los efectos en construcciones similares, se tuvieron presentes los criterios de la escala MSK en la versión del año 1964;

e) La influencia que las condiciones locales tienen en la intensidad no siempre son de fácil identificación; los efectos secundarios (deslizamientos, inundaciones, etc.) identificados, no fueron incorporados en la asignación de la Intensidad;

f) A los valores de Intensidad afectados del signo (+) se les sumó un grado; si están afectados del signo (-), este fue ignorado.

3.3.2 Incertidumbres en la Asignación de Intensidades

El empleo de las escalas de Intensidad debe ser hecho con extrema cautela, debido a la subjetividad en la asignación de Intensidades de daño. Esto quedó demostrado una vez más en el terremoto de Caracas, tanto en edificaciones singulares como en áreas densamente pobladas; en ambos casos se constataron diferencias importantes de apreciación entre especialistas en la materia.

Si se revisa con detenimiento la escala de Intensidades, incluso la versión reordenada de Brazee, es fácil encontrar casos dudosos. En la Tabla N°

TABLA N° 1

Grado de Intensidad		Descripción de la Observación	α
IV	(r)	Bumping sound were reporte	1,6703
V	(a)	Rumbling thunderous, or subterranean sounds were reported	0,0069
VI	(b)	Roading sounds were reported	0,0707
VII	(k)	Sound was reported similar to a sonic boom or an explosion	1,3717
IV	(m)	Trees and bushes were shaken slightly	0,3854
V	(d)	Trees and bushes were shaken moderately	0,1032
VI	(p)	Trees and bushes were shaken strongly	0,7452
VIII	(n)	Trees and bushes were shaken violently. Trunks and branches were broken off	1,8798
II	(a)	Felt by few or some	0,0029
III	(d)	Flet by several. Felt quite noticeably on upper floors; by several or many indoors. Many people did nor recognize it as an EQ at first	0,4877
IV	(e)	Felt by many. Felt by all in home or all in building	0,1446
IV	(f)	Felt outdoors by few or some	0,1504
V	(g)	Felt by practically all...	0,1930
VI	(i)	Felt by all...	0,2396
III	(a)	Delicately suspended objects swing	0,0287
IV	(a)	Objects were disturbed	0,0184
IV	(d)	Hanging objects swing (no qualifying adjective)	0,1165
V	(b)	Hanging objects swing in numerous instances. Hanging objects or doors swing generally or considerably	0,0278
V	(e)	Small objects were shifted from position...	0,1479
V	(f)	Pictures were knocked against the wall or swing out of position	0,1788

1 se ejemplifican algunos tomados al azar y sirven para ilustrar la incertidumbre que se presenta en el momento de asignar Intensidades. Recuérdese que la asignación de Intensidades en una determinada localidad es hecha por asociación con observaciones o descripciones del tipo de la Tabla N° 1. En la reordenación de Brazee (1978) se cuantificó cuán correlacionado se encuentra cada observación con el respectivo grado de Intensidad ("significante factor" α). El valor de α es tanto menor cuanto mayor haya sido la correlación entre la observación y el grado de intensidad i al cual pertenece. Según Brazee, las observaciones con valores de α menores que la unidad, son importantes y su simple ocurrencia ya permite asignar la intensidad como consecuencia de la acción sísmica; cuando los valores de α excedan la unidad, las correspondientes observaciones son corroborativas o caen entre dos grados de Intensidad.

De modo que estos ejemplos y otros muchos fáciles de encontrar, explican la duda explícita que representan asignaciones del tipo: "VII 1/2", ó "entre VIII y IX", ó "VI^{+}" , ó "X^{-}", etc., todas ellas de frecuente aparición en la literatura que trata las Intensidades de terremotos pasados e incluso esperados en el futuro. La solución propuesta por algunos autores consiste en efectuar un gran número de observaciones y asignaciones (con uno o más observadores) y asignar como intensidad del sitio o localidad, el valor medio. Esta proposición, eventualmente a considerar en futuros sismos , deja pendiente el problema en todos los sismos pasados donde esto no fue hecho en forma sistemática,. Por otra parte, aun en casos donde se pueda reconstruir esa incertidumbre, como por ejemplo, en la distribución acumulada de las Intensidades asignadas por observadores diferentes en áreas de la región de Caracas afectadas por el terremoto del 29 de julio de 1967, el uso del valor medio ignora una información valiosa que es la dispersión de esa distribución; es decir, cuan incierta fue la asignación de Intensidades en una determinada localidad y por tanto cuanto "peso" le corresponde en el momento de trazar las isosistas.

El tema anterior representa un posible tema de fondo en discusiones futuras.

3.3.3 Nombres y Coordenadas de Localidades

Se retuvo el nombre actual de las localidades; en algunos casos de nombres compuestos fue necesario abreviar por razones del campo limitado. No se siguieron reglas especiales en las abreviaturas; pero, sí fue necesario distinguir localidades de nombre idéntico situadas en estados (división política) diferentes ya que esto dió lugar a confusiones inexcusables en otras investigaciones. En cualquier caso, las coordenadas geográficas resuelven adecuadamente este problema.

Cada una de las localidades citadas debe ir acompañada de sus respectivas coordenadas geográficas. En el catálogo preparado para SISRA se considera probable la existencia de errores debidos, por lo menos, a las siguientes razones: (i) el problema de la repetición de nombres (por ejemplo, hay localidades en Venezuela cuyo nombre se repite más de 30 veces como: San José, San Pablo, Corozo, Las Mercedes, etc.); (ii) cambios de grafías; (iii) errores en la lectura de las coordenadas en los mapas.

Las coordenadas geográficas de localidades pertenecientes a países

vecinos fueron dejadas en blanco; a posteriori esta información se recabó de cada país.

Las principales fuentes de información consultadas han sido: Atlas de Venezuela (1971; 1979); The Times Atlas of the World (1973); Gacetilla de Nombres Geográficos, N° 5 (1977); Mapa de Carreteras de Venezuela, Lagovén (1977). Sin embargo, existen algunas lagunas de información en cuanto a las coordenadas geográficas de localidades mencionadas.

Se han identificado varios casos de sinonimia, con frecuencia asociados a cambios de asentamiento, precisamente por el efecto de sismos. Por ejemplo, en el Estado Táchira, CAPACHO VIEJO fue destruido por el terremoto de 1875 y posteriormente reconstruido bajo el nombre de LIBERTAD; inmediatamente después de ese sismo, se fundó INDEPENDENCIA 3 km al Este de CAPACHO VIEJO, subsistiendo hasta hoy en día las dos poblaciones. Algo similar ocurre en el mismo Estado a raíz del terremoto de 1849 cuando, debido a la destrucción de LOBATERA, se funda en el sitio de LA SABANA GRANDE el actual MICHELENA. En el Estado de Mérida, SANTO DOMINGO existía a mediados del siglo XVIII y, a consecuencia del terremoto local de 1834, se traslada en 1838 al sitio de BELLA VISTA que hoy ocupa.

PLANES PARA LA ACTUALIZACION, MODIFICACION Y EXPANSION DEL CATALOGO

La experiencia demuestra que compilaciones como las de este Catálogo no pueden considerarse definitivas, ya que es muy probable la existencia de otras fuentes documentales con información desconocida hasta el presente. Por otra parte, la calidad de la información es susceptible de mejoras. Los planes para la actualización del catálogo se pueden dividir en las tres partes siguientes:

a) Recuperación de información que contempla: (i) acopio de narrativas sobre los efectos de sismos pasados; (ii) revisar ordenadamente los registros existentes en el Cajigal; (iii) incorporar al catálogo eventos sísmicos de los últimos años;

b) Complementación de información en lo cual está previsto: (i) evaluar sismos históricos, particularmente del siglo XIX, que aún no se han incorporado al catálogo; (ii) contrastar los catálogos de países vecinos con información no contenida en el actual catálogo de Venezuela, con fines de complementar la información; (iii) efectos secundarios concomitantes;

c) Mejorar la Calidad de la información, lo cual requiere: (i) la reevaluación sistemática de los parámetros hipocentrales de sismos históricos, por procedimientos diferentes al descrito en la Sección 3.2.1 (correlación con áreas sentidas y relaciones diferentes a la ecuación 4); (ii) verificar las coordenadas de las localidades.

REFERENCIAS

La codificación de fuentes documentales y autores citados en el Catálogo, corresponden generalmente a las tres primeras letras del apellido del

autor ó a las primeras letras del nombre ó títulos de la fuente; así, el código CEN se usa por Centeno, ROB por Robson, BSSA por Boletín de la Sociedad Sismológica de América, etc. A continuación se anotan las referencias citadas.

- AHRENSBURG, P. Erdbeben in Caracas. Abdruck aus den Mitteil. Der Geogra. Gessell (für Thüringen) zu Jena Band XIX 1901. pp. 56-58 (2 láminas).

- CENTENO-GRAU, M. Estudios Sismológicos. 2a. Ed. aumentada y corregida, Caracas, Cartografía Nacional, 1969, 365 pp. (Biblioteca de la Academia de Ciencias Físicas Matemáticas y Naturales de Venezuela, v. 8).

- ERNST, A. Earthquakes in Venezuela (Cúa). In: Nature: 1878. London XVIII, pp. 130.

- ERNST, A. Das Erdbeben vom 26 März 1812 an der Nordküste Sud Amerikas. Nederlands, Aardryskund, Genoostrap, Ser II, Deel III, N° 1, pp. 175-151, 1887.

- ERNST, A. Seismic Disturbance at Venezuela. In: Nature, London, 1889, XXXIX, p. 341.

- FEBRES C., T. Cronicón Sísmico. En: el Universal (Diario de Caracas), 2 de marzo de 1929, p. 5.

- FIEDLER, G. Boletines Sismológicos del Observatorio Cajigal de Caracas. 1959-1978.

- FRANQUIZ JIMENEZ, J.M. En Pueblo en Ruinas. Episodios del Terremoto en Guatire. Guatire 1901. 61 pp.

- FUNVISIS. Bibliografía Sobre Terremotos Ocurridos en Venezuela. Caracas, Centro de Documentación e Información, 1979, 17 pp.

- GRASES G., J. El Terremoto de 1812 y sus Efectos. In: Boletín Técnico IMME, 8 (29-30) 1970: 103-123.

- GRASES G., J. La Sismicidad Histórica del Caribe. Documentos de Trabajo. Caracas. Universidad Central de Venezuela, 1971. 290 pp.

- IBARRA, A. Temblores y Terremotos. In: El Independiente de Caracas, 26 de marzo y 7 de Abril de 1862.

- MALAVER, A. et al. El Sismo de Táchira del 18 de octubre de 1981. FUNVISIS, Serie Técnica 01-82, Caracas, enero 1982, parte II, 48 p. más fotos.

- MALLET, R. Reports on the Facts of Earthquake Phenomen. Reports of the British Association, 1850, p. 1-89; 1851, p. 1-176; 1853, p. 118-212; 1854, p. 1-326.

- MILNE, J. Earthquakes and Other earth Movements. New York, D. Appleton, 1886. 363 p.

- MILNE, J. A Catalogue of Destructive Earthquakes A.D. 7 to A.D. 1899. British Association for the Advancement of Science, Portsmouth Meeting, 1911. London, p. 94.

- MONTESSUS DE BALLORE, F. La Geologie Sismologique. Librairie Armand Colin, París 1923, 488 pp.; 118 figuras.

- PERREY, A. Note Sur les Tremblements de Terre. /Catálogos anuales 1844-1872/. Mémoires Couronées et autres Mémoires publiés par l'Academie Royale de Sciences de Belgique.

- RAMIREZ, Jesús E., S.J. Historia de los Terremotos en Colombia. Ed. Instituto Geográfico Agustín Codazzi; Bogotá 1975, 2a. edición, 250 pp.

- RIKITAKE, T. Earthquake Prediction. Amsterdam Elsevier, 1976, 357 pp. (Development in Solid Earth Geophysics, v. 9).

- ROBSON, G.R. An Earthquake Catalogue for the Eastern Caribbean 1530-1960. Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 54, pp. 785-832, 1964.

- ROCWOOD, C.G. Notices of Recent American Earthquakes. In: American Journal of Sciences, 25(12): 353-360, 1883.

- ROJAS, A. La Catástrofe de 1812. In: La Opinión Nacional. Caracas, 12 de julio, 1879.

- SALAS, R.H. Notas Sobre Movimientos Sísmicos Tomados en el Observatorio Cajigal entre los Años 1891 y 1953. Presentado en el III Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica, Caracas, Marzo 1981.

- SIERVERS, W. Das Erdbeben in Venezuela von 29 Oktober 1900. Fest. zur Feier des 70 Geburtstages von J.J. Rein; Geog. Verein. zu Bonn, 1905, pp. 35-50.

- SOTO, J.F. La Sismología en Venezuela. In: Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales, N° 2, pp. 37-89, 1931.

- UGUETO, L. Datos y Observaciones Sismográficas en Venezuela, Realizadas por el Servicio Meteorológico Nacional (Observatorio Cajigal). In: Gaceta N° 18651 del 18 de mayo de 1935.

APENDICE A

DESCRIPCION DE ENTRADAS EN EL CATALOGO DE HYPOCENTROS

Columnas	Título	Sub-Título	Descripción
2-9	IDENT		Código único usado como referencia para el evento.
2-3		CNTRY	Código de dos letras que identifica al país en el cual está localizado el evento. Los códigos son los siguientes: AR - Argentina BO - Bolivia BR - Brasil CH - Chile CO - Colombia EC - Ecuador PE - Perú VE - Venezuela TT - Trinidad-Tobago
5-9		NUMERO	Número de identificación, de cinco dígitos.
11-13	F-E REG	NUMERO	Número de la región sísmica, definida por Flinn y Engdahl (1974)
15-24	FECHA		Fecha (Tiempo Coordinado Universal)
15-18		AÑO	
10-11		MES	
23-24		DIA	
26-37	HORA		Hora (Tiempo Coordinado Universal) El tiempo siempre está dado en centésimas de segundo, pero no indica la exactitud al cual es conocido.
26-27		HORA	
29-30		MINUTO	
32-36		SEGUNDO	
37		QUAL	Código usado para indicar la calidad del tiempo reportado (ver tabla 1)
39-56	LOCALIZACION		Coordenadas geográficas del epicentro.

APENDICE A (Continuación)

Columnas	Título	Sub-Título	Descripción
39-45		LAT	Latitud (listada en centésimas de grado, pero no necesariamente exactas hasta ese nivel). Valores negativos indican latitudes sur.
47-54		LONG	Longitud (listada en centésimas de grado pero no necesariamente exacta hasta ese nivel). Valores negativos indican longitud oeste.
56		QUAL	Código usado para indicar la calidad del epicentro (ver tabla 2).
58-63	PROFUNDIDAD		
58-62		KMS	Profundidad focal en kilómetros (listada al décimo de kilómetro más próximo, pero no necesariamente exacta hasta ese nivel).
63		QUAL	Código para indicar la exactitud de la profundidad (ver tabla 3).
65-67	NUM STA		Número de estaciones usadas en el cálculo del hypocentro.
69-71	HYP SRC	CODIGO	Fuente de datos hypocentrales (ver tabla 4).
73-79	m_b		Estimado de la magnitud de ondas internas, si fuera disponible. Diferentes fuentes pueden variar significativamente en el método usado para calcular magnitudes m_b. Referencias describiendo el método de cálculo de magnitudes están dadas en la tabla 5.
73-75		MAG	Valor de magnitud, dado al décimo de unidad más próximo.
77-79		FUENTE	Código de tres letras indicando la fuente de la magnitud (ver tabla 5).
81-88	MS		Estimado de la magnitud de ondas de superficie, si fuera disponible. La tabla 5 da referencias que describen el cálculo de estas magnitudes.
81-83		MAG	Valor de magnitud dado al décimo de unidad más próximo.
84		COMP	Componente de sismograma usado para determinar la magnitud. H indica el componente horizontal y Z indica el componente vertical.

APENDICE A (Continuación)

Columna	Título	Sub-Título	Descripción
86-88		FUENTE	Código de tres letras indicando la fuente de la magnitud (ver tabla 5).
90-106	OTRAS MAGNITUDES		Esta sección permite un espacio para listar dos magnitudes adicionales, si las hubiera. Estas pueden ser estimados adicionales de las magnitudes m_b o M_s: pueden ser magnitudes de una escala diferente, tal como magnitudes de momento, o pueden ser magnitudes basadas en una conversión de datos de intensidad o de una escala de magnitud a otra.
90-92		MAG	Valor de magnitud, dado al décimo de unidad más próximo.
93		ESCALA	Código de una letra indicando la escala de magnitud o relación de conversión (ver tabla 6).
95-97		FUENTE	Código de tres letras indicando la fuente de la magnitud (ver tabla 5).
99-101		MAG	Valor de magnitud, dado al décimo de unidad más próximo.
102		ESCALA	Código de una letra indicando la escala de magnitud o la relación de conversión (ver tabla 6).
104-106		FUENTE	Código de tres letras indicando la fuente de la magnitud (ver tabla 5).
108-110	FOC MEC	FUENTE	Fuente del mecanismo focal (ver tabla 4).
112-120	INTENSIDAD		
112		DATOS	Un * en esta columna indica los datos detallados de intensidad disponibles para este evento en el catálogo de intensidad.
114-115		MAXINT	Estimado de la intensidad máxima listada, en números decimales.
116		ESCALA	Código de una letra indicando la escala de intensidad usada para la intensidad máxima estimada. Una M indica la escala Mercalli-Modificada, y una K indica la escala MSK.
118-120		FUENTE	Código de tres letras indicando la fuente de la intensidad máxima estimada (ver tabla 4).

APENDICE A (Continuación)

Columna	Título	Sub-Título	Descripción
122-124		ISO MAP	Fuente de un mapa publicado de curvas isosistas (ver tabla 4).
126-131	ASSOC PHENOM		Esta sección tabula seis categorías de fenómenos asociados para el evento. Cada columna contiene un código de una letra describiendo el fenómeno; X es listada si no hay información disponible.
126		DIA	Diastrofismo: F = falla en la superficie U = levantamiento/hundimiento D = falla de la superficie y levantamiento/hundimiento X = desconocido
127		GEO	Efectos geológicos: L = licuefacción S = deslizamiento de tierra B = ambos, licuefacción y deslizamiento de tierra X = desconocido
128		TSU	Tsunami/Oscilación de las aguas T = tsunami generado S = oscilación de las aguas B = ambos, tsunami y oscilación X = desconocido
129		OBS	Efectos observados: L = luces u otros fenómenos visuales vistos S = ruido de terremoto, escuchado G = ondas de tierra observadas A = luces vistas y ruidos escuchados B = luces vistas y ondas de tierra observadas C = ruidos escuchados y ondas de tierra observadas D = luces vistas, ruidos escuchados y ondas de tierra observadas X = desconocido
130		NON	Fenómenos no tectónicos R = desplome de rocas C = desprendimiento o desplome de rocas en minas de carbón M = fuente meteorítica E = explosión I = colapso V = terremoto asociado con volcanismo X = desconocido

APENDICE A (Continuación)

Columna	Título	Sub-Título	Descripción
131		CAS	Catástrofes y daños C = catástrofes reportadas D = daños reportados N = ni catástrofes ni daños reportados X = desconocido.

APENDICE B

DESCRIPCION DE ENTRADAS EN EL CATALOGO DE INTENSIDADES

Evento.- El primer registro contiene información describiendo el evento. Estos datos son los mismos que los datos dados en el catálogo de Hypocentros, pero están repetidos aquí por conveniencia. Se pueden hallar las fuentes para los datos en el catálogo de hypocentros.

Columna	Título	Sub-título	Descripción
3-10	IDENT		Código único de identificación usado para referirse al evento.
3-4		CY	Código de dos letras que identifica el país en el cual está localizado el evento. Los códigos son los siguientes: AR - Argentina BO - Bolivia BR - Brasil CH - Chile CO - Colombia EC - Ecuador PE - Perú VE - Venezuela TT - Trinidad-Tobago
6-10		NUM	Número de identificación de cinco dígitos.
16-25	FECHA		Fecha (Tiempo Coordinado Universal)
16-19		YR	Año
21-22		MO	Mes
24-25		DA	Día
31-38	HORA		Hora (Tiempo Coordinado Universal). La hora está dada siempre al segundo más próximo pero no es necesariamente exacta hasta ese nivel.
31-32		HR	Hora
34-35		MN	Minuto
37-38		SC	Segundo
44-80	EPICENTRO		Epicentro del evento. Como el epicentro instrumental puede no coincidir con la intensidad más alta observada, se da el epicentro instrumental y el epicentro derivado de los datos de intensidad.
44-59		INSTRUMENTAL	Epicentro instrumental del evento.

APENDICE B (Continuación)

Columna	Título	Sub-título	Descripción
65-80		INTENSIDAD	Epicentro del evento derivado de los datos de intensidad.
86-88	DEP KMS		Profundidad focal en kilómetros.
94-102	MAGNITUDES		Estimados de magnitud.
94-96		M_s	Magnitud de la onda de superficie.
100-102		m_b	Magnitud de la onda interna (cuerpo).
108-122	MAX INT		Intensidad máxima. Hasta tres estimados pueden ser incluidos, como se describe a continuación.
108-110		OBS	Intensidad máxima observada.
114-116		EST	Intensidad máxima estimada de los datos de intensidad disponibles. Por ejemplo, si un evento ocurrió en el mar, los valores de intensidad observados en tierra pueden ser usados para estimar cuál hubiera sido la intensidad en el epicentro si hubiera ocurrido en tierra.
120-122		COM	Intensidad máxima calculada derivada de una magnitud.
128-130	NUM OBS		Número de observaciones de intensidad para este evento.

OBSERVACIONES DE INTENSIDAD.- Estos registros contienen listados de intensidades observadas en varias localidades para los eventos antes descritos.

Columnas	Título	Sub-título	Descripción
2-49	LOCALIZACION		Descripción de la localización de la observación. Las primeras dos columnas en esta sección son el código del país, usando los mismos códigos descritos bajo CY en la descripción del evento.
51-64	COORDENADAS		Coordenadas geográficas de la localización.
		LAT	Latitud dada en centésimas de grado. Latitudes al sur están indicadas como valores negativos.
		LONG	Longitudes dadas en centésimas de grado. Longitudes al oeste están indicadas como valores negativos.

APENDICE B (continuación)

Columnas	Título	Sub-título	Descripción
66-69	ELEV		Elevación de la localidad, si fuera posible, en metros sobre el nivel del mar.
71-74	EPIC DIST		Distancia (en kilómetros) del epicentro del evento a esta localidad. Esta no ha sido calculada para todos los eventos.
76-79	HYP DIST		Distancia (en kilómetros) del hypocentro del evento a la localidad. Esta no ha sido calculada para todos los eventos.
81-84	AZI		Acimut del epicentro a esta localidad. Este no ha sido calculado para todos los eventos.
86-88	INT		Intensidad observada en esta localidad.
90-93	INTP		Iniciales de los intérpretes que determinaron el valor de intensidad dado. (ver tabla 7).
95-109	REFERENCIAS		Hasta cuatro referencias están listadas para la determinación de esta intensidad (ver tabla 8).
111-131	COMENTARIOS		Comentarios referentes a la determinación de la intensidad.

TABLA 1 - FACTOR DE CALIDAD DEL TIEMPO

Tipo de Hypocentro	Código SISRA	Rango de Error Probable en segundos	Código Gutenberg-Richter	Código NEIS	Observaciones
Instrumental	A	<0.25			
	B	0.25-0.5			
	C	0.5-1			
	D	1-2			
	E	2-3			
	F	3-5			
	G	5-8	A		
	H	8-12	B		
	I	12-60	C		
Macrosismico	U	MIN			
	V	HR			
	W	DIA			
	Y	MES			
	X	Desconocido			

TABLA 2 - FACTOR DE CALIDAD DEL EPICENTRO

Tipo de Hypocentro	Código SISRA	Rango de error probable en km.	Código Gutenberg-Richter	Código NEIS	Observaciones
Instrumental	A	<1			
	B	1-5			
	C	5-10			
	D	10-25			
	E	25-50			
	F	50-100	A		
	G	100-200	B		
	H	200-400	C		
		>400			
	I	Desconocido			Epicentro instrumental, calidad desconocida.
Macrosísmico	M	Desconocido			Epicentro macrosísmico, calidad desconocida.
	T	<10			Densa cantidad de datos de intensidad, en 4 cuadrantes, radio isosísmico máximo menor de 10 km.
	U	10-25			Densa cantidad de datos de intensidad, en 4 cuadrantes, radio isosísmico máximo menor de 25 km.
	V	25-50			Datos de intensidad en 4 cuadrantes.
	W	50-100			Datos de intensidad en 3 cuadrantes.
	Y	100-200			Datos de intensidad en 2 cuadrantes.
	X	Desconocido	D		

TABLA 3 - FACTOR DE CALIDAD DE PROFUNDIDAD

Tipo de Hypocentro	Código SISRA	Rango de error probable en km.	Código Gutenberg -Richter	Código NEIS	Observaciones
Instrumental	A	<1			
	B	1-5		D	Para profundidad 33 km.
	C	5-10			
	D	10-20			
	E	20-40	A	G,N,S,R	
	F	40-60	B		
	G	60-100	C	A	
	I	Desconocido			Profundidad instrumental, calidad desconocida.
Macrosísmico	M	Desconocido			Profundidad macrosísmica, calidad desconocida.
	T	<10*			Densa cantidad de datos de intensidad, en 4 cuadrantes, radio isosísmico máximo menor de 10 km.
	U	10-20			Densa cantidad de datos de intensidad en 4 cuadrantes, radio isosísmico menor de 25 km.
	V	20-40*			Datos de intensidad en 4 cuadrantes.
	W	40-80*			Datos de intensidad en 3 cuadrantes.
	Y	80-150*			Datos de intensidad en 2 cuadrantes.
	X	Desconocido			

* Calculados usando datos de intensidad y funciones de atenuación apropiadas.

TABLA 4 - CODIGOS PARA FUENTES DE DATOS

BCI Bureau Central International de Seismologie, Estrasburgo, Francia.

BRA British Association for the Advance of Science, 1911, reporte 16 de investigaciones sismológicas, actividad sísmica 1899-1903: British Association for the Advancement of Science, Londres, Inglaterra.

_____ 1912, reporte 17 investigaciones sismológicas, actividad sísmica 1904-1909: British Association for the Advancement of Science, Londres, Inglaterra.

_____ 1913, reporte 18 de investigaciones sismológicas, actividad sísmica 1910: British Association for the Advancement of Science, Londres, Inglaterra.

Boletines sismológicos de British Association Committee para 1914-1915 y 1917: Publicado en 1918 y 1922/23, University Observatory, Oxford, Inglaterra.

Turner, H.H., 1917 y 1919, Los grandes terremotos de 1913 y 1916, con suplemento: I.W. County Press (impreso para la British Association for the Advancement of Science), Newport, Inglaterra.

_____ 1924, Indice de catálogos de terremotos (1913.0-1920.5): University Observatory, Oxford, Inglaterra.

_____ 1928, Catálogo de terremotos, 1918-1924: British Association for the Advancement of Science, Londres, Inglaterra.

Ballamy, E.F., 1935, Indice catálogo de terremotos, 1925-1930: University Observatory, Oxford, Inglaterra.

_____ 1936, Indice catálogo de epicentros para 1913-1930: I.W. County Press (impreso para la University Observatory, Oxford), Newport, Inglaterra.

_____ 1947, Indice catálogo de epicentros, 1931-1935: Suplemento al Indice catálogo para 1913-1930 del I.S.S., I.W. County Press (impreso para la University Observatory, Oxford), Newport, Inglaterra.

CAR Instituto Sismológico, Caracas, Venezuela.

CEN Centeno-Grau, M., 1969, Estudios sismológicos, boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, año 28, tomo 28, no. 79, Caracas, Venezuela.

CGS Coast and Geodetic Survey, Departamento de Comercio U.S.A., U.S.A.

DEW Dewey, J.W., 1972, Sismicidad y tectónica de Venezuela occidental: Boletín de la Sociedad Sismológica de América, v. 62, no. 6, p. 1711-1751.

EDR Reporte de datos de terremotos: National Earthquake Information Center, Denver, Colorado USA

EGR Egred, J., 1968, Breve historia sísmica de la República del Ecuador (1534-1965): Boletín bibliográfico de geofísica y oceanografía americanas, México, v.4.

ESB Estacao Sismológica de Brazilia.

FEB Febres, T., 1931, Cronicón sísmico de los andes venezolanos: Archivo de historia y variedades, tomo II, Caracas, Venezuela, p. 146-151.

FIE Fiedler, G., 1961, Areas afectadas por terremotos en Venezuela: Memoria del Tercer Congreso Geológico Venezolano, tomo IV, publicación especial no. 3, Caracas, Venezuela, p. 1791-1814.

____ 1961a, El gran terremoto de El Tocuyo del 2 de Agosto de 1950 y el fenómeno mecánico en el foco: Memorias, III Congreso Geológico Venezolano, tomo IV, publicación especial no. 3, Caracas, Venezuela p. 1787-1790.

____ 1968, Estudio sismológico de la región de Caracas con relación al terremoto del 29 de Julio de 1967: Boletín Instituto de Materiales y Modelos Estructurales Facultad de Ingeniería, v.6, no. 23-24, p. 127-22.

____ 1979a, Die seismische activitat in Venezuela in Zusammenhang mit den wicht ster tektonischen Bruchzonen, Geographische Rundschau, v. 59, no. 2, p. 1203-1215.

____ 1972, La liberación de energía sísmica en Venezuela, volúmenes sísmicos y mapa de isosistas: IV Congreso Geológico Venezolano, tomo IV, Caracas, Venezuela, p. 2441-2462.

G-R Gutenberg, B., y Richter C.F., 1954, Sismicidad de la tierra: Princeton University Press, Princeton, N.J., p. 310.

GRA Grases, J., 1975, Sismicidad de la región asociada a la cadena volcáca centroamericana del cuaternario: Universidad Central de Venezuela, Organización de Estados Americanos, Caracas, Venezuela.

GS Geological Survey, U.S. Departamento del Interior, Denver, Colorado, USA.

GSS Dewey, J.W., Spence, W., 1979, Roturas sísmicas y zona de fuentes de recientes terremotos grandes en la costa del Perú; Geofísica pura y aplicada, vol. 117, no. 6, p. 1148-1171.

GUC Departamento de Geología y Geofísica de la Universidad de Chile, Santiago, Chile.

HYP Hypo 71 (modificado). Determinaciones hypocentrales hechas por el Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Bogotá, Colombia y por la Ingeniería Técnica y Científica-ITEC, Ltda., Bogotá, Colombia. Los cálculos se hicieron en una computadora WANG usando el programa para cómputo HYPO 1971.

IAG Instituto Astronómico y Geofísico, Universidad de Sao Paulo, Sao Paulo, Brasil.

IGE Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Las determinaciones epicentrales fueron hechas por personal del instituto para datos históricos anteriores a 1942 y datos instrumentales posteriores a esa fecha.

IGF Instituto Geológico del Perú, Ministerio de Fomento y Obras Públicas.

IGO Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú: Datos de hypocentros suministrados por el Dr. Leonidas Ocola.

IGH Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú: Datos de hypocentros suministrados por el Dr. Daniel Huaco.

ISC Centro Sismológico Internacional, Newbury, Inglaterra.

ISS Resumen sismológico Internacional, Observatorio Kew, Richmond, Inglaterra.

JCG Grases, J., 1970, El terremoto de 1812 y sus efectos: boletín Instituto de Materiales y Modelos Estructurales Facultad de Ingeniería, v. 8, no. 29-30, p. 103-123.

_____ 1971, La sismicidad histórica del Caribe: Documentos de trabajo, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela, 0. 290.

_____ 1978, El terremoto del 21 de Octubre de 1766 que afectó el oriente venezolano: en prensa, Caracas, Venezuela.

_____ 1979, Investigación sobre los sismos destructores que hayan afectado el oriente de Venezuela, delta del Orinoco y regiones adyacentes: Proyecto Instituto Tecnológico Venezolano del Petróleo, Febrero 1979, 2 v.

JMA Agencia meteorológica del Japón, Tokyo, Japón.

MAR Margallo y Duquesne, A., 1926, Antiguallas curiosas; Santa Fé y Bogotá, año IV, tomo VII, no. 38, p. 77-86, Bogotá, Colombia.

MER Mercado, P., 1957, Historia de la Provincia del Nuevo Reino de Quito de la Compañía de Jesús: Biblioteca de la presidencia, Pogotá, Colombia.

MOL Molnar, P., y Sykes, L.R., 1969, Tectónicos de la región Caribe y Centro América de mecanismos focales y sismicidad: Sociedad Geológica del boletín América, v. 80, no. 9, Sept. 1969, p. 1671-1680.

MOS Instituto de física de la tierra, Moscú, URSS.

NAT Estación Sismológica WWNSS Natal, Brasil.

OAE Observatorio Astronómico de Quito, Ecuador.

OAU Observatorio Astronómico, Universidad de La Plata, La Plata, Argentina.

PER Perrey, A., 1858, Documentos sobre los temblores de tierra en Perú, en

Colombia y en la cuenca de la Amazonía (1530-1857): boletín de la Real Academia de Bélgica, Bruselas, v. 7, p. 1-134.

____ 1879, Notas sobre los temblores de tierra sentidos en 1848-1851 con suplementos para los años anteriores 1852...1877: Memorias de la Academia de las Ciencias, París, Francia.

PSA Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES), San Juan, Argentina.

R-I Usado para intensidades listadas por J.E. Ramírez, S.J., en Historia de los terremotos en Colombia (Bogotá, 1975) e interpretado por el padre Ramírez con otras personas del Instituto Geofísico de los Andes Colombianos (Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia) para dar valores en la escala Mercalli modificada.

RAM Ramírez, J.E., S.J., 1975, Historia de los terremotos en Colombia, segunda edición, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia.

ROB Robson, G.R., 1964, Catálogo de terremotos para la zona este del Caribe 1530-1960: boletín de la Sociedad Sismolígica de América, v. 54, p. 785-832.

ROT Rothe, J.P., 1969, La sismicidad de la tierra, 1953-1965: UNESCO, París, Francia, p. 74.

RUD Rudolph, E., y Szintes, S., 1919, Das Kolumbianische Endeben am 31 Januar 1906: Gerland's Beitraege zur Geophysik, v. 11, p. 132-190, 107-275.

SCB Observatorio de San Calixto, La Paz, Bolivia.

SCH Scheu, E., 1911-1912, Catálogo regional de los temblores sentidos durante los años 1906 y 1907: Publicación del Bureau Central de l'Association International de Sismologie, serie B catálogos, Estrasburgo, Francia.

SIE Sieberg, A., 1917, Catálogo regional de temblores sentidos durante el año 1908: Publicación del Bureau Central de l'Association International de Sismologie, serie B, catálogos, Estrasburgo, Francia.

SIM Simon, P., 1953, Noticias historiales de las conquistas de tierra firme en las indias occidentales: Biblioteca de Autoridades, Colombia, volúmenes 44-51, tomos 1-9, Ministerio de Educación Nacional, Bogotá, Colombia.

SIS Proyecto SISAN, Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú.

SLM Stander, W., 1973, Mecanismo y distribución espacial de los terremotos Chilenos con relación a la subducción de la placa oceánica: Journal of Geophysical Research, v. 78, p. 5033-5061.

SYK Sykes, L.R., y Ewing, M., 1965, La sismicidad de la región Caribeña: Journal of Geophysical Research, v. 70, no. 20, p. 5067-5070.

TAB Tabor, L.L., 1967, Recopilación de datos sísmicos, Colombia y áreas colindantes de tierra y mar: J.A. Blume y Asociados, San Francisco, California, U.S.A.

____ 1967, Recopilación de datos sísmicos: Panamá y áreas colindantes de tierra y mar: J.A. Blume y Asociados, San Francisco, California, U.S.A.

TP Polo, J.T., 1898, Sinopsis de temblores y volcanes del Perú: Sociedad Geográfica de Lima, año VIII, tomo VIII, Lima, Perú.

____ 1904, Sinopsis de temblores del Perú: Sociedad Geográfica de Lima, año XIV, tomo XVI, Lima, Perú.

TRN Unidad de investigación sísmica, University of the West Indies, San Augustine, Trinidad y Tobago.

UPP Instituto Sismológico, Uppsala, Suecia.

VB Barriga, V., 1951, Los terremotos de Arequipa, Editorial La Colmena, Arequipa, Perú.

VER Vergara, y Velasco, F.J., 1898, Los terremotos en Colombia, anales de ingeniería, año 7, serie 1, no. 118, Bogotá, Colombia, p. 186-192.

WB Bachmann, C., 1935, Fenómenos sísmicos notables habidos en Lima en los cuatrocientos años que tiene de fundada: Sociedad Geográfica de Lima, tomo LII, Lima, Perú

y

Middendort, E.W., 1976, Observaciones y estudios del país y sus habitantes durante mi permanencia de 25 años: tomo I, Universidad Mayor de San Marcos, Lima, Perú, versión española.

WCA Woodward-Clyde y Asociados, 1969, Sismicidad y geología sísmica de la zona noroeste de Venezuela: Un reporte a la compañía Shell de Venezuela, v. I y v. II.

TABLA 5 - CODICOS PARA FUENTES DE MAGNITUD

BRK Berkeley, Universidad de California, California, USA, Ver Bath (1967) para una descripción de determinaciones de magnitud.

CGS Coast and Geodetic Survey, Dept. de Comercio de USA. Ver Bath (1967) o terremotos USA para el año deseado para una descripción de determinación de magnitud.

DH Daniel Huaco, Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú. Ver texto para una descripción de determinaciones de magnitud.

FIE Fiedler, G., 1961, Areas afectadas por terremotos en Venezuela: Memorias del Tercer Congreso Geológico Venezolano, tomo IV, Caracas, Venezuela, p. 1791-1814.

_____ 1961a, El gran terremoto de El Tocuyo del 3 de Agosto de 1950 y el fenómeno mecánico en el foco: Memorias, III Congreso Geológico Venezolano, tomo IV, Caracas, Venezuela, p. 1787-1790.

_____ 1968, Estudio sismológico de la región de Caracas con relación al terremoto del 29 de Julio de 1967: Boletín Instituto de Materiales y Modelos Estructurales Facultad de Ingeniería, v. 6, no. 23-24, p. 127-22.

_____ 1979a, Die seismische aktivitat in Venezuela in zusammenhang mit den wichtigsten tektonischen Bruchzonen: Geographische Rundschau, v. 59, no. 3, p. 1203-1215.

_____ 1972, La liberación de energía sísmica en Venezuela, volúmenes sísmicos y mapa de isosistas: IV Congreso Geológico Venezolano, tomo IV, Caracas, Venezuela, p. 2441-2462.

GS Geological Survey, Dept. del Interior USA, Denver, Colorado, USA. Ver la edición de Enero de la Determinación preliminar de epicentros para el año deseado para una descripción de determinación de magnitud.

GUC Departamento de Geología y Geofísica de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, Ver texto acompañando catálogo para una descripción de determinación de magnitud.

IAG Instituto Astronómico y Geofísico, Universidad de Sao Paulo, Sao Paulo, Brasil. Ver texto para una descripción de determinaciones de magnitud.

IGH Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú. Magnitud calculada por Daniel Huaco de datos inéditos.

IGP Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú. Ver texto acompañando catálogo para una descripción de determinaciones de magnitud.

JGG Grases, J., 1970, El terremoto de 1812 y sus efectos: Boletín Instituto de Materiales y Modelos Estructurales Facultad de Ingeniería, v. 8, no. 29-30, p. 102-123.

_____ 1971, La sismicidad histórica del Caribe: Documentos de trabajo, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela, p. 290.

_____ 1978, El terremoto del 21 de Octubre de 1766 que afectó el oriente venezolano: En prensa, Caracas, Venezuela.

_____ 1979, Investigación sobre los sismos destructores que han afectado el oriente de Venezuela, delta del Orinoco y regiones adyacentes: Proyecto Instituto Tecnológico Venezolano del Petróleo, Febrero 1979, v.2.

JMA Agencia Meteorológica del Japón, Tokyo, Japón. Ver Bath (1967) para una descripción de determinaciones de magnitud.

KAN Kanamori, Hiroo, 1977, La liberación de energía en grandes terremotos: Journal of Geophysical Research, v. 82, no. 20, p. 2981-2987.

LAO Configuración LASA, Montana, USA., Ver Needham y Steele (1969) para una descripción de determinaciones de magnitud.

ISC Centro Sismológico Internacional, Newbury, Berkshire, Inglaterra. Ver Bath (1967) o los Boletines ISC para una descripción de determinación de magnitud.

MAT Observatorio Matsushiro, Japón (Pedir a través de JMA). Ver Bath (1967) para una descripción de determinaciones de magnitud.

MOS Instituto de Física de la Tierra, Moscú, URSS. Ver Bath (1967) para una descripción de determinaciones de magnitud.

OAE Observatorio Astronómico de Quito, Ecuador. Ver texto para una descripción de determinaciones de magnitud.

PAL Observatorio Geológico Lamont-Doherty, Palisades, New York, USA. Ver Bath (1967) para una descripción de determinaciones de magnitud.

PAS Instituto de Tecnología de California, Pasadena, California, USA. Ver Bath (1967) para una descripción de determinaciones de magnitud.

PSA Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES), San Juan, Argentina. Ver Carmona y Castano (1973) para una descripción de determinaciones de magnitud.

ROM Instituto de Geofísica Nacional, Roma, Italia. Ver Bath (1967) para una descripción de determinaciones de magnitud.

SCB Observatorio de San Calixto, La Paz, Bolivia. Ver Lee y Wetmiller (1978) y el texto acompañando catálogo para una descripción de determinaciones de magnitud.

SIS Proyecto SISAN. Ver Ocola (1984) para una descripción de determinaciones de magnitud.

STL Cerro Santa Lucía, Santiago, Chile.

TAC Universidad Nacional de México, Tacubaya, México. Ver Lee y Wetmiller (1978) para una descripción de determinaciones de magnitud.

UPP Instituto Sismológico, Uppsala, Suecia. Ver Bath (1967) para una descripción de determinaciones de magnitud.

WCA Woodward-Clyde y Asociados, 1969, Sismicidad y geología sísmica de la zona noroeste de Venezuela. Un reporte a la compañía Shell de Venezuela, v. I y v. II.

TABLA 6 - CODIGO DE ESCALA DE MAGNITUD

B	Magnitud de onda-interna (para una descripción de los cálculos de magnitud, ver referencias en tabla 5 para la fuente listada).
F	Magnitud M_S estimada basada en datos macrosísmicos. (Chile, ver texto, p. 11).
G	Magnitud local (Bolivia, ver texto, p. 10).
I	Magnitud determinada de los datos de intensidad MSK. (Perú, ver texto, p. 12).
K	Magnitud convertida de los datos de intensidad MSK usando la fórmula Gutenberg y Richter (1956). (Ecuador, ver texto, p. 12).
M	Magnitud de onda-interna convertida de los datos de intensidad MM. (Bolivia, ver texto, p. 11).
P.	Magnitud de onda-interna convertida de magnitud PAS (Bolivia, ver texto, p. 10).
S	Magnitud de onda de superficie (para una descripción del cálculo de magnitud, ver referencias en la tabla 5 para la fuente listada).
W	Magnitud del momento (de Kanamori, 1977).

TABLA 7 - INTERPRETES

APO Oscar Ancajima, Gudner Pinedo, Leonidas Ocola (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

AV Angel Vega B. (Observatorio San Calixto, La Paz, Bolivia).

BSSA Boletín de la Sociedad Sismológica de América.

CAR Boletín Sismológico del Observatorio Cagigal, Caracas, Venezuela.

CGS U.S. Coast and Geodetic Survey, Rockville, Maryland, USA.

CLRC Cinna Lomnitz (Universidad Autónoma de México, Ciudad de México, México)
Ramón Cabré (Observatorio San Calixto, La Paz, Bolivia).

DH Daniel Huaco (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

DIGA Personal de la Dirección Científica de Geofísica Aplicada (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

ED Ernesto Deza (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

EHAC A. Espinosa, R. Husid, S.T. Algermissen, and J. De Las Casas, 1977, The Lima earthquake of October 3, 1974: intensity distribution: Seismological Society of America Bulletin, v. 67. no. 5, p. 1429-1439.

EM Estela Minaya R. (Observatorio San Calixto, La Paz, Bolivia).

ESF Enrique Silgado (Centro Regional de Sismología para América del Sur, (CERESIS), Lima, Perú e Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Lima, Perú).

FIE Gunther Fiedler (Instituto Sismológico, Observatorio Cagigal, Dirección de Hidrografía y Navegación, Comandancia General de la Marina, República de Venezuela).

FIED Gunther Fiedler (Instituto Sismológico, Observatorio Cagigal, Dirección de Hidrografía y Navegación, Comandancia General de la Marina, República de Venezuela).

FUNV Fundación Venezolana de Investigación Sísmica, Caracas, Venezuela.

GE Gerardo Espejo (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

GF Gonzalo Fernández (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

HEYO Herd, D.G., Youd, T.L., and others, 1981, The Great Tumaco, Colombia, Earthquake of 12 December 1979, Science, v. 211, no. 4481, Jan. 1981, p. 441-445.

HLBV P. Huaco, W. Lescano, A. Bueno, M. Vásquez, J. Chávez (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

IAEP Irving Ayala y Edgar Paez (Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia).

IAG Instituto Astronomico e Geofisico, Universidade de Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil.

IGAP Personal del Instituto Geofísico, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.

ISC Bulletins of the International Seismological Centre, Newbury, Berkshire, U.K.

JCC Juan Carlos Castano, Consultor Científico (Instituto Nacional de Prevención Sísmica, San Juan, Argentina).

JE José Egred (Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador).

JELF José Egred (Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador) y Luis Fernández (Centro Regional de Sismología para América del Sur, Lima, Perú).

JEVC José Egred (Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador) y Vinicio Cáceres (Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador).

JEWC José Egred (Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador) y Wilman Costa (Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito , Ecuador).

JPGG José Pablo Grases Galofré (Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela).

JS Julio Shikiya (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

JSHA Julio Shikiya y Héctor Alemán (Instituto, Geofísico del Perú, Lima, Perú).

LF Luis Fernández (Centro Regional de Sismología para América del Sur, Lima Perú).

LFVC Luis Fernández (Centro Regional de Sismología para América del Sur, Lima, Perú) y Vinicio Cáceres (Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador).

LO Leonidas Ocola (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

LOGF Leonidas Ocola y Gonzalo Fernández (Instituto Geofísico del Perú, Lima).

LSO Walter Lescano, Julio Shikiya, Leonidas Ocola (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

MAL Alfonso Malazer (Fundación Venezolana de Investigación Sísmica, Caracas Venezuela).

MLE Miguel Luge (Fundación Venezolana de Investigación Sísmica, Caracas Venezuela).

MV Matilde Vásquez (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

NEIS National Earthquake Information Service, Golden, Colorado, USA.

PH Porfirio Huaco (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

PHAB Porfirio Huaco y A. Bueno (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

PHAC Porfirio Huaco y A. Cancino, (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

PHTP Porfirio Huaco (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú) y Timoleón Palencia (Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia).

PMD M. Pabón, F. Maldonado, y T. Duque (Universidad General Francisco de Paula Santander, Colombia).

PRSA Personal del Servicio Sismológico (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú), from catalog prepared by L. Ocola, 1974.

PRSS Personal del Servicio Sismológico (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú), from catalog prepared by L. Ocola, 1975.

RAM Jesús Emilio Ramírez, S.J. (Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia) - Values given in the Rossi-Forel scale.

RH Raúl Husid (Universidad de Chile, Santiago, Chile).

ROB Catalogue of Robson (Seismic Research Unit, University of West Indies, Trinidad).

ROT Rothe, J.P., 1969, The seismicity of the earth, 1953-1965: UNESCO, Paris, p. 74.

SAL Salas, Henry (Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela).

SDO Julio Shikiya, Melquiades Damian, Leonidas Ocola (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

SSP Servicio Sismológico (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

TPRG Timoleón Palencia y J. Rafael Goberna, S.J. (Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia).

TRN Trinidad Station, Trinidad, West Indies.

UTLO Ursula Torres y Leonidas Ocola (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

VC Vinicio Cáceres (Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador).

WC Wilman Costa (Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador).

WCA Woodward-Clyde & Associates, 1969, Seismicity and Seismic Geology of Northwestern Venezuela: A Report to the Shell Company of Venezuela, v. I and v. II.

WL Walter Lescano, (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

TABLA 8 - REFERENCIAS

101 Information received from Enrique Silgado, Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú. Intensity values originally given on the MSK scale were converted to values on the MMI scale for this project.

102 Kausel, E., 1979, Los Terremotos de agosto 1868 y mayo 1877 que afectaron el sur de Perú y Chile: Departamento Geofísico, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

103 Greve, F., Documents on file with the Dept. of Geology and Geophysics, University of Chile, Santiago, Chile.

110 Archivo del Servicio Sismológico, Departamento de Geología y Geofísica, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

201 INPRES, 1978, Informe de las comisiones del Instituto Nacional de Prevención Sísmica que evaluaron los daños producidos por el terremoto de Caucete 23/11/1977, San Juan, Argentina.

202 Diarios y periódicos de la época.

203 INPRES, 1975, Informe de las comisiones del Instituto Nacional de Prevención Sísmica que evaluaron los daños producidos del terremoto de Orán del 17/08/1974, San Juan, Argentina.

204 INPRES, 1974, Informe de la Comisión del Instituto Nacional de Prevención Sísmica que evaluó los daños del sismo de Antofagasta de la Sierra del 23/11/73, San Juan, Argentina.

205 INPRES, 1974, Informe de la comisión del Instituto Nacional de Prevención Sísmica que evaluó los daños producidos por el terremoto de Salta - Jujuy del 23/11/73, San Juan, Argentina.

206 Volponi, F., 1969, Estudio del Terremoto del Chaco del 1° de Octubre de 1968: Ciencia e Investigación, v. 25, no. 6, Buenos Aires, Argentina.

207 Volponi, F., 1967, El Terremoto de Santa Rosa (La Pampa) del 28 de Octubre de 1965: Anales Sociedad Científica Argentina, v. 184, Buenos Aires, Argentina.

208 Castano, J.C., 1977, Zonificación Sísmica de la República Argentina: INPRES, Publicación Técnica no. 5., San Juan, Argentina.

209 INPRES, 1980, Estudio desde el punto de vista sísmico de la zona de ubicación de la central nuclear Embalse; INPRES, San Juan, Argentina.

210 Gil, E.Y. and others, 1981, Estudio sísmico de la zona de emplazamiento de la central nuclear Atucha II: Enace, Argentina.

211 Harrington, H.J., 1944, Volcanes y Terremotos: Editorial Pleamar, Serie Biblioteca Conocimiento, Buenos Aires, Argentina.

212 Olsacher, J., 1935, Terremoto de Sampacho (Córdoba). 10 y 11 de Junio de 1934: Revista del Museo Provincial de Ciencias Naturales, Córdoba, Argentina.

213 Lunkenheimer, F., 1930, El Terremoto Sud-Mendocino del 30 de Mayo de 1929: Observatorio Astronómico, Universidad de La Plata, La Plata, Argentina.

214 Toscano, Padre J., 1935, Historia del Señor y la Virgen del Milagro: ?, Salta, Argentina.

215 Verdaguer, J.A., 1931, Historia Eclesiástica de Cuyo: Tipografía Salesiana, Milano, Italy.

301 Anon., 1650, Actas del Cabildo de Potosí: Archivo Nacional de Bolivia, La Paz, Bolivia.

302 Lara, M.S., 1860, Crónicas Anónimas: Archivos Universidad Santa Cruz, Santa Cruz, Bolivia.

303 Morales, J.A., 1925, Los Primeros 100 Años de La República: Sociedad Geográfica de La Paz.

305 Gormaz, F.V., 1901, Algunos naufragios, anales hidrográficos de Chile, vol. 26: Imprenta Instituto Hidrográfico de la Armada, Santiago de Chile.

306 Anon., 1884, La Industria (Diario), Días 29-Sept. - 3 y 6 - Diciembre, Sucre, Bolivia.

307 Teran, I., 1909, Yacuiba-El Terremoto de 1887: Boletín de la Oficina Nacional de Estadística, nos. 49-51, La Paz, Bolivia, p. 47-48.

308 Anon., 1890, La Estrella del Oriente (Diario) , Santa Cruz, Bolivia.

309 Aspiazu, A., 1909, Nuevos datos sobre el Terremoto de 15 de Agosto: Boletín de la Oficina Nacional de Estadística, nos. 49-51, p. 47-48, La Paz, Bolivia.

310 Anon., 1931, Boletín de la Sociedad Geográfica de La Paz, no. 2.

311 Montessus de Ballore, F., 1912, Bibliografía General de Temblores y Terremotos: Sociedad Chilena de Historia y Geografía.

312 Minaya, R.E., 1982, Recopilación de Intensidades Sísmicas en Bolivia: Archivo Sisra, Observatorio San Calixto, La Paz, Bolivia.

313 Descotes, P.M., and Cabré, R., 1973, Historia Sísmica de Bolvia: Rev. Geofísica Panamericana, v. 2, no. 1, p. 251-781.

314 Anon., 1920, El Heraldo (Diario), Días 22-27 Dic., Cochabamba, Bolivia.

315 Anon., 1931. La Patria (Diario), Días 18-19 Marzo, Oruro, Bolivia.

316 Anon., 1942, El Imparcial (Diario), Día 27 Dic., Cochabamba, Bolivia.

317 Anon., 1948, La Razón (Diario), Día 4 May., La Paz, Bolivia.

318 Anon., 1958, El Diario (Diario), Día 14 Ene., La Paz, Bolivia.

319 Anon., 1959, El Pueblo (Diario), Días 20-21 Oct., La Paz, Bolivia.

320 Anon., 1962, El Mundo (Diario), Día 17 Sept., Cochabamba, Bolivia.

321 Otero, R.A., 1972, Sismo en Cochabamba, Los Tiempos, Cochabamba, Bolivia.

322 Rodríguez, R., and Vega, A., 1976, Sismo del 22 de Feb., sur Cochabamba: Publicación no. 27, San Calixto Observatory, La Paz, Bolivia, p. 1-30.

323 Vega A., 1983, Sismo de Arque-Cochabamba: Defensa Civil, La Paz, Bolivia, San Calixto Observatory, p. 1-25.

324 Cabré, R., 1976, Complementos de historia sísmica de Bolivia: Archivo San Calixto, La Paz, Bolivia.

325 Vega, A., 1983, Sismicidad Regional Andina: Archivo Sisra, Observatorio San Calixto, La Paz, Bolivia.

326 Vega, A., 1985, El sismo de Oruro de 1982: Revista de la Academia Nacional de Ciencias de Bolivia (in press), La Paz, Bolivia.

401 Silgado, E., 1946, Datos sismológicos del Perú: Instituto Geológico del Perú, Ministerio de Fomento, Dirección de Minas y Petróleo, Boletín no. 3, Lima, Perú.

402 ___ 1947, Datos sismológicos del Perú 1946: Instituto Geológico del Perú, Ministerio de Fomento, Dirección de Minas y Petróleo, Boletín no. 7, Lima, Perú.

403 ___ 1948, Datos sismológicos del Perú 1947: Instituto Geológico del Perú, Ministerio de Fomento, Dirección de Minas y Petróleo, Boletín no. 11, Lima, Perú.

404 ___ 1949, Datos sismológicos del Perú 1948: Instituto Geológico del Perú, Ministerio de Fomento, Dirección de Minas y Petróleo, Boletín no. 13, Lima, Perú.

405 ___ 1952, Datos sismológicos del Perú 1949-1950: Instituto Geológico del Perú, Ministerio de Fomento y Obras Públicas, Instituto Nacional de Investigación y Fomento Mineros, Boletín no. 4, Lima, Perú.

406 ___ 1953, Datos sismológicos del Perú 1951: Instituto Geológico del Perú, Ministerio de Fomento y Obras Públicas, Instituto Nacional de Investigación y Fomento Mineros, Boletín no. 8, Lima, Perú.

407 ___ 1957, Datos sismológicos del Perú 1952: Instituto Geológico del Perú, Ministerio de Fomento, Dirección de Minas y Petróleos, Boletín 29, Lima, Perú.

409 Bachmann, C., 1935, Fenómenos sísmicos notables habidos en Lima en los cuatrocientos años que tiene de fundada: Sociedad Geográfica de Lima, Tomo LII, Lima, Perú.

410 Barriga, V., 1951, Los terremotos de Arequipa: Tomo VII, Biblioteca "Arequipa".

411 Silgado, E., 1978, Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513-1974), Lima: Instituto de Geología y Minería, Boletín no. 3, Lima, Perú.

413 Azocar, W., 1971, Isosistas de los dos últimos terremotos de Arequipa: Tesis de Grado, Bachiller en Ciencias Geológicas, Programa de Geología, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.

415 Huaco, D., 1983, Los parámetros focales de los sismos históricos (en preparación): Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú.

416 Espejo, G., 1974, Catálogo de sismos fuertes en el Perú: Instituto Geofísico del Perú, Servicio Sismológico, Lima, Perú (Inédito).

417 Anon., 1974, Boletín Servicio Sismológico: Instituto Geofísico del Perú, Servicio Sismológico, Lima, Perú.

418 Anon., 1975, Boletín Servicio Sismológico: Instituto Geofísico del Perú, Servicio Sismológico, Lima, Perú.

419 Lomnitz, C., and Cabré, R., 1968, The Peru earthquake of October 17, 1966: Seismological Society of America Bulletin, v. 58, no. 2, p. 645-661.

420 Middendorf, E.W., 1976, Observaciones y estudios del país y sus habitantes durante mi permanencia de 25 años: Tomo I, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, versión española, Lima, Perú.

421 Polo, J.T., 1898, Sinopsis de tembiores y volcanes del Perú: Sociedad Geográfica de Lima, Año VIII, Tomo VIII, Lima, Perú.

422 Polo, J.T., 1904, Sinopsis de temblores del Perú: Sociedad Geográfica de Lima, Año XIV, Tomo XVI, Lima, Perú.

424 Enkeboll, W., 1971, Soil behavior and related effects in the Peru earthquake of May 31, 1970: Seismological Society of America Bulletin, v. 61, no. 3, p. 579-590.

426 Meehan, J.F., 1971, Performance of school buildings in the Peru earthquake of May 31, 1970: Seismological Society of America Bulletin, v. 61, no. 3, p. 591-608.

427 Huaco, P., Lescano, W., Bueno, A., Vásquez, M., y Chávez, J., 1975, Evaluación de intensidades sismo del 3 de octubre de 1974 en la zona de Lima Río Pisco, en Ocola, L., y Giesecke, A., Informe: Proyecto Multinacional de Ciencias de la Tierra, Organización de los Estados Americanos, Jul. 1972-Dic. 1974: Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú, v. 1, p. 256-269.

428 Espejo, G., 1975, Evaluación de intensidades y efectos geológicos asociados con el terremoto del 3 de octubre de 1974, en la zona de Pisco-Yauco, en Ocola, L., y Giesecke, A., Informe: Proyecto Multinacional de Ciencias de la Tierra, Organización de los Estados Americanos, Jul. 1972-Dic. 1974: Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú, v. 1, p. 271-285.

429 Shikiya, J., and Alemán, H., 1975, Evaluación de intensidades y daños producidos por el sismo del 3 de octubre de 1974 en la zona de San Juan, en Ocola, L. y Giesecke, A., Informe: Proyecto Multinacional de Ciencias de la Tierra, Organización de los Estados Americanos, Jul. 1972-Dic. 1974: Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú, v. 1, p. 287-299.

430 Huaco, P., 1975, Mapa de intensidades del sismo del 3 de octubre de 1974, en Ocola L. y Giesecke, A., Informe: Proyecto Multinacional de Ciencias de la Tierra, Organización de los Estados Americanos, Jul. 1972-Dic. 1974: Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú, v. 1, p. 253-254.

431 Espinosa, A., Husid, R., Algermissen, S.T., and De Las Casas, J., 1977, The Lima earthquake of October 3, 1974: intensity distribution: Seismological Society of America Bulletin, v. 67, no. 5, p. 1429-1439.

432 Deza, E., 1971, The Pariahuanca Earthquake Huancayo, Peru of July-October 1969, in Recent crustal movements: Royal Society of New Zealand Bulletin, no. 9, p. 77-83.

435 Silgado, E., 1977, Datos Sismológicos del Perú: Inédito, CERESIS, Lima, Perú.

436 Espejo, G., y Huaco, P., 1976, Datos Sismológicos, Servicio Sismológico, Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú.

437 Anon., 1973, Datos Sismológicos, Instituto Geofísico de Arequipa y Universidad San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú (datos inéditos).

438 Anon., 1973, Datos sismológicos, Dirección Científica de Geofísica Aplicada, instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú (datos inéditos).

439 Ocola, L., Shikiya, J., y Lescano, W., 1980, Intensidades del sismo del Cuzco del 3 de Junio de 1980: Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú.

440 Anon., 1982, Boletín Sismológico, 1972-1982: Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú.

801 Ramírez, J.E., S.J., 1975, Historia de los terremotos en Colombia, Bogotá, Segunda Edición: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia.

___ 1979, Terremotos colombianos de noviembre 23 y diciembre 12 de 1979: Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

802 Fiedler, G., 1961, Areas afectadas por terremotos en Venezuela: Boletín de Geología, Tomo 4, Publicación Especial no. 3, Caracas, Venezuela.

803 Prensa Periódica archivada en el Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

804 Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, documentación conservada en su archivo.

805 Goberna, J.R., S.J., y Ramírez, J.E., S.J., 1980, Terremotos Colombianos de noviembre 23 y diciembre 12 de 1979: Informe Preliminar, Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Universidad Javeriana Bogotá, Colombia.

806 Ramírez, J.E., S.J., Goberna, J.R., S.J., y otros, 1943-1977, Boletines sísmicos de las estaciones sismológicas colombianas, 1943 y 1968: Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

807 Singer, A., Malaver, A., y otros, 1982, El sismo del Tachira del 18 de octubre de 1981: Fundación Venezolana de Investigación Sísmica, Caracas, Venezuela.

808 Informes especiales conservados en el archivo del Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

809 Pabón, M., Maldonado, F., y Duque, T., 1982, Trabajo de grado sobre el terremoto de Cucutá, octubre 17 de 1981: Universidad General Francisco de Paula Santander, Cucutá, Colombia.

810 Pabón, M., Maldonado, F., y Duque, T., 1982, Trabajo de Grado Sobre el Terremoto de Cucutá, octubre 17 de 1981: Universidad General Francisco de Paula Santander, Cucutá, Colombia.

811 Pabón, M., Maldonado, F., y Duque, T., 1982, Trabajo de Grado Sobre el Terremoto de Cucutá, octubre 17 de 1981: Universidad General Francisco de Paula Santander, Cucutá, Colombia.

901 Wolf, T., 1904, Crónica de los fenómenos volcánicos y terremotos en el Ecuador; 2da. Edición, bajo inspección de Augusto N. Martínez, Imprenta de la Universidad Central, Quito, Ecuador.

902 Cevallos, P.F., Terremotos y temblores que padecieron las poblaciones, Resumen de la Historia del Ecuador, Tomo II, Municipio de Quito, Imprenta Municipal.

903 Libros de Cabildo de la Ciudad de Quito. Manuscritos originales de las Actas de Cabildo de la Ciudad de Quito, a partir de su fundación; Años 1655, 1675, 1775; Archivo Histórico Municipal; Quito, Ecuador.

904 Chávez, F.M., Crónicas de Guayaquil Antiguo. Clásicos Ariel No. 41, 2da. Edición, Concejo de Guayaquil, Imprenta y talleres Municipales, 1944, Guayaquil, Ecuador.

905 Archivo Nacional de Historia, año 1662. Casa de la Cultura Ecuatoriana, Quito, Ecuador.

906 Archivo Nacional de Historia, qño 1698. Casa de la Cultura Ecuatoriana, Quito, Ecuador.

909 Varios, 1963, Cuadernos Monográficos de Chimbo; Casa de la Cultura Ecuatoriana, Quito, Ecuador.

910 1958, Breve Historia de los Principales Terremotos en el Ecuador; Observatorio Astronómico de Quito, Quito, Ecuador.

911 Velasco, V.P., 1930, Monografía de Baños; Provincia del Tungurahua, Talleres Tipográficos Nacionales, Quito, Ecuador.

912 Archivo Histórico del Convento de San Francisco; Convento de San Francisco, Quito, Ecuador.

914 González, S.F., Historia General de la República del Ecuador, Tomos III al V, Casa de la Cultura Ecuatoriana, 1969, Quito, Ecuador.

915 "El Seis de Marzo", (Periódico Oficial), No. 304 de 4 de Mayo de 1859, Hemeroteca del Banco Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

916 "El Nacional". (Periódico Oficial), Mayo 23 de 1868 - Agosto de 1863 (En ese periódico se publicó toda la correspondencia oficial acerca del terremoto de ese año), Hemeroteca del Banco Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

917 "El Grito del Pueblo", Diario Guayaquileño, Hemeroteca de la Biblioteca Nacional, Quito; Hemeroteca de la Biblioteca Aurelio Espinosa Pólit.

919 Observatorio Astronómico de Quito, Quito, Ecuador.

920 "El Comercio", (Diario), Hemeroteca de la Biblioteca Nacional, Hemeroteca de la Biblioteca Aurelio Espinosa Pólit, Quito, Ecuador.

921 Archivo de Recortes de Prensa, Varios años y recortes tomados de diferentes periódicos, a partir de 1938, Observatorio Astronómico de Quito, Quito, Ecuador.

922 Sawer, W., Informe del Terremoto del Valle de los Chillos, copia mecanografiada, original (no es una publicación).

923 Libros de Cabildos de la ciudad de Quito, Años 1645, 1675, 1775.

926 Archivo Nacional de Historia, Años 1786, 1797 y 1868.

REFERENCIAS CITADAS

Bath, M., 1967, Handbook on earthquake magnitude determinations: Seismological Institute, Uppsala, Sweden, 114 p.

Carmona, J.S., and Castano, J.C., 1973, Seismic risk in South America to the south of 20 degrees, in Proceedings of the fifth world conference on earthquake engineering, 1973: Ministry of Public Works, Rome, Italy.

Duda, J., 1970, Travel time and body wave magnitude: St. Louis University, St. Louis, Mo., Contract no. AF 19(628)-5100.

Flinn, E.A., Engdahl, E.R., and Hill, A.R., 1974, Seismic and geographical regionalization: Seismological Society of America Bulletin, v. 64, no. 3, p. 771-993.

Gutenberg, B., and Richter, C.F., 1954, Seismicity of the earth and associated phenomena: Princeton University Press, Princeton, N.J., 310 p.

_____1956, Earthquake magnitude, intensity, energy, and acceleration: Seismological Society of America, v. 46, 131 p.

Kanamori, H., 1977, The energy release in great earthquakes: Journal of Geophysical Research, v. 82, no. 20, p. 2981-2987.

Lee, W.H.K., and Wetmiller, R.J., 1978, Survey of practice in determining magnitudes of near earthquakes, part 1: North, Central, and South America: Report SE-9, World Data Center A for Solid Earth Geophysics, NOAA, Boulder, Colo., 102 p.

Medvedev, S.V., and Sponheuer, W., 1969, Scale of seismic intensity in Proceedings of the fourth world conference on earthquake engineering, 1969: Chilean Association on Seismology and Earthquake Engineering, Santiago, Chile, p. A2-143 - A2-153.

Needham, R., and Steele, A., 1969, Montana LASA data analysis techniques: S-110-33, Ford Aerospace and Communications, Billings, Mont., 26 p.

Ocola, L., Catalogo de intensidades macrosismicas del Perú, 1471-1981, Memoria Explicativa, 1984, Macroseismic hypocenters of Bolivia - Colombia - Ecuador - Perú, 1471-1981: Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú, in preparation.

Silgado F.E., 1985, Destructive earthquakes of South America 1530-1894: Earthquake Mitigation Program in the Andean Region, vol. 10, CERESIS, Lima, Perú.

U.S. Defense Mapping Agency, Political map of South America: North and south sheets, 1:5,000,000, Series 1106, Edition 4.

Wood, H.O., and Neuman, F., 1931, Modified Mercalli intensity scale of 1931: Seismological Society of America Bulletin, v. 21, p. 277-283.

SOUTH AMERICAN HYPOCENTER AND INTENSITY CATALOGS

By

Bonny L. Askew and S. T. Algermissen
U.S. Geological Survey
Denver, Colorado 80225

Introduction

It has been recognized for some time that a unified catalog of earthquake parameters for South America is essential for progress in many areas of seismological research. This is particularly true for regional studies of seismicity, seismotectonics, and the evaluation of seismic hazards. National catalogs of some of the countries in South America have been available for a number of years and many of these contain data as far back as the 16th century. The quality and scope of the available national catalogs, however, vary from country to country. The "Program for the Mitigation of Earthquake Effects in the Andean Region" (known as project SISRA) provided an unparalleled and perhaps essential framework for an effort to unify the various regional and national earthquake catalogs available. The decision was made early in the project to concentrate work on hypocenter parameters of the earthquakes and on cataloging the distribut. of intensity. The essential, and clearly the most important, work on the hypocenter and intensity catalogs was done by a group of national workers within each country. They revised, edited, and integrated the variety of seismicity data available for each country. They then entered the data into a format that had been agreed to by the national representatives from each of the countries. The resulting national catalogs were then reviewed and approved by the national coordinator for the catalogs. Dr. Leonidas Ocola of the Geophysical Institute of Peru served as the overall coordinator for the earthquake hypocenter and intensity

project from 1981-1983 and he contributed greatly to the successful completion of the catalogs. The national coordinators and investigators who all contributed in a very significant way to the preparation of these catalogs are:

NATIONAL CONTRIBUTIONS

Country	Coordinator	Investigators
Argentina	Juan C. Castano	M. Arturo H. Buff J. C. Castaño C. Correa C. C. de Etchegaray M. Figueroa R. Q. Forradellas J. Monllor R. Munizaga M. Pérez N. P. Puebla M. Varela
Bolivia	Angel J. Vega	R. Cabré, S. J. J. M. Caprille R. Cardona E. Minaya A. J. Vega
Brazil	Jesús Berrocal G.	R. Antesana M. Assumpcao J. Berrocal C. M. Dias Neto H. Franca R. Ortega J. A. Veloso
Chile	Edgar Kausel	L. Alvear J. Bannister S. Barrientos E. Kausel M. Pardo
Colombia	Rafael Goberna, S. J.	W. Arias J. A. Duarte J. R. Goberna, S.J. T. Palencia T. A. Vargas

Country	Coordinator	Investigators
Ecuador	Edgard Proano	V. Cáceres M. Costa J. Egred A.
Peru	Hernán Montes	H. Alemán G. Espejo A. Garró D. Huaco P. Huaco W. Lescano L. Ocola L. Rodriguez J. Shikiya U. Torres
Trinidad-Tobago	John Shepherd	I. Rogers J. Shepherd
Uruguay	Alberto Benavidez	A. Benavidez
Venezuela	Gunther Fielder (1981-83) Luis Urbina (1983-85)	G. Fiedler J. Grases

Organization

As a critical step in the analysis of hazard and risk in South America, catalogs of hypocenter and intensity data for all of South America have been compiled. The catalogs are organized by country or region, but together they form a single integrated data base describing the seismicity for the entire continent. The initial work of compiling these data was performed by investigators within each country who were familiar with local seismicity and had access to resources for historical research. This work done by local experts was then integrated into a consistent data base for the entire region.

The hypocenter and intensity catalogs are organized by country. Included are catalogs for Argentina, Bolivia, Brazil, Chile, Colombia, Ecuador, Peru, Trinidad-Tobago, and Venezuela. A listing of events in areas adjacent to each country is also included for completeness, although these events have not been

in any way checked or edited. Areas covered by each country do not overlap, so that when these catalogs are combined earthquakes should appear in the catalog only once.

The catalogs cover a time period beginning with the earliest known historical events and ending with December 1981. The earliest event included occurred in 1471. The completeness of the catalog varies over time, being relatively incomplete for early historical events and much more complete for recent events. The lower magnitude cutoff has been designated as 4.5 m_b. Smaller events have not been vigorously eliminated, particularly since many events have no reported or calculated magnitude. The catalog, however, is much less complete for events below magnitude 4.5 m_b.

A description of the hypocenter catalog format is listed in Appendix A. Tables 1-8 describe codes used in the format, including references for the sources used. The two-letter country code together with the five-digit identifying number (columns 2-9) provide a unique reference for each event. The errors associated with quality factor codes for time, epicenter, and depth are described in Tables 1, 2, and 3, respectively. Quality factors used by other sources for hypocenter data, were converted to the factors defined for this catalog as indicated in Tables 1, 2, and 3. These relationships were determined by L. Ocola in the early phases of the catalog project. The code X is used in all three tables when the quality is unknown or undefined. In many cases, a good estimate of the error for the hypocenter is not available, but knowing whether it is instrumentally determined or derived from macroseismic data gives some additional information about the probable error. Therefore, the codes M for macroseismic and I for instrumental have been used in place of X for epicenter and depth quality factors if this information is known. Space

is provided for four magnitude values. The first is an m_b magnitude, followed by a M_s magnitude. The other two may be additional m_b or M_s magnitudes, other reported magnitudes, magnitudes derived from intensity data, or magnitudes converted from one magnitude scale to another (for example, an M_s magnitude converted from an m_b magnitude).

All intensities listed are in either the Modified Mercalli (MM) scale (Wood and Neuman, 1931) or the MSK scale (Medvedev and Sponheuer, 1969).

Compilation

The compilation of the catalogs was undertaken in two parts. One was the instrumental catalog beginning just after 1900. The second was the historical catalog beginning with the earliest known event for each country and continuing to the present. In the present century the historical data supplement the instrumental data. The instrumental catalog was compiled using data from international sources and from local instrumental data. The international data were supplied primarily through compilations and publications of the U.S. Geological Survey (USGS), the U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), and the International Seismological Centre (ISC). The primary sources included in the USGS, NOAA and ISC compilations of data and the dates covered by them are as follows:

G-R	Gutenberg and Richter (1954)	1906-1950
ISS	International Seismological Summary	1918-1963
CGS	U.S. Coast and Geodetic Survey	1933-1973
BCI	Bureau Central International de Seismologie	1951-1960
ISC	International Seismological Centre	1964-present
GS	U.S. Geological Survey	1973-present

Instrumental data from local agencies, observatories, stations, and universities were also included. Compilation of the historical catalog involved research through historic documents including periodicals, newspapers, and local archives, and also inclusion of recent research on historical events.

In undertaking a task of this size, it was necessary to emphasize certain aspects of the compilation process, while leaving other aspects as future refinements of the catalog. One of the primary tasks at this stage of the catalog work was to eliminate duplicate listings for the same event. Since data were collected from many overlapping sources, in the initial collection of events the same event was often included multiple times. Inclusion of events as unidentified multiple entries can bias any future hazard and risk analysis. Two major problems arise in eliminating the duplicate events. The first is to recognize that two or more entries are the same event when the date, time, location, and magnitude reported by two different sources may differ significantly. The second is to decide which data to keep and which to delete. It is possible that in future versions of the hypocenter catalog alternate entries for hypocenter parameters may be included as long as they are identified as alternate entries and not additional events. However, at this stage only one entry for each recognized event has been included.

Computer programs are of some use in recognizing potential duplicate events, but human judgment is required to make a final decision on which events are duplicates. This involved consideration of the accuracy of the data for the given time period and for the given source, and evaluation of the differences in time, location, depth, and magnitude. ISC bulletins associate their hypocenter data with reports from other sources including the USGS.

These bulletins, for the time span for which they are available, were often used as a reference in cases of doubt to determine if events were duplicates.

In general a precedence ranking of sources was used in determining which entry for a given event should be retained. This varied among countries since different sources were involved and in some cases events were given individual attention to determine which was the best location for the event. A decision was made that, in general, ISC data should be given preference over GS data for events from 1964 to the present in which both agencies reported the event. This time period represents a large block of data in which ISC and GS provided the primary sources of data. It was decided that it would be best to follow a consistent policy amongst all countries in selecting the preferred locations for these events. ISC was chosen as the preferred source because they have available the same station data as the USGS together with data from additional stations which arrive after the USGS has computed a hypocenter solution. For a time period covering the earlier part of the century, Gutenberg and Richter data were usually given preference over other data. Beyond these generalized policies, determination of preferred locations was usually left up to representatives from the individual countries.

In the compilation of a large set of data, detection and correction of data processing errors becomes a major concern. Some errors were found in the data obtained from the basic data compiled by USGS, NOAA and ISC; others were introduced during various phases of the compilation of the catalog. It is virtually impossible to eliminate all errors in processing this amount of data which has been collected from so many different sources. We have made attempts to discover and correct as many errors as possible. In doing so, we have concentrated on the hypocenter, magnitude, and intensity data, since these parameters are essential in hazard and risk analysis.

A third area of emphasis has been the referencing of all data included in the catalog in as thorough a manner as possible. This includes primarily the source code given for hypocenter data and the source codes for all magnitudes listed. Complete referencing for these parameters provides a necessary key for additional examination and evaluation in the future, and thus these catalogs can serve as a basis for future research.

Several problems were encountered during the compilation of the catalogs. The first of these was integrating data received in many varying formats, without introducing additional data processing errors. Another problem was encountered in assigning events to countries. When the individual countries worked on the catalog, they covered a geographic block delineated by latitude and longitude coordinates and not by political boundaries. These blocks overlapped between different countries. In compiling the composite catalog for all of South America, it was important to eliminate the duplication of events resulting from combining the individual country catalogs. This required defining some arbitrary boundaries between countries and assigning each event to a single country. In order to do this we digitized a map produced by the U.S. Defense Mapping Agency (U.S. Defense Mapping Agency) and used a computer program which provided consistent assignment of events to different countries based on these digitized boundaries. The assignment of events to countries remains as only an approximation used for purposes of organizing the catalog into regions.

Because the editing was organized by country, the possibility exists that some events have been duplicated or left out of the catalog if different sources providing rather different locations were used by different countries. For example, if Colombia preferred a location by Gutenberg and Richter which was located in Ecuador and Ecuador used a location determined

locally which actually fell in Colombia, it is possible that the event was deleted from both catalogs and so is not included anywhere in the South American catalog. In addition, both countries may have included the same event, and this duplication may not have been discovered. Checking was done to assure that large events (approximately $M_s \geq 7.5$) have not been deleted or duplicated. More extensive checking was not feasible in this phase of the work.

Sorting out magnitude sources and scales also presented a number of problems. Magnitudes are frequently reported with incomplete documentation by various agencies. We have attempted to obtain a description of the method used in the magnitude determination for all magnitudes included in the catalog.

Magnitudes

A primary goal in the development of this catalog has been to present magnitude data in a form which documents as well as possible how the magnitudes were computed. This information is critical for many types of research such as seismic hazard analysis. It is important that magnitude data grouped together be homogeneous. For example, in regressing intensity on magnitude, if the magnitudes are a mixed group of m_b and M_s the regression will be of little value. Many questions arise as to how to properly handle magnitudes computed in different ways, but the first step in resolving this problem is to be able to determine what methods were used for the data that are included in the catalog. Therefore, for all magnitudes included in the catalog, we have included references which describe how the values were determined. Although magnitudes may be labeled with the same magnitude scale code, they may be determined in different ways. For example, both GS and MOS

magnitudes are listed as m_b magnitudes but their methods for computations of magnitudes differ. In Table 5 under the source codes GS and MOS, references are listed which describe how these magnitudes were computed. Some magnitudes were derived by local institutions during this project and a description of these computations follows here.

Argentina: Both m_b and M_s magnitudes are included. A description of these magnitudes is given in Carmona and Castano (1973).

Bolivia: Magnitudes (m_b) reported with the source code SCB were derived from M_L magnitudes as follows:

$$m_b = 0.65 + 0.89\ M_L \qquad (1)$$

The M_L magnitudes in this relationship were determined using the following relationship:

$$M_L = \log(A/T) + 1.8 \log(\Delta) + 3.5 \qquad (2)$$

where A is the maximum amplitude in microns of the S-phase from the short-period seismogram and T the predominant period for the same train of waves; Δ represents the epicentral distance in degrees and 3.5 is the scale correction in order to match the Richter definition. Other magnitudes are also listed with the scale codes G, P, and M. Magnitudes with the code G are M_L magnitudes which were calculated using equation 2 above. Magnitudes with the code P are m_b magnitudes converted from M_s magnitudes reported by Pasadena using the following equation:

$$m_b = 2.37 + 0.56\ M_s \qquad (3)$$

Magnitudes with the scale code M are M_L magnitudes converted from maximum intensity (I_o) on the MM scale using the following equation:

$$M_L = 1.08 + 0.6228\ I_o \qquad (4)$$

Brazil: Magnitudes (m_b) were computed for many events using either macroseismic or instrumental data. When macroseismic data were used one of the following equations was applied:

$$m_b = 1.63 + 0.60 \log (A_t) \quad (5)$$

$$m_b = 2.29 + 0.55 \log (A_{IV}) \quad (6)$$

where A_t is total area affected in square kilometers (corresponding to the intensity II MM isoseismal), and A_{IV} is the area within the intensity IV MM isoseismal. For earthquakes with instrumental data for d between 200 and 1500 km the following equation was applied:

$$m_R = \log (2\pi A/T) + 2.3 \log d - 2.28 \quad (7)$$

where m_R is equivalent to m_b computed using regional data, A is the maximum amplitude of the ground motion in microns, T is the approximate period of the wave in seconds corresponding to A, and d is the epicentral distance in km.

Chile: Magnitudes given with the magnitude scale code E were estimated based on intensity data. For a description of instrumentally determined magnitudes for the source code GUC see Lee and Wetmiller (1978).

Colombia: Magnitudes (m_b) reported with the source code IGE were calculated from the following equation:

$$m_b = \log(A/T) + 1.35 \log(\Delta) + 0.77 \quad (8)$$

M_s magnitudes with the source code R-I were evaluated by Fr. J. E. Ramirez from intensity data. M_s magnitudes reported by IGE were also determined from intensity data. As best can be determined, these were converted from the formula derived by Gutenberg and Richter (1956):

$$M = 1 + 2/3\ I_o \quad (9)$$

Ecuador: Magnitudes (m_b) were provided from the project SISAN. A description of these magnitudes is included in Ocola (1984). Other magnitudes with the source code OAE and the scale code K were converted from MSK intensities using the formula given in equation 9 above.

Peru: The Instituto Geofisica del Peru (IGP) has computed magnitudes (m_b) for many events prior to 1963. These were based on seismograms from the seismograph stations in Huancayo, Peru, and La Paz, Bolivia, using the following equation:

$$m_b = \log(A/T) + Q \qquad (10)$$

where Q is determined from Q(PZ) charts given by Duda (1970). Additional m_b magnitudes, identified by the code IGH, were calculated from a set of unpublished data by Daniel Huaco of IGP. For non-instrumental events, magnitudes were calculated from maximum intensities and labeled with scale code 'I', using the following formulas:

$$M = 0.090\ I_o + 4.147 \log(h) + 0.752$$
$$\text{for} \quad I_o \geq 6 \quad \text{and} \quad 0 < h < 33 \qquad (11)$$

$$M = 0.472\ I_o - 5.361 \log(h) + 13.023$$
$$\text{for} \quad I_o \geq 6 \quad \text{and} \quad 3 < h < 100 \qquad (12)$$

$$M = 0.287\ I_o + 1.200 \log(h) + 1.703$$
$$\text{for} \quad 2 < I_o < 6 \quad \text{and} \quad 0 < h < 33 \qquad (13)$$

$$M = 0.284 + 4.223 \log(h) - 4.147$$
$$\text{for} \quad 2 < I_o < 6 \quad \text{and} \quad 33 < h < 130 \qquad (14)$$

where h is depth, and I_o is the maximum intensity on the MSK scale. In order to convert from MSK to MM intensities, all available intensity data were examined. The Peruvian investigators used not only the maximum observed

intensities but also the distribution of observed intensities in converting MM intensities to MSK intensities.

Intensity Data

A summary of the intensity catalog format is given in Appendix B. Detailed intensity data are given for some of the events included in the hypocenter catalog. Descriptive data provided by Silgado (1985) were not available at the time of the compilation of the intensity catalog and, thus, may not be included here. Two types of records, or line entries, are included in the intensity catalog. The first is a single line for each event describing the hypocenter parameters. Then for each event a number of location records are included which gives the intensity assigned for that earthquake at various locations. The intensity scale used (MM or MSK) is identified for all listed intensities.

The hypocentral identification includes much of the same information that is given for that event in the hypocenter catalog. The same country code and identifying number are used in the intensity catalog as are used for that event in the hypocenter catalog. The date and time are also listed the same but the time is only given to the nearest second in the intensity catalog. The intensity catalog allows space for two different epicenters: an instrumental epicenter and an epicenter determined from intensity distribution. The reason for this is that the instrumental epicenter may not correspond very well with the center of the meizoseismal area. This may lead to additional uncertainty in the investigation of intensity attenuation. Therefore, in some instances it may be useful to include both an instrumental epicenter and an epicenter based on the intensity distribution. Earthquake focal depth is also given in the intensity catalog but to the nearest

kilometer. The m_b and M_s magnitudes listed in the hypocenter catalog are repeated in the intensity catalog. Space is included to report up to three different maximum intensities. The first is the observed maximum intensity. This is the actual maximum value of all reported intensity observations. In some situations, however, an intensity may not be reported at a location where the maximum intensity occurred. This may happen if the epicenter of the event is offshore or located in an unpopulated area. In these situations it is often possible to estimate what the maximum intensity would have been based on the distribution of other observed intensities. Thus, the second maximum intensity included is an estimated maximum. The third is a maximum intensity computed from a reported magnitude using an appropriate regression formula. The last value in the hypocenter record indicates the number of location records which follow.

Each location record describes an observed intensity value for a given location. A two-letter country code is listed to indicate the country in which the intensity was reported. A description of the locality is given, which is usually the name of a city or village sometimes followed by the province in which it is located. Sometimes the country name is again included in this description. Coordinates and elevation of the location are listed. Space is provided to report the distance from the epicenter to the location and the distance from the hypocenter to the location. The difference between these two parameters is that the hypocenter distance takes into account depth of the hypocenter and elevation at the given location while the epicentral distance does not. Space is also provided to report the azimuth between the epicenter and the coordinates of the given location. The observed intensity for that location is listed. All intensities are identified with the scale used for evaluation, either Modified Mercalli or MSK. The investigator who

assigned the intensity value is also identified under "Interpreter". Up to four references are listed. These are references to published material, which may include assigned intensity values or may be only descriptions of damage from an event. Based on these references the interpreter has assigned an intensity value for that location. A column is also provided for comments relating to that location. This space may be used to point out unusual reasons for damage such as liquefaction or landslides.

The hypocentral parameters given in the intensity catalog are the same as those listed in the hypocenter catalog. This is important because no references are provided for the hypocentral data included in the intensity catalog, but these references may be found by referring back to the hypocenter catalog. It is also essential that the identifying number used in the intensity catalog correspond with the number in the hypocenter catalog and that any event given in the intensity catalog be included in the hypocenter catalog. During the compilation of the intensity catalog we have attempted to insure that this correspondence is maintained.

Some question arose as to what the maximum intensity in the hypocenter catalog represents. Should this necessarily correspond to the maximum intensity given in the intensity catalog, and if so which of the three possible maximum intensities? During the compilation, we have checked that the maximum observed intensity given in the intensity catalog is the actual maximum of the reported intensity observations. Maximum intensities listed in the hypocenter catalog may differ from those listed in the intensity catalog. In order to provide the best estimate possible of the size of historical events, the hypocenter catalog may list an estimated maximum intensity. This is most likely in the case of offshore events.

It may often be the case that an event with an epicenter in one country may have intensity reports in neighboring countries. In such situations, the event is included in the intensity catalog for the country in which the epicenter is located, and intensity observations from other countries are included in the same place. The two-letter country code included with each location was added to identify the country in which the intensity occurred. Observations from a given location may be included more than once if more than one country included those observations. Many events from the Caribbean area were felt in Venezuela. Since no intensity catalog has been compiled for the Caribbean area, these events were left in the Venezuela intensity catalog.

The intensity catalog includes space in the location records for elevation, epicentral distance, hypocentral distance, and azimuth in order to facilitate analysis of intensity attenuation. The evaluation of these parameters varied significantly among countries. If the data were not completed by the individual countries, no further effort has been made to complete the data. If epicenters are reevaluated most of these data would have to be reevaluated. This has been left as a possible future refinement of the catalog.

Maps

Epicenter maps were produced from the data in the hypocenter catalog. Two maps were produced: one with all events plotted, and one with events of M_s magnitude greater than or equal to 6.5. The events were grouped into three depth ranges following the categories defined by Gutenberg and Richter (1954) which are as follows:

Shallow: 0-70 kms.

Intermediate: 70-300 kms.

Deep: Greater than 300 kms.

The second plot grouped the events into two magnitude ranges: one with $6.5 \geq M_s < 8.0$, and the second with magnitudes ≥ 8.0. Events with magnitudes ≥ 8.0 are labeled by year of occurrence. In order to divide the events into ranges based on M_s magnitudes, it was necessary to compute an M_s magnitude for events which had only an m_b magnitude reported or only a maximum intensity. A least squares regression was done, regressing M_s on m_b using the catalog data for events of a depth less than or equal to 55 kms. The value of 55 kms was selected as the cutoff for shallow events after a qualitative examination of the distribution of depths in the catalog. This regression produced the following formula:

$$M_s = -6.44 + 2.18\ m_b \tag{1}$$

This formula was used to compute an M_s value if there was no M_s value but an m_b value was available. A second regression was done regressing M_s on I_o, also for events with a depth less than or equal to 55 kms. This regression produced the following equation:

$$M_s = 1.26 + 0.63\ I_o \tag{2}$$

This is very similar to the equation derived by Gutenberg and Richter (1956) which is:

$$M = 1 + 2/3\ I_o \tag{3}$$

Equation 2 was used to compute M_s from I_o if no magnitude values were available. In Chile, estimated values of M_s (listed under other magnitudes)

were used before values computed from I_o. If no M_s, m_b, or I_o value was available, the event was not included on the map of large earthquakes.

Conclusions

The unified catalogs of hypocenter parameters and intensity compiled for South America should prove useful for a wide range of studies, particularly for investigations of earthquake hazard and risk. The seismologists in each of the participating countries have made a very significant effort and contribution in reviewing, editing, and supplementing the national catalogs available to them. As a result, all of the national catalogs are now more accurate and complete and much documentation has been added concerning the sources of data, methods of computation, etc. The compilation of the national catalogs into unified catalogs for all of South America would not have been possible without the sustained national research efforts in each of the countries.

The principal benefit of the catalogs is that they form a homogeneous data base for geophysical investigations of wide scope. The term uniform is used here to mean that the data listed in the catalogs have been reviewed in a systematic manner such that, insofar as possible, the hypocenter, magnitude, and intensity data listed are consistent for all earthquakes.

An important concept in the compilation of the uniform catalogs is that all data in the catalogs are referenced. Earthquake data that could not be referenced were not used in the catalogs. Anyone wishing to review the basis for the inclusion of any particular set of data in the catalog can, therefore, review the basic data source from which that data was obtained.

The principal objective of the "Program for the Mitigation of Earthquake Effects in the Andean Region (Project Sisra)", under which these catalogs were

compiled, is to more clearly define the severity and distribution of seismic hazard and risk (loss potential) in South America. The hypocenter and intensity catalogs prepared contribute in a fundamental way to the improvement of the understanding of the nature of the earthquake problem in South America. The catalogs, together with the neotectonic map of South America also prepared under Project Sisra, comprise the fundamental data for more advanced investigation of seismic hazard and risk, such as probabilistic descriptions of ground motion and expected losses. It is quite clear that the catalogs are absolutely essential to further progress in seismic hazard and risk evaluation.

It is very important that the catalogs be revised and updated periodically. Errors in a work of this scope are inevitable and need to be corrected. Since the catalogs, in any event, should be updated at intervals to include more recent seismological data, ample opportunity exists to correct errors. A reasonable time interval for correction and updating of the catalogs might be 5 years. Review and updating of the catalogs should be a high priority of CERESIS.

The catalog of intensity data presented here doubtlessly can be much improved by further research on historical earthquakes. This initial intensity catalog does, however, provide a useful framework and format for improving the data base of intensity data in South America. The catalog of intensity data is particularly important as basic input to the estimation of seismic wave attenuation and the delineation of areas of anomalously high ground response. The intensity data should also be invaluable in estimating future earthquake economic losses.

The development of the catalogs presented here in nine volumes is an important improvement in the information available for a wide range of

geophysical investigations, but especially for earthquake mitigation studies. The catalogs are due principally to the investigators in the various countries that have worked diligently to make the catalogs possible. For many of these investigators, the work on the national catalogs represents many years of research in historical and instrumental seismology.

Many further refinements can be made to the catalogs that could form the basis for more extensive analyses and would increase the accuracy of the catalogs. Flinn-Engdahl region numbers should be added for events that at present do not have them. Additional data should be sought out and listed under the associated phenomena, particularly data on damage and casualties. Earthquake focal mechanisms could be added to the catalog with further compilation and research. Alternate locations should be added for events where a high degree of uncertainty exists in the listed epicenter and hypocenters of large events should be reevaluated. We believe, however, that the catalogs compiled in this study represent a significant advance in making an improved base of seismicity data available to scientists, engineers, disaster preparedness and relief officials and other users on a national and international basis for the first time.

CATALOG OF EARTHQUAKES FOR ARGENTINA
HYPOCENTER AND INTENSITY DATA

CASTANO, Juan Carlos
FORRADELLAS, Raymundo Q.
PUEBLA, Noberto Pantaleón

NATIONAL REPORT

INTRODUCTION

Considering that different types of seismic information exists in Argentina, compiled, evaluated and edited by different authors, with different contents and formats, it was necessary to reinterpret the information to obtain a reliable and complete product.

Thus, several years before the beginning of Project SISRA, a working group was established, integrated by INPRES personnel, for the purpose of preparing a national catalogue.

The working methodology consisted in first, compiling all of the existing historical and instrumental information concerning earthquakes which have occurred in Argentine territory.

In a later stage, with the available material, analysis and interpretation of the information was begun, trying to obtain results as quantitative as possible.

During the exacution of this second stage Project SISRA started and a decision was then taken to review what had been done in order to proceed within the guidelines and formats proposed by the regional coordinator for the preparation of the catalogs.

The group that collaborated in the different steps of compilation, analysis, processing and interpretation was integrated, besides the authors of this paper, by the following persons: Miguel PEREZ, Miguel ARTURO, Roberto MUNIZAGA, Mario FIGUEROA, Jorge MONLLOR, Carlos CORREA, Claudia G. de Echegaray, Walter BUFF and Mario VARELA.

MATERIAL USED

Due to the fact that no seismological network existed, at a national level, until the middle of the 1970-80 decade, almost all of the determinations of the focal parameters of the seismic events which have occurred in Argentina was done by international centers.

Almost since the beginning of this century, seismological station of the Observatorio Astronómico Nacional de La Plata began to operate; together with stations in Santiago, Chile and La Paz, Bolivia, La Plata produced most of the valuable data relevant to the seismic activity in Argentina. Later , the seismological stations of the Servicio Meteorológico Nacional and of the

Instituto Sismológico [illegible] Universidad Nacional de San Juan, were installed and contribute [illegible] data.

It was only after 1982, when the National Seismological Network was implemented by INPRES, that it has been possible to calculate seismological parameters in a continuous and reliable manner, specially for the provinces of San Juan and Mendoza.

In order to integrate the catalogs of hypocenters and intensities, all of the existing information was compiled, including some quantitative determinations made by the institutions above mentioned, generally for short periods of time and sometimes without speciafying the methodology used. Furthermore, a great quantity of new information, pertinent to destructive earthquakes, obtained from different historical archives, specially newspapers and magazines of the time, for different places in the country was added. Thus, an archive with all of the available data of the Argentine seismic activity was completed; it was then processed by computer. Archives were generated grouping the events by latitude/longitude and chronologically by dates, so that they can be used for different studies and applications.

With information now available, more complete than that from the international centers: NOAA, NEIS, US-COAST, ISC, etc., a comparison was made between the INPRES data and that from the international centers. In this manner all of the available seismic information was processed resulting in the present catalog of Argentine earthquakes, in SISRA format. We are now keeping the catalog up to date with all of the available information.

The same procedure carried out for the hypocenter catalog was adopted for the intensity catalog.

METHODS USED IN THE DEVELOPEMENT OF THE CATALOG

1. Hypocenter Parameters

For the preparation of the catalog the hypocentral parameters and complementary information were processed in accordance with the present SISRA requirements, including data of macroseismis, based on historical information, instrumental data obtained from international sources and that from local sources, for local events.

The method used was to make all of the information compatible, by means of a comparison process by computer to select the best information from two or more events with different sources but with similar times of origin and epicentral coordinates and the same dates; in such cases, it was left to the authors to maps the selection on the basis of quality factors and complementary data.

In this manner all of the existing information was convalidated and ordered chronologically.

The parameters determined with data from the INPRES instrumental net have been added to the catalog since 1981.

The criteria for the selection of events, for time of origin, epicentral coordinates and depth were the following:

a. Historical macroseisms: give preference to the information obtained from local publications at the time of the earthquake;

b. Instrumental earthquakes from international sources: select from the different parameters those which have a better quality factor and the most adequate complementary information;

c. INPRES instrumental earthquakes: By comparing with the values from other sources, complete the information for the event .

Concerning the maximum intensity, the maximum value given in the catalogue of intensities is given, for the same event.

For information on magnitude, the relationship between local magnitude and the duration of the record was kept in mind, using coefficients determined for the region.

Finally, the Flinn-Engdahl code for the region was included for every entry in the catalog; this resulted of great utility for the selection of events by regions.

2. Determination of Intensity and Procedure Used:

One of the principal problems present in the evaluation of the seismic intensity was due, fundamentally, to the differences in the quality of the existing constructions before the occurrence of each one of the destructive earthquakes. It must be kept in mind that the analysis covers an interval of time of 200 or more years and, furthermore, that in some cases there are notable differences in the constructions, during the same epoch, for different parts of the country.

For the reasons, for most of the historical earthquakes analyzed, the adobe constructions was taken as the main reference, to estimate the seismic intensity. This type of construction is quite uniform throughout the Argentine territory, existing since the very beginning of colonial times, specially in the western region which is the one most affected by earthquakes.

For all of the cases studied, the estimate of intensity was global ; isolated cases were not taken into account, since recent seismic events which have been very well studied, such as that on 23 november 1977, have shown that apparently very high intensities are due, generally, to very special local effects or specific design problems.

PLANS FOR FUTURE UP DATING

The hypocenter catalog is kept up to date with INPRES final determinations but it is foreseen that there will be revisions, once each semester, by comparing such data with that received from international centers.

Concerning the catalog of intensities, this will be kept up to date

with the information received from the distant localities, after the occurrence of each strong event.

COMMENTS ON DESTRUCTIVE EARTHQUAKES WHICH HAVE OCCURRED IN ARGENTINE

1. Earthquake of Esteco (Salta), 13 September 1662.

It completely destroyed the city of Talavera of Madrid or Esteco, next to the Camino Real, in the southeast region of the province of Salta. In 1634, Esteco already had 2000 inhabitants but this earthquake was so destructive that the city was not rebuilt.

It caused considerable damage in the city of Salta, some 100 km from the epicenter.

According to the reports of the time there was at least one aftershock, of great intensity, which produced further damage.

2. Earthquake of Mendoza, 20 March 1861.

It is considered the earthquake which percentage-wise caused the most damage and the greatest number of victims throughout all of the Argentine seismic history. According to the census of 1857, the city of Mendoza had 8,000 inhabitants, of which 5,000 were victims of this earthquake. It destroyed all of the city, including the churches which were of brick and lime.

Great landslides were observed in the mountains nearby the city. Many cracks were observed in the ground. Liquefaction effects were only verified in Guaymallén.

Many aftershocks were noted, some of great intensity, specially during the first three days after the main earthquake.

3. Argentine Earthquake, 27 October 1894.

It produced important damage in the provinces of San Juan and La Rioja and, to a lesser degree, in the province of Mendoza. It caused cracks in some of the buildings in the city of Córdoba.

The area which suffered most damage was in the north central part of the province of San Juan, specially the departments of Jachal, Iglesia, Albardon, Angaco and San Martín, which suffered a total of 50 killed. Great areas were observed with soil liquefaction (extensives cracks, subsidence , uplift of the bottom of irrigation cannals, inundated streets).

The localities with greatest damage were Mogna and Iglesia, where 100% of the constructions were destroyed. There are reports of the fall of trees and great landslides in nearby mountains. There were also numerous aftershocks, some of great intensity, during the first month after the main event.

4. South Mendoza Earthquake, 30 May 1929.

This event damaged two localities in the south of the province of

Mendoza: Villa Atuel and Las Malvinas, which had some 900 inhabitants each. In the Villa Atuel it caused 17 deaths and 11 wounded, whereas in Las Malvinas there were 23 deaths and 31 wounded.

In Villa Atuel, extensive areas with liquefaction of soils, large cracks of the ground, sand and mud boils and streets inundated by underground water, were reported.

There were many aftershocks, of which, approximately 20 were felt during the first day after the main shock.

5. Sampacho (Córdoba) Earthquake, 11 June 1934.

This was an earthquake which produced much damage in a relatively small area. An aftershock of the same magnitude as the main shock occurred less than three hours later.

During the first 24 hours there were approximately 100 aftershocks, six of which had intensities greater than IV. 90% of the constructions were destroyed or left uninhabitable.

6. San Juan Earthquake, 15 January 1944.

This earthquake caused the highest number of casualties in the Republic of Argentina. It is estimated that there were approximately 10,000 killed. It affected all of the province of San Juan, specially the capital city, where most of the population lived.

It produced some damage in the province of Mendoza. Aftershocks were perceived, some of them intense, immediately after the main event, decaying rapidly with time.

A surface crack was observed in place called La Laja, corresponding to an inverse fault with 0.30 cm of maximum desplacement, with a longitude of approximately 7 km.

7. Salta Earthquake, 25 August 1948.

The epicenter was located in the department of Anta, province of Salta, a region with a very low population density. Great destruction was observed in the following localities: Las Víboras, El Piquete, El Rey, Palomitas, Santa Rita, Las Pavas and Anta. For the last three places, there were reports of deep cracks in the ground through which abundant underground water came through; this is associated with soil liquefaction phenomena.

8. San Juan Earthquake, 23 November 1977.

This event produced considerable damage throughout the province of San Juan, specially in the city of Caucete where it caused 70 deaths and 300 wounded. It also caused damage of certain importance in some areas of the provinces of Mendoza and La Rioja. Cracks were observed in buildings in Córdoba and San Luis. Great areas suffered soil liquefaction which produced serious damage to roads, irrigation cannals and cultivated areas. A great

number of aftershocks occurred, which continued during four years. The aftershock zone was 90 km x 30 km x 35 km of depth; the epicenter of the principal shock was located in the extreme north of this zone. A surface rupture, corresponding to a direct fault with 0.30 cm of displacement was observed. This fault affected different levels of quaternary accumulation, along some, 30 km; it was located at the extreme south of the aftershock area.

ADDITIONAL REFERENCES:

See page 20.

CATALOG OF EARTHQUAKE FOR BOLIVIA
HYPOCENTER AND INTENSITY DATA

Angel Vega
Estela Minaya
Ramón Cabré S.J.

NATIONAL REPORT

INTRODUCTION

Good catalogs both of seismic foci and intensity data have been a dream of many years in the Observatorio San Calixto.

The father of seismology in the country, Pierre M. Descotes S.J. has been collecting all available materials, being his main sources Ballivián (1909) and Montessus de Ballore (1912-1916), for ancient earthquakes.

A light increase in resources (always so meager in Bolivian seismological work) through the project SISAN (sponsored by the Organization of American States) made possible a first systematization of seismological information concerning Bolivia, beginning with those old Descotes' papers, continuing with locations obtained by world seismological agencies such as the U.S. Coast & Geodetic Survey, continued by the National Oceanic and Atmospheric Administration and finally by the U.S. Geological Survey, and the International Seismological Summary, continued by the present International Seismological Centre.

Vega had the primary responsibility over the critical revision and completion of the hypocenter catalog. Minaya was responsible for the intensity catalog. Cabré assisted mostly with the use of available sources. Remberto Cardona and Marcos Capriles complemented readings mostly dealing with smaller Bolivian earthquakes and preparing that data for epicenter computation as a background control for probability of destructive earthquakes.

MATERIAL USED

Preliminary catalogs produced within the SISAN Project have been critically revised and complemented.

The hypocenter catalog had been obtained basically after the hypocenter determiantions published by Gutenberg and Richter (1949), those of the International Seismological Summary, U.S. Coast and Geodetic Survey (and continuing institutions through the U.S. Geological Survey) and the International Seismological Centre.

The catalog has been continued until the end of 1981, using determinations of both the U.S. Geological Survey and the International Seismological Centre. A few of those determinations (obtained from data of remote seismographs) had to be recalculated in the Observatorio San Calixto, using dependable readings of near seismographs (The anomalously low velocity beneath the

Andes, together with the scarcity of seismic stations especially for the control East-West, have been a systematical origin of errors).

Some hypocenters not appearing in international catalogs were added after their magnitude was realized to be 4.5 or more.

About 800 locations of smaller earthquakes are not included in the catalog, but afforded an indirect confirmation of determination quality.

Bolivian seismological stations contributing data: La Paz (LPZ) 1913-1963; La Paz (LPB) since 1962; Zongo (tripartite) since 1972; Peñas (PNS) 1965-1975. Short-lived stations: Cochabamba, Desaguadero, Samaipata, Tarija, Sicasica, Riberalta, Coroico.

The intensity catalog (on the basis of SISAN catalog) has been largely improved not only because of its critical revision and continuation through the end of 1981, but especially by the search of more data in old newspapers and archives and by interviewing people in several epicentral zones (this research was combined with field trips for tectonic investigation; see comments to the neotectonic map).

Ancient newspapers revised: El Eco; El Comercio; El Tren; El Verdadero Elector; El Oriente; El Observador; El País; El Deber; La Voz del Pueblo; El Industrial; La Razón; El Heraldo; El Ferrocarril; El Republicano; El Imparcial; Los Tiempos; La Patria.

Main documents in historical archives: Libro del P. Calancha; Libro de las Cofradías; Libro de Fábrica de la Iglesia San Marcos de Miraflores; Padre Castedo; Historia de la Villa Imperial de Potosí, Tomo 1; Bartolomé Arzans de Orsua y Vela; Fuentes inéditas para la historia de Potosí, con referencia especial al Archivo de Potosí y el Archivo Nacional de Bolivia.

METHODS USED IN THE DEVELOPMENT OF THE CATALOGS

1. Hypocenter parameters taken from seismological agencies mentioned above were accepted unchanged, except when readings at La Paz clearly were not compatible with that data.

When hypocenter parameters were calculated in the Observatorio San Calixto, Mohorovicic method was used, by restricting the area in which earthquake could originate and then accepting within this area the location giving minimum square residuals for the stations considered. Depth was restricted considering auxiliary criteria such as area of perception, number of aftershocks, prevalent depth for greater earthquakes in the zone. Magnitude m_b was calculated after amplitude of body waves or obtained through comparison with surface M_S or local M_L magnitudes; when M_S was available was also listed.

$$M_L = \log A/T + 1.8 \log \Delta^\circ + 3.5$$

and related to intensity, for historical earthquakes:

$$M_L = 1.08 + 0.62\ I_{max}$$

2. Intensity data were translated into the Mercalli Modified scale , also when the only information retained was the degree in the scale Rossi-Forel.

PLANS FOR FUTURE UPDATING OF THE CATALOGS

The Observatorio San Calixto maintains the plan of collecting data any time an earthquake will occur in Bolivia, both location parameters and macro-seismic data.

Consultation of archives and old publications looking for complementary data dealing with historic earthquakes will also continue.

ADDITIONAL REFERENCES:

See page 23.

CATALOG OF EARTHQUAKES FOR BRASIL
HYPOCENTER AND INTENSITY DATA

Jesús Berrocal

NATIONAL REPORT

INTRODUCTION

The brazilian territory occupies the greater part of the Precambric shields of the Southamerican continent, and it is located in the internal continental region of the Southamerican Plate. For this reason, the level of the seismic activity in the Brazilian territory is very low, with characteristics which are similar to other interplate regions of our planet.

Notwithstanding this situation, the study of the seismicity of the brazilian territory has been intensified in recent years, thanks to the interest of the seismologists in Brazil in the installation, between 1966 and 1972, of the South American Array System (SAAS), within the context of a project organized by CERESIS and the University of Edinburgh-Scotland/UK (later the Instituto of Geological Sciences of Great Britain), and thanks also to the necessity of carrying out studies of seismicity and seismic risk, associated with the planning and construction of large hidroelectric dams and of nuclear electrical energy reactors.

For this reason, the Instituto Astronómico e Geofísico of the Universidad de Sao Paulo, signed an agreement in 1977, with the Comissao Nacional de Energia Nuclear of Brasil to study the seismicity, to compile and analyze all of the existing information concerning natural seismic events which have occurred in the Brazilian territory for the principal purpose of preparing a uniform and up to date seismic catalog.

This work was carried out by a group which included the author of this report, Dr. Marcelo Assumpcao, Dr. Remy Antezana and Messrs. Coriolano M. Dias Neto (of Instituto de Geociencias de la Universidad de Sao Paulo), Renato Ortega, Heiter Franca and J.A.V. Veloso (of the Estacao Sismológica de Brasilia).

The catalogue published by Berrocal et. al. (1984), includes historical events which have occurred since 1560, largely described by macroseismic data, and instrumental information, only after the installation of NAT and SAAS, in the decade of the 60's.

The first attempt to compile seismicity data for the brazilian territory was made by Capanema (1859). The first catalog, including macroseismic descriptions, was published by Gama (1910). Branner (1912 and 1920) also published seismic catalog including macroseismic data and seismotectonic interpretations. More recent catalogs, which are only a linsting of the events, were published by Sadowski et al (1978) and by Haberlehner (1978). Some of the seismic zones were studied in detail by authors such as Silveira (1906 and 1920), who analyzed the earthquakes of Bom Sucesso (Minas Gerais), Sampaio (1916, 1919 and 1920) who studied the earthquakes of Reconcavo Baiano (Bahia)

and Sternberg (1953) who compiled the earthquakes which have occurred in the amazon region.

Since 1982 the seismic, macroseismic and instrumental data, of events which have occurred in Brazil, are being published in the Revista Brasileira de Geofísica.

MATERIAL USED

As has been mentioned above, most of the events in the seismic catalog for Brazil were defined by macroseismic information obtained from books, annuaries, ancient chronicles, newspapers and more recent reports. In some cases, it was possible to compile additional information, principally in the case of important events which have occurred after 1900, by personal consultation in the localities affected or from the local newspapers, published at the time of the events. In the other cases, principally for older earthquakes, an attempt was made to obtain the source of the original reference, from which important data was extracted.

The earthquakes with epicenters determined from instrumental data were extracted from the ISS bulletins (for the period 1913-1963), from ISC (since 1964) and from the Earthquake Data File Summary, recompiled by NGSTDC of the U.S. Department of Commerce (since 1900). After the beginning of the decade of the 70's and principally in the present decade the epicenters of the majority of the earthquakes which have occurred in Brazil are determined with data from the national seismic network, which includes several networks of local or regional character and first order stations. There are supervised by the Estación Sismográfica de Brasilia, the Instituto Astronómico e Geofisico of the USP, the Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Universidad Federal de Rio Grande do Norte and the Observatorio Nacional de Rio de Janeiro.

In the seismic catalogue, published by Berrocal et al (1984), the earthquakes with macroseismic data are divided in the following categories:

A. With abundant information that allows the preparation of a map with isoseismal curves and the determination of the epicenter with fairly good precision.

B. With sufficient information to determine the affected area, epicenter and intensities with fair precision.

C. With reliable information concerning the occurrence, some possibility to evaluate the observed intensities, but without being able to estimate the affected area or the epicenter with any precision at all.

D. Doubtfull event, with date and location uncertain, without any assurance about its real occurrence or its nature.

E. Oscillations felt in the brazilian territory, as an effect of a distant earthquake, normally occurring in the andean region.

F. False data in the source consulted.

R. Repeated area corresponding to some other event of the catalog. The events of categories F and R are not included in the catalog.

In general the epicentral determinations of earthquakes of category A and some of category B are quite precise, better than the instrumental determinations with data of the international net of seismographs (NEIS and ISC).

The epicentral data extracted from the international bulletines were mostly abandoned, principally those with great imprecision in the determination of the parameters and others because they correspond to PmKP phases of large magnitude events which have occurred in other regions of the Earth (Assumpcao, 1983 a). Other epicenters were relocated principally for those events recorded by many stations by the international seismic net.

There still exist some earthquakes with epicenters located very distant from the areas with larger member of seismographs; in these cases, they have been only defined by the macroseismic reports. Some nets of local or regional character, present problems concerning the time control, lowering the precision of the determination when it is necessary to use that information. These situations are taken into account in order to define the error which is introduced in the determination of the epicenters.

METHODS USED IN THE PREPARATION OF THE CATALOGUE

Hypocentral Parameters

The earthquakes with macroseismic data, have their times of origin defined with a precision of minutes, obtained from the existing descriptions for each event. In the case of events with instrumental data the precision is in the order of a few seconds. with better precision when the epicenter is within a seismological net. In this case the HYPO 71 (Lee and Lahr, 1975) is used with the preliminary crustal models existing for Brazil (Dias et al, 1980) or the model of Herrin (1968) which gives better results than the model of Jeffreys & Bullen (1940).

The coordinates of the epicenter for the earthquakes with macroseismic data are obtained from the map of isoseismal curves or the affected areas , with a precision in the order of tens of kilometers of less for those events for which there is abundant data. The events with instrumental data have their coordinates automatically determined by means of the HYPO 71 program, as has already been mentioned. In this case there is also a value for the focal depth. In the case of the events with macroseismic data this parameter is not calculated. For some earthquakes, outside of Brazil, such as that occurred on 5 August 1983 in Codajás-Amazonas (Assumpcao et al, 1983), the readings of the pP phase are used to calculate the depth of the focus.

For the earthquakes with macroseismic data, in densely populated zones, the maximum intensity observed corresponds to the maximum epicentral intensity. When the data is scanty, an extrapolation is carried out when necessary.

The magnitude for the events with data that allow the drawing of a map with isoseismal curves or of the affected area, is calculated by the following equation:

$$m_b = 1.63 + 0.60 \log(A_t), \quad \text{or}$$

$$m_b = 2.29 + 0.55 \log(A_{IV})$$

where A_t = total area affected in km^2, corresponding to the isoseismal curves II MM, and

A_{IV} = the area of the isoseismal curve IV MM in km^2.

These equations give good result for tectonic earthquakes which have occurred in the continental intraplate region of South America.

For the earthquakes with instrumental data with Δ between 200 and 1500 km, the following relationship is used (Assumpcao, 1983):

$$m_R = \log (2\pi A/T) + 2.3 \log\Delta - 2.28$$

where m_R = magnitude with regional data, equivalent to m_b

A = maximum amplitude of the real shaking of the ground in micrometers (μm)

T = period in sec. corresponding to A

Δ = epicentral distance in km.

For the events with instrumental data with Δ less than 200 km, the Richter method (1958) is used for the calculation of M_L.

Determination of Intensity and Procedure Used.

For the evaluation of the intensity the Modified Mercalli Scale was used (Wood and Newman, 1931). All of the macroseismic data, for each event, were evaluated separately by four of the authors of the seismic catalog for Brazil. When the separate evaluations were similar, the mean was adopted as the value for the final intensity, for each place analyzed. When there was discrepancy in the values, a discussion was held in order to reach acceptable value.

The maximum epicentral intensity, in the case of earthquakes with an epicenter in the ocean, but felt in the continent, the maximum epicentral intensity was inferred using empirical relationships of variation of intensity with distance, deduced for events in the region with known maps of isoseismal curves.

UP DATE OF THE CATALOGUE

As has been mentioned before, the earthquakes which have occurred since 1982 are published in la Revista Brasileira de Geofísica, thus providing material for a permanent up date of the catalog, since the parameters are

published in the same format as that of the original catalog. Some epicenters and other parameters, already published, may be modified by later studies and these new values will be published in the Revista Brasileira de Geofísica.

ADDITIONAL REFERENCES:

See page 28.

CATALOG OF EARTHQUAKES FOR CHILE
HYPOCENTER AND INTENSITY DATA

Edgar Kuasel

NATIONAL REPORT

INTRODUCTION

The Catalog of Earthquakes has a long history in Chile. During the past century, several authors accumulated information on earthquakes which have occurred in Chile in colonial time. Generally, those compilations were related with studies oriented for the preparation of texts on History and Geography of Chile, rather than for scientific purposes. Certainly, it was Montessus de Ballore (1911-1916) who prepared the most complete catalog of the historical chilean earthquakes. The greater part of the historical catalog, which have been published later, are based on his monumental work. Greve (1964) and Lomnitz (1970) have added to the work done by Montessus de Ballore. Furthermore, during the first four decades of the present century, several international institutions and universities began the preparation of world catalogs with valuable information related to Chile. The information on epicenters with instrumental data has been obtained principally from the catalog of the U.S. Geological Survey, the International Seismological Summary (1918-1959), Gutenberg and Richter (1904-1952), International Seismological Centre and data from the Seismological Service of the University of Chile - Department of Geology and Geophysics. A group from the latter institutions - Luis Alvear, Sergio Barrientos, Edgar Kausel and Mario Parra, was responsible for reordering the data in a new catalog of earthquakes, making use of the above mentioned sources and others less important. The catalog of intensities was revised by Luis Alvear and John Bannister, by checking information compiled by different authors.

METHODS USED IN THE PREPARATION OF THE CATALOGS.

The generation of the catalogs of hypocenter and intensities was very laborious. The material used is documented in detail in each one of the references at the end of this report. Here we will refer only to some of the criteria used to select or adopt the hypocentral parameters.

For the historical earthquakes (non-instrumental), the epicentral coordinates correspond to the coordinates of the geographic locality by which the earthquake is known (city, town, locality, etc.). This explains why there may be errors of $\pm 2°$ in the location of some of the events. The magnitudes of those earthquakes correspond to an estimated Ms, on the basis of macroseismic information analyzed by Lomnitz (1970) and Kausel (1979f). The code used for the magnitude scale, in such cases, is E (column 92). Where the authors have estimated a range of magnitudes, the mean of this range was used to the nearest upper decimal point. The information concerning the time of origin was obtained from a compilation by Barrientos (1981) and converted to GMT.

In column 131 (non-tectonic phenomena) a blank character was assigned 'b', because it was estimated that all of the earthquakes of the catalog are of tectonic origin.

All of the data for maximum intensities, in the catalog for hypocenters, were obtained from documents which are on file at the Department of Geophysics of the University of Chile (GUC).

The code SIT was added as the source for the calculated magnitude, and this corresponds to the code letters for the seismological station Santa Lucía.

In preparing the Catalog of Intensities, information provided by E. Silgado was used (1983, personal letter) for three earthquakes (1730, 1751 and 1822) and information compiled by E. Kausel (1979f) for the events of 1868 and 1877. This constitutes the catalogue of intensities corresponding to earthquakes which occurred before 1900.

For the present century, the following information has been used: Montessus de Ballore (1911-1916) for the Valparaíso earthquake of 1906; Bobillier (1930), for the 1928 earthquake, modified by Kausel (1979b); Eisenberg et al (1972); Kausel (1965-1977); a great amount of data compiled by F. Greve (1949) in "Cartas de Curvas Isosistas", upnpublished; and data from the archives of the Department of Geology and Geophysics which have been summarized by Barrientos (1981) and others who appear in the references. In the Cartas de Curvas Isosistas the point intensities are indicated on a scale from I to VI. To convert those intensities to the Mercalli scale the criterium used was to multiply the Greve intensities by a factor of two and to substract one unit from the result.

For the coordinates of old localities, towns and cities, Risopatrón (1924) has been consulted. For the earthquakes of 1868 and 1877, names of localities, for which their coordinates are unknown, appear; possibly they correspond to places in southern Perú, western Bolivia or Chilean localities which have been abandoned or have changed their name. In these cases the corresponding space, in the catalog of intensities, has been left blank.

Depths for earthquakes prior to 1900, have not been estimated, in general, so that this information has also been left blank in the corresponding space.

The elevation of the places for which intensities are given, has been obtained from maps, documents, texts, etc. For some coastal sites and towns the elevation has been estimated at 10 meters.

For the calculation of hypocentral distances, a straight line between the hypocenter and the observation point is used, without considering the elevation of the place.

When two different intensities are shown for the same locality, the real intensity corresponds to the information of intensity which is between the two values indicated. For example, Santiago V-VI appears in the intensity catalog as Santiago V and Santiago VI.

ADDITIONAL REFERENCES: See page 32.

CATALOG OF EARTHQUAKE FOR COLOMBIA
HYPOCENTER AND INTENSITY DATA

Rafael Goberna, S.J.

NATIONAL REPORT

INTRODUCTION

The catalogs for hypocenters and intensities for Colombia, which are presented for this stage of project SISRA, are not and can not be complete and perfect. This was not an initial goal of the project. During the first century of colonial times, only special chroniclers dedicated their time to narrate what occurred in the towns seriously affected by earthquakes. However, from the beginning of the XIXth century, some foreign scientists and a few nationals, with sufficient education and interest in science and history, dedicated themselves to record and describe the earthquakes felt in their own localities; such lists, which have a purely local character and are only partial, can nevertheless be considered as the first seismic catalog of Colombia. Thus we have the list of Don Santiago Pérez de Valencia for Popayán, since before 1800 through 1845; that of Don José Manuel Restrepo for Bogotá in the Diario Político y Militar, from 1819 to 1858, as well as that of Don José María Caballero from before 1800 through 1819. In the middle of the century there were several international scientists such as Ballet, Perrey, Fuchs, Milne, Montessus de Ballore and others, who collected and catalogued seismic data at a national and international level.

Naturally, this activity created interest in Colombia and toward the end of the century Mr. Francisco Javier Vergara y Velasco had already collected a large number of the principal earthquakes of Colombia and neiborghing regions; he published the data in the Anales de Ingeniería of 1898, the first chronological catalog of Colombia, earthquakes and shortly thereafter he published the first Carta Sismológica de Colombia, which includes the epicenters from his catalog. Without a doubt, this catalog was the source for other listings of the epoch such as those of Rudolph and Szirtes in 1911, Espasa in vol. 14 (word Colombia) of his Enciclopedia Universal Ilustrada Europea-Americana and Milne.

Nevertheless, such listings and catalogs were limited to brief descriptions of the principal seismic effects of the earthquakes, Chronologically ordered or in mere lists with indications of the year and the region, but without any information related to seismic parameters or event the sources. The preparation of a real list and a systematic catalog, with the determination and inclusion of the principal parameters, corresponds to Padre Jesús E. Ramírez, S.J., who in 1947, as a result of his work published the first Mapa Sísmico y Tectónico of Colombia, with the cooperation of P. Luis Forero Durán, with a chronological listing of the most important colombian earthquakes and the values of their parameters.

This first publication was enlarged, completed and perfected during the following years, with new editions and other listings and catalogs prepared

for different projects, such as SISAN of CERESIS, the Commission for the Study of an Interoceanic Atlantic-Pacific Canal and Woodward-Clyde Consultants for the Cauca River. The most important is the Historia de los Terremotos de Colombia, specially the second and final edition (1975).

Naturally, a large number of technical of the Instituto Geofísico collaborated. The present catalog of hypocenters and intensities for project SISRA was prepared under the direction of the National Coordinator, P.J. Rafael Goberna, S.J., Director of the Instituto Geofísico de los Andes Colombianos (Universidad Javeriana) with the collaboration of Messrs. Juan A. Durate, Tito A. Vargas, William Arias and Timoleón Palencia, of the same Institute and members of the institato Geográfico "Agustín Codazzi". They are responsible for many of the seismic interpretations and the determination of a great number of hypocentral parameters (IGE); the estimate of intensities was done by a group of students of the Universidad de los Andes, under the supervision and direction of Dr. Alberto Sarria Molina.

MATERIAL USED

For the historical epicenters, the principal source is the publication of P. Ramírez "Historia de los Terremotos de Colombia" (segunda edición, 1975), since it includes data obtained from the original sources, on which are based many of the determinations of the adopted seismic parameters. The original listings are included at the end of the publication, with the corresponding references. For the instrumental earthquakes the values included are those published by authors on institutions generally accepted, such as B. Gutenberg and Ch. F. Richter, U.S. Coast & Geodetic Survey (and subsequent organizations such NOAA, NOS, and the present NEIS), ISS, ISC and BCIS.

In other cases, for historical earthquakes not included in the publication of P. Ramírez, the principal source is the Archive of the Instituto Geofísico (IGE), with a reference to the original source from which the information was obtained. In the case of instrumental earthquakes, the data is taken directly from the seismograms analyzed by personnel of the Instituto Geofísico or from the publications of ISS and BCIS and then processed by manual methods (IGE) or by computer (HYP).

Nevertheless, in the final Catalogue for Project SISRA, the values given by ISC have been included with preference over those of NEIS, which we do not believe to be completely correct, without a more careful analysis and, above all, because it is not easy to have access to the ISC data; this is even more pertinent when it is a question of data obtained by LASA and LAO, since some of their information is not correct.

OBJECTIVES

The principal objective of project SISRA, in its first stage, is to adopt and use a common format so present the seismic information existing in the institutions of the participating southamerican countries. It was also intended to prepare provisional listings of the hypocenters and intensities of the seismic events compiled by each country and to prepare maps of maximum seismic intensities and seismic zoning which would serve as a reference for

later investigation and for the determination of the seismic risk of the southamerican andean region. With these general objectives, Colombia proceded, in the first place, to up date the listings of its seismic events, and to analyze and process the data from the seismograms of all of its stations; in the second place, to systematize the several seismic listings in accordance with the norm adopted for all of the countries; third, to complete as much as possible the material concerning historical events and, finally, to prepare the catalog of intensities for a great number of earthquakes, of use for the preparation of maps of isoseismal curves, and on that basis, the map of intensities for Colombia. Colombia was able to present not only its catalog of hypocenters and intensities but also a number of individual maps with isoseismal curves, from which the map of maximum intensities was prepared. A neotectonic map and maps of landslides and soil liquefaction produced by earthquake, were also prepared.

METHODS EMPLOYED IN THE DEVELOPMENT OF THE CATALOG OF HYPOCENTERS AND INTENSITIES

a) Naturally, the values of the parameters of historical earthquakes can not, in general, be very precise, specially when there is no data to define the intensity and the extension of the effects. The determination of intensity depends considerably on reliability of the original source and the appreciation of the intensity from the damage and effects observed by witnesses quoted in the source. Not always can the data be accepted as exact, with regard to the hour and minutes indicated in the sources; many times, there are differences between the testimonies concerning the time of origin and even the date, specially when the information is not directly from witnesses. In the past, the reports were not too concerned about the precision of the time of occurrence of the seismic events. Thus the time of origin which has been assigned to historical earthquakes must be taken as an acceptable figure for each case, according to the available data.

b) For the same reasons, the values adopted for the parameters of location for most of the historical cases, are of no greater value and significance than a general indication of the region where the earthquake was felt or caused damage. The method followed by F. Ramírez in his catalog consisted in locating the epicenter of an earthquake in the city where the effects and damages were the greatest, if there was no data from other places. In the case of reports of damages and effects approximately equal in two different cities, the epicenter was located mid-way between them; if the damages and effects were greater in one city than in the other the epicenter was located at a distance inversely proportional to such effects. Naturally, the errors of location can be considerable and it is not possible to determine the magnitude, specially when there is so little data, as is the case with the older earthquakes.

c) For instrumental seismic events, the values of the parameters are determined by persons and institutions which analyze seismograms and are credited as the authors; in the case that some of these values are also determined by other persons or different institutions, this is indicated. For instrumental events analyzed and processed by F. Ramírez, or under his supervision, and by personnel of the Instituto Geofísico (IGE) the determination of the parameters for time of origin, distance and geographic coordinates is

done usually with the curves and tables prepared at the University of Saint Louis (Saint Louis, Mo.) by the Rev. Joseph S. Joliat, S.J. (Tentative Tables of Travel Times for Near Earthquakes, Saint Louis University, 1931); the tables of Jeffreys-bullen or Herrin are used only in special cases. For all events, be they historical or instrumental, the depths are not calculated. For the instrumental cases, procesed by the computer program Hypo 71, modified, the depth is calculated, taking 40 km as a reference depth, with an R to indicate the limitation due to the program.

d) Intensities and magnitudes

All of the cases of earthquakes processed by F. Ramírez or under his direction (R - I), historical as well as instrumental, have magnitudes and intensities assigned. Nevertheless, the method used for the determination and precise meaning of the values is not known exactly; however, we believe with some certainty that intensities are evaluated in accordance with the Mercalli Modified scale and that the magnitudes are based on the formula of Gutenberg -Richter for shallow earthquakes of California: $M = 1 + \frac{2}{3} I_o$ or on the tables of equivalence which have been calculated from this formula (Richter, Elementary Seismology, p. 353, or Båth, Introduction to Seismology, p. 117, table 7). For the historical earthquakes, the intensity was thus determined by the effects evaluated according to the data in the sources and then the magnitude (Ms) was calculated; in the case of instrumental earthquakes, the same or the inverse process was followed. For earthquakes for which those values have not be determined by the authors of the other parameters, the same procedure was used.

Naturally, in these cases it, is not possible to stipulate the quality or the degree of precision of the values assigned and therefore the values must be taken with caution; further evaluation and homogenization is needed. This work has yet to be done for updating the SISRA catalogue; therefore, the intensities for earthquakes processed during this stage of SISRA have not been determined. With regard to the magnitude. An attempt has been made to estimate magnitude for all possible events, using the provisional formula $Mb = \log \frac{A}{T} + \log D + 0.77$, where A is the half amplitude of the first cycle of P, taken from the vertical short period component of the Benioff seismograph or from the SRO records, corrected for the movement of the ground; T is the period of the previous cycle; D the hypocentral distance to the station, in kilometers. Although the results thus obtained have not been fully analyzed, by occasional comparison with values given by international centers, it can be stated that they appear to be rather low; therefore we have not attempted to define the quality.

e Intensity Catalogue.

For the preparation of the Catalogue of Intensities, it was agreed at the beginning of the project, to use the model which was adopted for project SISAN and therefore Colombia incorporated in project SISRA all of the data and results previously obtained. These were increased and completed with new data for events previously analyzed and a large number of new events (138) were added to the catalogue. The principal source for this new data was also the work done by F. Ramírez, complemented in many cases with information and press reports on file at the Instituto Geofísico.

The evaluation of intensities was in accordance with the Modified Mercalli scale; nevertheless, for some cases, the evaluation of a particular event was made by different independent groups and, as a consequence, the values obtained for the intensity of a given locality were not the same. Naturally, this requires further analysis of the scale and the criteria for its use, so that this diversity of appreciation of damages as small as possible. At the present we have decided not to exclude any of the results nor have we tried to homogenize them, but to include them all with the proper reference of the source, in each case.

On the other hand, as in previous efforts, no attempt has been made to calculate the distance and azimuth to the epicenter; we did not try to do so now because of the work and time required and because it is easier to do this from the maps with isoseismal curves.

Finally, concerning the values of the seismic parameters used in this catalog, we have tried to use the same that are given in the hypocenter catalog.

f) Map of landslides, crevices and liquefaction

There is not much that can be said concerning the preparation of this map; it is the first of its kind which has attempted to show geological effects of the Colombian earthquakes; they indicate where such phenomena have occurred, be they due to the nature of the ground or by the high intensity of the earthquakes which caused them. The effects shown on a map of Colombia at a scale of 1:2,000,000 are not precise with regard to the boundaries, since there is relatively little data found either in the publications of F. Ramírez or in the few other available sources and in the ordinary press. It must be supposed that there is still much information that can be found in other sources which need to be studied and analyzed.

g) Other elements

The understanding of other data and elements included in the catalog does not offer any special difficulty and therefore further explanation is not necessary; on the other hand, we believe that a brief commentary is useful concerning the quality and precision of the principal parameters. Except for the case where a computer program has been used with the large number of data, it seems extremely difficult to be able to assign, with any reliability, quality factors to the results, such that they can be quantified with practical usefulness, within certain limits.

This is the case for all historical events and for those instrumental events, for which data is scarce and the intensity is relatively low or moderate, which are the majority in the catalog. By the same token, it doesn't seem useful to invest time in such determinations. It would be more practical and worthwhile to indicate the number of sources or stations used for the calculation and determination of intensities and seismic parameters, such as is being done at the principal international centers and as we have done in our catalogue for hypocenters. Likewise, we think it is useful to indicate with a symbol those values which are doubtful, as done by NEIS, with a star and other symbols for the different cases.

5. PLANS AND FUTURE WORK

As was pointed out at the beginning, the present Catalog which are a result of the work carried out during the first stage of project SISRA, can be neither completed or perfect because of the goals that were established and the nature of the work itself. It is a preliminary presentation to show with a homogeneous model, the existing seismic material in the participating countries This does not mean that the results obtained are not of great value and importance; the effort invested in the catalog is of exceptional merit and the new data found duplicated the information which existed. However , there is much important work that yet needs to be done. In the first place , it is necessary to up date the Catalog continuously by processing the data daily. On the other hand the data and results obtained are not definitive; it has not been possible to obtain and revise all of the sources for the events which have occurred in Colombia and until this is done the data and results can still be modified and perhaps augmented. Furthermore, there are always some cases without due analysis because the results are contradictory. there is much to be done in the preparation of maps with isoseismal curves, since those prepared have been relatively few and with new information many others could be prepared. All of this will improve the investigation and study of the seismic attenuation and other elements related with the relation between seismic activity and geological faults which either produce earthquakes or are evidence of their effects. Without data it is not possible to determine the seismic hazard and risk of the different regions of the country, which is the final objective of the catalog.

It is necessary to start studying other seismic parameters of great interest such as the determination of the seismic moment of the most important earthquakes and their focal mechanism. This can not be done in a limited period of time and it has to be a matter of a new project and new programs which require a long-term effort and considerable economic support.

ADDITIONAL REFERENCES:

See page 40.

CATALOG OF EARTHQUAKE FOR ECUADOR
HYPOCENTER OF INTENSITY DATA

José Egred A.

NATIONAL REPORT

INTRODUCTION

1. Participating:

The following people participated in the different activities for the preparation of the catalog:

Vinicio Cáceres	(Instituto Geofísico)
Wilman Costa	(" ")
Edgar Chicaiza	(Instituto de Cómputo)
Marcela de Robalino	(" ")
Luis Fernández	(CERESIS)

2. Historical aspect:

The catalog were prepared in two stages:

State	Catalog	Period
1	Hypocenters	1900-1981
	Intensities	1938-1981
2	Hypocenters	1541-1899
	Intensities	1541-1937

This was due to slight changes of criteria after the Project was begun . It was necessary to make some modifications in order to comply with the final version of the format which was different from that originally adopted. Stage 1 of the Intensity Catalog made use of the original information which mostly was available at the Observatorio Astronómico in Quito. For stage 2 it was necessary to carry out specific research for project SISRA; this was done investigating original sources of information such as archives, libraries,etc.

All of the information compiled was selected, catalogued and evaluated , and then the intensities were interpreted for all cases. This led to the presentation of the catalogue with uniform criteria for the whole period, 1541-1981.

The Catalog for intensities was finished and presented in August 1983 , except for the parameters for epicentral and hypocentral distance and azimuth, which were added in October 1984. The Catalog for Hypocenters was finished in July 1983.

MATERIALS USED

1. Hypocenter Catalog:

The Catalog for Hypocenters was prepared on the basis of information from the following sources:

Period 1900 - 1981

a) Southamerican Catalog (CERESIS)
b) Ecuador Catalog (CERESIS)
c) SISAN Catalog
d) Bulletins: USGS, ISC, ISS, others.

Period 1541 - 1900:

a) Brief History of the Principal Earthquakes in the Republic of Ecuador
b) Research of Historical Earthquakes: José Egred A.

2. Hypocenter Parameters:

All of the parameters which it has been possible to determine have been included with strict compliance to the SISRA format, keeping in mind the quality factor, specially for the pre-instrumental period.

3. Locations:

Non-instrumental locations were determined from maximum intensities and by isoseismal curves, when it was possible to draw them.

In the original catalog all of the sources of information were indicated; from there only those which should be included in the final version were selected.

4. Depth:

No calculation for depth was made. The data given correspond to the values given by the sources.

5. Maximum intensity:

This is the maximum intensity determined in the Catalog for Intensities.

6. Magnitudes:

For each event, all of the magnitudes of the various sources are included, in accordance with the order of priority of SISAN, which depends on the density and quality of data. For the calculation of magnitudes on the basis of the intensity, the Richter formula was used.

In order to avoid that a large number of earthquakes of small magnitude or those for which there is no magnitude be eliminated, no limit lower for magnitude was established, to decide inclusion of an event in the Catalog.

7. Determination of Intensities:

The catalogue of Intensities was prepared exclusivelly for Project SISRA, based on the investigation and compilation of data and the determination of intensities; therefore this catalog is original. This process allowed the appreciation of more details for the evaluation than that required by the MSK scale.

The determination of maximum intensity of the events with a limited amount of data, specially in the case of historical earthquakes, was taken as the maximum reported. All of the events with intensity 2 or higher were included in the Catalog.

8. Hypocentral distance

For the calculation of this parameter, for the events for which the depth is not given, the normal depth adopted was 33 km.

9. References

References are not given for every site, but for each event in general, and these are shown in the first lines of the respective block.

10. Future Plans

The investigation carried out for the preparation of the Catalog, specially for the historical period, leads to evidence that there is still much information that can be obtained and used; for this reason there is a project (national) underway to continue sistematic research. The information which will be obtained will be inserted in the Catalogs, as well as that obtained for future events.

ADDITIONAL REFERENCES:

page 45.

CATALOG OF EARTHQUAKES FOR PERU
HYPOCENTER OF INTENSITY DATA

Daniel Huaco

NATIONAL REPORT

INTRODUCTION

The seismic catalog of Peru (85.1 version) has two sections: Catalog of Hypocenters and Catalog of Intensities, both parts making an integrated catalog whereby, under a uniform format, available historical and instrumental information has been homogenized and appropriately classified.

The Catalog for both Hypocenters and Intensities is a result of a combination and selection from the Catalogs by Daniel Huaco (1983) and Leonidas Ocola (1984) prepared under Project SISRA and Project SISAN, respectivitly.

Project SISAN, whose principal objective was to prepare Seismic Catalog for Bolivia, Colombia, Ecuador and Peru, under the direction of Dr. L. Ocola, was initiated in 1973 at the Instituto Geofisico del Peru, under the auspices of the Organization of America States (OAS) and the administrative coordination of the Regional Center of Seismology for South America (CERESIS). General criteria, organization and other details of the composition of the SISAN catalog can be found in Ocola (1983). H. Aleman, J. Shikiya, P. Huaco, W. Lescano, C. Espejo and Alcides Garro from the Instituto Geofisico del Peru, have contributed to the data acquisition, compilation and processing. Mrs. Ursula Torres has contributed with the evaluation of intensities.

Independently, under the support of Project SISRA, a new catalog for Peru was initiated in 1982, when the SISAN catalog was not yet available. Since current historical literature only describes the large events, with no details from which to extrat information to quantify some focal parameters, the first duty, and perhaps the most important, was to obtain more data for the period of 1500-1900. Messrs. L. Rodríguez and P. Huaco made an important contribution with their search of historical bibliography. Then, normalized nomenclature was prepared for the purposes of the whole project. Huaco (1984) quantified the historical information, with emphasis on the parameters of intensity and macroseismic magnitude. Formulas for the macroseismic magnitude were developed by Huaco.

The present catalog has been prepared with the financial support of Project SISRA (CERESIS), the normal budget of the Instituto Geofisico del Peru (1982-1983) and the Carnegie Institution of Washington, Dept. of Terrestrial Magnetism. Valuable help was received from Messrs. Rodolfo Alvares, Efrain Fernández, and María Esther Sebastian in programming the computer for the implementation of the catalog in IGP'S real time seismic processing system.

MATERIALS USED

For the historical period, which spans from 1500 to 1900, a number of

sources that appear in the references have been investigated. Most of the large events are described by more than one author and no organized catalog can be assigned to any one author. In order to give credit or to identity the main source, i.e. the author who contributed most of the information needed for the evaluation of the hypocenter parameters was selected. Considering that the space asigned for the quality factor of time is meaningless, for this period, a letter appears in column 40, that identifies the author-source, the corresponding code is given at the end.

For the instrumental period, several sources have been used. These are identified in columns 14-16, acording to the code given at the end.

In order to identify an event it has been assigned a number preceded by the letters PE, which stand for PERU. This number is the link between the Hypocenter and Intensity Catalogs.

METHODS USED IN THE DEVELOPMENT OF THE CATALOG

Hypocenter Parameters

a. Time of Origin

The time of origin has been given by one o more of the authors who describe the earthquake effects. In most cases, for the historical period the time is aproximated to a minute. Estimates of time like "a quarter of one hour" were translated to minutes, all time of origin are given in GMT. In cases, with conflicting dates and times, the election was made by choosing the author who furnished the most useful information for the description of the earthquake.

The time of origin for the instrumental period is the given by the Center reporting the event.

b. Locations (epicentral coordinates)

For events which took place during the historical period, the epicentral coordinates have been estimated on the basis of the distribution of intensities, the area of perception and, in particular, the damage and other effects. In some cases, an aproximation for the epicenter has been attained with an accuracy comparable to the epicenters prior to 1960.

c. Depth

For large earthquakes, it was not difficult to estimate the depth of the source on the basis of the distribution of damage. It was assumed that the characteristic focal depths have not changed in macroscopic scale during the 400 years of historical records as compared with the present century. Consequently, the observed depths, since 1960 to date, should be similar for those events which ocurred from 1500 to 1900. For the physical feeling of depth, the description of recent large events and the seismicity map for Peru for 1900-1977 were very valuable. In the case where the information is available for only one site, the epicentral coordinates given are the same as those for the place where the Intensity was observed.

For the instrumental period, prior to 1963, one can rely on the depth only for destructive events; this parameter is still very much under study.

Magnitude

The seismic magnitude appears in four columns. Magnitude mb is the magnitude calculated with the body waves. The mb magnitude, identified with IGP or DH, has been calculated, using seismograms from Huancayo and La Paz (Bolivia) to estimate the calibration function (...) and the tables given by Duda (1970). The events for which the source IGP appears, were published in several reports, Huaco et al (1973), and those identified by DH, belong to a series of unpublished data calculated by the author. For dates after 1963, the value given by GGS has been taken. Ms represents the magnitude calculated with surface waves. Column MAG 1 is for the body wave magnitude which has a less reliable value than mb or which has been estimated using the level of detection (AND). In column MAG 2, a magnitude ms is given for engineering purposes. The information can come from Ms, mb or the Macroseismic magnitude Mm. If the source is the Ms column, a greater accuracy, with two decimals, is given. If it is a conversion from mb to Ms, this has been done using Huaco's formula (1980); mb = 3.303 + 0.423 Ms. Preference has been given to this formula because Richter's formula, specially for strong events, does not yield an Ms value which agrees with the one obtained by directly measuring the surface waves. For example, for a destructive event such as the Peru 31 May 1970 earthquake, the magnitude measured are mb - 6.6 and Ms - 7.8. With Richter's formula, the value mb = 6.6 corresponds to a value of Ms - 6.5; with Huaco's formula an Ms = 7.794 is obtained, which is close to the observed value.

For the purpose of quatifying the historical events, the Macroseismic Magnitude Mm has been introduced, on the basis of the Intensity and the area of observation. In order to calculated Mm and to discriminate between shallow and intermediate depth events, the formula of Huaco-Rodriguez (1983) has been used: Mm = 0.0896 Io + 4.14712 Log (h) + 0.75156 for depths $0 < h < 33$ km ; and Mm = 0.47184 Io - 5.36147 log (h) + 13.02346 for depths $33 < h < 100$ km, both formulas for $I > 6$. For I between 2 and 6, Mm = 0.28445 Io + 4.22306 log (h) - 4.14673, for depths $33 < h < 130$ km and Mm = 0.28707 Io + 1.2003 log (h) + 1.70319 for depths $0 < h < 33$ km. For the period 1500 - 1900, the macroseismic magnitude appears in column MAG 2.

Intensity

The epicentral intensity Io on the scale MM has been determined for the majority of the destructive events, with the macroseismic information which exists in the literature. In cases where the intensity was expressed in other scales: Rossi - Forel, MSK, these have been converted to MM. In the interpretation and evaluation of effects in terms of intensity, consideration has been given to the material and type of construction typical for the period when the event occurred. A good reference for the characteristics of colonial construction is the city of Popayan (Colombia). The earthquake that destroyed part of Popayan in March, 1983, has been a calibration event which has helped to improve the technique for the evaluation of several historical events.

Due to the importance of the frequency of the seismic activity in the evaluation of the Seismic Hazard, no event for which there is any information at all, as to intensity, has been omitted, no matter how uncertain the

information. For places where intensity has been observed, these have been identified by including the respective coordinates in the intensity catalog. Some events have been found with assigned intensities that differ from the observations and historical descriptions and such events are revaluated.

The Maximum Intensity is the most difficult parameter to correlate between the values given in the Ocola (1984) and Huaco (1983) catalogs. There are cases, specially for strong shocks, of discrepancies of as much as two degrees. Since the intensity is subjective, by definition, the more so considering that its value results from a historical description, one must respect the opinion of another expert's evaluation. In order to inform the user of the qualitative value of the intensity the following coding has been adopted:

1. If the author is one person, two letters are used for the identification.

2. If the two authors coincide, both authors are identified, each by one letter, separated by a comma.

3. If the two authors disagree, both authors are identified, each by one letter, separated one from the other by an asterisk.

ADDITIONAL REFERENCES:

See page 50.

CATALOG OF EARTHQUAKES FOR VENEZUELA
HYPOCENTER AND INENSITY DATA

Dr. José Grases G.

NATIONAL REPORT

INTRODUCTION

The preparation of the catalog for Venezuela began with a careful revision of listings, bibliographical references and documental sources where reliable data could be found. With relation to the hypocentral catalogs and lists with events recorded by instruments, the information appears in the General Report.

Concerning the seismic movements which throughout historical times have caused some type of damage in localities of Venezuela, there exists abundant literature, although dispersed, which comes from the testimony of witnesses who were present, as well as from news published by third persons, official reports, seismological bulletins, local and foreign press news, etc. Of these documents, the work of Centeno Grau (1969) is specially important, since it contains a very complete compilation of information concerning destructive earthquakes, felt earthquakes and secondary effects, which have occurred in Venezuela from 1530 through 1949.

Including the area covered by the sea, which represents between a third and a fourth part of the total, the area which is seismically active and which has been studied is somewhat larger than one million square kilometers. In much of this area, the political history during colonial times, since the descovery of Venezuela, was influenced by Spain, England, France and, to a lesser degree, Holland, a fact which has complicated the compilation of the data.

In the areas adjacent to the western frontier of the country, the catalog of Colombian earthquakes of Father Ramírez, S.J. (second edition 1975) was of particular help. Also, the catalog of Robson (1964), concerning seismic activity in the eastern Caribe, was of special help for the study of seismic events which are located in the eastern part of the country.

The preparation of the catalog was the responsibility of J. Grases. The criteria for selection were discussed with L. Ocola and V. Winkler. The lists of hypocenters was the work of O. Pérez and the revision and the checking of the final version was done by M. Lugo. The initiative and the recognition of the importance of this catalog must be credited to G. Fiedler, who pioneered instrumental seismology in Venezuela.

MATERIALS USED

1. Documental Sources

If any criticism can be made to the work of Centeno Grau, it is that there is a lack of precise references for the sources of information included

in the compilation presented as a catalog; probably, Centeno used other local catalogs such as Ibarra (1862), Ugueto (1935), Soto (1931), Febres Cordero (1929), etc., and the histories of destructive earthquakes, which occurred in Venezuela, written by Ahrensburgh (1901), Ernts (1878, 1887, 1889), Franquiz Jimenez (1901), Ibarra (1862), Rojas (1879), Sievers (1905), and others, and the description of witnesses, libraries, and the personal testimony of observers.

A systematic comparison of these and others sources of information, such as papers published abroad, is something which still to be done and which may have promising results. It is known that distinguished persons from Venezuela of the XIXth century were correspondents for european researchers who were interested in seismological problems. Such flow of information permits us to understand the documental value concerning Venezuelan events in catalog such as that of Perrey (published in Belgium between 1844 and 1872): Mallet (1852) and Milne (1911), which appeared in England, and those of Rockwood (published in Northamerica between 1872 and 1886). Occasionally, there are descriptions of phenomena peculiar to Venezuelan earthquakes, which not always are mentioned in the better known histories of local authors (see Grases 1971). For example, in the book concerning the prediction of earthquakes published by Fikitake (1976), there is a reference concerning the case of promonitory perturbations noted by animals with a description, published in New York by Milne (1886, p 303), of the well known episode according to which some minutes before the earthquake which destroyed Caracas in 1812, in a stable located to the east of the city, an anguished horse broke the fences and escaped to the upper part of the valley; this fact was interpreted as a precursor of the main shock.

Since the month of February, 1959, there began to appear, in a systematic form, the Monthly Bulletins of the Institute de Sismologia of the Observatorio de Cajigal, under the efficient direction of G. Fiedler. These are the most complete records of the seismic activity in the country, with instrumental data and macroseismic information relevant to what occurred during the following 20 years. With regard to the records at Cajigal, obtained before 1959, the only information which exists are the listings of Ugueto (1935), Soto (1931), occasional references to Centeno (1969), notices from the local press, generally associated with felt shocks and, more recently, the compilation of notes made by Salas (1981) concerning seismic movements recorded and noted at the Observatory Cajigal between 1891 and 1953.

It is of interest here to point out that this Observatory began to function in September 1888. In parallel to the astronomical and meteorological observations, there were also observations of felt seismic movements, in the area of Caracas. According to Salas (1981), in 1931, Cajigal obtained a Wiechert seismograph which, without proper calibration, sporadically recorded seismograms. In his catalog, Centeno quotes the Observatorio Cajigal (O.C.) as a source of information for earthquakes felt in Caracas since 1914; after 1933, information is added concerning the duration of the shock as short as 2 seconds which leads to suppose that this data was read from seismographic records. Concerning the interpretation of these data there is much to be done.

2. Precautions in the interpretation

Descriptive information, such as indicated in the previous section, must

be used with extreme caution, specially for the older events, since the correct interpretation of imprecise descriptions is not always immediate; the discovery of new documental evidence can lead to a better understanding of the facts*. Such is the case of the well known observation, in the form of a poem, of Juan de Castellanos concerning important damage in the Isla de Cubagua in the middle of the XVI century. This was interpreted during many years as a "destructive earthquake" but new documental evidence proofs without any doubt that, in fact, it was a hurricane, conforming the doubt which was raised by Montessus de Ballore in 1915.

Special care must be had with second-hand reports. It is pertinent to quote the supposed destruction of Caracas, enriched with detailed descriptions of the number of victims, damaged constructions, etc. given by Prof. Rockwood in the Journal of Science in 1883, as a consequence of the destructive earthquake which affected Panamá and Colombia on 7 September 1882. These is no truth in that report since it was contradicted by Naturalist Ernst, at the time living in Caracas, in a letter published in the following number of the same magazine. Many such other errors, which need not be described, can distort the available evidence of a phenomenon for which little is known.

Separating the events which have occurred in the last decades, the quantitative evaluation of destructive earthquakes is a result of a detailed study of the known effects, referring them to one of the intensity scales for damages. The assignation of intensities is highly subjective, so is difficult to maintain uniformity or homogeneity of criteria concerning the severity of the shaking which has affected a certain area throughout many centuries. Nevertheless, in the study of past earthquakes, unless there are instrumental records, these are the only evidence known at present and it is on the basis of such evidence that some progress have been made for quantitative evaluations (Fiedler 1961) and those indicated in section 3.2.1.

METHODS USED IN THE PREPARATION OF THE CATALOGUE

3.1 Criteria for the Selection of Events

The principals criteria which were adopted for the compilation of the catalog of Venezuela were the following:

i) Every event recorded instrumentally for which there was, at least, date, GMT time and geographic coordinates of the epicenter. Therefore, some unreliable events, of unknown magnitude or reported by only one station, were included; however, other events, reported only by the Cajigal station (CAG), with azimut and distance, were included. Together with the hypocenter parameters, all of the known macroseismic information was synthesized.

---

* Because of political reasons of the epoch, the earthquake which destroyed Caracas on 26 march 1812 was ignored in England; the London newspaper "The Times", of 29 May 1812, corrected this, publishing the stories of witnesses in La Guaira. These constitute very valuable testimony. (See Grases 1970).

ii) Every event of seismic origin with assigned intensity VI, according to Brazee, and for which at least the year, the month and the coordinates of the localities affected are known; in most cases, the day and the time is also known, with an approximation of minutes; in exceptional cases, this approximation was of seconds (seismic events with macroseismic information, reported by CAG). In addition to these, seismic events were listed with intensities of lower degree in the MM scale; some of these were found to be related with earthquakes from a distant source (epicenters in neiborguing countries), having being incorporated to their respective catalogs.

The information prepared with the above criteria resulted in a total of approximately 5,000 entries, of epicenters and localities. This was compared with a listing of epicenters from NOAA, ISC and other sources, in order to prepare two catalogues: a) one, for the hypocentral parameters (one line of information per event) and with an indication of maximum Intensity and, b) the other, including only the felt and/or destructive events, indicating the parameters of the hypocenter, as well as the Intensities assigned to the localities affected by each event.

Following is the information relevant to the data contained in each one of these catalogs.

3.2 Hypocenter Catalog

3.2.1 Magnitude and Focal Coordinates

The hypocenters included in the catalog can be divided into two groups. The first, corresponding to events of the XXth century, for which the hypo - center, the time of origin and the magnitude are a result of instrumental records. The election of the most reliable source of information was carried out with the criteria indicated in the general report and which can be summarized as follows:

- A list of priorities, concerning the reliability for the determination of epicenters, was established for the region, as follow: DEW, SYK; G-R; ISS (ISC); CGS (CS); all the rest. This general criterion was montained except in cases for which there was more reliable information (e.g. a special study of an individual earthquake).

- The events found in a catalog (for example, CGS-NOAA) and not in ISC, were incorporated.

- The events given only by LASA (LAD) were not included, due to the fact that they often corresponded to distant epicenters from larger networks; thus avoiding the danger of duplication.

- The approximation to one hundredth in the magnitudes was made to the upper tenth.

If there was more than one source, with discrepancies in the magnitude and focal coordinates, the selection criteria adopted was discussed with the local seismologists. Occasionally, it was inevitable to choose a magnitude given by the source A, a the focal coordinates given by source B; likewise ,

the magnitude indicated by ISC was retained as a "minimum likely" with an asterisk (*).

The magnitudes MC (Caracas magnitude), given by Cajigal, are indicated as m_b, since in general they correspond to nearby events and there were no distintion made in the catalogue for M_L.

For the events used in 3.2.2, without information on focal depth, or with an indication "SUP", a focal depth of 33 km was assigned.

The second group corresponds to events for which there are no instrumental records, such as all of those preceding the XXth century and some during the present century. For the determination of M_s and h, a sample with well defined isoseismal curves was analyzed, measuring the areas A_i (km^2) in which the intensity was at least equal to i. The radius r_i (km) of a circumference of equal area, denominated equivalent ratio is:

$$r_i = \sqrt{\frac{A_i}{\pi}} \qquad (1)$$

It was admitted that the attenuation can be described by formulas of the following type:

$$I_o - I = C_1 + C_2 + C_3 \log_{10} r \qquad (2)$$

where:

I_o = Intensity at the epicentral region, generally unknown;

I = Intensity at a certain epicentral distance r (km);

C_1; C_2; C_3 = Correlation coefficients (C_1 = -2.60 to - 1.20; C_2 = 0.0041 to 0.0063; C_3 = 2.22 to 1.68) which depend on the different regions of the country and the focal depth.

Likewise the values of B_1 and B_2 were determined, relating I_o with h and the magnitude M_s, according to the expression:

$$I_o = B_1 M_s^{1/2} - (h^{1/3} + B_2) \qquad (3)$$

and those of B_1' in the approximate expression:

$$I_o = B_1' M_s + B_2' \qquad (3a)$$

where B_2' is a value which depends on the range of focal depths h (km) which

is adopted.

From the equations (2) and (3a) the following relationship is obtained:

$$M_s = C_2' \, r + C_3' \log_{10} r + K_i \qquad (4)$$

where:

$$C_2' = C_2/B_1' \quad ; \quad C_3' = C_3/B_1'$$

$$K_i = (C_1 - B_2' + I)/B_1'$$

In the graphs which represent equation (4) for different ranges of focal depth and intensities, the best adjustment of the set of pairs was verified (i; r_1) corresponding to a given earthquake. This work was not carried out systematically and needs revision. It must be observed that once equation (4) is known, this process does not require the determination of I_o, a parameter which is generally unreliable; thus, the analysis of an earthquake which has a submarine epicenter, is simplified.

In a general way, it was decided to assign an epicenter, even though it be only of a tentative character, for each one of the events in this history of earthquakes; if there is no instrumental epicenter, nor a study of maps of isoseismal curves, an epicenter was assigned with the coordinates of the locality which suffered the greatest intensity.

3.2.2 Time of Origin

All of the times were converted to G.M.T. It was considered important to respect the inevitable differences between "instrumental" and "macroseismic" times. Such differences are usually in units of minutes and even tens of minutes (specially, when it is a question of felt earthquakes during the early hours of the morning and, particularly, if the information comes from rural areas).

The time of origin is known only for those events which have been recorded with instruments.

3.2.3 Maximum Intensities and Tsunamis

For each locality reported to have been affected by an earthquake, an intensity was assigned, according to the modified Mercalli scale (Brazee version). Even though the uncertainties in the assignment of intensities are large, it is more convenient to indicate a value, using the best possible criterion, with the information which one has at the moment, and to indicate at least, a minimum.

The value indicated as value for the intensity; as the maximum intensity corresponds to the highest value of the intensities assigned; that it is to say, there was no intent, in any case, to infer the epicentral intensity .

The four earthquakes which, in accordance with the known descriptions, have generated important tidal waves in Western Venezuela (heights of 2 to 7 meters, recession and inundation of the order of 200 meters), have affected only Cumaná and the southern part of the Cariaco Gulf. The epicentral areas of two of these events (15-XII-1853 and 17-I-1929) are located in the Gulf of Cariaco and the third (1-IX-1530) is nearby; for the fourth event (at the end of XVI century), the information is not sufficient.

3.3 Intensity Catalog

3.3.1 Assignment of Intensities

The assignment of intensities was made on the basis of the Mercalli Modified scale (not the summarized "unabridged" version according to BRAZEE). The following criteria were applied in a systematic form:

a) Every locality mentioned in the descriptions available, is given an intensity; due to unsufficient information this criterion could lead to errors, but it avoids the omission of localities whose relative importance can not be judged "a priori";

b) In addition, the above commentary is relevant when the indication of "felt" or "strongly felt" or "damages" or other such evaluations. Are applied more than one locality; in such cases, occasionally the most probable intensity has been assigned $\pm \Delta I = 1$ alternatively to reflect the uncertainties due to insufficient reliable information;

c) No interpolations or extrapolation have been made to determine effects;

d) Where possible, a consideration has been made that the quality of rural constructions is of inferior quality than urban constructions; in this aspect, and only if statistical data concerning the effects on similar constructions were available, the criteria of the MSK scale (1964 version) was kept in mind;

e) The influence that local conditions have on the intensity are not always easily identified; the secondary effects (landslides, inundations, etc.) identified, were not taken into account for the assignation of the intensity;

f) The values of Intensity, shown with the symbol (+), were increased by one degree; if they have the symbol (-), no change was made.

3.3.2 Uncertainties in the Assignation of Intensities.

Use of the Intensity scales must be with extreme care, due to the subjectivity in the assignation of damage intensities. This was demonstrated once again during the earthquake of Caracas, both in the case of single buildings as well as in densely populated areas; in both cases, there were important differences of appreciation amongst the specialists.

If the scale of Intensities is analyzed in detail, including the version reordered by Brazee, it is easy to find doubtful cases. In Table No 1 there are some examples, taken at random, and they serve to illustrate the uncertainty which is present when the intensity is assigned. It must be remembered

TABLE N° 1

INTENSITY		OBSERVATION DESCRIPTION	α
IV	(r)	Bumping sound were reporte	1,6703
V	(a)	Rumbling thunderous, or subterranean sounds were reported	0,0069
VI	(b)	Reading sounds were reported	0,0707
VII	(k)	Sound was reported similar to a sonic boom or an explosion	1,3717
IV	(m)	Trees and bushes were shaken slightly	0,3854
V	(d)	Trees and bushes were shaken moderately	0,1032
VI	(p)	Trees and bushes were shaken strongly	0,7452
		Trees and bushes were shaken violently. Trunks and branches were broken off	1,8798
II	(a)	Felt by few or some	0,0029
III	(d)	Felt by several. Felt quite noticeably on upper floors; by several or many indoors. Many people did nor recognize it as an EQ at first	0,4877
IV	(e)	Felt by many. Felt by all in home or all in building	0,1446
IV	(f)	Felt outdoors by few or some	0,1504
V	(g)	Felt by practically all...	0,1930
VI	(i)	Felt by all...	0,2396
III	(a)	Delicately suspended objects swing	0,0287
IV	(a)	Objects were disturbed	0,0184
IV	(d)	Hanging objects swing (no qualifying adjective)	0,1165
V	(b)	Hanging objects swing in numerous instances. Hanging objects or doors swing generally or considerably	0,0278
V	(e)	Small objects were shifted from position...	0,1479
V	(f)	Pictures were knocked against the wall or swing out of position	0,1788

that the assignation of intensities, in a given locality, is made by association with observations or descriptions of the type shown in Table No. 1. In the reordering by Brazee (1978) the degree of correlation between each observation and the respective value of intensity was determined ("significance factor" α). The value of α is less the greater the correlation between the observation and the value of intensity i, to which it corresponds. According to Brazee, the observations with values of α less than unity, are important and their simple occurrence allows the assignation of an intensity, as a consequence of the seismic action; when the values of α are greater than unity, the corresponding observations are corroborative or fall between two values of intensity.

Thus, such examples and many others easy to find, explain the explicit doubt concerning such values as "VII 1/2", or "between VIII and IX" or "VI" or "X", etc., all of which frequently appear in the literature which deals with intensities of past earthquakes and even for those expected in the future. The proposed solution, by some authors, consists in carrying out a large number of observations and intensity determinations (with one or more observers) and assigning to that place or locality, the mean value of intensity thus obtained. This proposition, eventually to be considered for future earthquakes, does not solve the problem of the past earthquakes, for which this method was not applied in a systematic manner. On the other hand, even in cases where this uncertainty can be reconstructed, as for example in the distribution of the intensities assigned by different observers in areas of the region of Caracas affected by the earthquake of 29 july 1967, the use of the mean value ignores the valuable information which is the dispersion of this distribution; that is to say, how unreliable was the assignation of Intensities in a given locality and therefore how much "weight" is to be given to this information, when the isoseismal curves are drawn.

This subject is a subject for future discussion.

3.3.3 Names and Coordinates of Localities

The present names of the localities are given; in the case of names of two or more words, it was necessary to abreviate because of the limited space. There was no special rule for the abrreviations; but, it was necessary to distinguish localities of identical name in different departments (political division) since this caused inexcusable confussion in other investigations In any case, the geographic coordinates adequately solve this problem.

Each of the localities cited must be accompanied with the respective geographic coordinates. In the catalog prepared by SISRA, it is probable that some errors may exist, for the following reasons: (i) the problem of the repetition of names, (for example, there are certain names in Venezuela which are repeated more than 30 times such as: San José, San Pablo, Corozo, Las Mercedes, etc.); (ii) changes in the maps; (iii) errors in the reading of the coordinates from the map.

The geographic coordinates of localities corresponding to neighboring countries were left in blank; later this information was obtained from each country.

The principal sources of information consulted have been: Atlas de

Venezuela (1971; 1979); The Times Atlas of the World (1973); Gacetilla de Nombres Geográficos, No. 5 (1977); Mapa de Carreteras de Venezuela, Lagov;en (1973). Nevertheless, there exist some blanks of information concerning the Geographic coordinates of the localities mentioned

Many cases of synonime have been identified, frequently associated with changes of location, precisely because of earthquakes. For example, in the State of Táchira, CAPACHO VIEJO was destroyed by the earthquake of 1875 and later reconstructed under the name of LIBERTAD; immediately after that earthquake, INDEPENDENCIA was founded, 3 km to the East of CAPACHO VIEJO; both placas exist today. A similar situation occurs in the same State, because of the earthquake of 1849 when, due to the destruction of LOBATERA, the present MICHELENA is founded at the site of LA SABANA GRANDE. In the State of Mérida, SANTO DOMINGO existed in the middle of XVIIIth century and as a consequence of the local earthquake of 1834, it was relocated in 1838 to the location of BELLA VISTA, where it exists today.

PLANS FOR THE UPDATING, MODIFICATION AND EXPANSION OF THE CATALOGUE

Experience shows that compilation such as of that of this Catalog cannot be considered definitive, since it is very probable that other documental sources, with information unknown at the present, exist. On the other hand, the quality of the information is subject to improvement. Plans for updating the catalog can be divided into three parts:

a) Recuperation of information which considers: (i) a compilation of descriptions concerning the effects of past earthquakes; (ii) an orderly revision of the existing records at Cajigal; (iii) to incorporate in the catalog, the seismic events of recent years;

b) Complementation of information for which it is planned: (i) evaluation of historical earthquakes, particularly of the XIX th century, which have not yet been incorporated in the catalogue; (ii) to compare the catalogs of neighboring countries with information not included in the present Venezuela catalog, in order to complete the information; (iii) relevant secondary effects.

c) To improve the quality of the information, which requires: (i) a systematic revaluation of the hypocentral parameters of historical earthquakes, by procedures different to that described in section 3.2.1 (correlation with felt areas and relations different from equation 4); (ii) to verify the coordinates of the localities.

REFERENCES

The coding of documental sources and authors cited in the Catalog, correspond generally to the first three letters of the surname of the author or to the first letters of the name or titles of the source; thus, the code CEN is used for Centeno, ROB for Robson, BSSA for Boletín de la Sociedad Sismológica de América, etc.

ii) Every event of seismic origin with assigned intensity VI, according to Brazee, and form which at least the year, the month and the coordinates of the localities affected are known; in most cases, the day and the time is also known, with an approximation of minutes; in exceptional cases, this apprximation was of second. (seismic

APPENDIX A

DESCRIPTION OF ENTRIES IN THE HYPOCENTER CATALOG

Columns	Heading	Sub-heading	Description
2-9	IDENT		Unique code used to refer to the event.
2-3		CNTRY	Two-letter code which identifies the country in which the event is located. The codes are as follows: AR - Argentina BO - Bolivia BR - Brazil CH - Chile CO - Colombia EC - Ecuador PE - Peru VE - Venezuela TT - Trinidad-Tobago
5-9		NUMBER	Five-digit identification number.
11-13	F-E REG	NUMBER	Seismic region number as defined by Flinn and Engdahl (1974).
15-24	DATE		Date, (Coordinated Universal Time).
15-18		YEAR	
10-11		MONTH	
23-24		DAY	
26-37	TIME		Time (Coordinated Universal Time). Time is always shown to hundredths of a second, but this does not indicate the accuracy to which it is known.
26-27		HOUR	
29-30		MINUTE	
32-36		SECOND	
37		QUAL	Code used to indicate the quality of the reported time (see table 1).
39-56	LOCATION		Geographic coordinates of the epicenter.
39-45		LAT	Latitude (listed to thousandths of a degree, but not necessarily accurate to that level). Negative values indicate south latitudes.

APPENDIX A (Continued)

Columns	Heading	Sub-heading	Description
47-54		LONG	Longitude (listed to thousandths of a degree, but not necessarily accurate to that level.) Negative values indicate west longitudes.
56		QUAL	Code used to indicate the quality of the epicenter (see table 2).
58-63	DEPTH		
58-62		KMS	Focal depth in kilometers (listed to the nearest tenth of a kilometer, but not necessarily accurate to that level).
63		QUAL	Code used to indicate the accuracy of the depth (see table 3).
65-67	NUM STA		Number of stations used in the hypocenter computation.
69-71	HYP SRC	CODE	Hypocentral data source (see table 4).
73-79	m_b		Body-wave magnitude estimate, if available. Different sources may vary significantly in the method used to compute m_b-magnitudes. References describing the method of magnitude computation are given in table 5.
73-75		MAG	Magnitude value, given to the nearest tenth of a unit.
77-79		SOURCE	Three-letter code indicating the magnitude source (see table 5).
81-88	MS		Surface-wave magnitude estimate, if available. Table 5 gives references which describe the computation of these magnitudes.
81-83		MAG	Magnitude value given to the nearest tenth of a unit.
84		COMP	Seismogram component used for the magnitude determination. H indicates the horizontal component and Z indicates the vertical component.

APPENDIX A (Continued)

Columns	Heading	Sub-heading	Description
86-88		SOURCE	Three-letter code indicating the magnitude source (see table 5).
90-106	OTHER MAGNITUDES		This section allows space to list two additional magnitudes, if available. These may be additional estimates of m_b or M_s magnitudes: they may be magnitudes from a different scale, such as moment-magnitudes, or they may be magnitudes based on a conversion from intensity data or from one magnitude scale to another.
90-92		MAG	Magnitude value, given to the nearest tenth of a unit.
93		SCALE	Single-letter code indicating the magnitude scale or conversion relationship (see table 6).
95-97		SOURCE	Three-letter code indicating the magnitude source (see table 5).
99-101		MAG	Magnitude value, given to the nearest tenth of a unit.
102		SCALE	Single-letter code indicating the magnitude scale or conversion relationship (see table 6).
104-106		SOURCE	Three-letter code indicating the magnitude source (see table 5).
108-110	FOC MEC	SOURCE	Focal mechanism source (see table 4).
112-120	INTENSITY		
112		DATA	An * in this column indicates detailed intensity data are available for this event in the intensity catalog.
114-115		MAXINT	Estimate of the maximum intensity listed in decimal numbers.
116		SCALE	Single-letter code indicating the intensity scale used for the maximum intensity estimate. An M indicates the Modified Mercalli scale, and a K indicates the MSK scale.

APPENDIX A (Continued)

Columns	Heading	Sub-heading	Description
118-120		SOURCE	Three-letter code indicating the source of the maximum intensity estimate (see table 4).
122-124		ISO MAP	Source of a published isoseismal map (see table 4).
126-131	ASSOC PHENOM		This section lists six categories of associated phenomena for the event. Each column contains a one-letter code describing the phenomena, and an X is listed if no information is available.
126		DIA	Diastrophism: F = surface faulting U = uplift/subsidence D = surface faulting and uplift/subsidence X = unknown
127		GEO	Geological Effects: L = liquefaction S = landslides B = both liquefaction and landslides X = unknown
128		TSU	Tsunami/Seiche T = tsunami generated S = seiche B = both tsunami and seiche X = unknown
129		OBS	Observed Effects: L = lights or other visual phenomena seen S = earthquake sound heard G = ground waves observed A = lights seen and sound heard B = lights seen and ground waves observed C = sound heard and ground waves observed D = lights seen, sound heard, and ground waves observed X = unknown

APPENDIX A (Continued)

Columns	Heading	Sub-heading	Description
130		NON	Nontectonic Phenomena: R = rockburst C = coal bump or rockburst in coal mine M = meteoritic source E = explosion I = collapse V = earthquake associated with volcanism X = unknown
131		CAS	Casualties and Damage C = casualties reported D = damage reported N = no casualties or damage reported X = unknown

APPENDIX B

DESCRIPTION OF ENTRIES IN THE INTENSITY CATALOG

EVENT - The first record contains information describing the event. These data are the same as data given in the hypocenter catalog, but are repeated here for convenience. Sources for the data can be found in the hypocenter catalog.

Columns	Heading	Sub-heading	Description
3-10	IDENT		Unique identification code used to refer to the event.
3-4		CY	Two-letter code which identifies the country in which the event is located. The codes are as follows: AR - Argentina BO - Bolivia BR - Brazil CH - Chile CO - Colombia EC - Ecuador PE - Peru VE - Venezuela TT - Trinidad-Tobago
6-10		NUM	Five-digit identification number.
16-25	DATE		Date (Coordinated Universal Time).
16-19		YR	Year
21-22		MO	Month
24-25		DA	Day
31-38	TIME		Time (Coordinated Universal Time). Time is always shown to the nearest second but is not necessarily accurate to that level.
31-32		HR	Hour
34-35		MN	Minute
37-38		SC	Second

APPENDIX B (Continued)

Columns	Heading	Sub-heading	Description
44-80	EPICENTER		Epicenter of the event. Since the instrumental epicenter may not coincide with the highest intensity observed, the instrumental epicenter and epicenter derived from intensity data are both shown.
44-59		INSTRUMENTAL	Instrumental epicenter of the event.
65-80		INTENSITY	Epicenter of the event derived from intensity data.
86-88	DEP KMS		Focal depth in kilometers.
94-102	MAGNITUDES		Magnitude estimates.
94-96		M_s	Surface-wave magnitude.
100-102		m_b	Body-wave magnitude.
108-122	MAX INT		Maximum intensity. Up to three estimates may be included as described below.
108-110		OBS	Observed maximum intensity.
114-116		EST	Estimated maximum intensity from available intensity data. For example, if an event occurred offshore, observed on-shore intensity values may be used to estimate what the intensity at the epicenter would have been had it occurred on land.
120-122		COM	Computed maximum intensity derived from a magnitude.
128-130	NUM OBS		Number of intensity observations for this event.

APPENDIX B (Continued)

INTENSITY OBSERVATIONS - These records contains listings of observed intensities at various locations for the event described above.

Columns	Heading	Sub-heading	Description
2-49	LOCATION		Description of location of observation. The first two columns in this section are a country code, using the same codes as described under CY in the event description.
51-64	COORDINATES		Geographic coordinates of the location.
		LAT	Latitude given to hundredths of a degree. South latitudes are indicated as negative values.
		LONG	Longitude given to hundredths of a degree. West longitudes are indicated as negative values.
66-69	ELEV		Elevation of the location, if available, in meters above mean sea-level.
71-74	EPIC DIST		Distance (in kilometers) from the epicenter of the event to this location. This has not been computed for all events.
76-79	HYP DIST		Distance (in kilometers) from the hypocenter of the event to this location. This has not been computed for all events.
81-84	AZI		Azimuth from the epicenter to this location. This has not been computed for all events.
86-88	INT		Intensity observed at this location.
90-93	INTP		Initials of interpreters who determined the above intensity value (see table 7).
95-109	REFERENCES		Up to four references are listed for the determination of this intensity (see table 8).
111-131	COMMENTS		Comments regarding the intensity determination.

TABLE 1--TIME QUALITY FACTOR

Type of Hypocenter	SISRA Code	Probable Error Range Sec	Gutenberg-Richter Code	NEIS Code	Remarks
Instrumental	A	<0.25			
	B	0.25-0.5			
	C	0.5-1			
	D	1-2			
	E	2-3			
	F	3-5			
	G	5-8	A		
	H	8-12	B		
	I	12-60	C		
Macroseis	U	MIN			
	V	HR			
	W	DAY			
	Y	MONTH			
	X	Unknown			

TABLE 2--EPICENTER QUALITY FACTOR

Type of Hypocenter	SISRA Code	Probable Error Range km	Gutenberg-Richter Code	NEIS Code	Remarks
Instrumental	A	< 1			
	B	1-5			
	C	5-10			
	D	10-25			
	E	25-50			
	F	50-100	A		
	G	100-200	B		
	H	200-400	C		
		> 400			
	I	Unknown			Instrumental epicenter, quality unknown.
Macroseismic	M	Unknown			Macroseismic epicenter, quality unknown.
	T	< 10			Dense intensity data in 4 quadrants, max., isoseismal radius less than 10 km.
	U	10-25			Dense intensity data in 4 quadrants, max., isoseismal radius less than 25 km.
	V	25-50			Intensity data in 4 quadrants.
	W	50-100			Intensity data in 3 quadrants.
	Y	100-200			Intensity data in 2 quadrants.
	X	Unknown	D		

TABLE 3--DEPTH QUALITY FACTOR

Type of Hypocenter	SISRA Code	Probable Error Range Km	Gutenberg-Richter Code	NEIS Code	Remarks
Instrumental	A	< 1			
	B	1-5		D	For depth > 33 km
	C	5-10			
	D	10-20			
	E	20-40	A	G,N,S,R	
	F	40-60	B		
	G	60-100	C	A	
	I	Unknown			Instrumental depth, quality unknown
Macroseismic	M	Unknown			Macroseismic depth, quality unknown.
	T	< 10*			Dense intensity data in 4 quadrants, max., isoseismal radius less than 10 km.
	U	10-20*			Dense intensity data in 4 quadrants, max., isoseismal radius less than 25 km.
	V	20-40*			Intensity data in 4 quadrants.
	W	40-80*			Intensity data in 3 quadrants.
	Y	80-150*			Intensity data in 2 quadrants.
	X	Unknown	D		

*Computed using intensity data and the appropriate attenuation functions.

TABLE 4--CODES FOR DATA SOURCES

BCI Bureau Central International de Seismologie, Strasbourg, France.

BRA British Association for the Advance of Science, 1911, 16th report on seismological investigations, seismic activity 1899-1903: British Association for the Advancement of Science, London, England.

_____1912, 17th report on seismological investigations, seismic activity 1904-1909: British Association for the Advancement of Science, London, England.

_____1913, 18th report on seismological investigations, seismic activity 1910: British Association for the Advancement of Science, London, England.

Seismological bulletins of the British Association Committee for 1913-1915 and 1917: Published 1918 and 1922/23, University Observatory, Oxford, England.

Turner, H.H., 1917 and 1919, The large earthquakes of 1913 and 1916, with supplement: I.W. County Press (printed for the British Association for the Advancement of Science), Newport, England.

_____1924, Index of catalogues of earthquakes (1913.0-1920.5): University Observatory, Oxford, England.

_____1928, Catalogue of earthquakes, 1918-1924: British Association for the Advancement of Science, London, England.

Bellamy, E.F., 1935, Index catalogue of earthquakes, 1925-1930: University Observatory, Oxford, England.

_____1936, Index catalogue of epicentres for 1913-1930: I.W. County Press (printed for the University Observatory, Oxford), Newport, England.

_____1947, Index catalogue of epicentres, 1931-1935: Supplement to Index Catalogue for 1913-1930 of the I.S.S., I.W. County Press (printed for the University Observatory, Oxford), Newport, England.

CAR Instituto Sismológico, Caracas, Venezuela.

CEN Centeno-Grau, M., 1969, Estudios Sismológicos, Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, Año 28, Tomo 28, no. 79, Caracas, Venezuela.

CGS Coast and Geodetic Survey, U.S. Dept. of Commerce, USA.

DEW Dewey, J.W., 1972, Seismicity and tectonics of western Venezuela: Seismological Society of America Bulletin, v. 62, no. 6, p. 1711-1751.

TABLE 4--(Continued)

EDR Earthquake data report: National Earthquake Information Center, Denver, Colorado, USA.

EGR Egred, J., 1968, Breve Historia Sísmica de la República del Ecuador (1534-1965): Boletín Bibliográfico de Geofísica y Oceanografía Americanas, México, v. 4.

ESB Estaçao Sismológica de Brazilia.

FEB Febres, T., 1931, Cronicón Sísmico de los Andes Venezolanos: Archivo de Historia y Variedades, Tomo II, Caracas, Venezuela, p. 146-151.

FIE Fiedler, G., 1961, Areas afectadas por terremotos en Venezuela: Memoria del Tercer Congreso Geológico Venezolano, Tomo IV, Publicación Especial no. 3, Caracas, Venezuela, p. 1791-1814.

_____1961a, El gran terremoto de El Tocuyo del 2 de Agosto de 1950 y el fenómeno mecánico en el foco: Memorias, III Congreso Geológico Venezolano, Tomo IV, Publicación Especial no. 3, Caracas, Venezuela, p. 1787-1790.

_____1968, Estudio Sismológico de la región de Caracas con relación al terremoto del 29 de Julio de 1967: Boletín Instituto de Materiales y Modelos Estructurales Facultad de Ingeniería, v. 6, no. 23-24, p. 127-22.

_____1979a, Die seismische Aktivitat in Venezuela in Zusammenhang mit den wichtigsten tektonischen Bruchzonen, Geographische Rundschau, v. 59, no. 3, p. 1203-1215.

_____1972, La liberación de energía sísmica en Venezuela, volúmenes sísmicos y mapa de isosistas: IV Congreso Geológico Venezolano, Tomo IV, Caracas, Venezuela, p. 2441-2462.

G-R Gutenberg, B., and Richter, C.F., 1954, Seismicity of the earth: Princeton University Press, Princeton, N.J., 310 p.

GRA Grases, J., 1975, Sismicidad de la región asociada a la Cadena Volcánica Centroamericana del Cuaternario: Universidad Central de Venezuela - Organización de Estados Americanos, Caracas, Venezuela.

GS Geological Survey, U.S. Dept. of the Interior, Denver, Colorado, USA.

GSS Dewey, J.W., Spence, W., 1979, Seismic gaps and source zones of recent large earthquakes in coastal Peru: Pure and Applied Geophysics, vol. 117, no. 6, p. 1148-1171.

GUC Departamento de Geología y Geofísica de la Universidad de Chile, Santiago, Chile.

TABLE 4--(Continued)

HYP Hypo 71 (modified). Hypocentral determinations made by the Instituto Geofisico de Los Andes Colombianos, Bogota, Colombia and by the Ingeniera Tecnica y Cientifica-ITEC, Ltda., Bogotá, Colombia. The calculations were made on a WANG computer using the computer program HYPO 1971.

IAG Instituto Astronómico e Geofísico, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil.

IGE Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Epicentral determinations were made by Institute personnel for historical data prior to 1942 and instrumental data after this date.

IGF ?

IGO Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú: Hypocenter data supplied by Dr. Leonidas Ocola.

IGH Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú: Hypocenter data supplied by Dr. Daniel Huaco.

ISC International Seismological Centre, Newbury, England.

ISS International Seismological Summary, Kew Observatory, Richmond, England.

JGG Grases, J., 1970, El terremoto de 1812 y sus efectos: Boletín Instituto de Materiales y Modelos Estructurales Facultad de Ingeniería, v. 8 no. 29-30, p. 103-123.

_____1971, La sismicidad histórica del Caribe: Documentos de trabajo, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela, 290 p.

_____1978, El terremonto del 21 de Octubre de 1766 que afectó el oriente venezolano: En prensa, Caracas, Venezuela.

_____1979, Investigación sobre los sismos destructores que hayan afectado el oriente de Venezuela, delta del Orinoco y regiones adyacentes: Proyecto Instituto Tecnológico Venezolano del Petróleo, Febrero 1979, 2 v.

JMA Japan Meteorological Agency, Tokyo, Japan.

MAB Margallo, and Duquesne, A., 1926, Antiguallas Curiosas: Santa Fé y Bogotá, Año IV, Tomo VII, no. 38, p. 77-86, Bogotá, Colombia.

MER Mercado, P., 1957, Historia de la Provincia del Nuevo Reino de Quito de la Compañía de Jesús: Biblioteca de la Presidencia, Bogotá, Colombia.

TABLE 4--(Continued)

MOL Molnar, P., and Sykes, L.R., 1969, Tectonics of the Caribbean and Middle America region from focal mechanisms and seismicity: Geological Society of America Bulletin, v. 80, no. 9, Sept. 1969, p. 1671-1680.

MOS Institute of Physics of the Earth, Moscow, USSR.

NAT Estaçao Sismologica WWNSS Natal, Brazil.

OAE Observatorio Astronómico de Quito, Ecuador.

OAU Observatorio Astronómico, Universidad de La Plata, La Plata, Argentina.

PER Perrey, A., 1858, Documents sur les tremblements de terre au Perou, dans la Colombie et dans le bassin de l'Amazonie (1530-1857): Bulletin de l'Académie Royale de Belgique, Bruxelles, v. 7, p. 1-134.

_____1879, Notes sur les tremblements de terre ressentis en 1848-1851 avec supplements pour les années anterieures 1852 ... 1877: Memoires de l'Académie des Sciences, Paris, France.

PSA Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES), San Juan, Argentina.

R-I Used for intensities listed by J.E. Ramírez, S.J., in Historia de los Terremotos en Colombia (Bogotá, 1975) and interpreted by Fr. Ramirez with other people of the Instituto Geofísico de los Andes Colombianos (Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia) to give values in the Modified Mercalli scale.

RAM Ramírez, J.E., S.J., 1975, Historia de los terremotos en Colombia: Segunda Edición, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia.

ROB Robson, G.R., 1964, An earthquake catalog for the eastern Caribbean 1530-1960: Seismological Society of America Bulletin, v. 54, p. 785-832.

ROT Rothe, J.P., 1969, The seismicity of the earth, 1953-1965: UNESCO, Paris, France, p. 74.

RUD Rudolph, E., and Szirtes, S., 1919, Das Kolumbianische Erdeben am 31 Januar 1906: Gerland's Beitraege zur Geophysik, v. 11, p. 132-190, 107-275.

SCB Observatorio de San Calixto, La Paz, Bolivia.

SCH Scheu, E., 1911-1912, Catalogue regional des tremblements de terre resentis pendant les années 1906 et 1907: Publication de Bureau Central de l'Association International de Sismologie, Serie B, Catalogues, Strasbourg, France.

TABLE 4--(Continued)

SIE Sieberg, A., 1917, Catalogue regional des tremblements de terre resentis pendant l'année 1908: Publication de Bureau Central de l'Association International de Sismologie, Serie B: Catalogues, Strasbourg, France.

SIM Simon, P., 1953, Noticias historiales de las conquistas de tierra firme en las Indias occidentales: Biblioteca de Autoridades, Colombia, Volumenes 48-51, Tomos 1-9, Ministerio de Educación Nacional, Bogotá, Colombia.

SIS Proyecto SISAN, Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú.

SLM Stander, W., 1973, Mechanism and spatial distribution of Chilean earthquakes with relation to subduction of the oceanic plate: Journal of Geophysical Research, v. 78, p. 5933-5061.

SYK Sykes, L.R., and Ewing, M., 1965, The seismicity of the Caribbean region: Journal of Geophysical Research, v. 70, no. 20, p. 5067-5070.

TAB Tabor, L.L., 1967, Compilation of seismic data: Colombia and adjoining land and sea areas: J. A. Blume & Associates, San Francisco, California, USA.

_____1967, Compilation of seismic data: Panama and adjoining land and sea areas: J. A. Blume & Associates, San Francisco, California.

TP Polo, J.T., 1898, Sinopsis de Temblores y volcanes del Perú: Sociedad Geográfica de Lima, Año VIII, Tomo VIII, Lima, Perú.

_____1904, Sinopsis de Temblores del Perú: Sociedad Geográfica de Lima, Año XIV, Tomo XVI, Lima, Perú.

TRN Seismic Research Unit, University of the West Indies, St. Augustine, Trinidad and Tobago.

UPP Seismological Institute, Uppsala, Sweden.

VB Barriga, V., 1951, Los Terremotos de Arequipa, Editorial La Colmena, Arequipa, Perú.

VER Vergara, and Velasco, F.J., 1898, Los Terremotos en Colombia, Anales de Ingeniería, Año 7, Serie 1, no. 118, Bogotá, Colombia, p. 186-192.

TABLE 4--(Continued)

WB Bachmann, C., 1935, Fenómenos sísmicos notables habidos en Lima en los cuatrocientos años que tiene de fundada: Sociedad Geográfica de Lima, Tomo LII, Lima, Perú.

and

Middendorf, E.W., 1976, Observaciones y estudios del país y sus habitantes durante mi permanencia de 25 años: Tomo I, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú, Versión Española.

WCA Woodward-Clyde & Associates, 1969, Seismicity and seismic geology of northwestern Venezuela: A report to the Shell Company of Venezuela, v. I and v. II.

TABLE 5--CODES FOR MAGNITUDE SOURCES

BRK Berkeley, University of California, California, USA. See Bath (1967) for a description of magnitude determinations.

CGS Coast and Geodetic Survey, U.S. Dept. of Commerce, USA. See Bath (1967) or U.S. Earthquakes for the desired year for a description of magnitude determination.

DH Daniel Huaco, Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú. See text for a description of magnitude determinations.

FIE Fiedler, G., 1961, Areas afectadas por terremotos en Venezuela: Memorias del Tercer Congreso Geológico Venezolano, Tomo IV, Caracas, Venezuela, p. 1791-1814.

_____1961a, El gran terremoto de El Tocuyo del 3 de Agosto de 1950 y el fenómeno mecánico en el foco: Memorias, III Congreso Geológico Venezolano, Tomo IV, Caracas, Venezuela, p. 1787-1790.

_____1968, Estudio sismológico de la región de Caracas con relación al terremoto del 29 de Julio de 1967: Boletín Instituto de Materiales y Modelos Estructurales Facultad de Ingeniería, v. 6, no. 23-24, p. 127-22.

_____1979a, Die seismische Aktivitat in Venezuela in Zusammenhang mit den wichtigsten tektonischen Bruchzonen: Geographische Rundschau, v. 59, no. 3, p. 1203-1215.

_____1972, La liberación de energía sísmica en Venezuela, volúmenes sismicos y mapa de isosistas: IV Congreso Geológico Venezolano, Tomo IV, Caracas, Venezuela, p. 2441-2462.

GS Geological Survey, U.S. Dept. of Interior, Denver, Colorado, USA. See the January issue of the Preliminary Determination of Epicenters for the desired year for a description of magnitude determination.

GUC Departamento de Geología y Geofísica de la Universidad de Chile, Santiago, Chile. See text accompanying catalog for a description of magnitude determination.

IAG Instituto Astronomico e Geofisico, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil. See text for a description of magnitude determinations.

IGE Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. See text accompanying catalog for a description of magnitude determinations.

IGH Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú. Magnitude calculated by Daniel Huaco from unpublished data.

IGP Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú. See text accompanying catalog for a description of magnitude determinations.

TABLE 5--Continued

JGG Grases, J., 1970, El terremoto de 1812 y sus efectos: Boletín Instituto de Materiales y Modelos Estructurales Facultad de Ingeniería, v. 8, no. 29-30, p. 103-123.

_____1971, La sismicidad histórica del Caribe: Documentos de trabajo, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela, 290 p.

_____1978, El Terremoto del 21 de Octubre de 1766 que afectó el Oriente Venezolano: En prensa, Caracas, Venezuela.

_____1979, Investigación sobre los sismos destructores que han afectado el oriente de Venezuela, delta del Orinoco y regiones adyacentes: Proyecto Instituto Tecnológico Venezolano del Petróleo, Febrero 1979, 2 v.

JMA Japan Meteorological Agency, Tokyo, Japan. See Bath (1967) for a description of magnitude determinations.

KAN Kanamori, Hiroo, 1977, The energy release in great earthquakes: Journal of Geophysical Research, v. 82, no. 20, p. 2981-2987.

LAO LASA array, Montana, USA. See Needham and Steele (1969) for a description of magnitude determinations.

ISC International Seismological Centre, Newbury, Berkshire, England. See Bath (1967) or the ISC Bulletins for a description of magnitude determination.

MAT Matsushiro Observatory, Japan. (Inquire through JMA.). See Bath (1967) for a description of magnitude determinations.

MOS Institute of Physics of the Earth, Moscow, USSR. See Bath (1967) for a description of magnitude determinations.

OAE Observatorio Astronómico de Quito, Ecuador. See text for a description of magnitude determinations.

PAL Lamont-Doherty Geological Observatory, Palisades, New York, USA. See Bath (1967) for a description of magnitude determinations.

PAS California Institute of Technology, Pasadena, California, USA. See Bath (1967) for a description of magnitude determinations.

PSA Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES), San Juan, Argentina. See Carmona and Castano (1973) for a description of magnitude determinations.

ROM Instituto di Geofisica Nationale, Rome, Italy. See Bath (1967) for a description of magnitude determinations.

TABLE 5--Continued

SCB Observatorio de San Calixto, La Paz, Bolivia. See Lee and Wetmiller (1978) and the text accompanying catalog for a description of magnitude determinations.

SIS Project SISAN. See Ocola (1984) for a description of magnitude determinations.

STL Cerro Santa Lucia, Santiago, Chile.

TAC National University of Mexico, Tacubaya, Mexico. See Lee and Wetmiller (1978) for a description of magnitude determinations.

UPP Seismological Institute, Uppsala, Sweden. See Bath (1967) for a description of magnitude determinations.

WCA Woodward-Clyde & Associates, 1969, Seismicity and Seismic Geology of Northwestern Venezuela, A report to the Shell Company of Venezuela, v. I and v. II.

TABLE 6--MAGNITUDE SCALE CODE

B	Body-wave magnitude (for a description of the magnitude calculation, see references in table 5 for the source listed).
E	Estimated M_s magnitude based on macroseismic data. (Chile, see text, p. 11.)
G	Local magnitude. (Bolivia, see text, p. 10.)
I	Magnitude determined from MSK-intensity data. (Peru, see text, p. 12.)
K	Magnitude converted from MSK-intensity data using Gutenberg and Richter's (1956) formula. (Ecuador, see text, p. 12.)
M	Body-wave magnitude converted from MM-intensity data. (Bolivia, see text, p. 11.)
P	Body-wave magnitude converted from PAS magnitude (Bolivia, see text, p. 10).
S	Surface-wave magnitude (for a description of the magnitude calculation, see references in table 5 for the source listed).
W	Moment magnitude (from Kanamori, 1977).

TABLE 7 - INTERPRETERS

APO Oscar Ancajima, Gudner Pinedo, Leonidas Ocola (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

AV Angel Vega B. (Observatorio San Calixto, La Paz, Bolivia).

BSSA Boletín de la Sociedad Sismológica de América.

CAR Boletín Sismológico del Observatorio Cagigal, Caracas, Venezuela.

CGS U.S. Coast and Geodetic Survey, Rockville, Maryland, USA.

CLRC Cinna Lomnitz (Universidad Autónoma de México, Ciudad de México, México)
Ramón Cabré (Observatorio San Calixto, La Paz, Bolivia).

DH Daniel Huaco (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

DIGA Personal de la Dirección Científica de Geofísica Aplicada (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

ED Ernesto Deza (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

EHAC A. Espinosa, R. Husid, S.T. Algermissen, and J. De Las Casas, 1977, The Lima earthquake of October 3, 1974: intensity distribution: Seismological Society of America Bulletin, v. 67. no. 5, p. 1429-1439.

EM Estela Minaya R. (Observatorio San Calixto, La Paz, Bolivia).

ESF Enrique Silgado (Centro Regional de Sismología para América del Sur, (CERESIS), Lima, Perú e Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Lima, Perú).

FIE Gunther Fiedler (Instituto Sismológico, Observatorio Cagigal, Dirección de Hidrografía y Navegación, Comandancia General de la Marina, República de Venezuela).

FIED Gunther Fiedler (Instituto Sismológico, Observatorio Cagigal, Dirección de Hidrografía y Navegación, Comandancia General de la Marina, República de Venezuela).

FUNV Fundación Venezolana de Investigación Sísmica, Caracas, Venezuela.

GE Gerardo Espejo (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

GF Gonzalo Fernández (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

HEYO Herd, D.G., Youd, T.L., and others, 1981, The Great Tumaco, Colombia, Earthquake of 12 December 1979, Science, v. 211, no. 4481, Jan. 1981, p. 441-445.

HLBV P. Huaco, W. Lescano, A. Bueno, M. Vásquez, J. Chávez (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

IAEP Irving Ayala y Edgar Paez (Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia).

IAG Instituto Astronomico e Geofisico, Universidade de Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil.

IGAP Personal del Instituto Geofísico, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.

ISC Bulletins of the International Seismological Centre, Newbury, Berkshire, U.K.

JCC Juan Carlos Castano, Consultor Científico (Instituto Nacional de Prevención Sísmica, San Juan, Argentina).

JE José Egred (Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador).

JELF José Egred (Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador) y Luis Fernández (Centro Regional de Sismología para América del Sur, Lima, Perú).

JEVC José Egred (Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador) y Vinicio Cáceres (Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador).

JEWC José Egred (Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador) y Wilman Costa (Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito , Ecuador).

JPGG José Pablo Grases Galofré (Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela).

JS Julio Shikiya (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

JSHA Julio Shikiya y Héctor Alemán (Instituto, Geofísico del Perú, Lima, Perú).

LF Luis Fernández (Centro Regional de Sismología para América del Sur, Lima Perú).

LFVC Luis Fernández (Centro Regional de Sismología para América del Sur, Lima, Perú) y Vinicio Cáceres (Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador).

LO Leonidas Ocola (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

LOGF Leonidas Ocola y Gonzalo Fernández (Instituto Geofísico del Perú, Lima).

LSO Walter Lescano, Julio Shikiya, Leonidas Ocola (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

MAL Alfonso Malaver (Fundación Venezolana de Investigación Sísmica, Caracas Venezuela).

MLU Miguel Lugo (Fundación Venezolana de Investigación Sísmica, Caracas Venezuela).

MV Matilde Vásquez (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

NEIS National Earthquake Information Service, Golden, Colorado, USA.

PH Porfirio Huaco (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

PHAB Porfirio Huaco y A. Bueno (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

PHAC Porfirio Huaco y A. Cancino, (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

PHTP Porfirio Huaco (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú) y Timoleón Palencia (Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia).

PMD M. Pabón, F. Maldonado, y T. Duque (Universidad General Francisco de Paula Santander, Colombia).

PRS4 Personal del Servicio Sismológico (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú), from catalog prepared by L. Ocola, 1974.

PRS5 Personal del Servicio Sismológico (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú), from catalog prepared by L. Ocola, 1975.

RAM Jesús Emilio Ramírez, S.J. (Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia) - Values given in the Rossi-Forel scale.

RH Raúl Husid (Universidad de Chile, Santiago, Chile).

ROB Catalogue of Robson (Seismic Research Unit, University of West Indies, Trinidad).

ROT Rothe, J.P., 1969, The seismicity of the earth, 1953-1965: UNESCO, Paris, p. 74.

SAL Salas, Henry (Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela).

SDO Julio Shikiya, Melquiades Damian, Leonidas Ocola (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

SSP Servicio Sismológico (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

TPRG Timoleón Palencia y J. Rafael Goberna, S.J. (Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia).

TRN Trinidad Station, Trinidad, West Indies.

UTLO Ursula Torres y Leonidas Ocola (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

VC Vinicio Cáceres (Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador).

WC Wilman Costa (Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador).

WCA Woodward-Clyde & Associates, 1969, Seismicity and Seismic Geology of Northwestern Venezuela: A Report to the Shell Company of Venezuela, v. I and v. II.

WL Walter Lescano, (Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú).

101 Information received from Enrique Silgado, Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú. Intensity values originally given on the MSK scale were converted to values on the MMI scale for this project.

102 Kausel, E., 1979, Los Terremotos de agosto 1868 y mayo 1877 que afectaron el sur de Perú y Chile: Departamento Geofísico, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

103 Greve, F., Documents on file with the Dept. of Geology and Geophysics, University of Chile, Santiago, Chile.

110 Archivo del Servicio Sismológico, Departamento de Geología y Geofísica, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

201 INPRES, 1978, Informe de las comisiones del Instituto Nacional de Prevención Sísmica que evaluaron los daños producidos por el terremoto de Caucete 23/11/1977, San Juan, Argentina.

202 Diarios y periódicos de la época.

203 INPRES, 1975, Informe de las comisiones del Instituto Nacional de Prevención Sísmica que evaluaron los daños producidos del terremoto de Orán del 17/08/1974, San Juan, Argentina.

204 INPRES, 1974, Informe de la Comisión del Instituto Nacional de Prevención Sísmica que evaluó los daños del sismo de Antofagasta de la Sierra del 23/11/73, San Juan, Argentina.

205 INPRES, 1974, Informe de la comisión del Instituto Nacional de Prevención Sísmica que evaluó los daños producidos por el terremoto de Salta - Jujuy del 23/11/73, San Juan, Argentina.

206 Volponi, F., 1969, Estudio del Terremoto del Chaco del 15 de Octubre de 1968: Ciencia e investigación, v. 25, no. 6, Buenos Aires, Argentina.

207 Volponi, F., 1967, El Terremoto de Santa Rosa (La Pampa) del 28 de Octubre de 1965: Anales Sociedad Científica Argentina, v. 184, Buenos Aires, Argentina.

208 Castano, J.C., 1977, Zonificación Sísmica de la República Argentina: INPRES, Publicación Técnica no. 5., San Juan, Argentina.

209 INPRES, 1980, Estudio desde el punto de vista sísmico de la zona de ubicación de la central nuclear Embalse; INPRES, San Juan, Argentina.

210 Gil, E.Y. and others, 1981, Estudio sísmico de la zona de emplazamiento de la central nuclear Atucha II: Enace, Argentina.

211 Harrington, H.J., 1944, Volcanes y Terremotos: Editorial Pleamar, Serie Biblioteca Conocimiento, Buenos Aires, Argentina.

212 Olsacher, J., 1935, Terremoto de Sampacho (Córdoba), 10 y 11 de Junio de 1934: Revista del Museo Provincial de Ciencias Naturales, Córdoba, Argentina.

213 Lunkenheimer, F., 1930, El Terremoto Sud-Mendocino del 30 de Mayo de 1929: Observatorio Astronómico, Universidad de La Plata, La Plata, Argentina.

214 Toscano, Padre J., 1935, Historia del Señor y la Virgen del Milagro: ?, Salta, Argentina.

215 Verdaguer, J.A., 1931, Historia Eclesiástica de Cuyo: Tipografía Salesiana, Milano, Italy.

301 Anon., 1650, Actas del Cabildo de Potosí: Archivo Nacional de Bolivia, La Paz, Bolivia.

302 Lara, M.S., 1860, Crónicas Anónimas: Archivos Universidad Santa Cruz, Santa Cruz, Bolivia.

303 Morales, J.A., 1925, Los Primeros 100 Años de La República: Sociedad Geográfica de La Paz.

305 Gormaz, F.V., 1901, Algunos naufragios, anales hidrográficos de Chile, vol. 26: Imprenta Instituto Hidrográfico de la Armada, Santiago de Chile.

306 Anon., 1884, La Industria (Diario), Días 29-Sept. - 3 y 6 - Diciembre, Sucre, Bolivia.

307 Teran, I., 1909, Yacuiba-El Terremoto de 1887: Boletín de la Oficina Nacional de Estadística, nos 49-51, La Paz, Bolivia, p. 47-48.

308 Anon., 1890, La Estrella del Oriente (Diario) , Santa Cruz, Bolivia.

309 Aspiazu, A., 1909, Nuevos datos sobre el Terremoto de 15 de Agosto: Boletín de la Oficina Nacional de Estadística, nos. 49-51, p. 47-48, La Paz, Bolivia.

310 Anon., 1931, Boletín de la Sociedad Geográfica de La Paz, no. 2.

311 Montessus de Ballore, F., 1912, Bibliografía General de Temblores y Terremotos: Sociedad Chilena de Historia y Geografía.

312 Minaya, R.E., 1982, Recopilación de Intensidades Sísmicas en Bolivia: Archivo Sisra, Observatorio San Calixto, La Paz, Bolivia.

313 Descotes, P.M., and Cabré, R., 1973, Historia Sísmica de Bolvia: Rev. Geofísica Panamericana, v. 2, no. 1, p. 251-781.

314 Anon., 1920. El Heraldo (Diario), Días 22-27 Dic., Cochabamba, Bolivia.

315 Anon., 1931, La Patria (Diario), Días 18-19 Marzo, Oruro, Bolivia.

316 Anon., 1942, El Imparcial (Diario), Día 27 Dic., Cochabamba, Bolivia.

317 Anon., 1948, La Razón (Diario), Día 4 May., La Paz, Bolivia.

318 Anon., 1958, El Diario (Diario), Día 14 Ene., La Paz, Bolivia.

319 Anon., 1959, El Pueblo (Diario), Días 20-21 Oct., La Paz, Bolivia.

320 Anon., 1962, El Mundo (Diario), Día 17 Sept., Cochabamba, Bolivia.

321 Otero, R.A., 1972, Sismo en Cochabamba, Los Tiempos, Cochabamba, Bolivia.

322 Rodríguez, R., and Vega, A., 1976, Sismo del 22 de Feb., sur Cochabamba: Publicación no. 27, San Calixto Observatory, La Paz, Bolivia, p. 1-30.

323 Vega A., 1983, Sismo de Arque-Cochabamba: Defensa Civil, La Paz, Bolivia, San Calixto Observatory, p. 1-26.

324 Cabré, R., 1976, Complementos de historia sísmica de Bolivia: Archivo San Calixto, La Paz, Bolivia.

325 Vega, A., 1983, Sismicidad Regional Andina: Archivo Sisra, Observatorio San Calixto, La Paz, Bolivia.

326 Vega, A., 1985, El sismo de Oruro de 1982: Revista de la Academia Nacional de Ciencias de Bolivia (in press), La Paz, Bolivia.

401 Silgado, E., 1946, Datos sismológicos del Perú: Instituto Geológico del Perú, Ministerio de Fomento, Dirección de Minas y Petróleo, Boletín no. 3, Lima, Perú.

402 ____ 1947, Datos sismológicos del Perú 1946: Instituto Geológico del Perú, Ministerio de Fomento, Dirección de Minas y Petróleo, Boletín no. 7, Lima, Perú.

403 ____ 1948, Datos sismológicos del Perú 1947: Instituto Geológico del Perú, Ministerio de Fomento, Dirección de Minas y Petróleo, Boletín no. 11, Lima, Perú.

404 ____ 1949, Datos sismológicos del Perú 1948: Instituto Geológico del Perú, Ministerio de Fomento, Dirección de Minas y Petróleo, Boletín no. 13, Lima, Perú.

405 ___ 1952, Datos sismológicos del Perú 1949-1950: Instituto Geológico del Perú, Ministerio de Fomento y Obras Públicas, Instituto Nacional de Investigación y Fomento Mineros, Boletín no. 4, Lima, Perú.

406 ___ 1953, Datos sismológicos del Perú 1951: Instituto Geológico del Perú, Ministerio de Fomento y Obras Públicas, Instituto Nacional de Investigación y Fomento Mineros, Boletín no. 8, Lima, Perú.

407 ___ 1957, Datos sismológicos del Perú 1952: Instituto Geológico del Perú, Ministerio de Fomento, Dirección de Minas y Petróleos, Boletín 29, Lima, Perú.

409 Bachmann, C., 1935, Fenómenos sísmicos notables habidos en Lima en los cuatrocientos años que tiene de fundada: Sociedad Geográfica de Lima, Tomo LII, Lima, Perú.

410 Barriga, V., 1951, Los terremotos de Arequipa: Tomo VII, Biblioteca "Arequipa".

411 Silgado, E., 1978, Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513-1974), Lima: Instituto de Geología y Minería, Boletín no. 3, Lima, Perú.

413 Azocar, W., 1971, Isosistas de los dos últimos terremotos de Arequipa: Tesis de Grado, Bachiller en Ciencias Geológicas, Programa de Geología, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa Perú.

415 Huaco, D., 1983, Los parámetros focales de los sismos históricos (en preparación): Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú.

416 Espejo, G., 1974, Catálogo de sismos fuertes en el Perú: Instituto Geofísico del Perú, Servicio Sismológico, Lima, Perú (Inédito).

417 Anon., 1974, Boletín Servicio Sismológico: Instituto Geofísico del Perú, Servicio Sismológico, Lima, Perú.

418 Anon., 1975, Boletín Servicio Sismológico: Instituto Geofísico del Perú, Servicio Sismológico, Lima, Perú.

419 Lomnitz, C., and Cabré, F., 1968, The Peru earthquake of October 17, 1966: Seismological Society of America Bulletin, v. 58, no. 2, p. 645-661.

420 Middendort, E.W., 1976, Observaciones y estudios del país y sus habitantes durante mi permanencia de 25 años: Tomo I, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, versión española, Lima, Perú.

421 Polo, J.T., 1898, Sinopsis de temblores y volcanes del Perú: Sociedad Geográfica de Lima, Año VIII, Tomo VIII, Lima, Perú.

422 Polo, J.T., 1904, Sinopsis de temblores del Perú: Sociedad Geográfica de Lima, Año XIV, Tomo XVI, Lima, Perú.

424 Enkeboll, W., 1971, Soil behavior and related effects in the Peru earthquake of May 31, 1970: Seismological Society of America Bulletin, v. 61, no. 3, p. 579-590.

426 Meehan, J.F., 1971, Performance of school buildings in the Peru earthquake of May 31, 1970: Seismological Society of America Bulletin, v. 61, no. 3, p. 591-608.

427 Huaco, P., Lescano, W., Bueno, A., Vásquez, M., y Chávez, J., 1975, Evaluación de intensidades sismo del 3 de octubre de 1974 en la zona de Lima Río Pisco, en Ocola, L., y Giesecke, A., Informe: Proyecto Multinacional de Ciencias de la Tierra, Organización de los Estados Americanos, Jul. 1972-Dic. 1974: Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú, v. 1, p. 256-269.

428 Espejo, G., 1975, Evaluación de intensidades y efectos geológicos asociados con el terremoto del 3 de octubre de 1974, en la zona de Pisco-Yauco, en Ocola, L., y Giesecke, A., Informe: Proyecto Multinacional de Ciencias de la Tierra, Organización de los Estados Americanos, Jul. 1972-Dic. 1974: Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú, v. 1, p. 271-285.

429 Shikiya, J., and Alemán, H., 1975, Evaluación de intensidades y daños producidos por el sismo del 3 de octubre de 1974 en la zona de San Juan, en Ocola, L. y Giesecke, A., Informe: Proyecto Multinacional de Ciencias de la Tierra, Organización de los Estados Americanos, Jul. 1972-Dic. 1974: Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú, v. 1, p. 287-299.

430 Huaco, P., 1975, Mapa de intensidades del sismo del 3 de octubre de 1974, en Ocola L. y Giesecke, A., Informe: Proyecto Multinacional de Ciencias de la Tierra, Organización de los Estados Americanos, Jul. 1972-Dic. 1974: Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú, v. 1, p. 253-254.

431 Espinosa, A., Husid, R., Algermissen, S.T., and De Las Casas, J., 1977, The Lima earthquake of October 3, 1974: intensity distribution: Seismological Society of America Bulletin, v. 67, no. 5, p. 1429-1439.

432 Deza, E., 1971, The Pariahuanca Earthquake Huancayo, Peru of July-October 1969, in Recent crustal movements: Royal Society of New Zealand Bulletin, no. 9, p. 77-83.

435 Silgado, E., 1977, Datos Sismológicos del Perú: Inédito, CERESIS, Lima, Perú.

436 Espejo, G., y Huaco, P., 1976, Datos Sismológicos, Servicio Sismológico, Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú.

437 Anon., 1973, Datos Sismológicos, Instituto Geofísico de Arequipa y Universidad San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú (datos inéditos).

438 Anon., 1973, Datos sismológicos, Dirección Científica de Geofísica Aplicada, Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú (datos inéditos).

439 Ocola, L., Shikiya, J., y Lescano, W., 1980, Intensidades del sismo del Cuzco del 3 de Junio de 1980: Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú.

440 Anon., 1982, Boletín Sismológico, 1972-1982: Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú.

801 Ramírez, J.E., S.J., 1975, Historia de los terremotos en Colombia, Bogotá, Segunda Edición: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia.

____ 1979, Terremotos colombianos de noviembre 23 y diciembre 12 de 1979: Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

802 Fiedler, G., 1961, Areas afectadas por terremotos en Venezuela: Boletín de Geología, Tomo 4, Publicación Especial no. 3, Caracas, Venezuela.

803 Prensa Periódica archivada en el Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

804 Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, documentación conservada en su archivo.

805 Goberna, J.R., S.J., y Ramírez, J.E., S.J., 1980, Terremotos Colombianos de noviembre 23 y diciembre 12 de 1979: Informe Preliminar, Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Universidad Javeriana Bogotá, Colombia.

806 Ramírez, J.E., S.J., Goberna, J.R., S.J., y otros, 1943-1977, Boletines sísmicos de las estaciones sismológicas colombianas, 1943 y 1968. Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

807 Singer, A., Malaver, A., y otros, 1982, El sismo del Tachira del 18 de octubre de 1981: Fundación Venezolana de Investigación Sísmica, Caracas, Venezuela.

808 Informes especiales conservados en el archivo del Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

809 Pabón, M., Maldonado, F., y Duque, T., 1982, Trabajo de grado sobre el terremoto de Cucutá, octubre 17 de 1981: Universidad General Francisco de Paula Santander, Cucutá, Colombia.

810 Pabón, M., Maldonado, F., y Duque, T., 1982, Trabajo de Grado Sobre el Terremoto de Cucutá, octubre 17 de 1981: Universidad General Francisco de Paula Santander, Cucutá, Colombia.

811 Pabón, M., Maldonado, F., y Duque, T., 1982, Trabajo de Grade Sobre el Terremoto de Cucutá, octubre 17 de 1981: Universidad General Francisco de Paula Santander, Cucutá, Colombia.

901 Wolf, T., 1904, Crónica de los fenómenos volcánicos y terremotos en el Ecuador; 2da. Edición, bajo inspección de Augusto N. Martínez, Imprenta de la Universidad Central, Quito, Ecuador.

902 Cevallos, P.F., Terremotos y temblores que padecieron las poblaciones, Resumen de la Historia del Ecuador, Tomo II, Municipio de Quito, Imprenta Municipal.

903 Libros de Cabildo de la Ciudad de Quito. Manuscritos originales de las Actas de Cabildo de la Ciudad de Quito, a partir de su fundación; Años 1645, 1675, 1775; Archivo Histórico Municipal; Quito, Ecuador.

904 Chávez, F.M., Crónicas de Guayaquil Antiguo. Clásicos Ariel No. 41, 2da. Edición, Concejo de Guayaquil, Imprenta y talleres Municipales, 1944, Guayaquil, Ecuador.

905 Archivo Nacional de Historia, año 1662. Casa de la Cultura Ecuatoriana, Quito, Ecuador.

906 Archivo Nacional de Historia, qño 1698. Casa de la Cultura Ecuatoriana, Quito, Ecuador.

909 Varios, 1963, Cuadernos Monográficos de Chimbo; Casa de la Cultura Ecuatoriana, Quito, Ecuador.

910 1958, Breve Historia de los Principales Terremotos en el Ecuador; Observatorio Astronómico de Quito, Quito, Ecuador.

911 Velasco, V.P., 1930, Monografía de Baños; Provincia del Tungurahua, Talleres Tipográficos Nacionales, Quito, Ecuador.

912 Archivo Histórico del Convento de San Francisco; Convento de San Francisco, Quito, Ecuador.

914 González, S.F., Historia General de la República del Ecuador, Tomos III al V, Casa de la Cultura Ecuatoriana, 1969, Quito, Ecuador.

915 "El Seis de Marzo", (Periódico Oficial), No. 304 de 4 de Mayo de 1859, Hemeroteca del Banco Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

916 "El Nacional", (Periódico Oficial), Mayo 23 de 1868 - Agosto de 1868 (En ese periódico se publicó toda la correspondencia oficial acerca del terremoto de ese año), Hemeroteca del Banco Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

917 "El Grito del Pueblo", Diario Guayaquileño, Hemeroteca de la Biblioteca Nacional, Quito; Hemeroteca de la Biblioteca Aurelio Espinosa Pólit.

919 Observatorio Astronómico de Quito, Quito, Ecuador.

920 "El Comercio", (Diario), Hemeroteca de la Biblioteca Nacional, Hemeroteca de la Biblioteca Aurelio Espinosa Pólit, Quito, Ecuador.

921 Archivo de Recortes de Prensa, Varios años y recortes tomados de diferentes periódicos, a partir de 1938, Observatorio Astronómico de Quito, Quito, Ecuador.

922 Sawer, W., informe del Terremoto del Valle de los Chillos, copia mecanografiada, original (no es una publicación).

923 Libros de Cabildos de la ciudad de Quito, Años 1645, 1675, 1775.

926 Archivo Nacional de Historia, Años 1786, 1797 y 1868.

REFERENCES CITED

Bath, M., 1967, Handbook on earthquake magnitude determinations: Seismological Institute, Uppsala, Sweden, 114 p.

Carmona, J.S., and Castano, J.C., 1973, Seismic risk in South America to the south of 20 degrees, in Proceedings of the fifth world conference on earthquake engineering, 1973: Ministry of Public Works, Rome, Italy.

Duda, J., 1970, Travel time and body wave magnitude: St. Louis University, St. Louis, Mo., Contract no. AF 19(628)-5100.

Flinn, E.A., Engdahl, E.R., and Hill, A.R., 1974, Seismic and geographical regionalization: Seismological Society of America Bulletin, v. 64, no. 3, p. 771-993.

Gutenberg, B., and Richter, C.F., 1954, Seismicity of the earth and associated phenomena: Princeton University Press, Princeton, N.J., 310 p.

_____1956, Earthquake magnitude, intensity, energy, and acceleration: Seismological Society of America, v. 46, 131 p.

Kanamori, H., 1977, The energy release in great earthquakes: Journal of Geophysical Research, v. 82, no. 20, p. 2981-2987.

Lee, W.H.K., and Wetmiller, R.J., 1978, Survey of practice in determining magnitudes of near earthquakes, part 1: North, Central, and South America: Report SE-9, World Data Center A for Solid Earth Geophysics, NOAA, Boulder, Colo., 102 p.

Medvedev, S.V., and Sponheuer, W., 1969, Scale of seismic intensity in Proceedings of the fourth world conference on earthquake engineering, 1969: Chilean Association on Seismology and Earthquake Engineering, Santiago, Chile, p. A2-143 - A2-153.

Needham, R., and Steele, A., 1969, Montana LASA data analysis techniques: S-110-33, Ford Aerospace and Communications, Billings, Mont., 26 p.

Ocola, L., Catalogo de intensidades macrosismicas del Perú, 1471-1981, Memoria Explicativa, 1984, Macroseismic hypocenters of Bolivia - Colombia - Ecuador - Perú, 1471-1981: Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú, in preparation.

Silgado F.E., 1985, Destructive earthquakes of South America 1530-1894: Earthquake Mitigation Program in the Andean Region, vol. 10, CERESIS, Lima, Perú.

U.S. Defense Mapping Agency, Political map of South America: North and south sheets, 1:5,000,000, Series 1106, Edition 4.

Wood, H.O., and Neuman, F., 1931, Modified Mercalli intensity scale of 1931: Seismological Society of America Bulletin, v. 21, p. 277-283.