



Universidad de San Carlos de Guatemala
Escuela de Ciencias Físicas y Matemáticas
Departamento de Física

**ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA TIPO
ENJAMBRE REGISTRADA DURANTE EL PERIODO
1979 AL 2013 EN EL DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA**

Hugo Leonel Pinillos Guevara

Supervisado por Lic. Robin Onelio Yani Quiyuch

Guatemala, mayo de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



ESCUELA DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

**ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA TIPO
ENJAMBRE REGISTRADA DURANTE EL
PERIODO 1979 AL 2013 EN EL DEPARTAMENTO
DE SANTA ROSA**

INFORME DEL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
PRESENTADO A LA JEFATURA DEL
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
POR

HUGO LEONEL PINILLOS GUEVARA
SUPERVISADO POR LIC. ROBIN ONELIO YANI QUIYUCH

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN FÍSICA APLICADA

GUATEMALA, MAYO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS



CONSEJO DIRECTIVO

DIRECTOR M.Sc. Edgar Anibal Cifuentes Anléu
SECRETARIO ACADÉMICO Ing. José Rodolfo Samayoa Dardón

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

EXAMINADOR M.Sc. Osmar Hernández Aguilar
EXAMINADOR Lic. Robin Yani Quiyuch
EXAMINADOR Ing. Omar Flores



Universidad de San Carlos de Guatemala
Escuela de Ciencias Físicas y Matemáticas



Ref. D.DTG. 004-2018
Guatemala 23 de mayo de 2018

El Director de la Escuela de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Coordinador de la Licenciatura en Física Aplicada, al trabajo de graduación Titulado: **ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA TIPO ENJAMBRE REGISTRADA DURANTE EL PERIODO 1979 AL 2013 EN EL DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA** presentado por el estudiante universitario **Hugo Leonel Pinillos Guevara**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRIMASE.

MsC. Edgar Anibal Cifuentes Anleu
Director



Escuela de Ciencias Físicas y Matemáticas

AGRADECIMIENTOS

A mi familia

En especial a mi mamá, Silvia María Concepción Guevara Castillo, y mi papá, Hugo Leonel Pinillos Brocke, por darme la vida y por estar siempre pendientes de mi educación y formación. A mis hermanos Silvia María y Juan Pablo Pinillos Guevara que a pesar de las diferencias siempre nos hemos apoyado el uno al otro. A mis abuelitos maternos, Paco[†] y Chonita, también gracias por hacer de su casa un segundo hogar durante mi niñez y adolescencia; y a mis abuelitos paternos, Beto y Miki, por su cariño y estar siempre pendientes de mí. Por último, a mis demás familiares gracias por el apoyo y cariño brindado.

A mi asesor

El Lic. Robin Yani, en agradecimiento por la paciencia y apoyo que me brindó durante el Ejercicio Profesional Supervisado.

A mis compañeros del Departamento de Servicios Geofísicos del INSIVUMEH

Especialmente a mi jefe Don Oscar Porras, un gran ser humano con el cual he podido compartir mañanas y tardes de pláticas acompañadas de un buen café, a Carla Chun por la elaboración de los mapas geológicos del Departamento de Santa Rosa incluidos en este trabajo, y a mi también compañero de la licenciatura en física aplicada, Amilcar Roca, por haberme brindado su ayuda durante el proceso de capacitación en el manejo del software sismológico SEISAN y por alentarme a querer terminar este informe final de EPS. Por último, agradezco también a los demás compañeros de trabajo por el apoyo brindado.

DEDICATORIA

En memoria de mi abuelito Paco[†] por sus invaluables servicios prestados al Estado en el campo de la ingeniería civil.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XV
LISTA DE SÍMBOLOS	XVII
JUSTIFICACIÓN	XIX
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. Marco Teórico	1
1.1. Definición de terremoto	1
1.1.1. Clasificación de terremotos	1
1.2. Tipos de Secuencias Sísmicas	2
1.2.1. Secuencia Sísmica Tipo I (sismo principal-réplicas)	3
1.2.1.1. Ley de Omori	3
1.2.2. Secuencia Sísmica Tipo II (premonitores-sismo principal-réplicas	4
1.2.3. Secuencia Sísmica Tipo III (enjambre sísmico)	4
1.3. Modelos de recurrencia y ocurrencia temporal	5
1.3.1. Modelo de recurrencia sísmica de Gutenberg-Richter	5
1.3.2. La distribución de Poisson y su aplicación en la estadística de los terremotos	7
1.4. Marco tectónico de la República de Guatemala	8
1.5. La Red Sísmica Nacional	11
1.6. Marco geotectónico de los cuadrángulos de Nueva Santa Rosa y Cuilapa	12
1.6.1. Geología	12
1.6.2. Zonas de volcanes inactivos de Santa Rosa	15

1.6.3. Fallamientos locales en los cuadrángulos de Nueva Santa Rosa y Cuilapa	17
2. Diseño Metodológico del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S)	21
2.1. Sistema de Análisis Sismológico (SEISAN)	21
2.1.1. Picado de fases y localización de hipocentros con el programa EEV	22
2.1.2. Selección y extracción de los registros sísmicos con los programas SELECT y boletín	25
2.2. Elaboración y Homogeneización del catálogo sísmico	26
2.3. El ambiente de programación estadística R	29
2.3.1. Herramientas de R para el análisis de la distribución de frecuencia-magnitud (GRTo)	29
2.3.1.1. Estimación de la magnitud de completitud M_c	29
2.3.1.2. Estimación del b -value por regresión de las medianas repetidas	31
2.4. Sistemas de Información Geográfica (SIG)	32
3. Resultados	33
3.1. Análisis de la distribución espacio-temporal de la actividad sísmica tipo enjambre en el Departamento de Santa Rosa	33
3.1.1. Enjambre Sísmico registrado del 12 de agosto de 1979 al 23 de junio de 1980	33
3.1.2. Enjambres Sísmicos de 1981	35
3.1.2.1. Enjambre sísmico registrado en marzo de 1981	35
3.1.2.2. Enjambre sísmico registrado del 15 de noviembre al 29 diciembre de 1981	38
3.1.3. Enjambre Sísmico registrado del 1 de enero al 19 mayo de 1982 .	39
3.1.4. Enjambre Sísmico registrado del 4 de mayo al 24 de diciembre de 1986	40
3.1.5. Enjambre Sísmico registrado del 1 de abril al 19 de junio de 1993	43
3.1.6. Enjambre Sísmico registrado del 4 de abril al 20 de mayo del 2009	45
3.1.7. Enjambre sísmico registrado en marzo del 2011	47
3.1.8. Enjambre sísmico registrado del 19 de julio al 29 de noviembre del 2011	49
3.2. Magnitud mínima de completitud M_c del catálogo sísmico de Santa Rosa en el periodo (1979-2013).	51

3.3. Análisis de la distribución de Gutenberg-Richter de la sismicidad en Santa Rosa	55
Discusión de los Resultados	67
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	71
BIBLIOGRAFÍA	73
APÉNDICE A	77
APÉNDICE B	97
APÉNDICE C	101
APENDICE D	115

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1. Clasificación de terremotos. Fuente: imagen tomada de <i>Bautista</i> [2016].	2
1.2. Los tres tipos de secuencias sísmicas clasificados por <i>Mogi</i> [1963]. Fuente: Imagen tomada de [<i>Benoit y McNutt</i> , 1996].	5
1.3. Distribución de frecuencia-magnitud (DFM) de eventos sísmicos detectados por la red instrumental del estado de Veracruz, México durante el período (1910-2008) con magnitud de completitud $M_c = 2.7$, $b = 0.695 \pm 0.02$ y actividad sísmica anual $a = 3.19$. Fuente: Imagen tomada de <i>Pérez</i> [2009].	7
1.4. Distribución de probabilidades de Poisson.	8
1.5. Tectónica de Centroamérica. Fuente: Imagen tomada de <i>Benito et al.</i> [2009].	9
1.6. Mapa geológico estructural del sur de México y el norte de Centroamérica. AC - anticlinal Altos Cuchumatanes; CH - anticlinal Chicomuselo; R - provincia de fallas inversas; SS - provincia de fallas de desgarre (strike-slip). Fuente: Imagen tomada de [<i>Guzmán-Speziale</i> , 2010].	10
1.7. Distribución de estaciones sismológicas de la red analógica. A través del tiempo la configuración de la Red Sísmica Nacional (RSNa) a variado con respecto al número de estaciones analógicas. Fuente: INSIVUMEH.	13
1.8. Distribución de estaciones sismológicas de la red digital. El número de estaciones digitales en operación de la RSNa también ha variado con el tiempo. Fuente: INSIVUMEH.	14

1.9.	Mapa de las zonas volcánicas en el Departamento de Santa Rosa. La región elíptica discontinua representa el contorno aproximado de la caldera de Santa Rosa de Lima. Los triángulos representan conos cineríticos; aquellos acompañados de signos de interrogación son posibles conos enterrados por tefra más joven. Las tres letras en el mapa representan abreviaturas de los nombres de los cuadrángulos en el área sureste de Guatemala: Amatitlán; Brito; Chiquimulilla; Cuilapa; Guanagazapa; Ciudad de Guatemala; Laguna de Ayarza; Mataquesuintla; Moyuta; Nueva Santa Rosa; Oratorio; Sanarate; San José Pinula; San Juan Sacatepéquez; San Pedro Ayampúc. Fuente: Imagen tomada de [Reynolds, 1987].	16
1.10.	Mapa geológico (<i>no actualizado</i>) de Santa Rosa. Fuente: Imagen tomada de [Chavarría, 1999].	19
2.1.	Diagrama de árbol que representa la estructura del directorio SEISMO. Fuente: <i>Havskov y Ottemöller</i> [2001].	22
2.2.	Captura de pantalla del formato del programa EEV en SEISAN. Fuente: INSIVUMEH.	24
2.3.	Ejemplo de un registro sísmico analizado con el programa EEV. Fuente: INSIVUMEH.	25
2.4.	Captura de pantalla del formato del programa SELECT de SEISAN. Fuente: INSIVUMEH.	27
2.5.	Captura de pantalla de registros sísmicos seleccionados con SELECT. Fuente: INSIVUMEH.	27
2.6.	Formato de un boletín sismológico elaborado en SEISAN.	28
3.1.	Distribución espacial de los eventos localizados desde mediados de agosto de 1979 del extenso enjambre sísmico registrado en Santa Rosa. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.	34
3.2.	Distribución espacial de los eventos localizados hasta el 23 de junio de 1980 del extenso enjambre sísmico registrado en Santa Rosa. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.	35
3.3.	Distribución temporal de todos los eventos localizados durante el extenso enjambre sísmico registrado desde mediados de agosto de 1979 hasta el 23 de junio de 1980.	35

3.4. Distribución según la magnitud M_L de todos los eventos localizados durante el extenso enjambre sísmico registrado desde mediados de agosto de 1979 hasta el 23 de junio de 1980.	36
3.5. Distribución según la magnitud y profundidad de todos los eventos localizados durante el extenso enjambre sísmico registrado desde mediados de agosto de 1979 hasta el 23 de junio de 1980.	36
3.6. Distribución espacial de los epicentros localizados durante los enjambres sísmicos registrados en 1981. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.	37
3.7. Distribución temporal de los eventos localizados durante los dos enjambres sísmicos registrados en 1981.	37
3.8. Distribución de los eventos sísmicos según la magnitud local M_L del enjambre registrado en marzo de 1981.	38
3.9. Distribución según la magnitud M_L y profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en marzo de 1981.	38
3.10. Distribución según la magnitud local M_L de los eventos localizados durante el enjambre registrado del 15 de noviembre al 29 de diciembre de 1981.	39
3.11. Distribución según la magnitud M_L y profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado del 15 de noviembre al 29 de diciembre de 1981.	40
3.12. Distribución espacial de los epicentros localizados durante el enjambre sísmico registrado del 1 de enero al 19 de mayo de 1982. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.	41
3.13. Distribución temporal de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado del 1 de enero al 19 de mayo de 1982.	41
3.14. Distribución según la magnitud local M_L de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado del 1 de enero al 19 de mayo de 1982.	42
3.15. Distribución según la magnitud local M_L y profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado del 1 de enero al 19 de mayo de 1982.	42

3.16. Distribución espacial de los epicentros localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 4 de mayo al 24 de diciembre de 1986. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.	43
3.17. Distribución temporal de los eventos sísmicos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 4 de mayo al 24 de diciembre de 1986.	43
3.18. Distribución según la magnitud de duración coda M_d de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 4 de mayo al 24 de diciembre de 1986.	44
3.19. Distribución según la magnitud M_d y la profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 4 de mayo al 24 diciembre de 1986.	44
3.20. Distribución espacial de los epicentros localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 1 de abril al 19 de junio de 1993. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.	45
3.21. Distribución temporal de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 1 de abril al 19 de junio de 1993.	46
3.22. Distribución según la magnitud M_d de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 1 de abril al 19 de junio de 1993.	46
3.23. Distribución la magnitud M_d y la profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 1 de abril al 19 de junio de 1993.	47
3.24. Distribución espacial de los epicentros localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 4 de abril al 20 de mayo de 2009. Mapa de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.	47
3.25. Distribución temporal de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 4 de abril al 20 de mayo de 2009.	48
3.26. Distribución según la magnitud M_d de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 4 de abril al 20 de mayo de 2009.	48
3.27. Distribución según la magnitud M_d y la profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 4 de abril al 20 de mayo de 2009.	49

3.28. Distribución espacial de los epicentros localizados ruante el enjambre sísmico registrado en marzo de 2011. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.	49
3.29. Distribución temporal de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en marzo de 2011.	50
3.30. Distribución según la magnitud M_d de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en marzo de 2011.	50
3.31. Distribución la magnitud M_d y la profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en marzo del 2011.	51
3.32. Distribución espacial de los epicentros localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 17 de julio al 29 de noviembre de 2011. Mapa de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.	52
3.33. Distribución temporal de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 17 de julio al 29 de noviembre de 2011.	52
3.34. Distribución la magnitud M_d de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 17 de julio al 29 de noviembre de 2011.	53
3.35. Distribución según la magnitud M_d y la profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado del 17 de julio al 29 de noviembre de 2011.	53
3.36. Distribuciones de frecuencia-magnitud e histogramas de las magnitudes de discontinuidad para el catálogo de enjambres sísmicos del Departamento de Santa Rosa durante el periodo (1979-2013). (a) DFM's cumulativa (círculos) e incremental (triángulos). (b) Histograma indicando la discontinuidad principal (magnitud de completitud m_0) obtenida de 5000 réplicas con el método de <i>Amorése</i> [2007]. (c) Lo mismo que en (b) pero para la discontinuidad auxiliar.	55
3.37. (a) Distribuciones de frecuencia-magnitud e histogramas de las magnitudes de discontinuidad de toda la sismicidad registrada en el Departamento de Santa Rosa durante el periodo (1979-2013). (a) DFM's cumulativa (círculos) e incremental (triángulos). (b) Histograma indicando la discontinuidad principal (magnitud de completitud m_0) obtenida de 5000 réplicas con el método de <i>Amorése</i> [2007]. (c) Lo mismo que en (b) pero para la discontinuidad auxiliar.	56

3.38. (a) Distribuciones de frecuencia-magnitud e histogramas de las magnitudes de discontinuidad de eventos independientes registrados en el Departamento de Santa Rosa durante el periodo (1979-2013). (a) DFM's cumulativa (círculos) e incremental (triángulos). (b) Histograma indicando la discontinuidad principal (magnitud de completitud m_0) obtenida de 5000 réplicas con el método de <i>Amorése</i> [2007]. (c) Lo mismo que en (b) pero para la discontinuidad auxiliar.	57
3.39. Distribución de frecuencia-magnitud incremental y recta de ajuste con pendiente $b = 1.60 \pm 0.17$ estimada para la actividad sísmica tipo enjambre de Santa Rosa entre agosto de 1979 a junio de 1980.	58
3.40. Distribución de frecuencia-magnitud incremental y recta de ajuste con pendiente $b = 0.91 \pm 0.56$ estimada para la actividad sísmica tipo enjambre de Santa Rosa entre noviembre y diciembre de 1981.	59
3.41. Distribución de frecuencia-magnitud incremental y recta de ajuste con pendiente $b = 1.38 \pm 0.47$ estimada para la actividad sísmica tipo enjambre de Santa Rosa entre enero y mayo de 1982.	60
3.42. Distribución de frecuencia-magnitud incremental y recta de ajuste con pendiente $b = 0.83 \pm 0.16$ estimada para la actividad sísmica tipo enjambre de Santa Rosa entre mayo y diciembre de 1986.	61
3.43. Distribución de frecuencia-magnitud incremental y recta de ajuste con pendiente $b = 1.47 \pm 0.17$ del enjambre sísmico entre abril y junio de 1993.	62
3.44. Distribución de frecuencia-magnitud incremental y recta de ajuste con pendiente $b = 1.12 \pm 0.12$ estimada para la actividad sísmica tipo enjambre de Santa Rosa entre abril y mayo del 2009.	63
3.45. Distribución de frecuencia-magnitud no acumulativa y recta de ajuste con pendiente $b = 1.71 \pm 0.11$ estimada para la actividad sísmica tipo enjambre de Santa Rosa durante el periodo julio a noviembre del 2011.	64
3.46. Distribución de frecuencia-magnitud de todos los enjambres sísmicos del periodo (1979-2013).	64
3.47. Distribución de frecuencia-magnitud de todos los eventos independientes.	65
3.48. Distribución de frecuencia-magnitud del catálogo total.	65

A1.	Distribución espacial de los epicentros localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 1 de enero al 22 de mayo de 1984. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.	77
A2.	Distribución temporal de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 1 d de enero al 22 de mayo de 1984.	78
A3.	Distribución según la magnitud M_d de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 1 de enero al 22 de mayo de 1984.	78
A4.	Distribución según la magnitud M_d y la profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 1 de enero al 22 de mayo de 1984.	79
A5.	Distribución de epicentros localizados durante los enjambres sísmicos registrados en los periodos de enero y entre marzo a mayo de 1985. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.	79
A6.	Distribucion temporal de los eventos localizados durante los enjambres sísmicos registrados en los periodos de enero y entre marzo a mayo de 1985.	80
A7.	Distribucion según la magnitud M_d de los eventos localizados durante los enjambres sísmicos registrados en enero y entre marzo a mayo de 1985.	80
A8.	Distribucion según la magnitud M_d y la profundidad de los eventos localizados durante los enjambres sísmicos regsitrados en enero y entre marzo a mayo de 1985.	81
A9.	Distribución espacial de los epicentros localizados durante el enjambre sísmico registrado en diciembre de 1992. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.	81
A10.	Distribución temporal de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en diciembre de 1992.	82
A11.	Distribución según la magnitud M_d de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en diciembre de 1992.	82
A12.	Distribución según la magnitud M_d y la profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en diciembre de 1992.	83

A13. Distribución espacial de los epicentros localizados durante el enjambre sísmico registrado en enero de 1994. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.	83
A14. Distribución temporal de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en enero de 1994.	84
A15. Distribución según la magnitud M_d de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en enero de 1994.	84
A16. Distribución según la magnitud M_d y la profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en enero de 1994.	85
A17. Distribución espacial de los epicentros localizados durante el enjambre sísmico registrado del 11 al 16 de julio de 1999. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.	85
A18. Distribución temporal de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado del 11 al 16 de julio de 1999.	86
A19. Distribución según la magnitud M_d de los eventos localizados durante enjambre sísmico registrado del 11 al 16 de julio de 1999.	86
A20. Distribución según la magnitud M_d y la profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado del 11 al 16 de julio de 1999.	87
A21. Distribución espacial de los epicentros localizados durante el enjambre sísmico registrado en septiembre del 2000. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.	87
A22. Distribución temporal de los eventos localizados durante enjambre sísmico registrado en septiembre del 2000.	88
A23. Distribución según la magnitud M_d de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en septiembre del 2000.	88
A24. Distribución según la magnitud y la profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en septiembre del 2000.	89
A25. Distribución espacial de los epicentros localizados durante el enjambre sísmico registrado del 5 al 29 de junio de 2002. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.	89
A26. Distribución temporal de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado del 5 al 29 de junio de 2002.	90
A27. Distribución según la magnitud M_d de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado del 5 al 29 de junio de 2002.	90

A28. Distribución según la magnitud M_d y la profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado del 5 al 29 de junio del 2002.	91
A29. Distribución espacial de los epicentros localizados durante el enjambre sísmico registrado en diciembre de 2007. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.	91
A30. Distribución temporal de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en diciembre de 2007.	92
A31. Distribución la magnitud M_d de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en diciembre de 2007.	92
A32. Distribución según la magnitud M_d y la profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en diciembre de 2007.	93
A33. Distribución espacial de los epicentros localizados durante el enjambre sísmico registrado en marzo de 2013. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.	93
A34. Distribución temporal de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en marzo de 2013.	94
A35. Distribución según la magnitud M_d de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en marzo de 2013.	94
A36. Distribución según la magnitud M_d y la profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en marzo de 2013.	95

ÍNDICE DE TABLAS

1.1. Modelo unidimensional cortical de velocidades para sismicidad local y regional propuesto para la Red Sísmica Nacional del INSIVUMEH.	12
2.1. Número de eventos sísmicos medidos con magnitud local y magnitud coda que ocurrieron en Santa Rosa entre 1979 y 2013.	28
3.1. Valores obtenidos de las magnitudes M_c y $M_{Aux.}$ para la sismicidad en el Departamento de Santa Rosa durante el periodo (1979-2013). El valor de la discontinuidad principal representa la magnitud mínima de completitud de cada catálogo sísmico.	54
3.2. Tabla de <i>b-values</i> para enjambres sísmicos registrados en el Departamento de Santa Rosa entre 1979 a 2013 con más de 100 eventos sísmicos localizados y almacenados en los catálogos de la base de datos del INSIVUMEH.	61
3.3. Tabla de b-values estimados de toda la actividad sísmica registrada en la región de estudio durante el periodo 1979 a 2013. Fuente de datos: base de datos del INSIVUMEH.	62
B1. Tabla de datos de las actividades tipo enjambre analizadas para el Departamento de Santa Rosa durante el periodo (1979-1982).	98
B2. Tabla de datos de las actividades tipo enjambre analizadas para el Departamento de Santa Rosa durante el periodo (1984-2013).	99
D1. Sísmos localizados durante el ejercicio profesional supervisado.	115

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
$N(t)$	Número de replicas que decaen en el tiempo.
K, c, p	constantes; Ley de Omori.
t	tiempo.
$N(t, V)$	Numero de eventos cumulativos de la relación de Gutenberg-Richter.
a	productividad anual de sismos.
b	<i>b-value</i> .
M	magnitud.
n	número incremental de eventos de la relación de Gutenberg-Richter; serie de magnitudes. $p(n; t, \tau)$ probabilidad de que ocurran n eventos en ventanas de espacio y tiempo.
τ	tiempo de recurrencia promedio.
$x!$	factorial de un número x .
λ	tasa promedio de ocurrencia.
$\log x$	función logaritmo de base 10 de x .
M	magnitud.
M_c	magnitud mínima de completitud.
$M_{Aux.}$	discontinuidad auxiliar.
M_L	magnitud local
M_d	magnitud de onda coda (o duración).
M_w	magnitud de momento.
M_i	magnitud del i -ésimo punto.
<i>coda</i>	longitud de la onda coda en segundos.
Δ	distancia epicentral.
B	Número de repeticiones del bootstrap.
$s(M_i)$	segmento de pendiente en el i -ésimo punto de magnitud.
$W = SR_i$	suma de los rangos en el punto i .

Símbolo	Significado
SA_i	suma de los rangos ajustada en el punto i .
\sum	símbolo de sumatoria.
$Med[s(M_i)]$	mediana del segmento de pendiente hasta el punto i .
B	número de réplicas del bootstrap.
$SE(b)$	error estándar del b -value
N, S, E, O	puntos cardinales.
NNE, SSO	nor-noreste, sur-sureste
NNO, SSE	nor-noroeste, sur-sureste.

JUSTIFICACIÓN

El territorio departamental de Santa Rosa siempre se ha caracterizado por su alto grado de actividad sísmica. En especial, por la frecuencia de enjambres sísmicos destructivos que han ocurrido a lo largo de su historia. Según *White et al.* [1980] este tipo de actividad observada, generalmente, inicia con sismos pequeños, luego continúa con sismos de magnitud grande y culmina con dos o tres terremotos destructivos seguido de un rápido decaimiento en la sismicidad. Entre los períodos de actividad tipo enjambre, caben destacar: (1) el enjambre sísmico entre finales de agosto del año 1979 y julio de 1980, y (2) el enjambre sísmico entre mediados de julio y noviembre del año 2011.

A mediados de agosto de 1979, el INSIVUMEH detectó un aumento en la microsismicidad cerca de la región del volcán Cerro Cruz Quemada. Como respuesta se instalaron dos estaciones sísmicas telemétricas para tener un mejor control en el área epicentral. Entre finales de agosto y principios de septiembre un enjambre sísmico causó alarma en la población. Se cree que esta actividad fue el resultado de movimientos de magma cerca de la superficie del volcán inactivo Cerro Cruz Quemada, originados por la activación de fallas normales que aparecen en mapas geológicos del área. De acuerdo a registros del catálogo del INSIVUMEH, se contabilizaron más de 40,000 eventos sísmicos hasta junio de 1980. El único terremoto de esta actividad, que se conoce causó daños materiales, fue el del 9 de octubre de 1979 a las 01:49 horas, con una magnitud M5.0; este terremoto destruyó 150 casas en la región central del departamento [*White et al.*, 1980].

Chavarría et al. [1999] considera que los sistemas de fallas que influyen en el departamento de Santa Rosa son una amenaza directa e indirecta para la región, en especial, las que se encuentran dentro de la misma, independientemente de si las magnitudes de los eventos son menores y sus hipocentros son poco profundos, además de ser muchos más frecuentes y cercanos a regiones pobladas. Por lo tanto,

es indispensable que las instituciones científicas y gubernamentales dedicadas a la sismología y sus efectos realicen estudios actuales con registros de catálogos lo más completos posibles, de enjambres sísmicos en la región de Santa Rosa con el objetivo de aportar información a futuras investigaciones de amenaza sísmica en el área estudiada.

OBJETIVOS

General

Procesar y analizar los registros de actividades sísmicas tipo enjambre que ocurrieron durante el periodo 1979 al 2013 en el departamento de Santa Rosa para complementar la base de datos sismológica existente para dicha zona y con ella analizar modelos matemáticos y estadísticos que estimen la tasa de ocurrencia de eventos en función de su magnitud, para su posible uso en estudios de amenaza sísmica.

Específicos

1. Utilizar el software de análisis sismológico SEISAN para identificar fases sísmicas, localizar y estimar las magnitudes de los registros sísmicos correspondientes a actividades sísmicas tipo enjambre detectados en Santa Rosa.
2. Calcular con técnicas estadísticas y evaluativas el valor de la magnitud mínima de completitud y la pendiente b de la relación de Gutenberg-Richter para distintos periodos de actividad sísmica en el departamento de Santa Rosa.
3. Describir la actividad sísmica tipo enjambre en el departamento de Santa Rosa.
4. Generar información útil para su aplicación en estudios de amenaza sísmica en la región de Santa Rosa.

INTRODUCCIÓN

El área del departamento de Santa Rosa es una región sísmica caracterizada por la ocurrencia de enjambres sísmicos. Artículos de investigación sobre el área han sido documentados por técnicos del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) [*White et al.*, 1980], y además, por personal técnico del INSIVUMEH en 1980; existe también documentación del Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET) de El Salvador [*Torres*, 2011]. El trabajo de *White et al.* [1980] llegó a determinar, a través de estudios de intensidad, análisis de la distribución espacio-temporal de la sismicidad y a través de la estimación del mecanismo focal, el tipo de fuente sísmica que provocó el extenso enjambre sísmico entre mediados de agosto de 1979 y finales de junio de 1980.

En este trabajo se amplía la información sobre éste y otros enjambres sísmicos de años posteriores (hasta el 2013), el cual presenta los análisis de la distribución espacio-temporal, la distribución de magnitudes, la distribución de los eventos según la magnitud y la profundidad y la aplicación de algoritmos computacionales basados en técnicas de estadística no paramétrica para estimar parámetros utilizados en estudios de sismicidad, sismotectónica y de amenaza sísmica.

El primer capítulo aborda la información teórica recopilada durante la fase de investigación del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), repasando algunas definiciones ya conocidas en Geofísica, y por otra parte, se menciona una breve descripción de la Red Sísmica Nacional del INSIVUMEH, así como del marco tectónico de la región del territorio de la República de Guatemala y del Departamento de Santa Rosa. En el segundo capítulo, se describe la metodología que se trabajó durante el EPS y también se hace una descripción del ambiente de programación estadística R y sobre las herramientas utilizadas para realizar los cálculos de la magnitud mínima de reporte homogéneo y el *b*-value de la relación de Gutenberg-Richter. También se describe brevemente sobre los sistemas de información geográfica y el software que

se utilizó para hacer los mapas geológicos de Santa Rosa. Por último, en el capítulo 3 se presenta el análisis de los resultados obtenidos durante la investigación.

1. Marco Teórico

1.1. Definición de terremoto

Cuando una placa tectónica está en movimiento relativo con su placa vecina, distintos factores pueden contribuir a una acumulación continua de esfuerzos, tales como, la deformación de rocas en el límite de ambas placas, el aumento del gradiente de temperatura por el deslizamiento de una placa bajo la otra (proceso de subducción), entre otros [Kulhanek, 1990]. Si (por determinadas condiciones) el esfuerzo aplicado sobre las rocas en el plano de falla supera la fuerza elástica, las rocas pueden sufrir una deformación plástica sin retornar a su estado físico original; y si el esfuerzo aplicado crece aún más, las rocas llegan a un punto de fractura a lo largo del plano de falla liberando energía elástica la cual produce vibraciones en el suelo conocidas como terremotos [Marshak, 2013].

1.1.1. Clasificación de terremotos

Los terremotos pueden clasificarse en relación a su fuente de origen, distinguiendo dos categorías (Figura 1.1):

1. Naturales y
2. Artificiales.

Los primeros se originan por fuentes sísmicas que no pueden ser controladas por el hombre, tales como: fallas geológicas, volcanes, regiones donde puede haber colapso de rocas y la corteza oceánica. Por otro lado, los artificiales si se originan de fuentes controladas o inducidas por el hombre. Entre este tipo de fuentes sísmicas artificiales se encuentran la minería, las explosiones nucleares, el ruido cultural, inyección de fluidos, entre otros [Kulhánek, 1990].

Los eventos sísmicos de origen tectónico se clasifican dependiendo donde se localiza el hipocentro en el manto litosférico [Gioncu y Mazzolani, 2011]:

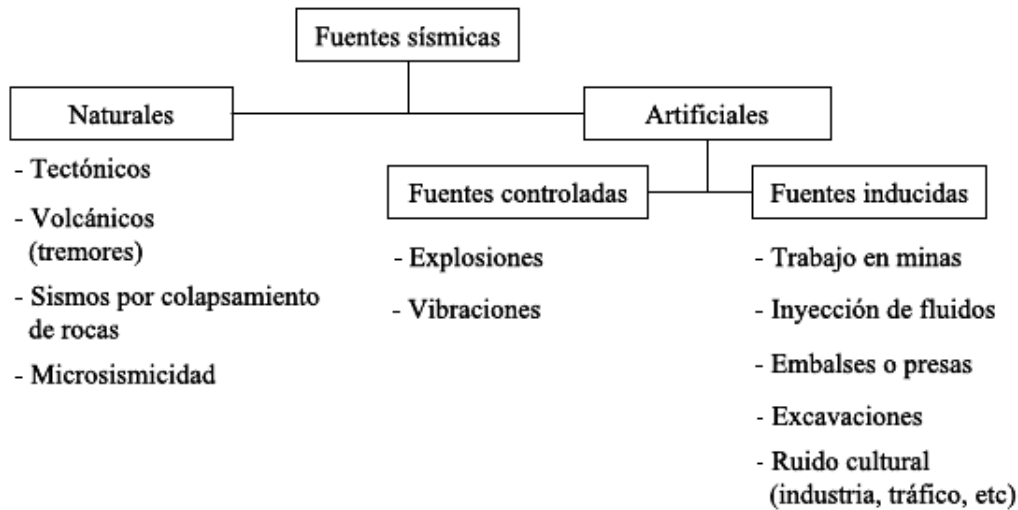


Figura 1.1. Clasificación de terremotos. Fuente: imagen tomada de *Bautista* [2016].

- **Terremoto Cortical Interplaca:** Son los sismos cuyos hipocentros se localizan en los límites de placa dentro de la corteza, siendo estas regiones donde hay una mayor liberación de energía de deformación en el interior del planeta.
- **Terremoto Cortical Intraplaca:** Los focos de estos eventos se localizan dentro de regiones difusas de las placas tectónicas.
- **Terremoto Intraslab (o inslab):** Este término proviene de la definición de *slab*, o sea, aquella zona de subducción donde intervienen procesos físicos, químicos y termodinámicos cuando una placa oceánica se introduce bajo una placa continental hasta llegar al manto superior. Hipocentros de esta clase de eventos sismotectónicos se han detectado a profundidades muy por debajo de la corteza, clasificándolos en tres categorías: (a) superficiales (30 a 70 km), (b) intermedios (profundidades mayores que 70 km hasta los 300 km) y (c) profundos (profundidades mayores a los 300 km).

1.2. Tipos de Secuencias Sísmicas

Los fenómenos sísmicos pueden ocurrir también en series o secuencias de eventos dependientes en tiempo y espacio. Dependiendo de como se distribuyan los esfuerzos aplicados y la estructura material de cada región en el interior del planeta las secuencias de eventos sísmicos se clasifican en tres tipos [*Mogi*, 1963], descritas a continuación.

1.2.1. Secuencia Sísmica Tipo I (sismo principal-réplicas)

El primer tipo de secuencia sísmica está asociado con la ocurrencia de un sismo de magnitud grande (el sismo principal). Las secuencias sísmicas tipo I se pueden identificar de acuerdo a los siguientes criterios:

1. El evento sísmico principal no puede ser precedido por otra serie de sismos (premonitores).
2. La serie se caracteriza por la ocurrencia del evento sísmico principal, seguido de varias réplicas.
3. La serie debe cumplir con la Ley de Bath; la réplica más grande de la serie es una escala de magnitud menor que el evento principal [*Bath*, 1965].
4. El evento sísmico principal no debe ser una réplica de otro evento con magnitud mayor o ser parte de un enjambre sísmico (secuencia tipo III).
5. El número de réplicas debe decaer en el tiempo de acuerdo a la Ley de Omori [*Utsu et al.*, 1995].

Las observaciones de *Mogi* [1962] resaltan, que el mecanismo de ocurrencia de una serie de réplicas es atribuido a una aplicación de esfuerzos distribuidos uniformemente en regiones con una estructura material homogénea ¹. Esto es, en el instante que ocurre un sismo principal parte de la energía acumulada en las rocas es liberada en forma de ondas elásticas provocando que una determinada región se fracture, al mismo tiempo que la energía restante es reacomodada en varios puntos irregulares. Como resultado habrán más regiones con fracturas, debido al aumento de esfuerzo aplicado en tales puntos irregulares.

1.2.1.1. Ley de Omori

Las réplicas de una secuencia tipo I suelen detectarse agrupadas en la región del plano de falla donde se originó el evento principal. En algunos casos, se han observado migraciones de estos eventos desde un extremo a otro del plano de falla [*Udías*, 1999], permitiendo determinar el área total de la región fracturada, y diferenciar la falla principal de otros planos auxiliares en base a como se distribuyan los eventos sísmicos en la región [*Stein y Wysession*, 2003]. El número de réplicas $N(t)$ de una secuencia

¹Entre otros modelos de mecanismos de réplicas están los de *Dieterich* [1972] y *Gran et al.* [2012].

tipo I decae con el tiempo de forma quasi-hiperbólica de acuerdo a la ley modificada de Omori [*Utsu et al.*, 1995]

$$N(t) = \frac{K}{(c + t)^p} \quad (1.1)$$

donde K , c y p son constantes que dependen de la falla; la constante p puede variar entre 0.9 y 1.5 . La variación de p se relaciona con las condiciones físicas de la región, tales como la estructura material de la región, los esfuerzos y la temperatura. Mientras más grande sea p , las réplicas decaerán a un ritmo más rápido a diferencia de valores pequeños de p .

1.2.2. Secuencia Sísmica Tipo II (premonitores-sismo principal-réplicas)

La secuencia sísmica tipo II, a diferencia de los otros dos tipos de secuencias, ocurre con menos frecuencia y se caracteriza iniciando con un aumento de sismicidad que antecede al sismo principal, y terminando con una serie de réplicas que cumplen con las leyes de Bath y Omori. El mecanismo de ocurrencia es una relajación de esfuerzos acumulados cerca del área epicentral en regiones con una estructura heterogénea moderada [*Udías*, 1999].

1.2.3. Secuencia Sísmica Tipo III (enjambre sísmico)

Un enjambre sísmico es una serie de sismos separados en espacio y tiempo que se caracteriza por un aumento gradual de la tasa de sismicidad sin que ocurra un sismo con una magnitud que predomine sobre los demás eventos [*Hill*, 1977]. En otros términos, los enjambres sísmicos no cumplen con las leyes de Omori y Bath. Las secuencias tipo enjambre, generalmente, se han observado en regiones geológicas de estructura material extremadamente heterogénea y en regiones donde la distribución de esfuerzos no es uniforme y muy concentrada (por ejemplo, zonas volcánicas) [*Mogi*, 1963]. También se han observado enjambres en zonas no volcánicas, como zonas de fallas transcurrentes [*Roland y McGuire*, 2009]. La Figura 1.2 muestra la clasificación de los tres tipos de secuencias de terremotos conocidas.

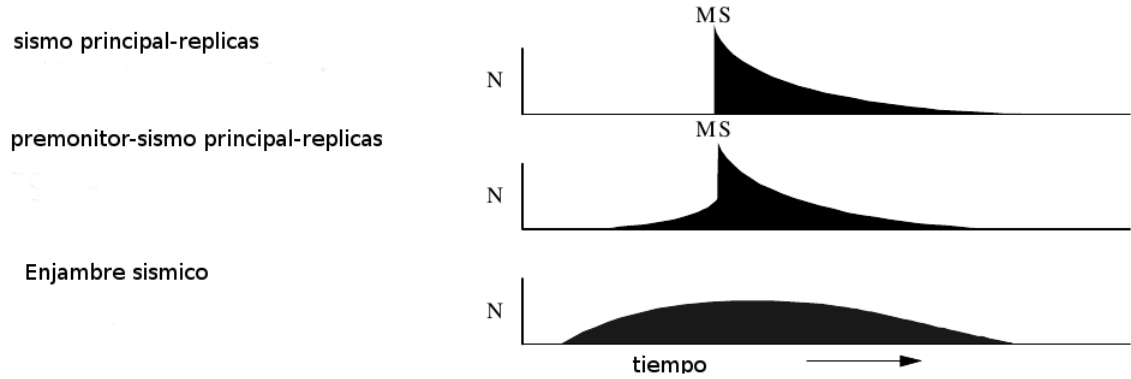


Figura 1.2. Los tres tipos de secuencias sísmicas clasificados por *Mogi* [1963]. Fuente: Imagen tomada de [*Benoit y McNutt, 1996*].

1.3. Modelos de recurrencia y ocurrencia temporal

En la metodología del Análisis Probabilístico de la Amenaza Sísmica (PSHA, por sus siglas en inglés) [*National Research Council, 1988*], el primer procedimiento a seguir es la identificación de fuentes sísmicas que suponen un peligro potencial a través de un análisis de la sismicidad y tectónica de la zona a estudiar. Lo que conlleva a la determinación de parámetros y opciones de entrada para el cálculo probabilístico de la amenaza en un emplazamiento. Tales parámetros de entrada se calculan definiendo, en primer lugar, modelos de sismicidad que delimiten el área de la zona donde ocurran sismos que influyan significativamente. El modelo adoptado debe contar con un catálogo sísmico completo y homogéneo. Se dice que un catálogo sísmico está completo cuando todos los eventos sísmicos están incluidos dentro de un intervalo de magnitudes en la zona de influencia; y homogéneo cuando la escala de medición del tamaño es la misma para todos los eventos [*Benito et al., 2009*]. Cuando el modelo es seleccionado los parámetros que caracterizan la sismicidad de la región se estiman utilizando relaciones de recurrencia y ocurrencia temporal. A continuación se describen los modelos más utilizados en PSHA: el modelo de recurrencia de Gutenberg-Richter y el modelo de ocurrencia temporal de Poisson.

1.3.1. Modelo de recurrencia sísmica de Gutenberg-Richter

La distribución del tamaño de los terremotos [*Ishimoto e Iida, 1939; Gutenberg y Richter, 1944*] satisface una ley de potencias dada por la fórmula empírica

$$N(t, V) = 10^{a-bM} \tag{1.2}$$

donde $N(t, V)$ es el número de eventos sísmicos cumulativos que ocurren en una ventana de tiempo t con magnitud mayor o igual que M . Los parámetros a y b describen la productividad y el tamaño relativo de la distribución de los terremotos; se han reportado valores del último parámetro en el intervalo $0.3 \leq b \leq 2.5$ [El-Isa y Eaton, 2013]. La ecuación 1.2 es conocida como la **Relación de Gutenberg-Richter**.

El *b-value* es un parámetro que ha recibido mucha atención en distintos estudios de sismicidad, sismotectónica y amenaza sísmica. Por varias décadas dicho parámetro y su incerteza han sido calculados por medio de diferentes técnicas estadísticas, analíticas y evaluativas [El-Isa y Eaton, 2013]. Esto se debe a que existe un amplio consenso en apoyar la idea sobre la ocurrencia de variaciones espaciales y temporales de b , no obstante las subyacentes causas, interpretación e implicaciones sigue en debate. A una escala global varios estudios han estimado que el *b-value* observado en regiones tectónicas tiene un valor de 1.02 ± 0.03 [El-Isa y Eaton, 2013]. Al contrario, las zonas volcánicas se han caracterizado con *b-values* mayores que el valor observado en los ambientes tectónicos [Farrell et al., 2009].

Farrell et al. [2009] mencionan en su trabajo los distintos escenarios en que se ha medido la variación espacial del *b-value*, tales como los laboratorios experimentales, minas, y regiones tectónicas y volcánicas. En dicho contexto, se han considerado varios factores que influyen en la variabilidad espacial del *b-value*: (1) el incremento del grado de heterogeneidad del material puede aumentar el *b-value*; (2) los cambios espacio-temporales en esfuerzos de corte aplicados o esfuerzos efectivos pueden disminuir el *b-value*; y (3) el incremento del gradiente térmico puede aumentar el *b-value*.

Es importante tomar en cuenta que para estimar valores confiables de a y b , estos dependen críticamente de la completitud del catálogo sísmico confeccionado para la región de estudio [Wiemer y Wyss, 2002]. El parámetro que indica la completitud de todo catálogo sísmico se conoce como magnitud mínima de completitud (M_c); según la definición de Wiemer y Wyss [2000] ésta es la magnitud mínima en la que el 90 % de los eventos sísmicos detectados se pueden modelar por la relación de Gutenberg-Richter. Esto significa que solamente habrá una pequeña fracción de eventos menores a M_c que pudieron ser detectados por las redes sismológicas causando una desviación en la DFM; por otro lado, los eventos más grandes que M_c por la poca frecuencia de ocurrencia de los mismos también causaran alteraciones

en la Distribución de Frecuencia-Magnitud (por ejemplo, ver la Figura 1.3).

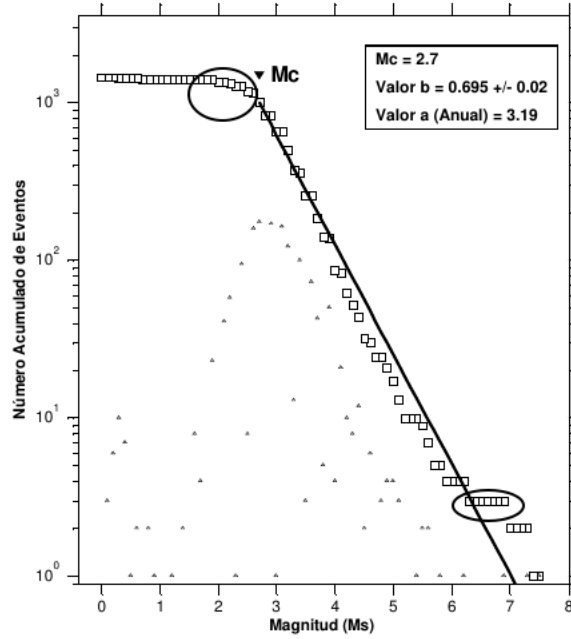


Figura 1.3. Distribución de frecuencia-magnitud (DFM) de eventos sísmicos detectados por la red instrumental del estado de Veracruz, México durante el periodo (1910-2008) con magnitud de completitud $M_c = 2.7$, $b = 0.695 \pm 0.02$ y actividad sísmica anual $a = 3.19$. Fuente: Imagen tomada de Pérez [2009].

1.3.2. La distribución de Poisson y su aplicación en la estadística de los terremotos

El modelo de Poisson (Fig 1.4) es una distribución probabilística que describe los resultados de experimentos sobre conteo de eventos aleatorios (e.g., el decaimiento radiactivo) que ocurren a una tasa promedio constante [Taylor, 1997]. En sismología, la distribución de Poisson asume que los terremotos son eventos independientes, esto es, la ocurrencia de unos no afecta la de otros [Udías, 1999]. La probabilidad de que ocurran n terremotos en una región y una ventana de tiempo t determinados es igual a

$$p(n; t, \tau) = \frac{(t/\tau)^n \exp(-t/\tau)}{n!} \quad (1.3)$$

donde $1/\tau$ representa el número esperado en un año sobre la distribución de Gutenberg-Richter regional o una variante; entonces la constante τ es el tiempo de recurrencia promedio [Stein y Wyession, 2003]. La ecuación 1.3 se puede escribir en términos

de un parámetro λ , o sea, la tasa promedio de ocurrencia en un tiempo t :

$$p(n) = \frac{(\lambda)^n \exp(-\lambda)}{n!} \quad (1.4)$$

con $\lambda = t/\tau$. La distribución de Poisson no aplica cuando los terremotos se agrupan en secuencias de terremotos (premonitores, réplicas o enjambres) ya que son eventos interdependientes en espacio y tiempo [Sykes, 1970; Hill, 1977].

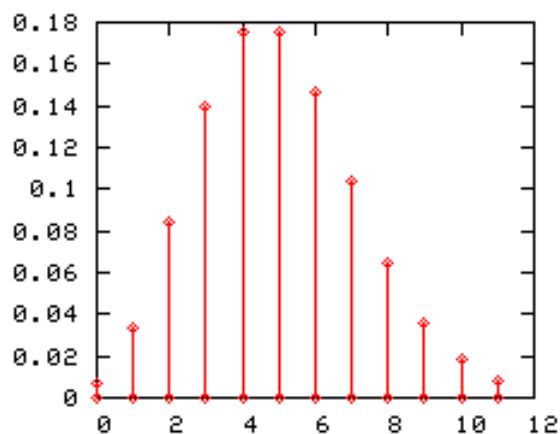


Figura 1.4. Distribución de probabilidades de Poisson.

1.4. Marco tectónico de la República de Guatemala

El territorio de la República de Guatemala se localiza en una zona donde interaccionan tres placas tectónicas: las placas continentales de Norteamérica y el Caribe, y la placa oceánica de Cocos (Figura 1.5). Estas placas se mueven una con respecto a la otra formando dos extensas regiones de sismicidad en sus bordes o límites de placa [Molnar y Sykes, 1969], descritas a continuación.

El primer límite lo forman las placas de Norteamérica y del Caribe con un movimiento transcurrente lateral izquierdo a una tasa de 19-20 mm/año, que se extiende desde la Fosa del Caimán a través de la falla de Swan siguiendo con las zonas de fallas Motagua y Chixoy-Polochic [Molnar y Sykes, 1969; Plafker, 1976]; éste último sistema de fallas se extiende hasta el sureste de México en una región difusa llamada punto triple [Authemayou et al., 2011]; en esta región las placas de Cocos, Norteamérica y Caribe convergen. A 80 km de la zona de fallas Chixoy-Polochic hacia el norte se encuentra la falla de Ixcán (Figura 1.6) [Guzmán-Speziale, 2010],

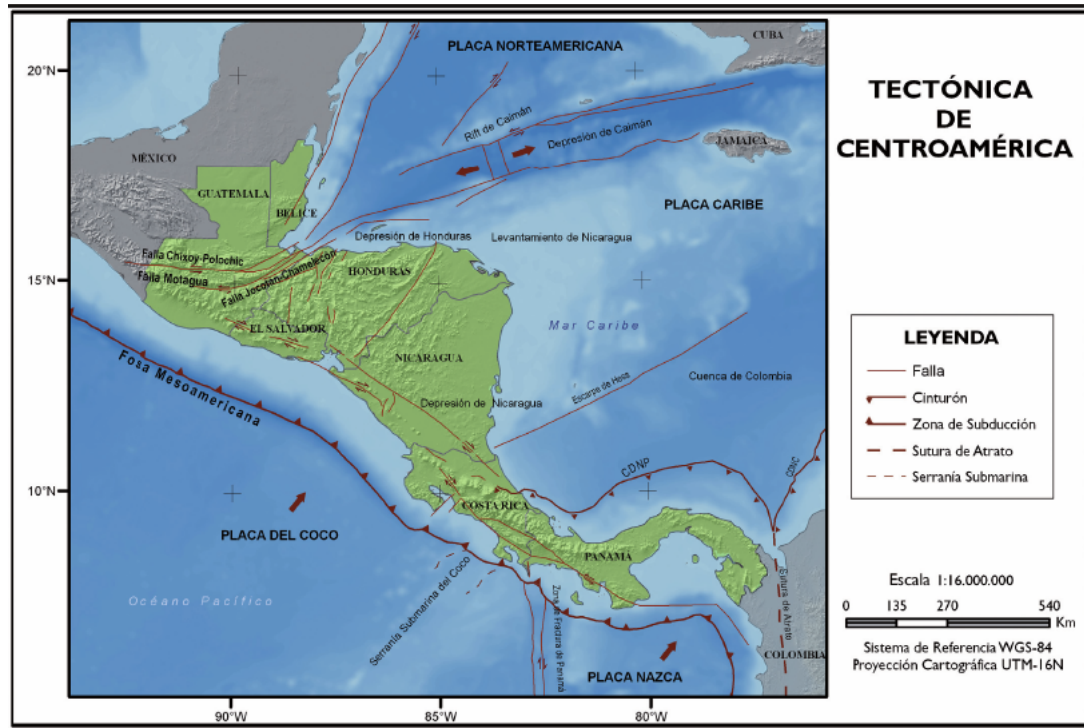


Figura 1.5. Tectónica de Centroamérica. Fuente: Imagen tomada de *Benito et al.*[2009].

que sigue el frente de las Sierras de Chamá y Santa Cruz, en un arco cóncavo de 200 km hacia el noreste; paralelo a esta falla corren otras más pequeñas en dirección ENE. Cerca de la frontera Guatemala-México, rodeando los Altos Cuchumatanes en una figura trapezoidal se localizan otras pequeñas fallas: las fallas de Polochic y Necta al sur; el cinturón de pliegues y fallas en Chiapas al norte; una falla inversa orientada NNE-SSO al oeste, y fallas inversas orientadas de E-O a NO-SE al NE [*Authemayou et al.*, 2011].

La zona de la falla del Motagua se localiza 50 km al sur del sistema Chixoy-Polochic [*Authemayou et al.* 2011]. Esta falla fue la causante del fuerte terremoto (de magnitud de onda superficial $M_S 7.5$) el 4 de febrero de 1976, que dibujó una traza arqueada y convexa bien definida en sentido hacia el sur con un cambio gradual azimutal desde $N65^\circ E$ en el extremo este, hasta $N80^\circ O$ en el extremo oeste [*Plafker*, 1976]. La traza se extendió en una línea casi recta de 230 km desde Quebradas hasta 10 km al este de Patzaj; el punto más cercano se localizó a 25 km de la Ciudad Capital. El terremoto de 1976 fue seguido por una serie de 256 réplicas, la mayoría causadas por la activación de un conjunto de fallamientos secundarios localizados en un área extendida desde el oeste de la Ciudad Capital hasta Mixco

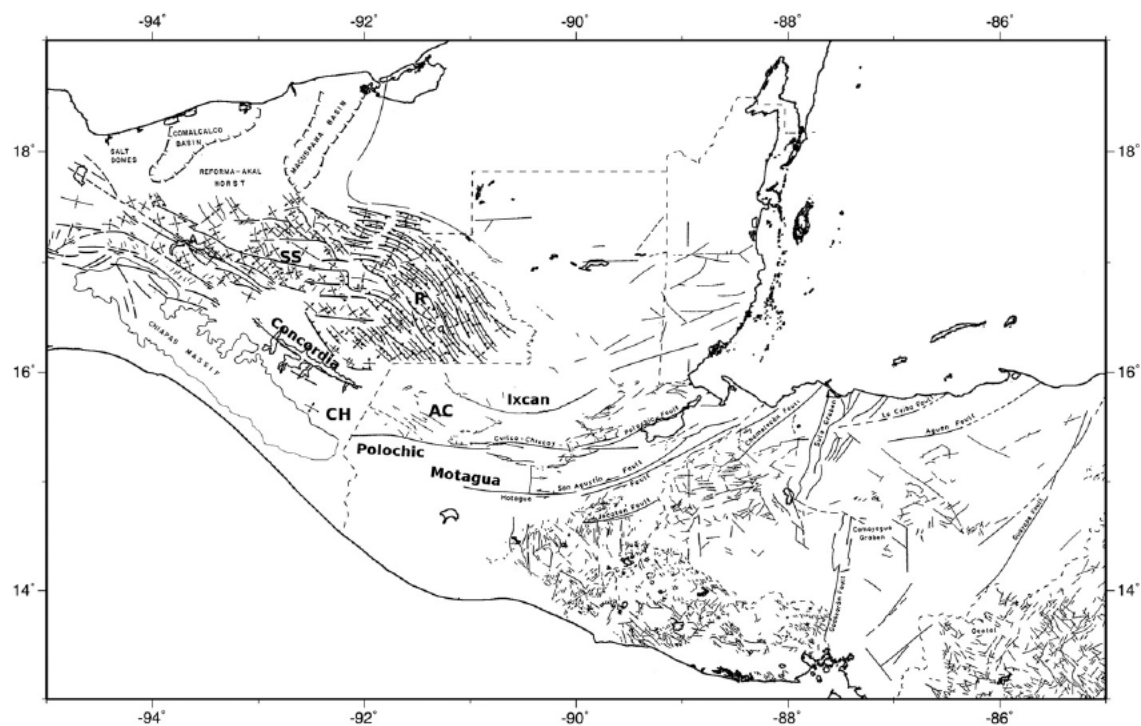


Figura 1.6. Mapa geológico estructural del sur de México y el norte de Centroamérica. AC - anticlinal Altos Cuchumatanes; CH - anticlinal Chicomuselo; R - provincia de fallas inversas; SS - provincia de fallas de desgarre (strike-slip). Fuente: Imagen tomada de [Guzmán-Speziale, 2010].

[Plafker, 1976; Langer y Bollinger; 1979]. La falla de Mixco es una de varias fallas inversas localizadas al centro, este y sureste de Guatemala agrupadas en tres subconjuntos clasificados por Plafker [1976]. El primero consta de fallas orientadas de N a N-NO bordeando depresiones estructurales (grábenes) en la Ciudad Capital, Ipala, Ulúa, entre otros. El segundo conjunto comprende un sistema de fallas paralelas a la cadena volcánica que es más prominente hacia el sureste de Guatemala limitando grandes segmentos en El Salvador y que se conectan con la Gran Depresión de Nicaragua. Por último, el tercer conjunto consta de fallas oblicuas que buzan al noreste localizadas en el sureste del país y áreas adyacentes.

En la costa del Pacífico (sureste de Guatemala) se localiza la placa de Cocos que subduce bajo la placa del Caribe en una fosa llamada Fosa Mesoamericana [Benito et al., 2009]. Esta zona se divide en tres segmentos de 100 a 300 km de largo que se diferencian por los ángulos de rumbo y buzamiento de la subducción [Burbach et al., 1984]. Por debajo del arco volcánico de la parte norte de Centro América se encuentra la zona de Wadatti-Benioff, lugar donde ocurren los sismos

más profundos (≥ 200 km) en la zona de subducción; tal zona buza hacia el NE, con ángulos en el rango de 60° a 80° [Benito *et al.*, 2009]. Las soluciones de los planos de falla (mecanismos focales) calculadas para la zona de subducción en Centro América indican en sus 10 primeros kilómetros – medidos desde la Fosa, en dirección de la costa– dos fallamientos: uno normal y uno inverso a profundidades entre 15 y 50 km [Benito *et al.*, 2009]. También se tienen documentados los registros de sismos *inslab* debido a fallas normales con planos subverticales, que han ocurrido a profundidades entre 50 y 280 km. Como menciona Benito *et al.* [2009] existen estudios que proponen modelos de acoplamiento débil en el límite de placas Cocos-Caribe. El sismo de magnitud $M_w 7.7$ localizado en El Salvador en 2001, es el evento más grande que ha ocurrido en la historia reciente de Centro América.

1.5. La Red Sísmica Nacional

Los procesos de interacción entre las placas de Norte América, Caribe y Cocos, que se han dado a lo largo del tiempo han influido en la tectónica local y regional de Guatemala, convirtiendo el territorio en una zona de mucha actividad sísmica.

El Departamento de Investigación y Servicios Geofísicos es la unidad del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología– INSIVUMEH– encargada de realizar el estudio y monitoreo de la actividad sísmica en el país, por medio de la Red Sísmica Nacional (RSNa). Dicha red consta de estaciones sismológicas analógicas y digitales distribuidas en distintos puntos geográficos del país.

La primera red sísmica del INSIVUMEH (Figura 1.7) inició sus operaciones después del terremoto del 4 de febrero de 1976 desde entonces, el número de estaciones sismológicas ha cambiado con el tiempo. En la actualidad, cuenta con 5 estaciones de período corto, que transmiten las señales por ondas de radio UHF y VHF a la central de datos del INSIVUMEH. La información que llega a la sede central es digitalizada y sincronizada en los sistemas EARTHWORM y SEISLOG, para luego ser analizada con el sistema de análisis sismológico SEISAN. Este programa utiliza el algoritmo de localización HIPO71 [Lee y Lahr, 1972] y un modelo unidimensional de capas que se muestra en el Cuadro 1.1 para sismicidad local y regional, y el modelo iasp91 [Kennett y Engdahl, 1991] para sismicidad distante. En 2013, la RSNa fue ampliada con 23 nuevas estaciones sismológicas digitales (5 de banda ancha, 5 de banda “intermedia” y 13 de período corto) las cuales envían las señales por

dos modos de transmisión: VSAT (Very Small Aperture Terminal) y VPN (Virtual Private Network). Las señales transmitidas desde las estaciones hacia el INSIVUMEH son sincronizadas con el sistema SeedLink y posteriormente analizadas por el personal técnico de la unidad de sismología con el sistema de análisis sísmológico SeisComp3 que utiliza el algoritmo *scautoloc* para la localización y caracterización de los eventos sísmicos basado en el modelo de capas iasp91. La Figura 1.8 muestra la distribución de las estaciones digitales cuya operación también ha variado con el tiempo.

Tabla 1.1. Modelo unidimensional cortical de velocidades para sismicidad local y regional propuesto para la Red Sísmica Nacional del INSIVUMEH.

Profundidad (km)	Velocidad Onda P (km/s)
0.0	3.50
1.0	5.00
6.0	6.00
13.0	6.80
35.0	8.00
200.0	8.26
≥ 300.00	8.50

1.6. Marco geotectónico de los cuadrángulos de Nueva Santa Rosa y Cuilapa

El Departamento de Santa Rosa cuenta con una estructura geológica compleja que ha sufrido cambios en el pasado debido a fenómenos volcánicos y tectónicos. En el área con buen grado de detalle se han realizado diversos estudios que describen los aspectos geológicos. Como referencia a los trabajos de *Chavarría*[1999], *Duffield et al.*[1992], *Wunderman y Rose*[1984] y otros autores se presenta a continuación un resumen de dichos aspectos.

1.6.1. Geología

La región del cuadrángulo de Nueva Santa Rosa se localiza entre las coordenadas geográficas $14^{\circ}20'$ y $14^{\circ}30'$ latitud N y, entre los $90^{\circ}15'$ y $90^{\circ}30'$ longitud O. La geología del área está dominada por tres unidades intrusivas del Terciario Inferior



Figura 1.7. Distribución de estaciones sismológicas de la red analógica. A través del tiempo la configuración de la Red Sísmica Nacional (RSNa) a variado con respecto al número de estaciones analógicas. Fuente: INSIVUMEH.

identificadas como granitos, dioritas y riodacitas pórfidas que afloran principalmente al centro y oeste del caserío El Bosque, a 12 km del municipio de Barberena; cuatro unidades intermedias de tobas vítricas de dacita, biotita y de ceniza riodacita córnea; otra unidad de tobas soldadas de riolita, riodacita y traquítica petrificada que cubren el noreste de la región y pequeños afloramientos dispersos que aparecen en la parte centro-superior del cuadrángulo; seis unidades con flujos de lavas de riolita autobrechadas, tobas de andesita, y latita, riodacítica vítrica, andesitas y basaltos, constituyen la última expresión del Terciario, que se distribuyen al centro principalmente. Del período Cuaternario, se tiene evidencia sobre depósitos aluviales que cubren más de un tercio del cuadrángulo y en menor proporción las unidades que comprenden las cenizas y flujos de: El Carmen, Quebracho, Cerro Alto, Jumaytepeque y Cerro Redondo [Chavarría, 1994].

Al sur del área del cuadrángulo de Nueva Santa Rosa se localiza el cuadrángulo de Cuilapa entre los $14^{\circ}10'$ y $14^{\circ}20'$ latitud N, y entre los $90^{\circ}15'$ y $90^{\circ}30'$ longitud O.

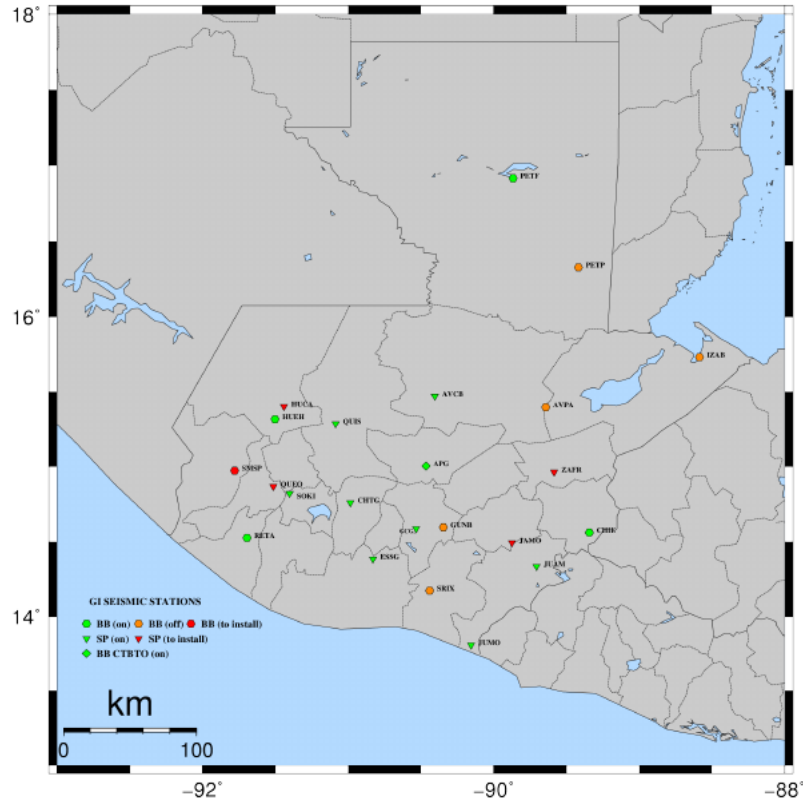


Figura 1.8. Distribución de estaciones sismológicas de la red digital. El número de estaciones digitales en operación de la RSNa también ha variado con el tiempo. Fuente: INSIVUMEH.

Dentro de la región se han observado unidades geológicas del Terciario muy antiguas, entre ellas plutónicas de cuarzodiorita, diorita de horblenda, granito monzonita de cuarzo, y riodacita púrpura. Tales unidades afloran escasamente en un área de 3 y 4 km al norte y noreste de Cuilapa. Del Terciario medio inferior se han observado, principalmente, rocas de andesita sin dividir que cubren un tercio de las áreas noreste, centro y sureste del cuadrángulo. Se evidencian también otras unidades de flujos de lava andesítica depositadas durante el Terciario medio superior como las unidades del Cerro El Sordo y Piedra Grande y la unidad basáltica San Francisco que se distribuyen en la parte central del cuadrángulo. Dispersos en dichas unidades hay numerosos lahares que cubren quebradas y depresiones [Chavarría, 1994].

El basalto Los Bijagues y las andesitas Buena Vista constituyen la última manifestación del Terciario Superior. Las segundas cubren aproximadamente un área máxima de 5 km² y se distribuyen entre las unidades del Terciario Medio. En el municipio de Santa María Ixhuatán las unidades andesíticas y basálticas que se

consideran transicionales del Terciario al Cuaternario cubren un área aproximada de 25 km² al sureste del cuadrángulo [Chavarría, 1994]. En el extremo oeste del cuadrángulo de Cuilapa se encuentran distribuidas otras tres unidades andesíticas y basálticas de transición del Terciario-Cuaternario, en una franja de aproximadamente 4 km de E-O y 16 km de N-S. Localizada al centro del cuadrángulo de Cuilapa se encuentra otra unidad de andesita, identificada como Piedra Grande. Este es un estrato-volcán fallado y muy erosionado que consiste, principalmente, en coladas de lava y brechas laháricas de andesita de plagioclasa, hipersteno y augitas, moderadamente porfirítica. De las rocas identificadas al centro y oeste de esta unidad, la mayoría están completamente alteradas por procesos hidrotermales. Dicha unidad está constituida, también, por lavas (algunas intercaladas con las andesitas del cerro El Sordo) e ignimbritas dacíticas menores que contienen fenocristales de plagioclasa, hornblenda, sanidino y augita; es probable que esta unidad sea del Pleistoceno y parte del Plioceno [Chavarría, 1994]. Al sur del cuadrángulo de Cuilapa, entre los volcánes Cerro Cruz Quemada y Tecuamburro, se encuentra una unidad de pómez y sedimentos interestratificados que cubre la ribera del río Los Esclavos; por otro lado, al este del cuadrángulo aparece otra unidad de pómez depositada a lo largo de una franja transversal rellenando el valle de dicho río [Duffield et al., 1992]. Esas mismas unidades están relacionadas con depósitos piroclásticos erupcionados por la caldera de Amatitlán con edades entre los 300 ka y 23 ka [Wunderman y Rose, 1984].

1.6.2. Zonas de volcanes inactivos de Santa Rosa

Entre las estructuras volcánicas del Terciario y Cuaternario identificadas en Santa Rosa (ver mapa de la Figura 1.9), están [Reynolds, 1987]: (1) El volcán Jumaytepeque, (2) el campo de conos cineríticos de Barberena-Cuilapa, (3) el volcán Teanzul, (4) el Cerro San Luis y (5) el complejo volcánico de Santa María Ixhuatán (volcán Cerro Cruz Quemada).

El volcán Jumaytepeque es un volcán compuesto de basaltos del Pleistoceno Tardío de unos 800 m de altura asentado a horcadas sobre las lavas del Cerro Pinula en el borde este de la cuenca de la caldera de Santa Rosa de Lima; el cráter de dicho volcán mide alrededor de 2 km. Sobre este cono volcánico se cree que el único ciclo de actividad histórica fue el que precedió a la deposición de los flujos y ceniza de pómez que bloqueó el río Los Esclavos y formó la cuenca de Santa Rosa de Lima [Reynolds, 1987]. El campo de conos monogenéticos cineríticos de Barberena-Cuilapa consiste en un conjunto de aproximadamente 70 conos de basalto olivínico

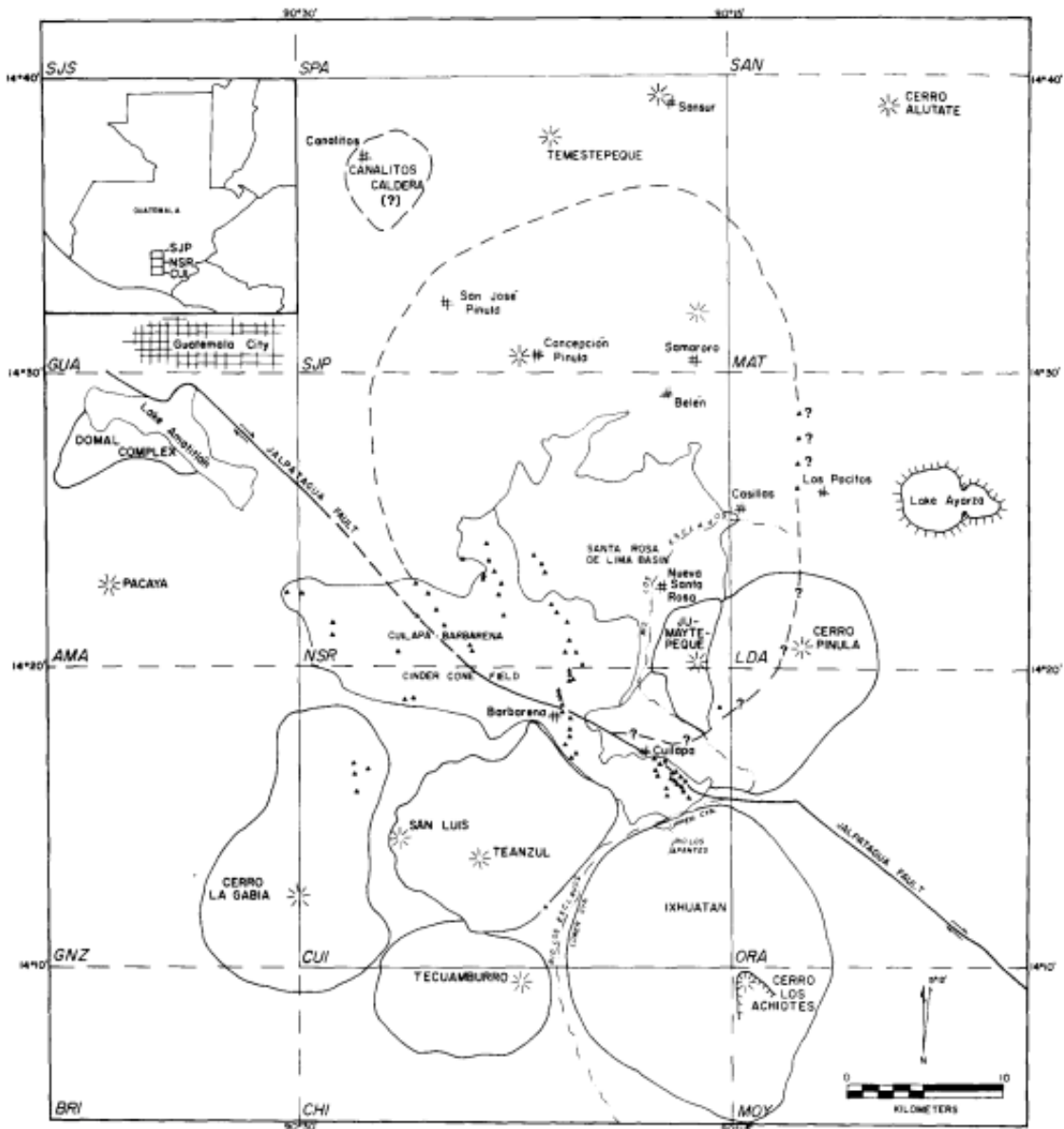


Figura 1.9. Mapa de las zonas volcánicas en el Departamento de Santa Rosa. La región elíptica discontinua representa el contorno aproximado de la caldera de Santa Rosa de Lima. Los triángulos representan conos cineríticos; aquellos acompañados de signos de interrogación son posibles conos enterrados por tefra más joven. Las tres letras en el mapa representan abreviaturas de los nombres de los cuadrángulos en el área sureste de Guatemala: Amatitlán; Brito; Chiquimulilla; Cuilapa; Guanagazapa; Ciudad de Guatemala; Laguna de Ayarza; Mataquesuintla; Moyuta; Nueva Santa Rosa; Oratorio; Sanarate; San José Pinula; San Juan Sacatepéquez; San Pedro Ayampúc. Fuente: Imagen tomada de [Reynolds, 1987].

que se distribuyen a lo largo de la falla de Jalpatagua y zonas de fractura adyacentes. La mayoría de los conos miden entre 50 y 120 m de altura y con diámetros desde

100 hasta 1750 m. La formación de los conos cineríticos en el área son el resultado del movimiento magmático en las zonas de fallas y fisuras causadas por la deflexión de un segmento de la falla de Jalpatagua por la caldera de Santa Rosa de Lima [Reynolds, 1987].

El volcán Teanzul y el Cerro San Luis son dos conos volcánicos, uno de base ancha y el otro parasítico, localizados al centro del cuadrángulo de Cuilapa. Las lavas, flujos de lodo y cenizas de dicha área se inclinan a menos de 10° y son generalmente andesíticas con algunos basaltos y dacitas. El volcán Teanzul tiene un cráter de 1 km de ancho que está localizado en la parte sur-central de los acumulados de andesíticas [Reynolds, 1987]. El complejo volcánico Ixhuatán se localiza en el extremo oeste del alineamiento (relativamente) inactivo de El Salvador, entre los volcanes Tecuamburro y Moyuta, ambos del Cuaternario [White et al., 1980]. Está compuesto de coladas de lava y brecha lahárica de andesita de plagioclasa y piroxeno, moderadamente porfirítica; además, incluye coladas piroclásticas silíceas expuestas en el cañón del río Los Esclavos [Reynolds, 1987].

1.6.3. Fallamientos locales en los cuadrángulos de Nueva Santa Rosa y Cuilapa

La sismicidad en el área entre los cuadrángulos de Nueva Santa Rosa y Cuilapa está influenciada por zonas de fallas y fracturamientos activos, principalmente, en la zona de la falla de Jalpatagua (Figura 1.10). La traza de esta falla geológica, de movimiento rumbo-deslizante dextral y dirección $N65^\circ O$, se divide en tres ramas con dirección O-NO, siguiendo el lado norte de la cadena volcánica, en paralelo con la Fosa Mesoamericana, hasta al menos unos 150 km donde desaparecen cerca de la caldera de Amatitlán por depósitos piroclásticos del Cuaternario [Wunderman y Rose, 1984]. Actualmente se sospecha que otros fallamientos, también rumbo dextrales y paralelos a la Fosa, continúan la falla de Jalpatagua hasta el área donde termina la falla del Motagua (cerca de Chichicastenango) [Authemayou et al., 2011].

Al sureste del área de la falla de Jalpatagua se localiza el volcán Tecuamburro, encerrado por un graben de aproximadamente 20 km de ancho, cuyos límites están definidos (al norte) por el sistema de fallas de Jalpatagua y (al este y oeste) por zonas de fallas laterales, cuyas trazas desaparecen por depósitos de rocas sedimentarias del Cuaternario cerca del plano de las costas del Pacífico. En el extremo oeste

del graben, existen fallas identificadas en las partes norte y central que desfazan una serie de lavas andesíticas del Plioceno y Pleistoceno bajando hacia el este donde se forma un valle parcialmente lleno de ignimbrita de silicio del Pleistoceno; en la parte sur las mismas fallas desvían otra serie de lavas andesíticas, de aproximadamente 0.1 Ma de edad, bajando hacia el este [Duffield *et al.*, 1992]. El extremo este del graben de Tecuamburro está limitado por una zona de fallas normales, con dirección 9° oeste del norte y un ángulo de buzamiento de 65° (medido desde la horizontal con el extremo oeste de la falla), que cortan otra secuencia de lavas andesíticas. Dicha área fue la zona epicentral de un enjambre sísmico entre los años 1979 y 1980 el cual afectó varios poblados del departamento de Santa Rosa, en especial, Santa María Ixhucatán y San Juan Tecuaco [White *et al.*, 1980]. Aparentemente el graben de Tecuamburro se sigue expandiendo [Duffield *et al.*, 1992].

Aproximadamente de 3 a 5 km al sur de la zona de la falla de Jalpatagua se localiza un conjunto de fallas inversas con buzamientos moderados a suaves dentro del graben de Tecuamburro. Es probable que estas fallas puedan ser estructuras geológicas secundarias relacionadas con el campo de esfuerzos de la falla de Jalpatagua. De ser cierto, el sentido de convergencia entre las fallas puede proveer información acerca de las características del campo de esfuerzos de Jalpatagua; sin embargo, tal convergencia no se ha esclarecido [Duffield *et al.*, 1992].

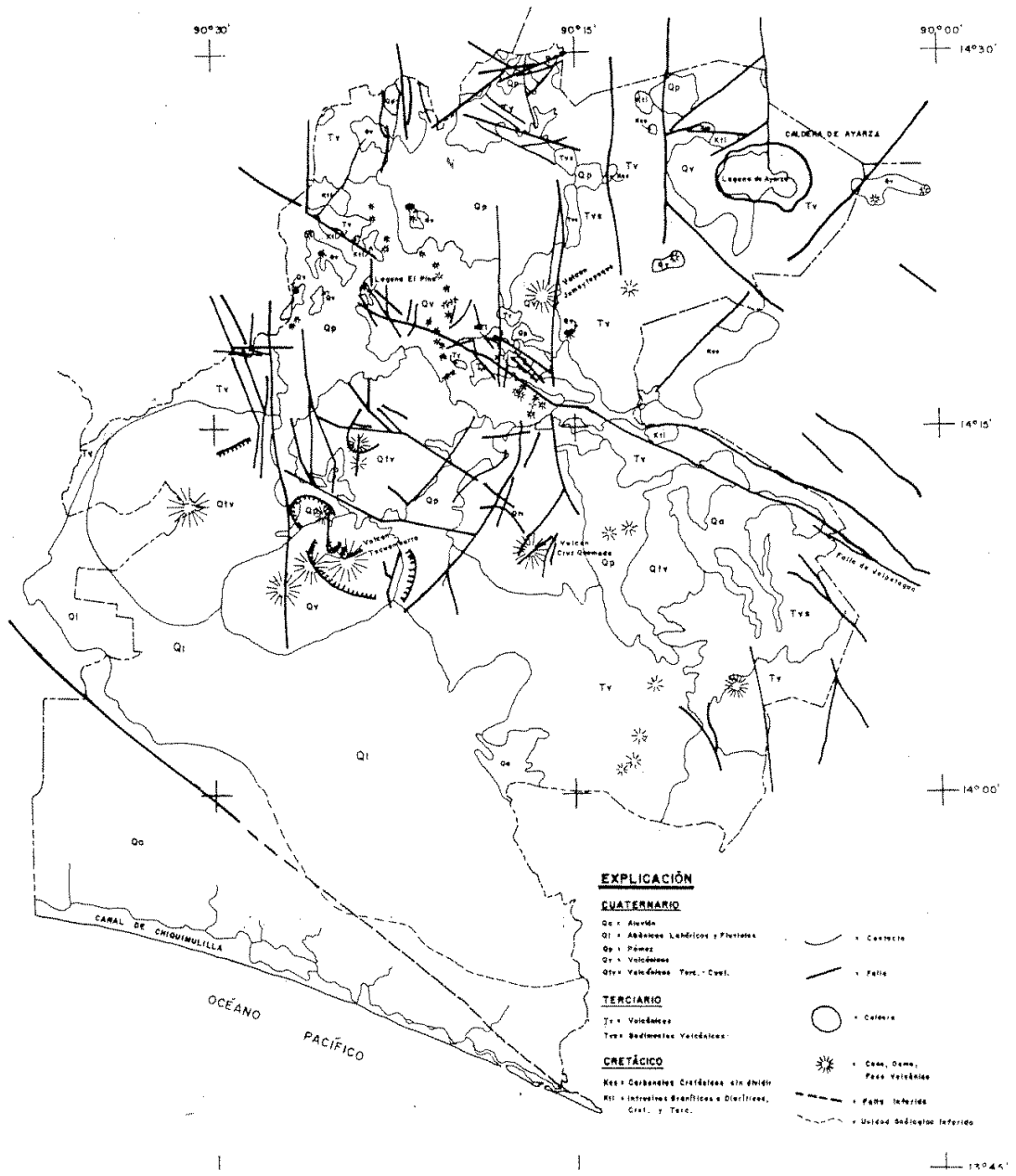


Figura 1.10. Mapa geológico (no actualizado) de Santa Rosa. Fuente: Imagen tomada de [Chavarría, 1999].

2. Diseño Metodológico del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S)

2.1. Sistema de Análisis Sismológico (SEISAN)

Durante el desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S) se realizó un análisis de los registros sísmicos del enjambre ocurrido entre julio y noviembre del 2011 mediante la identificación y picado de fases sísmicas, y la localización de estos con el sistema de análisis sismológico SEISAN.

El software SEISAN consiste en un conjunto de programas escritos en Fortran y C, que están ligados a una base de datos, cuya función es analizar eventos sísmicos detectados por redes de estaciones analógicas y digitales [Havskov y Ottemöller, 2001]. Entre las funciones que puede realizar este software están: picado y lectura manual de las fases sísmicas, localización y edición de eventos sísmicos, determinación de parámetros espectrales, momento sísmico, ángulo azimutal de estaciones con 3 componentes y ploteo de epicentros, entre otros. Todos los programas de SEISAN pueden trabajar de manera convencional (i.e. usando un solo archivo que contiene muchos eventos), o mediante una base de datos.

La información almacenada en la base datos se organiza utilizando un sistema de archivos que contienen lecturas de fases (tiempos de arribo, amplitud, período, ángulo azimutal, y velocidad aparente) de todos los eventos sísmicos. Cada registro se identifica con una ID que sirve como llave para toda la información guardada acerca del evento sísmico analizado.

Todo el sistema SEISAN se localiza en una serie de 13 subdirectorios que residen a su vez en un directorio principal denominado SEISMO. Para tener un fácil acceso a los subdirectorios y la base de datos de SEISAN, el directorio SEISMO se organiza en una estructura en forma de árbol como se muestra en la Figura 2.1. En-

tre los subdirectorios cabe destacar uno (el directorio WOR), con el cual el usuario de SEISAN hace uso de los programas para realizar el análisis de las señales sísmicas transmitidas desde las estaciones sismológicas. En el INSIVUMEH, el software SEISAN se ha adecuado para el procesamiento sismológico local.

A continuación una breve descripción de como se realiza el “picado” de las fases y la localización de eventos sísmicos con el programa EEV dentro del subdirectorio WOR.

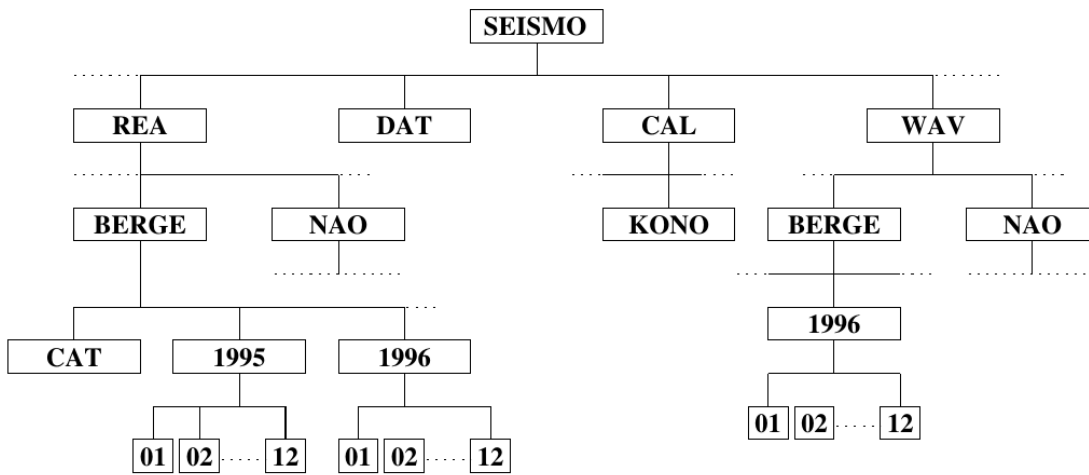


Figura 2.1. Diagrama de árbol que representa la estructura del directorio SEISMO. Fuente: *Havskov y Ottemöller* [2001].

2.1.1. Picado de fases y localización de hipocentros con el programa EEV

EEV (Figura 2.2) es un programa interactivo cuya función es navegar, buscar y analizar los registros sísmicos en la base de datos [*Havskov y Ottemöller*, 2001]. En la fase de servicio técnico profesional del EPS se utilizó dicho programa para realizar el análisis de los registros sísmicos de un enjambre observado en la región de Santa Rosa entre julio y noviembre del 2011. Los procesos de registro, picado de fases y localización de eventos siguen los siguientes pasos:

1. Para entrar al programa y navegar dentro de la base de datos en UNIX se escribe en la consola (o terminal): `eev yyyyymmddhh`; indicando el año, mes, día y/o la hora del evento inicial en el formato indicado.
2. Luego de entrar en el programa escribir en la consola el comando `ss` para buscar

el último evento registrado en la base de datos; en otro caso presionar la tecla ENTER para buscar algún evento que no este registrado.

3. Una vez encontrado el evento no registrado, escribir en la consola el comando `po` para desplegar el sismograma del evento en una nueva ventana.
4. Desplegado el sismograma del evento no registrado, presionar la tecla `p` para que SEISAN registre el evento. Es indispensable registrar el evento ya que, de lo contrario, el algoritmo no podrá realizar la localización del evento.
5. **(a)** Al presionar la tecla `p`, SEISAN preguntará si el usuario está seguro de registrar (o no) el evento. Presionar la tecla `y` si desea hacer el registro. **(b)** Luego de presionar la tecla `y`, SEISAN preguntará la base de datos en la que desea almacenar el evento; el nombre de la base de datos debe tener de 2 - 5 caracteres, o si desea registrar el evento en la base de datos por default presione la tecla ENTER. **(c)** Indicar si el evento es local (L), regional (R), o distante (D) ¹. **(d)** Por último, escribir el código del usuario para terminar de hacer el registro. En el proceso de registro el archivo será limpiado y los archivos de onda copiados al directorio WAV.
6. Una vez registrado el evento, se procede a realizar el picado de fases (Figura 2.3). Este proceso consiste en identificar y señalar aproximadamente en qué parte del sismograma comenzaron a ser detectadas las ondas sísmicas por cada estación. En ese contexto, para picar una fase `P` impulsiva (o emergente) se coloca el cursor del mouse en el punto del sismograma donde se observa que comienza la fase y se presiona la tecla `1` (o `2`); la fase `P` impulsiva en el sismograma se identifica como `IP` y la fase `P` emergente como `EP`. Del mismo modo, para picar una fase `S` impulsiva (o emergente) en el sismograma se coloca el cursor del mouse donde se observa que comienza la llegada de la fase `S` y se presiona la tecla `7` (u `8`); la fase `S` impulsiva se identifica como `IS` y la fase `S` emergente como `ES`.
7. Después de haber picado las fases `P` y `S` se procede a picar la `coda` en el sismograma. Esto se hace colocando el cursor del mouse donde la amplitud del registro iguala la amplitud del ruido sísmico ambiental y luego presionando la tecla `c` (de `coda`).

¹Para el caso del enjambre sísmico en Santa Rosa los registros se catalogaron como locales.

8. Realizado el proceso de picado de fases el siguiente paso es la localización del evento. Para localizar se presiona la tecla L. El algoritmo de localización hará su función correctamente si al menos 4 estaciones sismológicas detectaron las señales sísmicas. Cuando el algoritmo termina de hacer la localización, EEV despliega en una tabla todos los parámetros calculados como la longitud, latitud, rms (*root mean square*), los tiempos de arribo, profundidad, magnitud, entre otros.

9. Finalmente el nuevo evento sísmico localizado se actualiza para guardar toda la información obtenida dentro de la base de datos de SEISAN. Esto se hace escribiendo `update` y el programa preguntará si desea (o no) realizar la actualización. Si el usuario desea actualizarlo el programa pedirá nuevamente un código. Una vez actualizado el usuario puede visualizar el evento localizado escribiendo en EEV la palabra `map`.

```

Terminal
AAAAAMDD inicio
2018021606
AAAAAMDD fin, mes completo Return
2018021915
Espere por favor ...
Number of events in index file: 14

Archivo de salida "boletin.out"

Nombre de la Base de Datos      GUA
Total Eventos Locales           14
Total Eventos Regionales        0
Total Eventos Distantes         0

Nombre de la Base de Datos
Total Eventos Locales
eventos no localizados en epi.no
numero de eventos no localizados = 0
seismo@cabracan-173:~/oscar/Bautista$ pwd
~/seismo/oscar/Bautista
seismo@cabracan-174:~/oscar/Bautista$ wo
~/seismo/WOR
seismo@cabracan-175:~/WOR$ eev 20180219

2018 2 Reading events from base GUA__ 68
# 58 19 Feb 2018 00:15 16 L 14.257 -91.269 53.9 0.3 3.7CGUA 6 ?
# 59 19 Feb 2018 06:55 20 D 19.395-104.883 38.0 0.5 GUA 6 ?
# 60 19 Feb 2018 11:30 35 L 14.061 -91.331 41.5 0.2 3.3CGUA 4 ?
# 61 19 Feb 2018 11:40 1 L 15.087 -90.958 31.9 0.1 2.9CGUA 3 ?
# 62 19 Feb 2018 20:54 32 R 12.587 -89.960150.6 0.4 4.1CGUA 5 ?
# 63 19 Feb 2018 23:13 13 L 14.777 -92.546 49.6 0.2 4.1CGUA 6 ?
# 64 20 Feb 2018 06:28 44 D 15.514 -94.826 10.0FF 4.4 5.6CGUA 6 ?
# 65 20 Feb 2018 11:12 11 L 14.896 -92.222 56.8 0.3 4.0CGUA 5 ?
# 66 20 Feb 2018 12:58 55 L 15.207 -91.944 35.0 0.1 3.6CGUA 4 ?
# 67 20 Feb 2018 14:22 2 R N GUA ?
# 68 20 Feb 2018 16:37 4 R N GUA ?

# 1 1 Feb 2018 08:13 22 L 14.539 -91.627 23.3 0.0 4.2CGUA 4 ?

```

Figura 2.2. Captura de pantalla del formato del programa EEV en SEISAN. Fuente: INSIVUMEH.

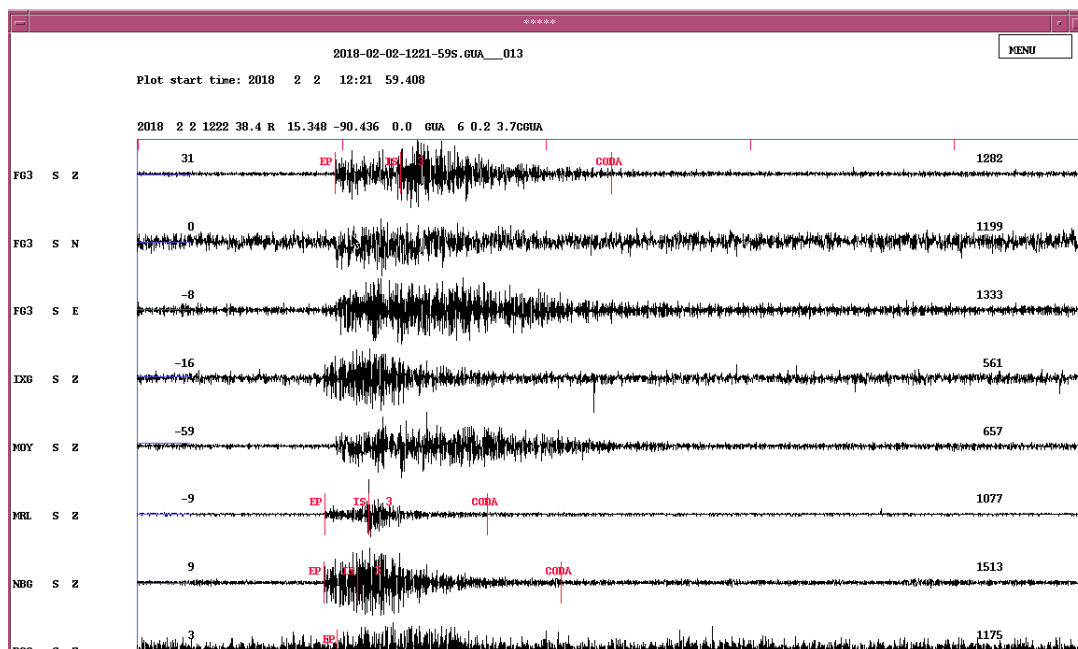


Figura 2.3. Ejemplo de un registro sísmico analizado con el programa EEV. Fuente: INSIVUMEH.

2.1.2. Selección y extracción de los registros sísmicos con los programas SELECT y boletín

SELECT es un programa dentro del directorio ./WOR cuya función es hacer una selección de eventos sísmicos con base en distintos parámetros de entrada como la solución del plano de falla, el tipo de magnitud, el ID del evento, los límites de latitud y longitud, entre otros. Se describe a continuación la modalidad de uso de dicho programa.

Primero el programa pregunta al usuario si quiere usar de entrada la base de datos estándar o una base de datos alternativa. Luego de seleccionar la base de datos, SELECT pide al usuario que introduzca con el teclado los tiempos inicial y final de su catálogo. A continuación el usuario puede realizar la selección introduciendo los parámetros que desea incluir identificados por su número correlativo; SELECT mostrará los parámetros elegidos en la siguiente ventana. Cuando no haya más parámetros que elegir se debe presionar la tecla ENTER y el programa comenzará a realizar la selección. El programa creará 4 archivos de salida: (1) un archivo CAT o compactado select.out que contiene los eventos seleccionados, (2) un archivo index.out que contiene una lista de los eventos indexados, (3) un archivo de forma de onda waveform.out y (4) un archivo select.inp que contiene todos los parámetros

usados para la corrida.

Con el archivo `index.out` se puede crear un archivo de texto que contenga un listado de todos los eventos seleccionados por medio del programa `boletin` elaborado por técnicos del INSIVUMEH. Se introduce primero el tiempo de inicio y el tiempo final y luego el archivo `index.out`. El programa `boletin` creará un archivo `boletin.out` con el formato que se muestra en la Figura 2.6.

El programa `SELECT` se utilizó durante la presente investigación para seleccionar todos los eventos sísmicos registrados en la base de datos del INSIVUMEH durante el 1 de enero de 1984 al 31 de diciembre de 2013, en la región de estudio delimitada por las coordenadas geográficas $14^{\circ}10'$ a $14^{\circ}30'$ de latitud norte y $90^{\circ}30'$ a $90^{\circ}00'$ de longitud oeste. Esto se hizo para contar con toda la información registrada, procesada y analizada por el personal técnico de sismología a través de `SEISAN`. Sin embargo, *White et al.* [1980] describe otras actividades sísmicas históricas en Santa Rosa. En dicho contexto, para complementar el catálogo con información de enjambres sísmicos pasados y otros eventos en la región de estudio también se buscaron catálogos del INSIVUMEH almacenados en la base de datos entre los años 1979 y 1983, pero que no están en los formatos de `SEISAN`.

2.2. Elaboración y Homogeneización del catálogo sísmico

Con la información obtenida de la base de datos de `SEISAN` se elaboró un catálogo que incluyera toda la sismicidad observada (de enjambres y eventos independientes) en Santa Rosa desde 1979 hasta el 2013. Para extraer los sismos independientes del catálogo total se utilizó una función en Excel que buscara dentro del mismo catálogo, por fecha y hora, todos los eventos que se encontraran en el catálogo de enjambres sísmicos.

En el capítulo 1 se mencionó que un catálogo sísmico se considera homogéneo cuando el parámetro que define el tamaño de los sismos es el mismo para todos. *Benito et al.* [2009] mencionan que con frecuencia en un mismo catálogo están incluidas medidas de magnitud sísmica en diferentes escalas, o incluso dentro de una misma escala, que se calcularon a partir de diferentes fórmulas. Es importante, entonces,

```

Terminal
Updating data base GUA__
The data base GUA__ has 493 files
The first file starts: 197701
The last file starts: 201802

Start time (at least year), yyyyymmddhhmmss:20180101
End time, return for end of month :2018022015

PARAMETERS

1 - Fault Plane Solution
2 - Earthquake Felt
3 - Magnitude Type(s)
4 - Distance ID(s)
5 - Event ID(s)
6 - Magnitude Limits
7 - Latitude Limits
8 - Longitude Limits
9 - Depth Limits
10 - RMS Limits
11 - Number of Stations Limits
12 - Hypocenter Errors Latitude Limits
13 - Hypocenter Errors Longitude Limits
14 - Hypocenter Errors Depth Limits
15 - Minimum Number of Polarities
16 - Hypocenter Agencies
17 - Magnitude Agencies
18 - Station Codes, components, distance range and phase
19 - Polygon
20 - Use all header lines
21 - Look for wave form file names
22 - Gap range
23 - Phases
24 - Volcanic subclasses

SELECT NUMBER TO CHANGE PARAMETER, RETURN TO SEARCH: █

```

Figura 2.4. Captura de pantalla del formato del programa SELECT de SEISAN. Fuente: INSIVUMEH.

```

SELECT NUMBER TO CHANGE PARAMETER, RETURN TO SEARCH:

201801.CAT No of events: 50 Selected: 50 Selected total: 50
201802.CAT No of events: 66 Selected: 66 Selected total: 116

TOTAL NUMBER OF EVENTS IN TIME INTERVAL 116
NUMBER OF DISTANT EVENTS - - - - 11
NUMBER OF REGIONAL EVENTS - - - - 16
NUMBER OF LOCAL EVENTS - - - - 89
-----
NUMBER OF EVENTS SELECTED ***** 116
NUMBER OF WAVEFORM FILES SELECTED 114
NUMBER OF INDEXES SELECTED 116
SELECTED EARTHQUAKES ARE IN FILE: select.out
LOCAL INDEX FILE IN: index.out
NAMES FOR WAVEFORM FILES IN FILE: waveform_names.out
SELECT COMMANDS IN FILE: select.inp

seismo@cabracan-{77}:~/WOR$ █

```

Figura 2.5. Captura de pantalla de registros sísmicos seleccionados con SELECT. Fuente: INSIVUMEH.

realizar las conversiones referentes entre las diferentes estimaciones de magnitud con el objetivo de obtener un catálogo sísmico homogéneo.

En el Cuadro 2.1 se describe la cantidad total de eventos del catálogo sísmico que se midieron con la magnitud local M_L y la magnitud de duración coda M_d ; ésta última definida por la ecuación 2.1:

$$M_d = 2.4 \log(\text{coda}) + 0.00046\Delta - 0.72 \quad (2.1)$$

INSIVUMEH
SECCION DE SISMOLOGIA

EVENTOS LOCALIZADOS DEL 1993/01/01 AL 2013/12/31

TIEMPO	ORIGEN		LAT N	LONG W	PROF	ST	RMS	MAG	AGE	REGION	
1993	1 1	306	45.8	14.469	90.198	94.9	4	0.2	3.3	GUA	Depto. de Santa Rosa.
1993	1 4	42	55	14.427	90.408	10	7	0.3	3.4	GUA	Depto. de Santa Rosa.
1993	1 4	45	20.8	14.428	90.397	3.8	6	0.2	3.3	GUA	Depto. de Santa Rosa.
1993	1 9	1622	15.2	14.426	90.381	1.1	6	0.3	3.1	GUA	Depto. de Santa Rosa.
1993	1 9	1734	28.2	14.423	90.39	6.1	6	0.2	3.1	GUA	Depto. de Santa Rosa.
1993	1 9	1752	46.8	14.422	90.394	6.1	5	0.1	3.4	GUA	Depto. de Santa Rosa.
1993	1 9	1812	20.5	14.413	90.395	9.9	5	0.1	3.5	GUA	Depto. de Santa Rosa.
1993	110	600	56.7	14.238	90.268	6.1	4	0.3	3.3	GUA	Depto. de Santa Rosa.
1993	113	719	24.7	14.413	90.389	8	5	0.3	2.9	GUA	Depto. de Santa Rosa.
1993	113	802	31.1	14.455	90.336	9	6	0.2	2.9	GUA	Depto. de Santa Rosa.
1993	113	1843	44.7	14.417	90.358	9.6	5	0.5	3	GUA	Depto. de Santa Rosa.
1993	116	315	1.7	14.175	90.255	9.6	6	0.4	3.4	GUA	Depto. de Santa Rosa.
1993	116	1525	55.3	14.329	90.393	13.8	4	0.2	2.7	GUA	Depto. de Santa Rosa.
1993	117	50	15.3	14.375	90.385	9.1	5	0.2	2.7	GUA	Depto. de Santa Rosa.
1993	119	528	47.7	14.23	90.381	26.9	7	0.4	3.1	GUA	Depto. de Santa Rosa.

Figura 2.6. Formato de un boletín sismológico elaborado en SEISAN.

donde *coda* es la longitud medida en segundos y Δ es la distancia epicentral en km. Debido a que hubo una mayor cantidad de registros sísmicos medidos con magnitud *coda*, todos los registros sísmicos medidos con magnitud local se convirtieron a magnitud *coda* de manera que todo el catálogo estuviera homogeneizado para dicha escala de magnitud sísmica, utilizando la relación de [Villagrán, 1995] propuesta para la región de Centroamérica:

$$M_L = 1.163M_d - 0.52 \quad (2.2)$$

Tabla 2.1. Número de eventos sísmicos medidos con magnitud local y magnitud *coda* que ocurrieron en Santa Rosa entre 1979 y 2013.

	Símbolo	Total
Eventos con magnitud local	M_L	1731
Eventos con magnitud <i>coda</i>	M_d	5373
Total de Eventos		7104

2.3. El ambiente de programación estadística R

Este es un ambiente integral de código libre que contiene una larga lista de paquetes para el manipuleo de datos, cálculos computacionales, visualización de gráficas estadísticas y, especialmente, sirve como herramienta para el desarrollo de nuevos métodos en análisis de datos [Venables *et al.*, 2017]. Por ser de código libre los usuarios de R tienen la libertad de ver cómo está escrito y mejorarlo; este programa puede correr en varios sistemas operativos como Microsoft Windows, MacOS, Linux, entre otros.

2.3.1. Herramientas de R para el análisis de la distribución de frecuencia-magnitud (GRTo)

Esta es una librería de R que ofrece un conjunto de funciones especiales para comparar *b-values* de la distribución de Gutenberg-Richter y la evaluación de la calidad de catálogos sísmicos propuestas en Amorèse [2007] y Amorèse *et al.* [2009]. La librería se puede descargar desde la página web del proyecto CRAN (The Comprehensive R Archive Network) <https://cran.r-project.org> o desde un repositorio Linux.

2.3.1.1. Estimación de la magnitud de completitud M_c

Como se definió anteriormente la magnitud mínima de completitud M_c se define como la magnitud en la cual el 90 % del volumen de datos en un catálogo sísmico puede ser detectado [Wiemer y Wyss, 2000]. Para Amorèse [2007] dicho parámetro representa un punto de corte (o una discontinuidad principal) inducido por la desviación de la ley de potencias 1.2 en el extremo de las magnitudes bajas. Hacia el lado de las magnitudes más grandes también se espera la existencia de otros puntos de corte (o discontinuidades auxiliares) en la relación lineal de Gutenberg-Richter.

GRTo mediante la función `fmddisc` realiza las estimaciones de los puntos de corte (discontinuidades principal y auxiliar) de la relación de Gutenberg-Richter, utilizando el siguiente procedimiento: Sean M_1 y M_2 dos puntos consecutivos de un segmento de pendiente en la ley de Gutenberg-Richter, entonces para el punto $M = M_2$ este segmento de pendiente está dado por:

$$s(M_2) = \frac{\log[N(M_1)] - \log[N(M_2)]}{M_1 - M_2} \quad (2.3)$$

El segmento de pendiente de la serie se calcula por cada incremento de magnitud. Como siguiente paso se calcula la suma de los rangos por cada punto i desde el inicio de la serie de magnitudes n (es decir, el segmento de pendiente) hasta dicho punto en cuestión

$$W = SR_i = \sum_{j=1}^i R_j \quad (2.4)$$

Luego la suma de los rangos es ajustada restándole la mediana del segmento de pendiente, usando la siguiente ecuación

$$SA_i = | (2SR_i) - i(n + 1) | \quad (2.5)$$

El siguiente paso es determinar el valor máximo de SA_i . Si, por ejemplo, este valor máximo se encuentra en el punto n_1 , se pueden definir las siguientes variables

$$W = SR_{n_1} \quad (2.6)$$

$$n_2 = n - n_1 \quad (2.7)$$

Estas variables pasan por la prueba de hipótesis no-paramétrica de Wilcoxon-Mann-Whitney ([Lanzante, 1996]; [Hollander et al., 2014]) para determinar si se acepta (o rechaza) la hipótesis nula de que no hay cambios en la secuencia de puntos sobre el punto n_1 . Si la hipótesis nula es rechazada, entonces el algoritmo calcula el valor máximo de SA_i y lo readmite en la próxima iteración. La prueba de los puntos cambiantes se aplica a toda la serie de magnitudes siempre y cuando la significancia estadística de cada nuevo punto no sobrepase un nivel de significancia específico (por ejemplo 5 %) [Amorèse, 2007].

Como resultado final la función `fmdisc` de GRT0 obtiene los valores de dos puntos de discontinuidad:

1. La discontinuidad principal (M_c): Es el punto de quiebre que corresponde a la probabilidad más pequeña de cometer un error cuando se rechaza la hipótesis nula (error Tipo I).

2. La discontinuidad auxiliar ($M_{Aux.}$): Es el punto de quiebre que corresponde al primer valor mínimo relativo de la probabilidad de cometer un error Tipo I.

Por cada uno de estos puntos se obtuvo, de un número determinado de repeticiones, un histograma de discontinuidades aplicando métodos de estadística no-paramétrica o bootstraps [Efron y Tibshirani, 1993].

2.3.1.2. Estimación del b -value por regresión de las medianas repetidas

El cálculo del b -value de la relación Gutenberg-Richter se hizo por medio de la función `bvmed` de la herramienta GRT0; dicha función se basa en el método de regresión de las medianas repetidas propuesto por Amorèse et al. [2009]. Aplicando nuevamente la Ecuación 2.3 a los n intervalos de magnitud, para cada punto i , se calculan los $n - 1$ segmentos de pendiente, entre i y los demás puntos

$$s(M_i) = \frac{\log[N(M_j)] - \log[N(M_i)]}{M_j - M_i}, \quad M_i \neq M_j. \quad (2.8)$$

Ahora, por cada punto i , se toma la mediana del segmento de pendiente como un estimador. Lo que resulta en n valores de medianas. Por consiguiente, el b -value estimado con la técnica de las medianas repetidas es

$$b = -Med[Med(s(M_i))] \quad (2.9)$$

El error estándar del b -value se puede estimar aplicando el método bootstrap [Efron y Tibshirani, 1993], siguiendo estos pasos:

1. Se considera la muestra de n pares $(M, \log[N(M)])$ como una población y muestreada con reemplazo.
2. Se calcula el valor de b para esta muestra bootstrapeada.
3. Los pasos # 1 y # 2 se repiten B veces (donde $B > 1000$).
4. El error estándar bootstrapeado de b es la desviación estándar de los B b -values bootstrapeados.

Por tanto, si B es el número de repeticiones, entonces el error estándar muestral del b -value es

$$SE(b) = \sqrt{\frac{1}{B-1} \sum_{i=1}^B (b_i - \bar{b})^2} \quad (2.10)$$

El método de regresión de las medianas repetidas de la función *bvmed* es una técnica que ajusta los datos de una distribución de Gutenberg-Richter incremental. Dicho método es altamente resistente a valores atípicos y errores de medición grandes, además, requiere de información limitada *a priori* en cuanto a errores.

2.4. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas que integran tecnología informática, personas e información geográfica, y cuya función principal es capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados [Olaya, 2014]. Los SIG se han aplicado a estudios sismológicos sobre tectónica, microzonificación sísmica y, entre otros, procesamiento de información sísmica [Nuñez, 2012]. Como parte del trabajo en colaboración de personal del INSIVUMEH se elaboraron mapas geológicos de Santa Rosa que ayudaron a visualizar la distribución espacial de la sismicidad por cada enjambre a medida que dichas actividades iban evolucionando en el tiempo.

3. Resultados

3.1. Análisis de la distribución espacio-temporal de la actividad sísmica tipo enjambre en el Departamento de Santa Rosa

En los Cuadros B1 y B2 del Apéndice B se detallan los datos recopilados de enjambres sísmicos, identificados por personal técnico del INSIVUMEH, en la región del Departamento de Santa Rosa delimitada por las coordenadas latitud 14.000° a 14.500° N y longitud 90.500° a 90.000° O durante el periodo 1979 al 2013. A continuación se describe un análisis de la distribución espacio-temporal y la distribución de Gutenberg-Richter, haciendo énfasis de los periodos más activos de enjambres en el área estudiada. En el Apéndice A se detallan otros enjambres analizados durante la fase de investigación.

3.1.1. Enjambre Sísmico registrado del 12 de agosto de 1979 al 23 de junio de 1980

El 12 de agosto de 1979 inició una de las secuencias sísmicas tipo enjambre más extensas en la historia del Departamento de Santa Rosa. En un informe técnico preliminar realizado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) y el INSIVUMEH [*White et al.*, 1980] se reportaron más de 40,000 eventos sísmicos (M 0.75 a M 5.0), contando hasta un máximo de más de 1,000 registros diarios en la segunda semana de septiembre de 1979. Esa actividad sísmica afectó varios municipios y poblados de Santa Rosa, principalmente: Santa María Ixhuatán, Oratorio, y San Juan Tecuaco. Los últimos eventos sísmicos del enjambre se registraron el 23 de junio de 1980.

Las distribuciones espaciales de los enjambres en los mapas geológicos de las

Figuras 3.1 y 3.2 muestra una mayor concentración de epicentros sobre la región de Santa María Ixhuatán con una tendencia hacia el oeste del norte. Siempre en la misma región, se visualiza un segundo grupo con menos epicentros apuntando hacia el norte. En la Figura 3.2 se observan otros pequeños grupos de epicentros dispersos sobre la parte norte de Santa Rosa y uno más concentrado al oeste del departamento, sobre el municipio de Barberena, con forma más o menos alargada apuntando hacia el noroeste.

El análisis de 1331 registros sísmicos publicados en los boletines sismológicos de 1979 y 1980 muestra un registro máximo de 55 eventos en los primeros 30 días del enjambre (ver Figura 3.3). De esta muestra, en el intervalo de magnitudes [1.2, 4.6], 119 eventos sísmicos fueron de magnitud M_L 1.7 (ver Figura 3.4); por otro lado, la gráfica de la Figura 3.5 muestra que todos los eventos fueron localizados alrededor de los 0 y 58 km de profundidad, habiendo una mayor concentración entre 1 y 18 km.

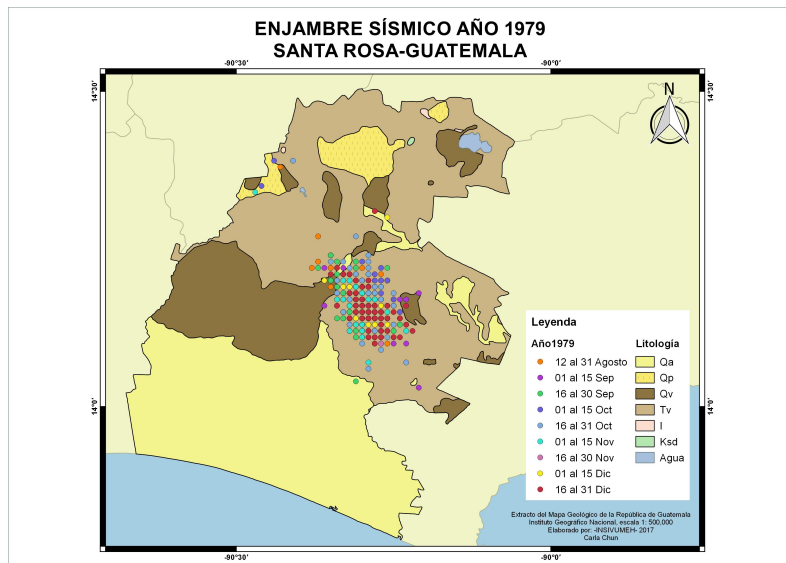


Figura 3.1. Distribución espacial de los eventos localizados desde mediados de agosto de 1979 del extenso enjambre sísmico registrado en Santa Rosa. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.

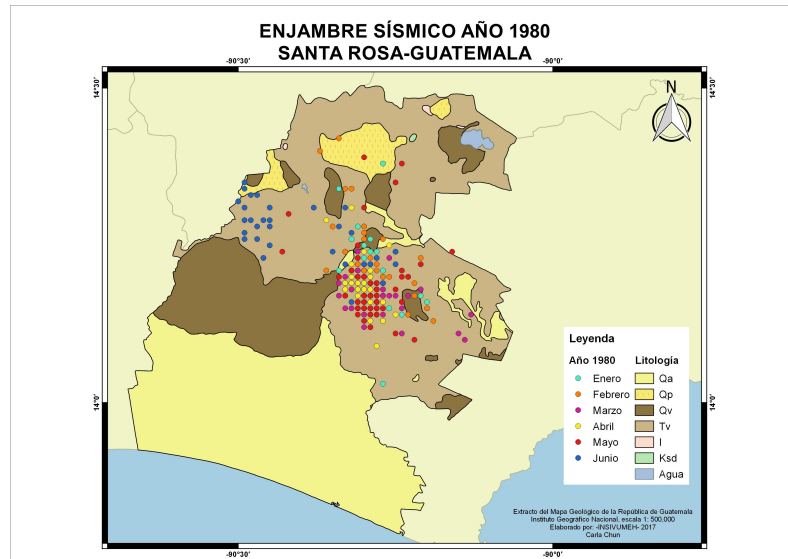


Figura 3.2. Distribución espacial de los eventos localizados hasta el 23 de junio de 1980 del extenso enjambre sísmico registrado en Santa Rosa. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.

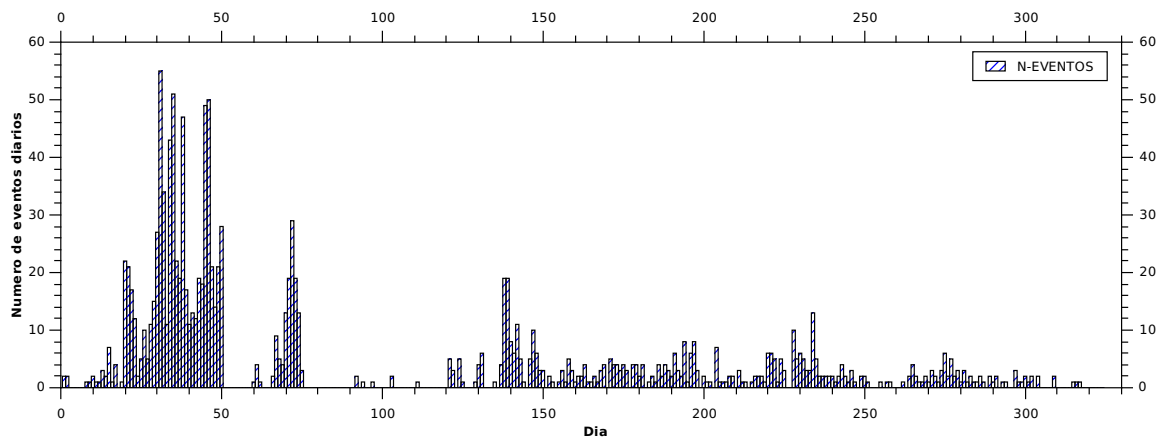


Figura 3.3. Distribución temporal de todos los eventos localizados durante el extenso enjambre sísmico registrado desde mediados de agosto de 1979 hasta el 23 de junio de 1980.

3.1.2. Enjambres Sísmicos de 1981

3.1.2.1. Enjambre sísmico registrado en marzo de 1981

En el año 1981 la población del Departamento de Santa Rosa fue afectada por dos enjambres sísmicos. El primer enjambre sísmico de ese año inició el 2 de marzo y culminó el 25 de marzo. Durante este enjambre las estaciones sismológicas de la red del INSIVUMEH detectaron un total de 17 eventos sísmicos con magnitudes locales entre 2.0 y 3.7, cuyos epicentros se localizaron sobre las regiones de Santa

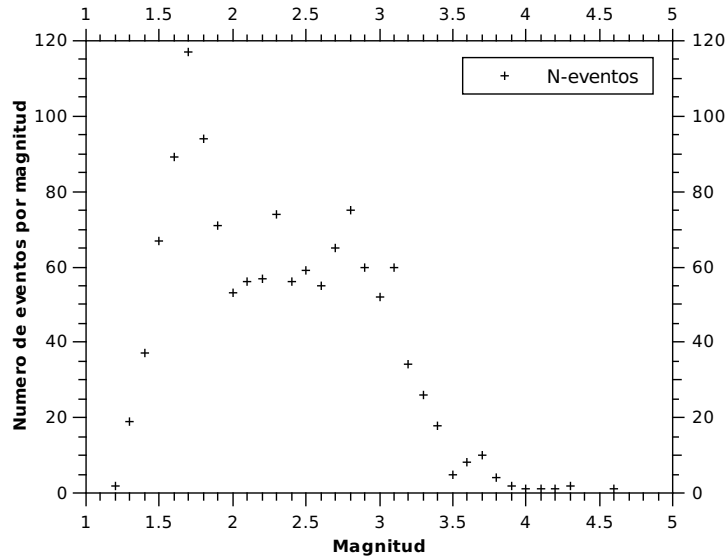


Figura 3.4. Distribución según la magnitud M_L de todos los eventos localizados durante el extenso enjambre sísmico registrado desde mediados de agosto de 1979 hasta el 23 de junio de 1980.

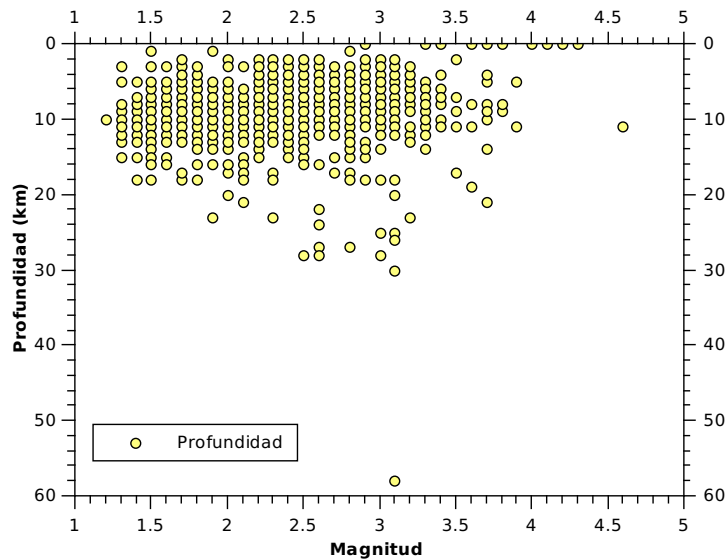


Figura 3.5. Distribución según la magnitud y profundidad de todos los eventos localizados durante el extenso enjambre sísmico registrado desde mediados de agosto de 1979 hasta el 23 de junio de 1980.

María Ixhuatán, Cuilapa y Barberena a profundidades entre los 7.0 y 32 km (Figura 3.9). Estos eventos presentaron dos tendencias (ver Figura 3.6): (a) el primero está concentrado de forma alargada con dirección hacia el oeste del norte y (b) un segundo grupo menos activo con tendencia sureste a noroeste desde el centro del primer grupo.

Debido al poco tiempo que transcurrió esta actividad sísmica se localizaron hasta máximo 6 eventos por día el 17 de marzo de 1981 (Figura 3.7). Por otro lado, las estadísticas muestran que en el intervalo de magnitudes se localizó un máximo de 5 eventos sísmicos de magnitud M_L 2.6 (Figura 3.8).

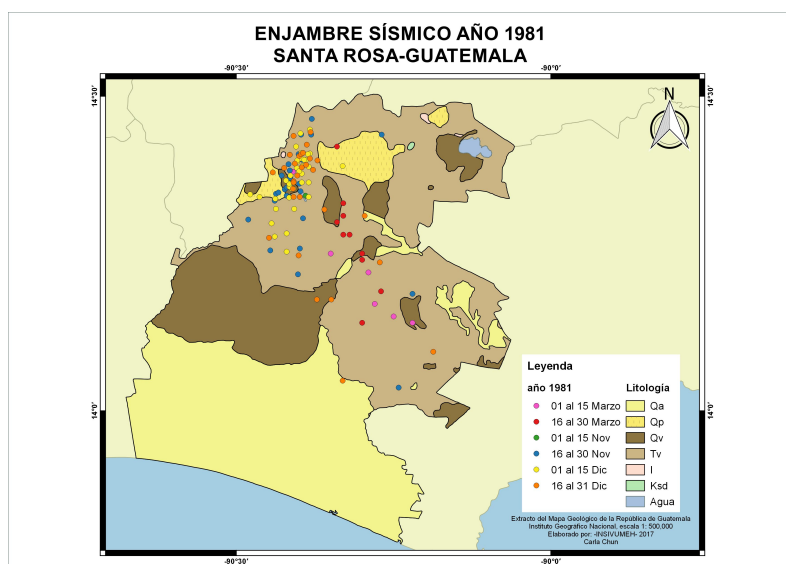


Figura 3.6. Distribución espacial de los epicentros localizados durante los enjambres sísmicos registrados en 1981. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.

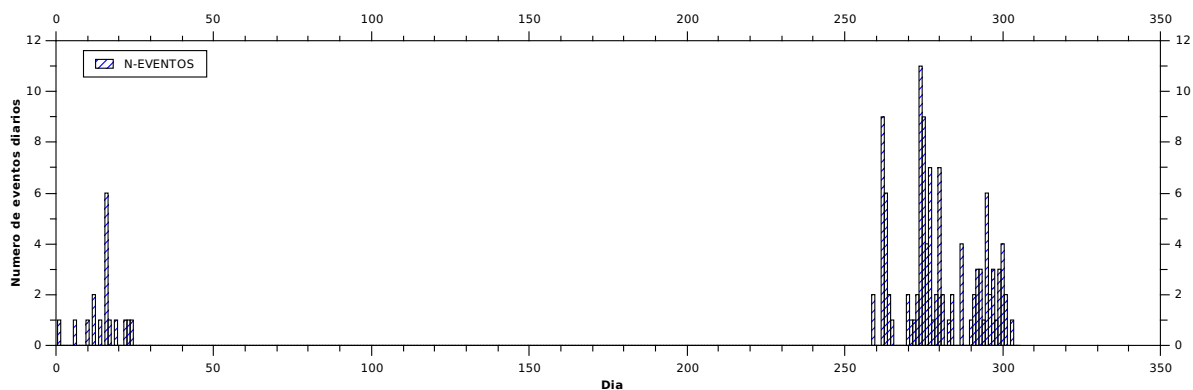


Figura 3.7. Distribución temporal de los eventos localizados durante los dos enjambres sísmicos registrados en 1981.

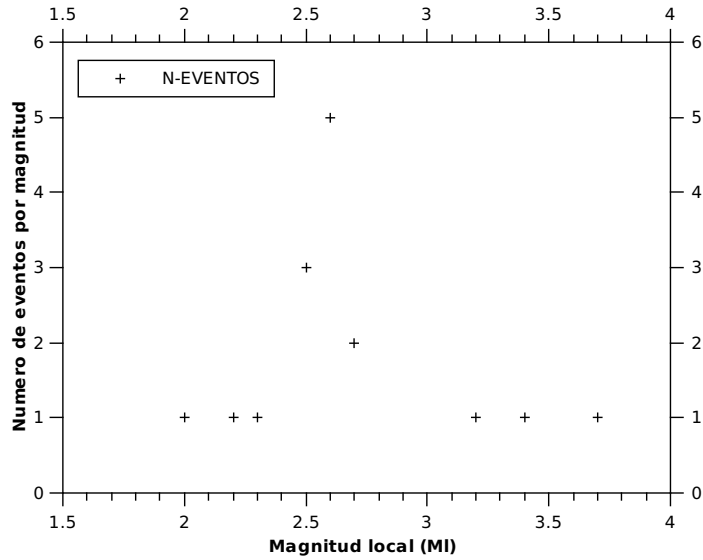


Figura 3.8. Distribución de los eventos sísmicos según la magnitud local M_L del enjambre registrado en marzo de 1981.

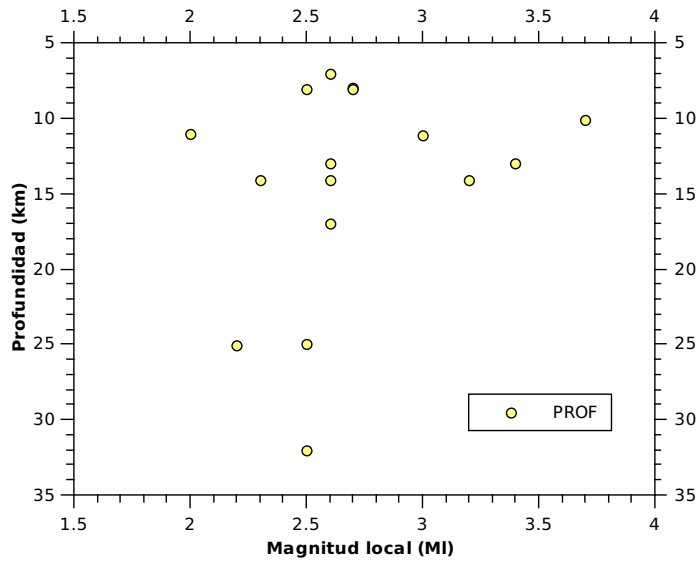


Figura 3.9. Distribución según la magnitud M_L y profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en marzo de 1981.

3.1.2.2. Enjambre sísmico registrado del 15 de noviembre al 29 diciembre de 1981

El segundo enjambre sísmico del año 1981 en Santa Rosa inició su actividad el 15 de noviembre y finalizó el 29 de diciembre. De esta secuencia la red de estaciones sísmológicas registró un total de 107 eventos sísmicos y hasta un máximo de 11 eventos el día 30 de noviembre (Figura 3.6). Los eventos sísmicos fueron detectados

en el extremo oeste del campo de conos cineríticos entre Cuilapa y Barberena (esquina suroeste del cuadrángulo de Nueva Santa Rosa, ver figura 3.6) con magnitudes entre M_L 1.8 y M_L 3.6, e hipocentros entre 0.4 y 71.7 km. Como se observa en la Figura 3.6 los epicentros del enjambre se concentran sobre la región ya mencionada en dirección S a N de forma alargada.

En un rango de magnitudes de 1.8 a 3.6, se localizaron hasta un máximo de 18 eventos con magnitud M_L 2.5 (Figura 3.10). La mayoría de los eventos sísmicos en ese rango de magnitudes se concentraron entre 0.4 y 18 km de profundidad (Figura 3.11).

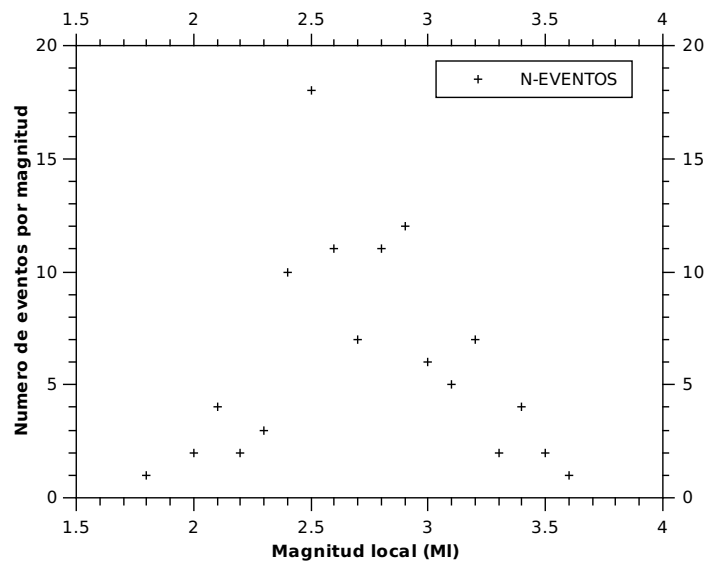


Figura 3.10. Distribución según la magnitud local M_L de los eventos localizados durante el enjambre registrado del 15 de noviembre al 29 de diciembre de 1981.

3.1.3. Enjambre Sísmico registrado del 1 de enero al 19 mayo de 1982

El cuarto enjambre sísmico estudiado comenzó el 1 de enero de 1982. Durante la actividad sísmica la red nacional del INSIVUMEH registró un total de 276 eventos sísmicos con magnitudes locales entre 1.2 y 3.9, y un registro máximo por día de 59 eventos el 4 de enero de 1982 (Figura 3.13); en el intervalo de magnitud el registro máximo fue de 33 eventos de magnitud M_L 2.2 (Figura 3.14).

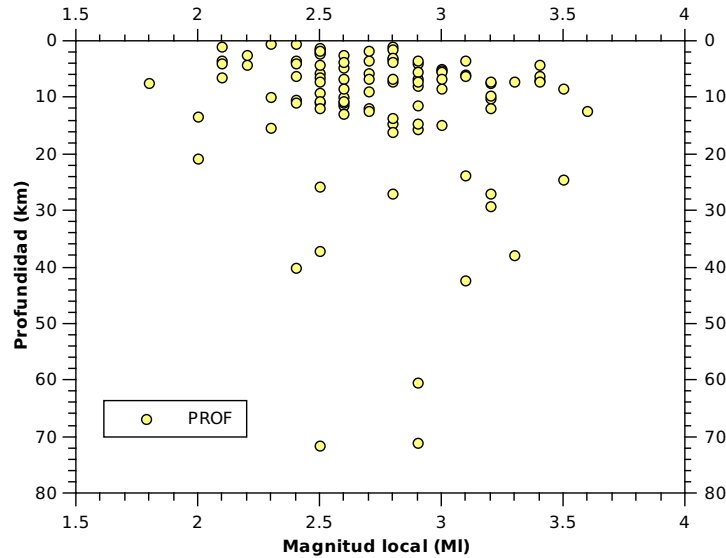


Figura 3.11. Distribución según la magnitud M_L y profundidad de los eventos localizados durante del enjambre sísmico registrado del 15 de noviembre al 29 diciembre de 1981.

Como se observa en el mapa geológico de la Figura 3.12 la distribución de los epicentros se concentra más en la región de la antigua caldera de Santa Rosa de Lima con tendencia hacia el sur; también se observa sismicidad cerca de los volcanes inactivos Tecuamburro y Cerro Cruz Quemada. Los hipocentros de cada evento sísmico, según muestra la Figura 3.15, se concentraron a profundidades entre 1.6 y 25 km; la distribución también muestra sismos que se localizaron a profundidades muy grandes, en otras palabras, son sismos considerados como de subducción (no pertenecen al enjambre).

3.1.4. Enjambre Sísmico registrado del 4 de mayo al 24 de diciembre de 1986

Esta actividad sísmica tipo enjambre fue detectada por la red sismológica del INSIVUMEH el día 4 de mayo de 1986 entre las regiones de los cuadrángulos de Cuilapa y Nueva Santa Rosa (Figura 3.16), registrando los últimos eventos el día 24 de diciembre de 1986. Durante el enjambre sísmico, se registró un total de 197 eventos sísmicos con magnitudes coda M_d entre 1.8 y 4.4, y hasta una tasa máxima de 46 eventos diarios el día 27 de octubre de 1986 (Figura 3.17). Por otro lado, se detectó un máximo de 31 eventos sísmicos con $M_d = 2.8$ (Figura 3.18).

La distribución espacial de los epicentros de la secuencia tipo enjambre sísmico

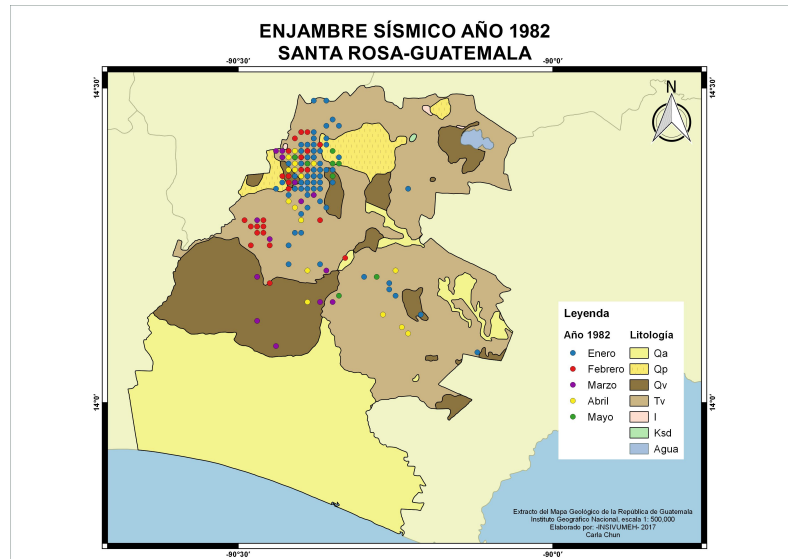


Figura 3.12. Distribución espacial de los epicentros localizados durante el enjambre sísmico registrado del 1 de enero al 19 de mayo de 1982. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.

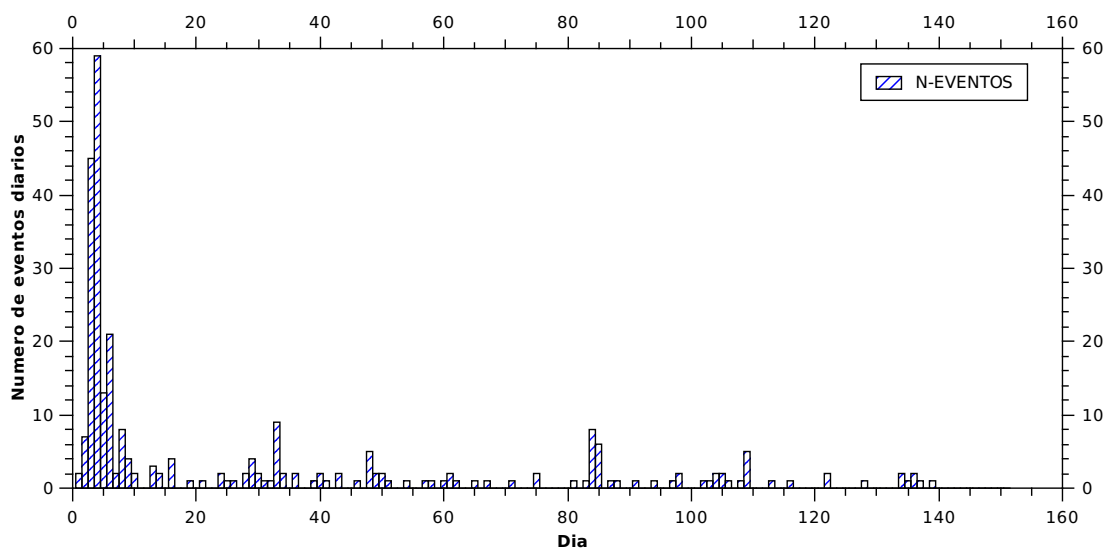


Figura 3.13. Distribución temporal de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado del 1 de enero al 19 de mayo de 1982.

(Figura 3.16) muestra que estos se concentraron, principalmente, en las áreas del campo de conos cineríticos de Cuilapa-Barberena y la cuenca de Santa Rosa de Lima (en el cuadrángulo de Nueva Santa Rosa) y cerca de los volcanes Tecuamburro y Cerro Cruz Quemada, respectivamente. El primer grupo de epicentros se alinean en dirección noreste; y el segundo se alinean hacia el noroeste. Los hipocentros fueron localizados a profundidades entre 0.4 y 30 km (ver Figura 3.19); también se observan

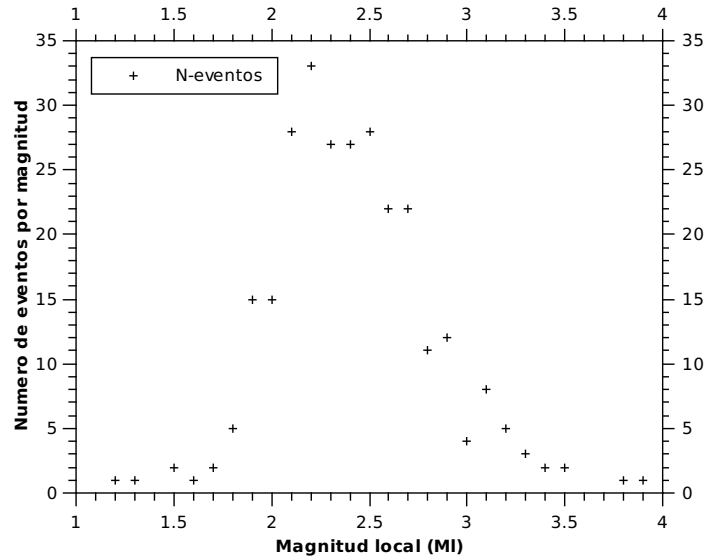


Figura 3.14. Distribución según la magnitud local M_L de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado del 1 de enero al 19 de mayo de 1982.

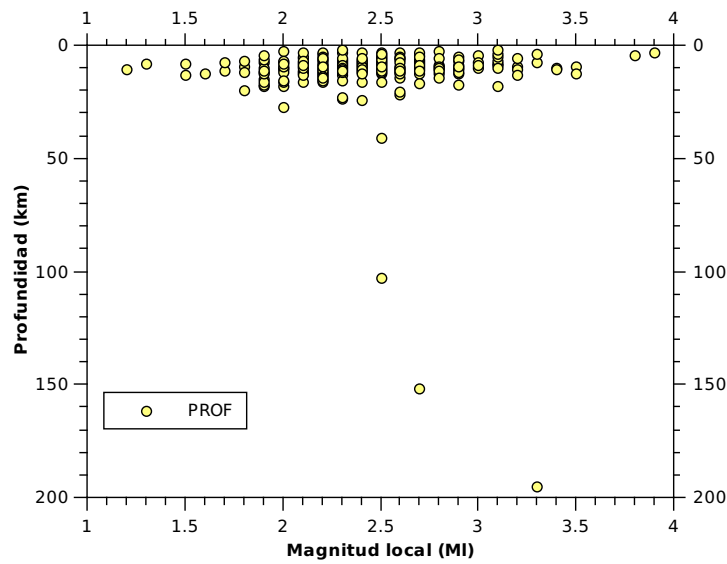


Figura 3.15. Distribución según la magnitud local M_L y profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado del 1 de enero al 19 de mayo de 1982.

sismos catalogados como de subducción.

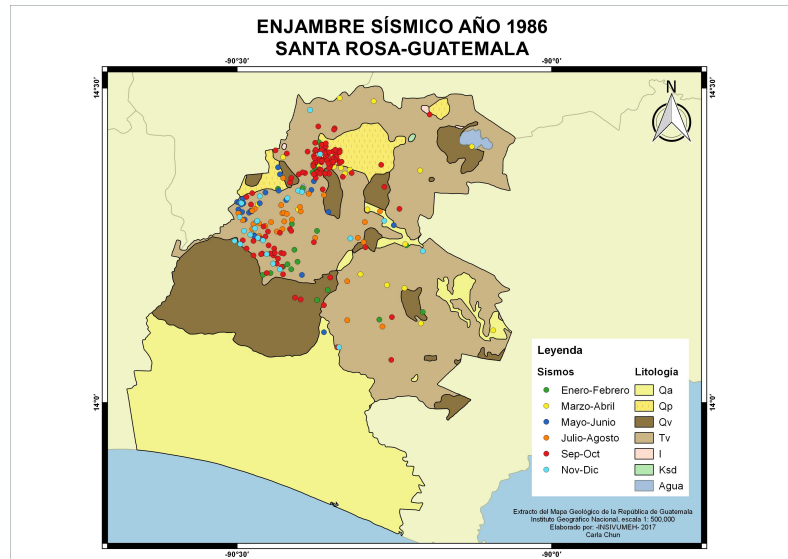


Figura 3.16. Distribución espacial de los epicentros localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 4 de mayo al 24 de diciembre de 1986. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.

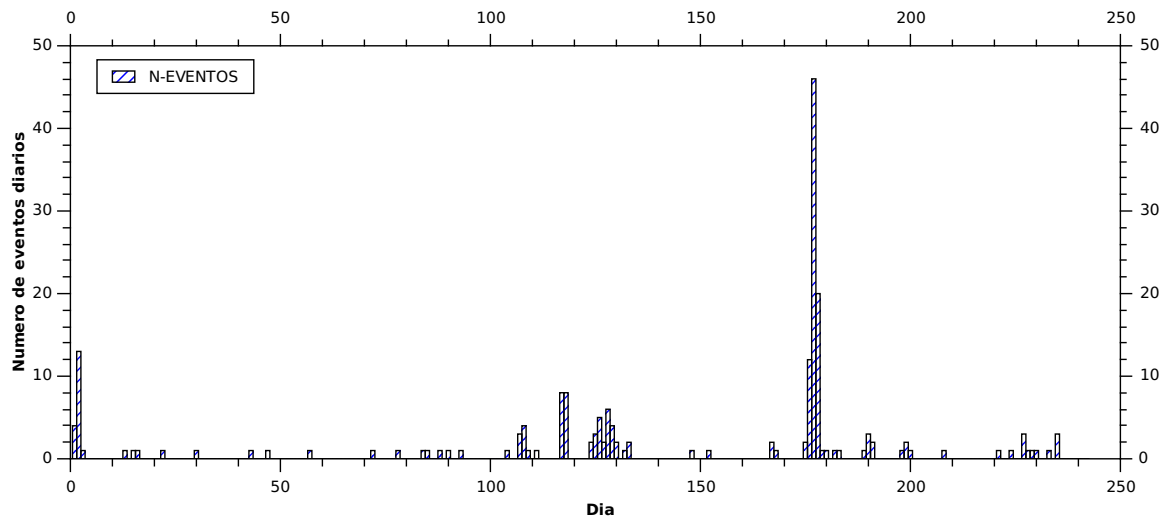


Figura 3.17. Distribución temporal de los eventos sísmicos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 4 de mayo al 24 de diciembre de 1986.

3.1.5. Enjambre Sísmico registrado del 1 de abril al 19 de junio de 1993

Ésta actividad sísmica fue detectada por la red sismológica del INSIVUMEH el 1 de abril de 1993 entre las regiones de la parte norte-central del cuadrángulo de Cuilapa, la parte sur-central del cuadrángulo de Nueva Santa Rosa y entre los cuadrángulos de Oratorio y Moyuta (ver Figura 3.20). Durante el enjambre sísmico se

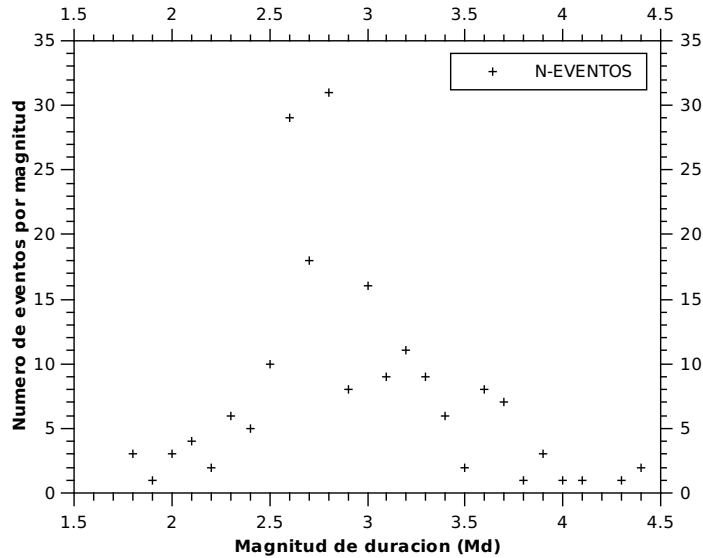


Figura 3.18. Distribución según la magnitud de duración coda M_d de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 4 de mayo al 24 de diciembre de 1986.

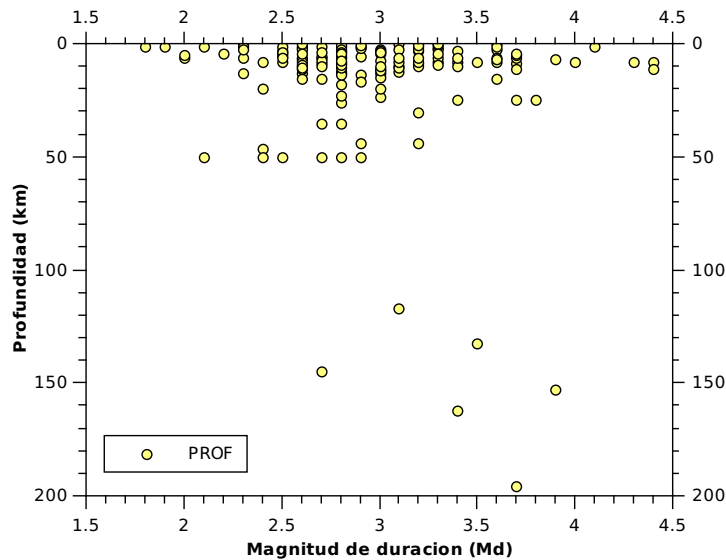


Figura 3.19. Distribución según la magnitud M_d y la profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 4 de mayo al 24 diciembre de 1986.

registró un total de 270 eventos sísmicos con magnitudes M_d entre 2.1 y 4.3, y hasta una tasa máxima de 58 eventos sísmicos el día 19 de abril de 1993 (Figura 3.21); por otro lado, se registró hasta un máximo de 42 eventos sísmicos con magnitud M_d 3.0 (Figura 3.22). Los últimos registros de la actividad sísmica fueron detectados el 23 de junio de 1993.

El mapa de la zona epicentral del enjambre sísmico (Figura 3.20) muestra que los eventos sísmicos se distribuyeron en el área del sistema de fallas de Jalpatagua y al sur del extremo sureste de dicha falla. Además, se puede observar que los epicentros en la zona se alinean hacia el oeste del norte y noroeste. Los hipocentros fueron localizados a profundidades entre 0.3 y 29.9 km, habiendo una mayor concentración alrededor de los 0.3 y 16 km (Figura 3.23).

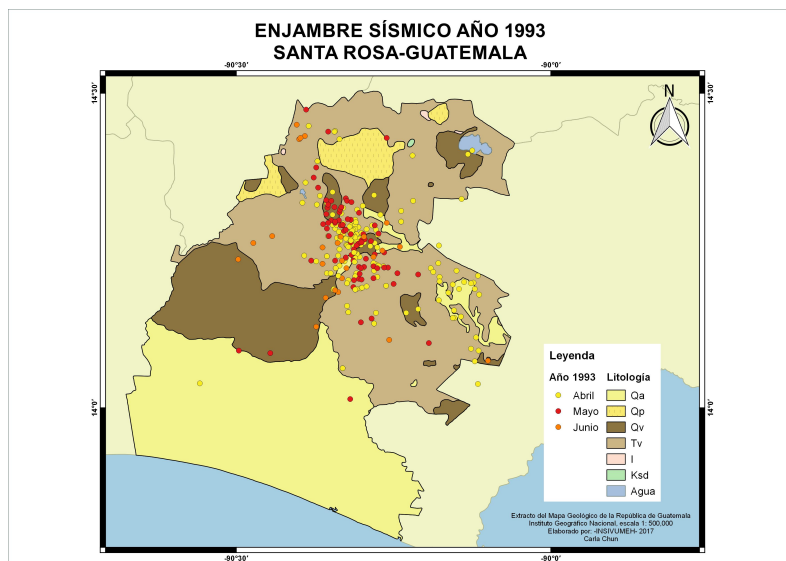


Figura 3.20. Distribución espacial de los epicentros localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 1 de abril al 19 de junio de 1993. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.

3.1.6. Enjambre Sísmico registrado del 4 de abril al 20 de mayo del 2009

Otra actividad sísmico tipo enjambre fue detectada por la red sismológica del INSIVUMEH el 4 de abril de 2009 en la región del Municipio de Barberena (Figura 3.24). Durante la actividad sísmica se registró un total de 245 eventos sísmicos, y hasta una tasa máxima de 56 eventos el día 5 de abril del 2009 (Figura 3.25). Por otro lado, se registró hasta un máximo de 32 eventos sísmicos con magnitud M_d 3.0 (ver Figura 3.26). El último evento sísmico de la serie fue detectado el 20 de mayo del 2009.

El mapa de la zona epicentral del enjambre sísmico del 2009 (Figura 3.24) muestra los epicentros concentrados en dirección hacia el noreste. Los hipocentros fueron

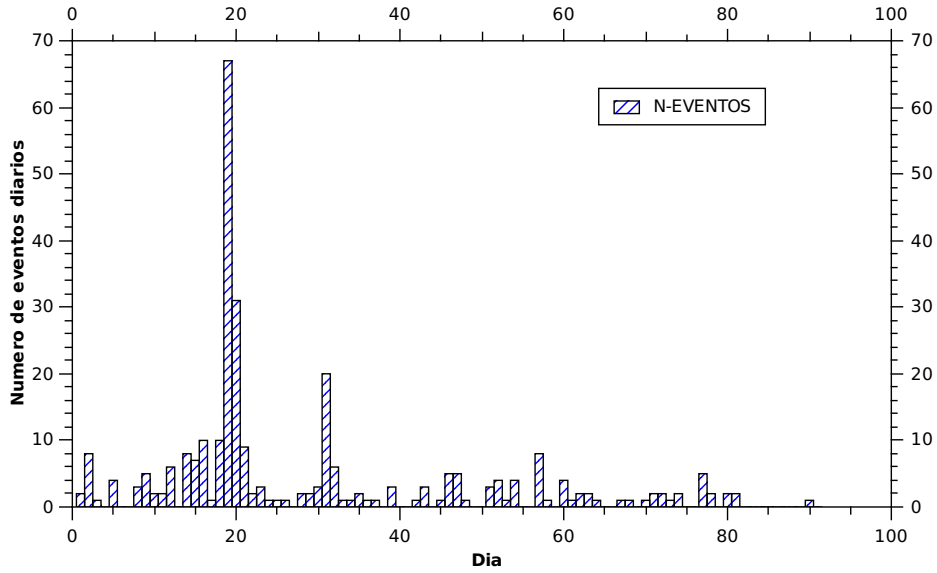


Figura 3.21. Distribución temporal de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 1 de abril al 19 de junio de 1993.

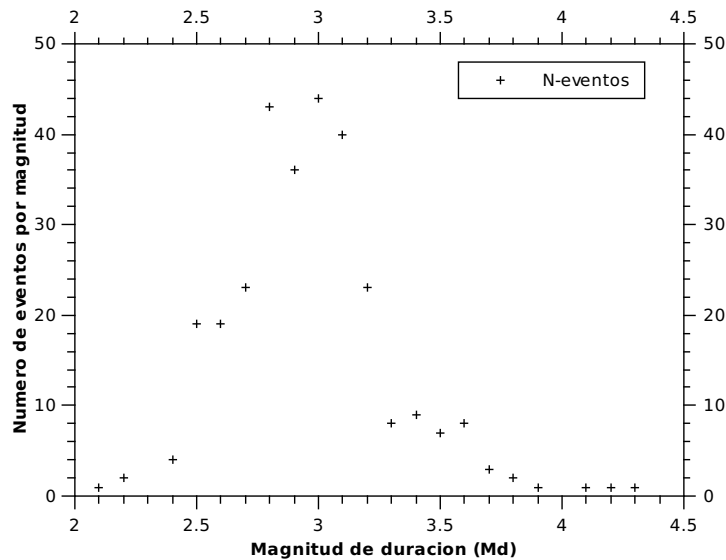


Figura 3.22. Distribución según la magnitud M_d de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 1 de abril al 19 de junio de 1993.

localizados entre 0.1 y 54.6 km de profundidad, habiendo una mayor concentración entre 0.1 y 16.0 km (Figura 3.27).

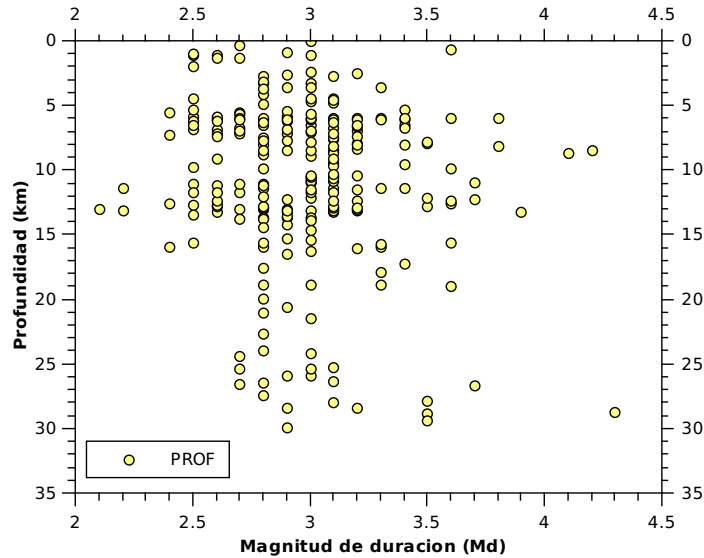


Figura 3.23. Distribución la magnitud M_d y la profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 1 de abril al 19 de junio de 1993.

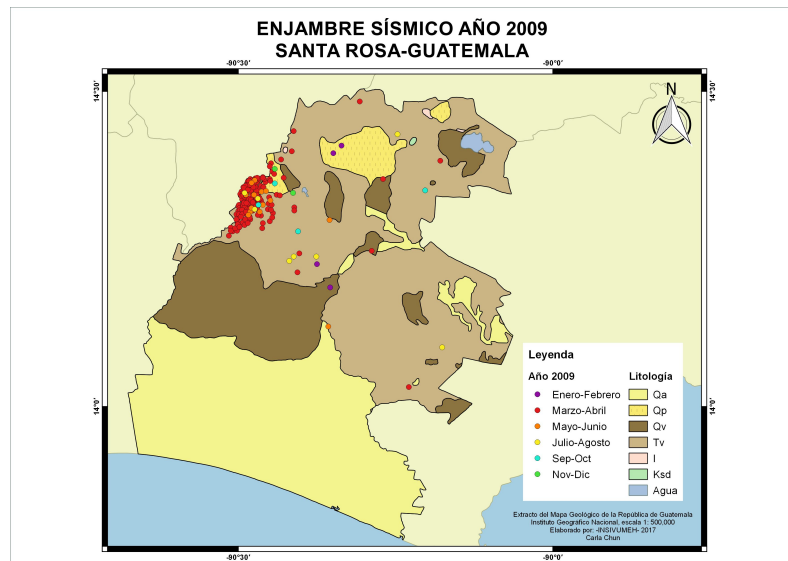


Figura 3.24. Distribución espacial de los epicentros localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 4 de abril al 20 de mayo de 2009. Mapa de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.

3.1.7. Enjambre sísmico registrado en marzo del 2011

Ésta actividad sísmica tipo enjambre fue detectada el 5 de marzo del 2011 por la red sismológica del INSIVUMEH a inmediaciones de la región del graben de Tecuamburro (ver Figura 3.28). La red sismológica registró de ésta actividad sísmica un total de 15 eventos sísmicos con magnitudes entre M_d 2.3 y M_d 3.4, y hasta una

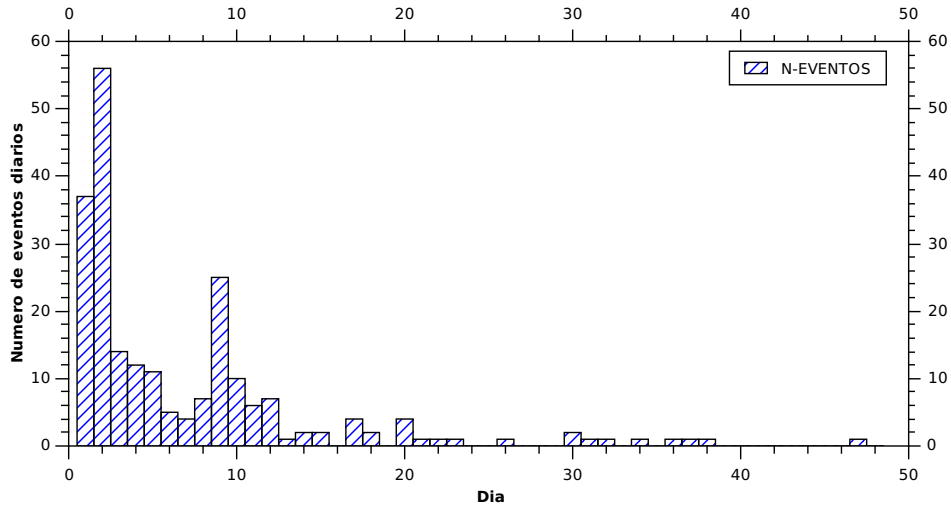


Figura 3.25. Distribución temporal de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 4 de abril al 20 de mayo de 2009.

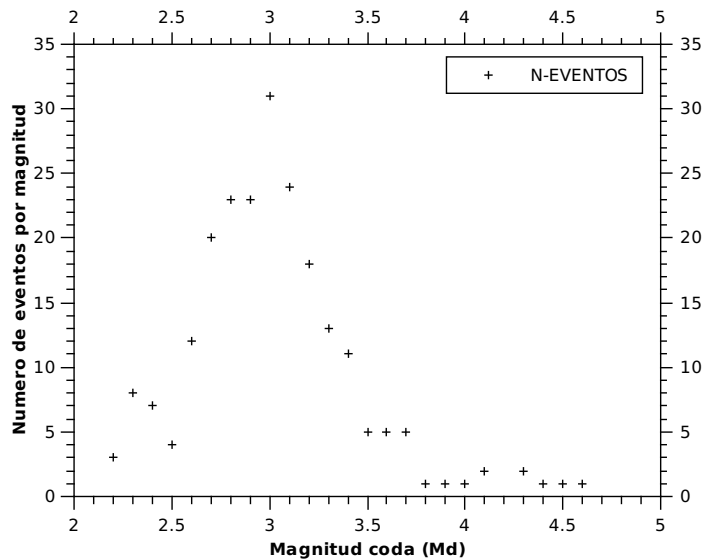


Figura 3.26. Distribución según la magnitud M_d de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 4 de abril al 20 de mayo de 2009.

tasa máxima de 7 eventos el día 1 de marzo del 2011 (Figura 3.29). El último evento de tal actividad sísmica fue registrado el 31 de marzo del 2011. Los hipocentros se localizaron a profundidades entre 5.9 y 21.9 km (Figura 3.31).

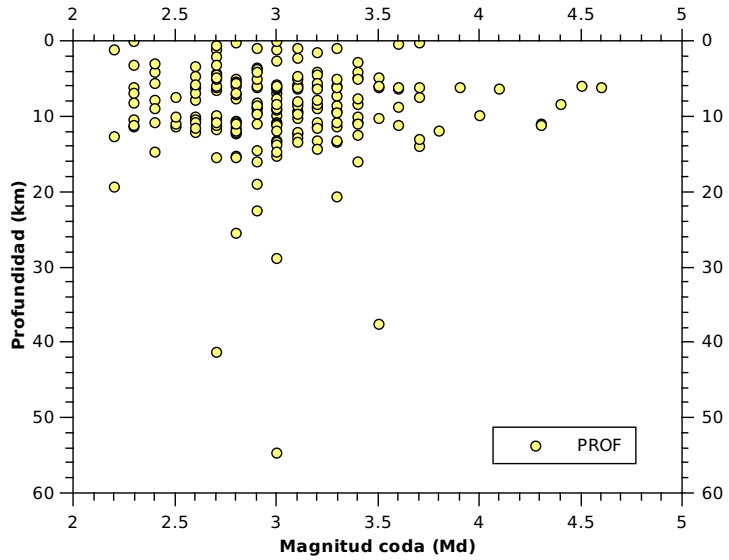


Figura 3.27. Distribución según la magnitud M_d y la profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 4 de abril al 20 de mayo de 2009.

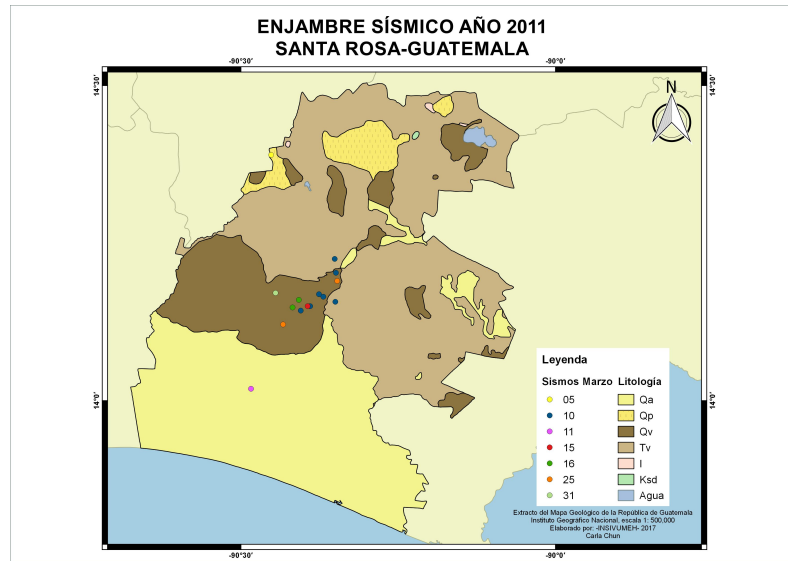


Figura 3.28. Distribución espacial de los epicentros localizados ruante el enjambre sísmico registrado en marzo de 2011. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.

3.1.8. Enjambre sísmico registrado del 19 de julio al 29 de noviembre del 2011

El 19 de julio del 2011 la red sismológica del INSIVUMEH detectó un segundo enjambre sísmico entre las regiones del complejo volcánico Ixhuatán y el campo de conos cineríticos de Barberena-Cuilapa (ver Figura 3.32). Tal actividad sísmica fue

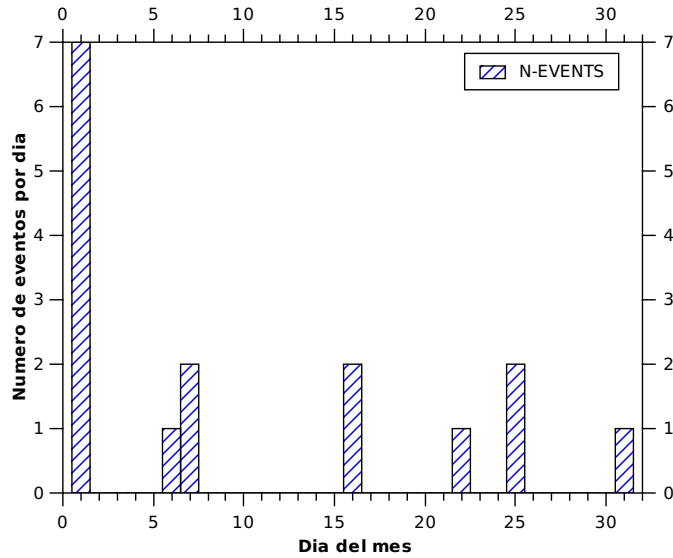


Figura 3.29. Distribución temporal de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en marzo de 2011.

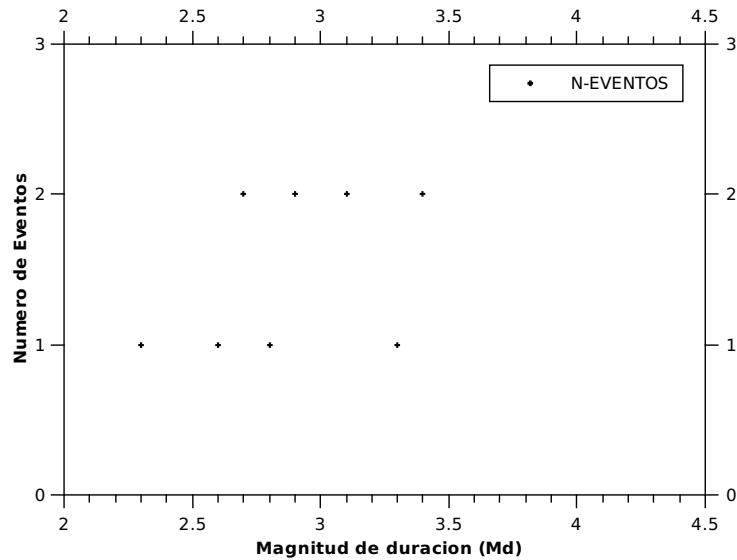


Figura 3.30. Distribución según la magnitud M_d de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en marzo de 2011.

más extensa que la ocurrida en marzo, ya que el último evento fue registrado el 29 de noviembre del 2011; como parte del EPS se analizaron registros sísmicos para complementar el catálogo (ver datos en Cuadro D1). El número máximo de eventos sísmicos diarios registrados es de 186 durante el 8 de agosto del 2011 (Figura 3.33; y respecto de la magnitud sísmica se ha registrado hasta un máximo de 301 eventos sísmicos de magnitud M_d 2.7 (Figura 3.34).

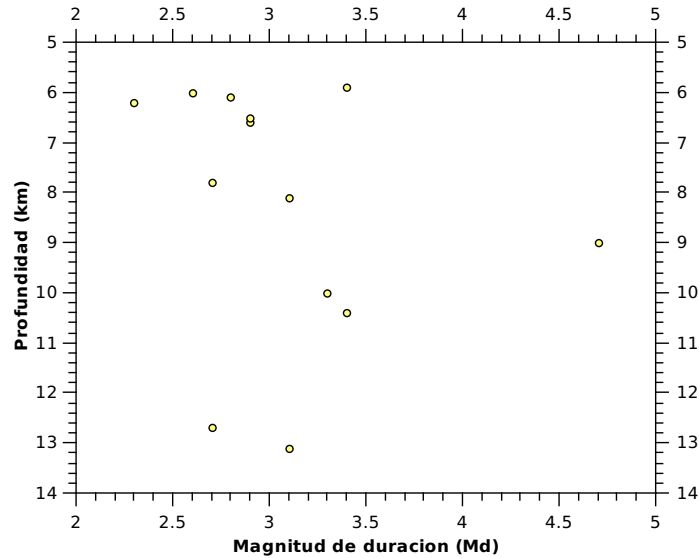


Figura 3.31. Distribución la magnitud M_d y la profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en marzo del 2011.

La distribución de los eventos sísmicos del enjambre sísmico (Figura 3.32) muestra que los epicentros se concentraron principalmente entre Cuilapa, Barberena, Santa María Ixhuatán y al norte de los Municipios Chiquimulilla y San Juan Tecuaco. En la Figura se puede observar también epicentros al norte, sur, sureste y oeste de Santa Rosa. Los hipocentros de los eventos sísmicos del enjambre fueron localizados a profundidades entre 0.1 y 29.1 km, habiendo una mayor concentración entre 0.1 y 18.0 km (Figura 3.35).

3.2. Magnitud mínima de completitud M_c del catálogo sísmico de Santa Rosa en el periodo (1979-2013).

En el Cuadro 3.1 se reportan las magnitudes estimadas y otros parámetros estadísticos, a través del Método Basado en el Análisis de la Mediana de un Segmento de Pendiente (MBASS, por sus siglas en inglés), de las discontinuidades principal (M_c) y auxiliar ($M_{Aux.}$) utilizando como base de datos registros de sismicidad localizada dentro del área del Departamento de Santa Rosa durante el periodo 1979 a 2013. Para realizar tales estimaciones la base de datos se dividió en otras dos sub-bases: una que contuviera sismicidad relacionada a las actividades sísmicas tipo enjambre

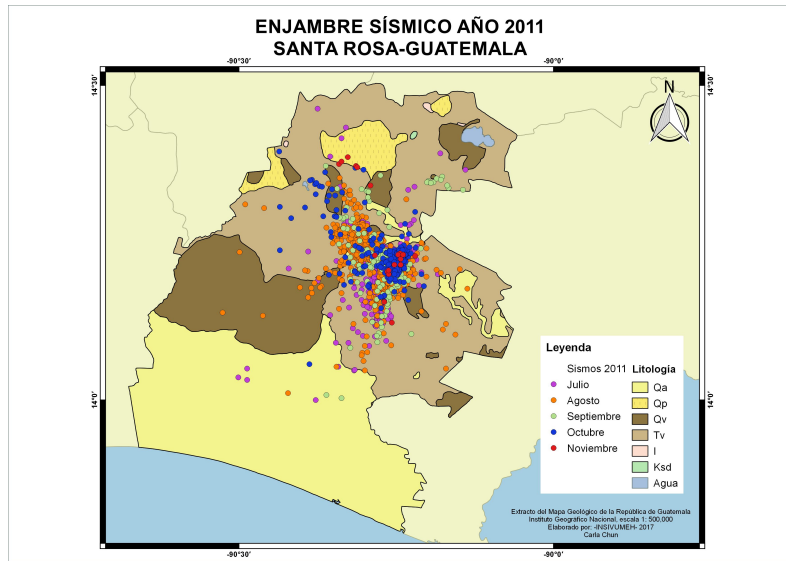


Figura 3.32. Distribución espacial de los epicentros localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 17 de julio al 29 de noviembre de 2011. Mapa de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.

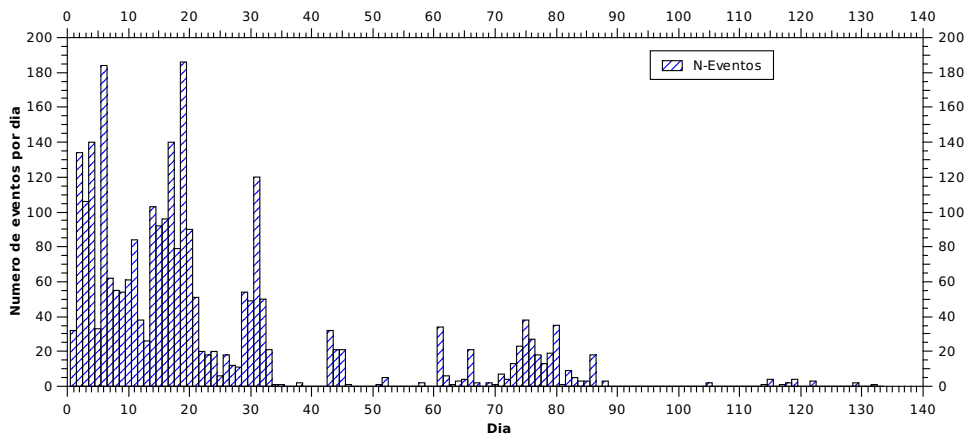


Figura 3.33. Distribución temporal de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 17 de julio al 29 de noviembre de 2011.

y otra que incluyera, únicamente, eventos sísmicos que siguen una distribución de Poisson, es decir, eventos independientes. El método MBASS hace las estimaciones de M_c y $M_{Aux.}$ dentro de un intervalo de confianza al 90 %, cuyos límites son los percentiles 5 % y 95 % y el valor de la mediana representado por el percentil 50 %. Los intervalos de confianza al 90 % se calculan multiplicando el error estándar muestral por un factor de 1.645 [Amorèse et al., 2009].

De acuerdo al procedimiento MBASS de 4999 réplicas realizadas a una muestra

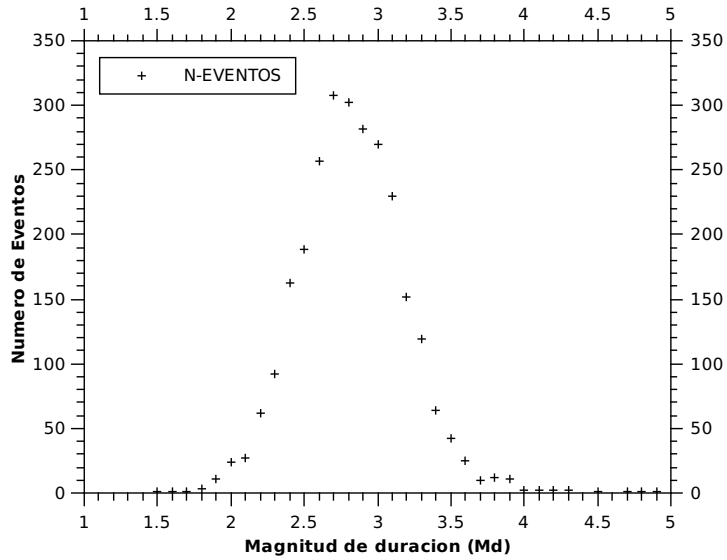


Figura 3.34. Distribución la magnitud M_d de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 17 de julio al 29 de noviembre de 2011.

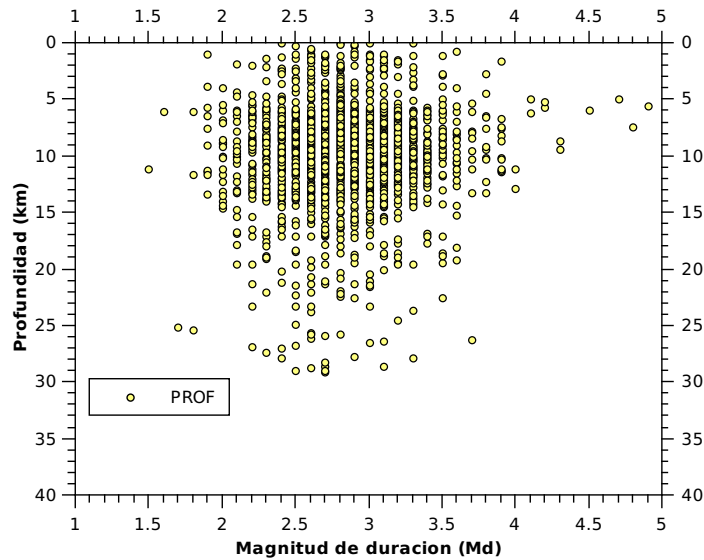


Figura 3.35. Distribución según la magnitud M_d y la profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado del 17 de julio al 29 de noviembre de 2011.

de 5404 datos del catálogo de sismicidad tipo enjambre, se detectó con un margen de error del 0.068 una discontinuidad principal M_c (ver también Figura 3.36) de 2.89 ± 0.04 . Por otro lado, de 192 réplicas realizadas a la misma muestra se detectó (con un margen de error igual a 2.052) una discontinuidad auxiliar M_{Aux} de 2.83 ± 1.25 . Mientras tanto, de la distribución de eventos independientes (Figura 3.37) el MBASS estimó (con un margen de error de 0.126) una discontinuidad

$M_c = 2.93 \pm 0.07$; este valor de magnitud fue calculado realizando 4932 réplicas; del mismo modo realizando una serie de 237 réplicas a ese catálogo, se calculó una discontinuidad auxiliar de 4.05 ± 0.83 en un margen de error igual a 1.361. Por último, realizando una serie de 5000 réplicas a la distribución de frecuencia-magnitud de toda la sismicidad registrada en Santa Rosa durante el periodo 1979 a 2013 (Figura 3.38) se estimó por medio del MBASS una discontinuidad principal de 2.90 ± 0.02 (con un margen de error de 0.038); a partir de 693 réplicas realizadas a toda la base de datos se estimó (con un margen de error de 2.174) una discontinuidad auxiliar de 2.64 ± 1.32 . Es interesante observar que mientras más grande sea la base de datos a utilizar el procedimiento MBASS realizará mejores estimaciones del error estándar de las discontinuidades principal y auxiliar indicando una mejor precisión en los resultados. Como el algoritmo MBASS estimó un valor de M_c cercano a 2.9 se utilizó dicha magnitud para estimar el *b-value* de todos los enjambres sísmicos que se registraron en el periodo 1979 a 2013, así como del catálogo entero y el catálogo de eventos independientes.

Tabla 3.1. Valores obtenidos de las magnitudes M_c y $M_{Aux.}$ para la sismicidad en el Departamento de Santa Rosa durante el periodo (1979-2013). El valor de la discontinuidad principal representa la magnitud mínima de completitud de cada catálogo sísmico.

	Eventos Enjambre Sísmico	Eventos Independientes	Eventos Todos
Tamaño de la muestra	5288	1513	6801
Réplicas válidas M_c	4999	4932	5000
M_c (media, 90 % IC)	2.89 ± 0.04	2.93 ± 0.07	2.90 ± 0.02
m_0 (percentiles)	2.9(2.8-2.9)	2.9(2.9-3.0)	2.9(2.9-3.0)
Margen de Error m_0	0.068	0.126	0.038
Réplicas válidas $M_{Aux.}$	192	237	693
$M_{Aux.}$ (media, 90 % IC)	2.83 ± 1.25	4.05 ± 0.83	2.64 ± 1.32
$M_{Aux.}$ (percentiles)	1.9(1.8-4.6)	4.4(2.3-4.5)	1.7(1.7-4.6)
Margen de Error $M_{Aux.}$	2.052	1.361	2.174

IC: Intervalo de Confianza.

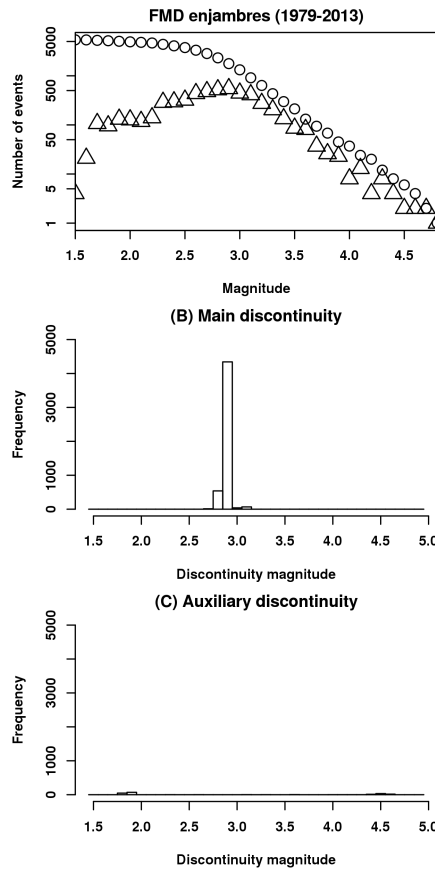


Figura 3.36. Distribuciones de frecuencia-magnitud e histogramas de las magnitudes de discontinuidad para el catálogo de enjambres sísmicos del Departamento de Santa Rosa durante el periodo (1979-2013). (a) DFM's cumulativa (círculos) e incremental (triángulos). (b) Histograma indicando la discontinuidad principal (magnitud de completitud m_0) obtenida de 5000 réplicas con el método de *Amorése* [2007]. (c) Lo mismo que en (b) pero para la discontinuidad auxiliar.

3.3. Análisis de la distribución de Gutenberg-Richter de la sismicidad en Santa Rosa

Si la distribución de Gutenberg-Richter (ecuación 1.2; Capítulo 1) se reescribe como una función lineal

$$\log N(t, V) = a - bM \quad (3.1)$$

entonces $N(t, V)$ puede ser un número acumulativo o un número incremental de eventos. La técnica de las medianas repetidas hace el ajuste a números incremen-

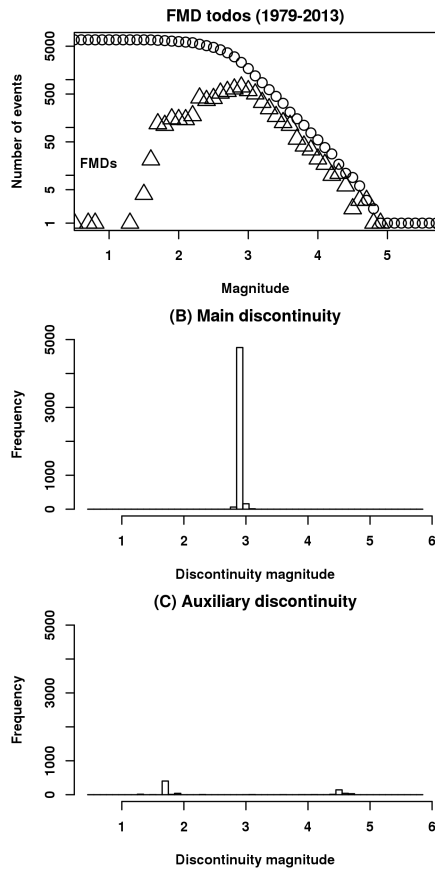


Figura 3.37. (a) Distribuciones de frecuencia-magnitud e histogramas de las magnitudes de discontinuidad de toda la sismicidad registrada en el Departamento de Santa Rosa durante el periodo (1979-2013). (a) DFM's cumulativa (círculos) e incremental (triángulos). (b) Histograma indicando la discontinuidad principal (magnitud de completitud m_0) obtenida de 5000 réplicas con el método de *Amorèse* [2007]. (c) Lo mismo que en (b) pero para la discontinuidad auxiliar.

tales de eventos en el intervalo de magnitud $M \pm \Delta M$, utilizando como estimador de la pendiente b la mediana negativa de las n medianas de los segmentos [*Amorèse et al.*, 2009]. En esta sección se presentan los resultados de los b -values estimados con dicha técnica para caracterizar actividades sísmicas tipo enjambre detectadas en el Departamento de Santa Rosa en el periodo 1979 a 2013, luego de hacer la selección de los catálogos por cada enjambre. Las estimaciones de b se hicieron con una probabilidad de confianza del 90 %.

El primer enjambre sísmico que se analiza corresponde al del periodo entre mediados de agosto 1979 y junio 1980. Con una muestra de 1331 datos en el intervalo

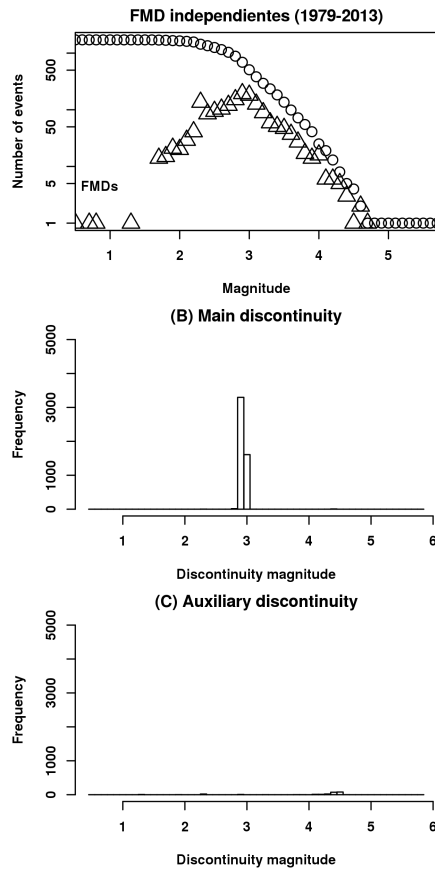


Figura 3.38. (a) Distribuciones de frecuencia-magnitud e histogramas de las magnitudes de discontinuidad de eventos independientes registrados en el Departamento de Santa Rosa durante el periodo (1979-2013). (a) DFM's cumulativa (círculos) e incremental (triángulos). (b) Histograma indicando la discontinuidad principal (magnitud de completitud m_0) obtenida de 5000 réplicas con el método de Amorése [2007]. (c) Lo mismo que en (b) pero para la discontinuidad auxiliar.

de magnitud coda [1.5, 4.4] se obtuvo para tal actividad sísmica un b -value igual a 1.60 ± 0.17 . Como se observa en la Figura 3.39 la recta representada por (3.1) se ajusta para todos los puntos en el intervalo de magnitud [2.9, 4.2], indicando que el catálogo del enjambre sísmico del periodo (mediados de agosto 1979 - junio 1980) está completo para tal magnitud de corte.

Entre noviembre y diciembre de 1981 otro enjambre sísmico fue detectado. De una muestra de 107 valores de magnitud en el intervalo [2.0, 3.5] se estimó $b = 0.91 \pm 0.56$. El b -value estimado es cercano a la unidad. Los puntos de la distribución de magnitudes de Gutenberg-Richter que representa la sismicidad del

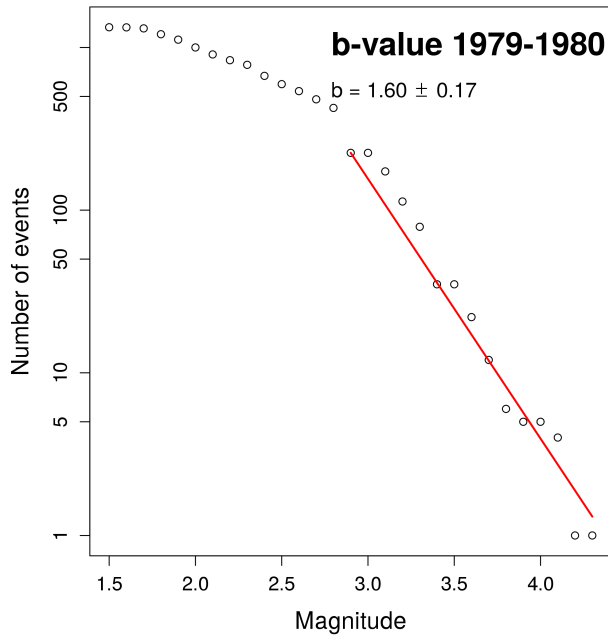


Figura 3.39. Distribución de frecuencia-magnitud incremental y recta de ajuste con pendiente $b = 1.60 \pm 0.17$ estimada para la actividad sísmica tipo enjambre de Santa Rosa entre agosto de 1979 a junio de 1980.

enjambre de 1981 no se ajustan a la recta cuando la magnitud mínima de completitud es $M_c = 2.9$ (Figura 3.40).

Para la sismicidad del enjambre sísmico entre enero y mayo de 1982 el *b-value* estimado, con el método de las medianas repetidas, es de 1.38 ± 0.47 . Por falta de una mayor cantidad de datos al catálogo, la regresión se hizo para los puntos en el intervalo de magnitudes [2.9, 3.8] (ver Figura 3.41). La poca cantidad de datos también puede causar que el algoritmo haga una sobre-estimación de b y su error estándar y, como consecuencia, que el *b-value* sea menos confiable [Amorèse et al., 2009].

El *b-value* que caracteriza la sismicidad del enjambre registrado entre mayo y diciembre del año 1986 resultó tener un valor menor a la unidad, $\sim 0.83 \pm 0.16$ (Figura 3.42). Dicho valor fue estimado de una muestra de 197 datos con magnitudes entre $M_d 1.8$ y $M_d 4.4$. El catálogo de eventos muestra una completitud para aquellos puntos en el intervalo [2.9, 3.7]. A diferencia de los *b-values* de las Figuras 3.40 y 3.41, el de la Figura 3.42 resultó tener un error estándar más pequeño; no obstante

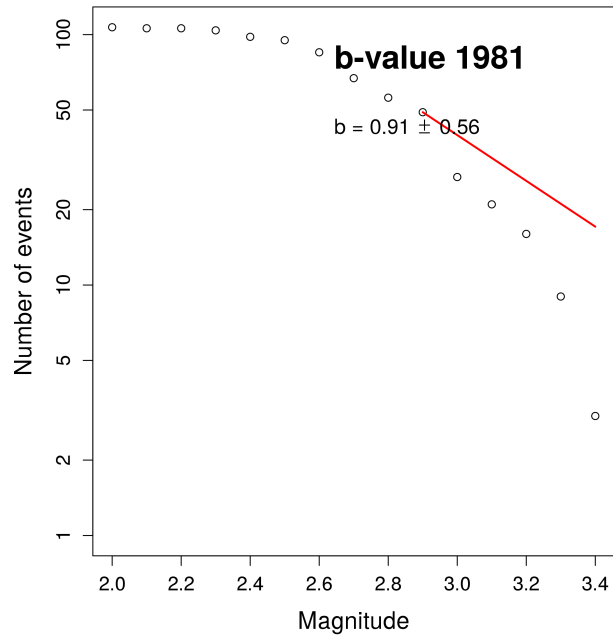


Figura 3.40. Distribución de frecuencia-magnitud incremental y recta de ajuste con pendiente $b = 0.91 \pm 0.56$ estimada para la actividad sísmica tipo enjambre de Santa Rosa entre noviembre y diciembre de 1981.

el déficit de datos pudo también sobreestimar tal error.

Para el enjambre sísmico registrado en 1993 en el área entre los municipios de Cuilapa y Barberena se estimó $b = 1.47 \pm 0.17$. Con tan sólo 270 datos de la muestra se puede observar que para el valor de b estimado se obtuvo un ajuste aceptable para puntos en el intervalo de magnitud $[2.9, 4.3]$, a lo cual el catálogo si es representativo de la sismicidad del enjambre (Figura 3.43). Sin embargo, como en los demás calculos de b es indispensable que el catálogo tenga la mayor cantidad de datos posible, con una buena calidad, para obtener mejores resultados.

El b -value estimado para la sismicidad de la actividad sísmica tipo enjambre entre el 4 de abril y el 20 de mayo de 2009 es 1.12 ± 0.12 . La distribución de Gutenberg-Richter y la pendiente b (Figura 3.44) se obtuvieron de un total de 245 registros sísmicos con magnitudes coda entre $M_d 2.2$ y $M_d 4.6$. Los puntos de la distribución de magnitudes de los sismos parecen ajustarse a la recta, inclusive cuando la muestra es pequeña. El b -value es cercano a 1.0.

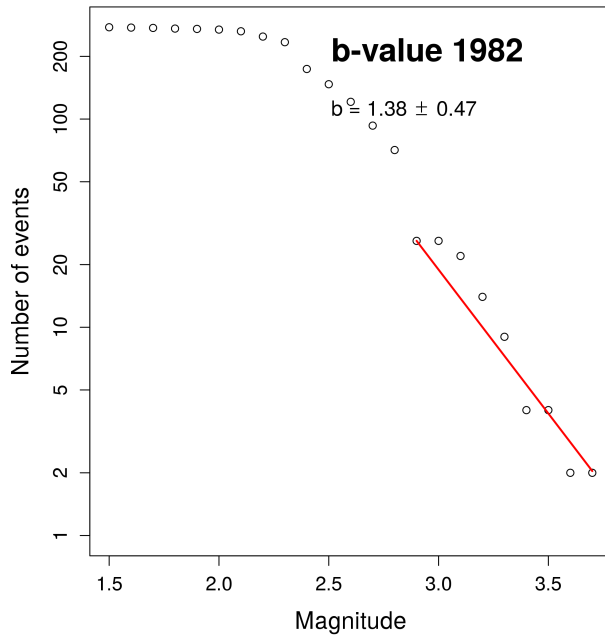


Figura 3.41. Distribución de frecuencia-magnitud incremental y recta de ajuste con pendiente $b = 1.38 \pm 0.47$ estimada para la actividad sísmica tipo enjambre de Santa Rosa entre enero y mayo de 1982.

Para el segundo enjambre sísmico más extenso y que se registró también cerca de la zona del volcán Cerro Cruz Quemada con más de 2600 eventos entre la penúltima semana de julio y finales de noviembre del 2011, se tiene $b = 1.71 \pm 0.11$. En la Figura 3.45 se puede observar que el catálogo está completo en el intervalo de magnitudes [2.9, 4.3]. A diferencia de otros enjambres sísmicos analizados, la enorme cantidad de registros localizados durante la actividad sísmica del 2011 permitió que el algoritmo estadístico pudiera calcular con una mejor precisión el valor del b -value.

Resultados estimados para todos los enjambres sísmicos registrados en Santa Rosa durante el periodo 1979 a 2013 se resumen en el Cuadro 3.2.

Por último, se estimó el b -value evaluando, para un periodo de 34 años, todos los enjambres en el Departamento de Santa Rosa desde 1979 hasta el 2013. También se hizo la evaluación a los catálogos con toda la sismicidad y de eventos independientes espacio-temporales con tal de conocer que tanto variaba el valor de b para la zona en consideración con respecto a los enjambres. Los resultados se reportan en el Cuadro 3.3 a un nivel de confianza del 90 %.

Realizando el ajuste lineal por medianas repetidas a todos los terremotos con

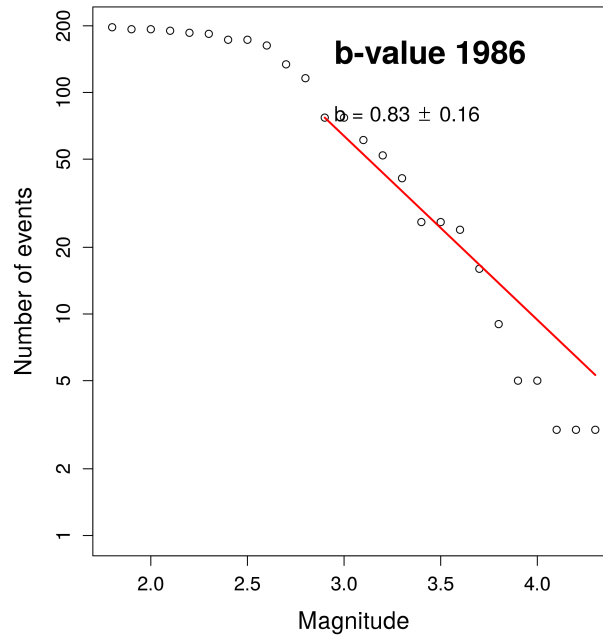


Figura 3.42. Distribución de frecuencia-magnitud incremental y recta de ajuste con pendiente $b = 0.83 \pm 0.16$ estimada para la actividad sísmica tipo enjambre de Santa Rosa entre mayo y diciembre de 1986.

Tabla 3.2. Tabla de *b-values* para enjambres sísmicos registrados en el Departamento de Santa Rosa entre 1979 a 2013 con más de 100 eventos sísmicos localizados y almacenados en los catálogos de la base de datos del INSIVUMEH.

No.	Fecha Inicio	Fecha Final	Tamaño de la muestra	Rango de Magnitud	Intervalo de confianza (90%)	$b \pm \delta b$
1	12/08/1979	23/06/1980	1331	1.5 - 4.4	1.62(1.33-1.89)	1.60 ± 0.17
2	15/11/1981	29/12/1981	107	2.0 - 3.5	1.12(0.13-2.02)	0.91 ± 0.56
3	01/01/1982	19/05/1982	276	1.5 - 3.8	1.25(0.49-2.06)	1.38 ± 0.47
4	05/05/1986	24/12/1986	197	1.8 - 4.4	0.67(0.41-0.93)	0.83 ± 0.16
5	01/04/1993	29/06/1993	270	2.1 - 4.3	1.29(1.04-1.62)	1.46 ± 0.17
6	04/04/2009	20/05/2009	245	2.2 - 4.6	1.02(0.85-1.25)	1.12 ± 0.12
7	19/07/2011	29/11/2011	2652	1.5 - 4.9	1.69(1.53-1.89)	1.71 ± 0.11

magnitud $M_d \geq 2.9$ del catálogo de enjambres sísmicos se estimó $b = 1.51 \pm 0.06$ (Figura 3.46). Aplicando de nuevo el algoritmo a los otros dos catálogos se tiene $b_{Indp.} = 1.20 \pm 0.07$ (Figura 3.47) y $b_{Ent.} = 1.46 \pm 0.05$ (Figura 3.48). La distribución de frecuencia-magnitud del catálogo de los enjambres muestra que este tipo de sismicidad puede ser detectada en Santa Rosa sobre el intervalo de magnitudes [2.9, 4.7], mientras que para los eventos independientes y el catálogo entero en los

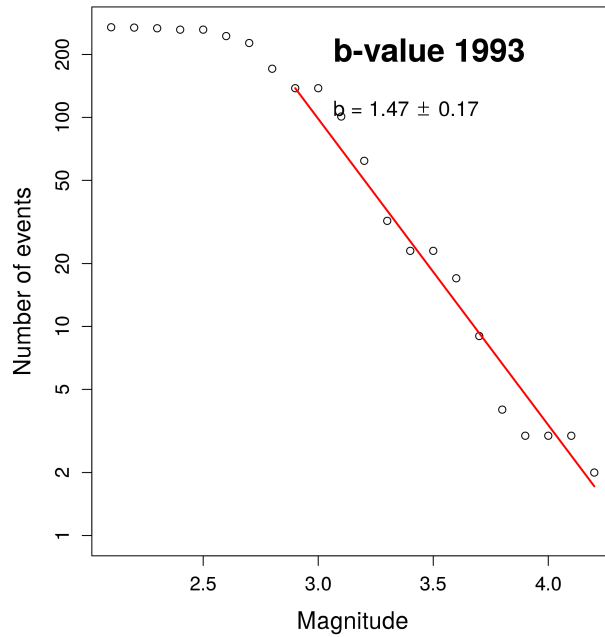


Figura 3.43. Distribución de frecuencia-magnitud incremental y recta de ajuste con pendiente $b = 1.47 \pm 0.17$ del enjambre sísmico entre abril y junio de 1993.

intervalos $[2.9, 4.9]$ y $[2.9, 4.2]$, respectivamente.

Tabla 3.3. Tabla de b-values estimados de toda la actividad sísmica registrada en la región de estudio durante el periodo 1979 a 2013. Fuente de datos: base de datos del INSIVUMEH.

Catálogo	Tamaño de la muestra	Rango de Magnitud	Intervalo de confianza (90 %)	$b \pm \delta b$
Enjambre sísmico	5288	1.5 - 4.9	1.52(1.42-1.63)	1.51 ± 0.06
Eventos Independientes	1513	0.5 - 5.8	1.17(1.06-1.29)	1.20 ± 0.07
Entero	6801	0.5 - 5.8	1.44(1.36-1.52)	1.46 ± 0.05

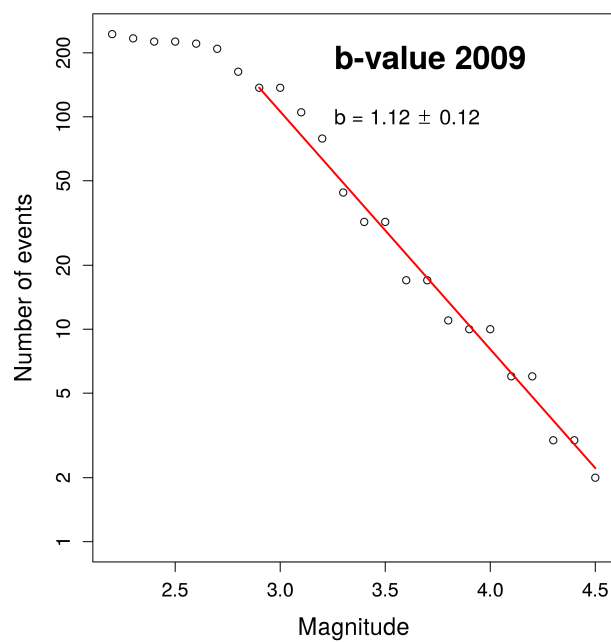


Figura 3.44. Distribución de frecuencia-magnitud incremental y recta de ajuste con pendiente $b = 1.12 \pm 0.12$ estimada para la actividad sísmica tipo enjambre de Santa Rosa entre abril y mayo del 2009.

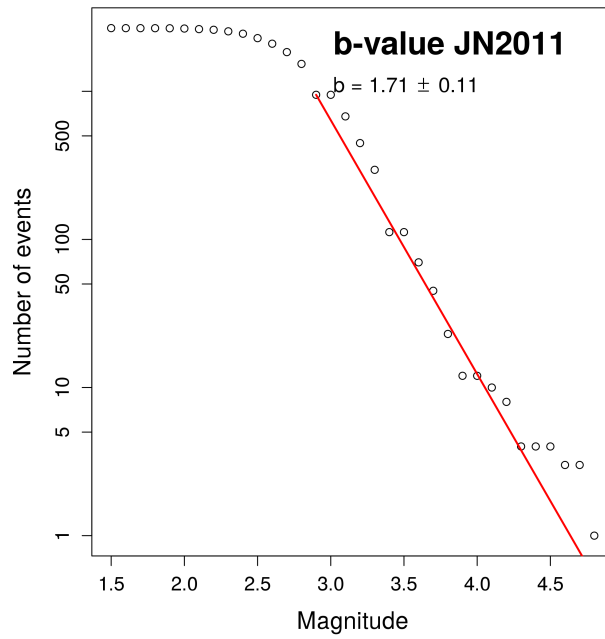


Figura 3.45. Distribución de frecuencia-magnitud no acumulativa y recta de ajuste con pendiente $b = 1.71 \pm 0.11$ estimada para la actividad sísmica tipo enjambre de Santa Rosa durante el periodo julio a noviembre del 2011.

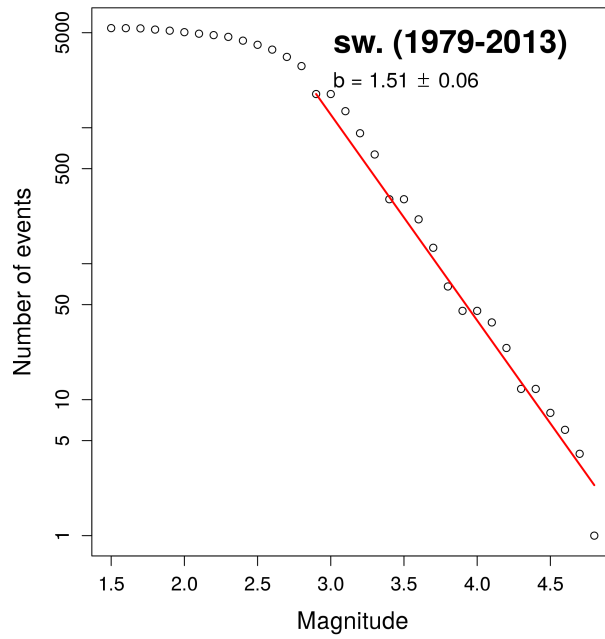


Figura 3.46. Distribución de frecuencia-magnitud de todos los enjambres sísmicos del periodo (1979-2013).

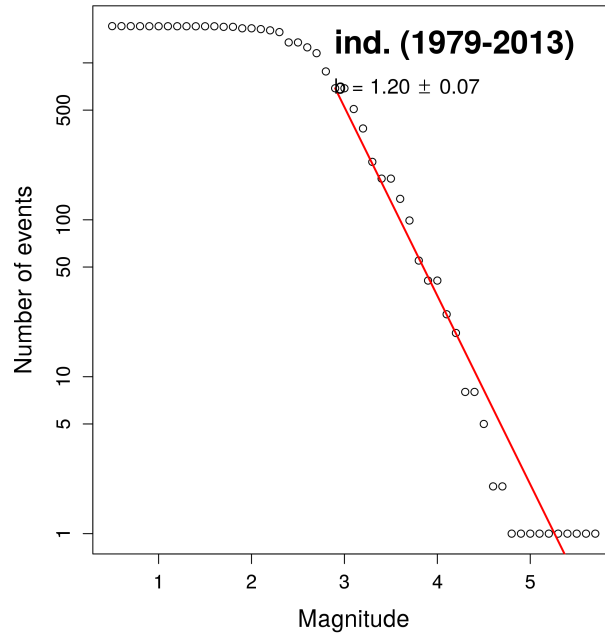


Figura 3.47. Distribución de frecuencia-magnitud de todos los eventos independientes.

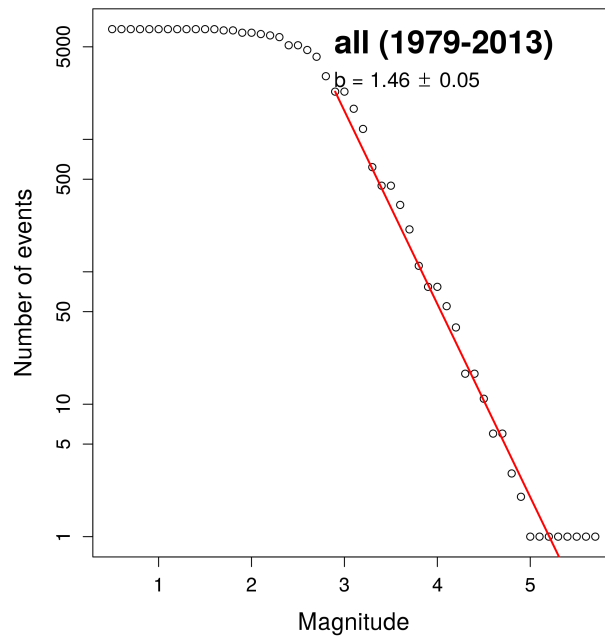


Figura 3.48. Distribución de frecuencia-magnitud del catálogo total.

Discusión de los Resultados

El análisis de la distribución espacio-temporal de la sismicidad en Santa Rosa permite reconocer dos regiones donde se han observado actividades del tipo enjambre sísmico, las cuales son: (1) el campo de conos cineríticos entre Cuilapa y Barberena y (2) el sistema de fallas cercano a los volcanes Tecuamburro y Cerro Cruz Quemada. Sismicidad, posiblemente, asociada con la falla de Jalpatagua también ha sido detectada por estaciones sismológicas de la red del INSIVUMEH. Esto demuestra que algunas zonas del Departamento de Santa Rosa están activas. Por otro lado, el análisis de la relación de Gutenberg-Richter a través de la estimación de valores de b para los distintos periodos de actividades tipo enjambre permite correlacionar las fuentes tectónicas asociadas con las propiedades del medio sísmico.

En el cuadro 3.2 se reportaron los respectivos b -values estimados para catálogos seleccionados de enjambres sísmicos registrados en Santa Rosa durante el periodo 1979 a 2013. A excepción de los enjambres en los periodos (15/11/1981 a 29/12/1981) y (05/05/1986 - 24/12/1986) todos los b -values resultaron ser mayores al valor global en ambientes tectónicos $b = 1.02 \pm 0.03$ [El-Isa y Eaton, 2013]. En otras palabras, las zonas de los enjambres sísmicos en Santa Rosa se caracterizan por grados esfuerzo bajos y substancialmente heterogéneos [Kulhanek, 2005]. Esto es claro para los enjambres sísmicos de los periodos (12/08/1979 - 23/06/1980) y (19/07/2011 - 29/11/2011) ya que la técnica de regresión de las medianas repetidas estima b -values más eficientes y confiables con muestras de más de 600 datos [Amorèse et al., 2009]. No obstante, la técnica de las medianas repetidas resultó no ser muy efectiva al estimar el b -value para los demás catálogos de enjambres. La poca cantidad de datos registrados debido a la variación en el tiempo de la densidad de estaciones de la Red Sísmica Nacional analógica y la calidad de detección de las mismas pudieron afectar la estimación de b subestimando su valor.

Aunque se mencionó que la actividad sísmica en Santa Rosa tiene características típicas de enjambres en áreas volcánicas, no ha sido posible observar si estos son premonitores de una próxima actividad eruptiva o debido a otro fenómeno. Una posible explicación es debido al “arresto” de magma bajo la superficie o lo que se conoce como una erupción fallida. El arresto puede ser el resultado de uno o varios mecanismos como [Zobin, 2017]: (1) solidificación de magma, (2) reducción de la sobrepresión en la cámara magmática, (3) propiedades mecánicas de las barreras, (4) estratificación de la densidad, entre otros. Pero esto requiere de estudios más complejos de sismología y vulcanología más allá de este trabajo.

En un periodo de 34 años de actividades sísmicas tipo enjambre registradas en el área del Departamento de Santa Rosa se determinó, por medio de la técnica de regresión de las medianas repetidas, un *b-value* igual a 1.51 ± 0.06 . Por otro lado, haciendo la regresión de las medianas repetidas se estimaron *b-values* de 1.20 ± 0.07 y 1.46 ± 0.05 para eventos independientes y el catálogo total, respectivamente. Aunque el valor para los sismos no asociados con los enjambres es mayor que el valor global documentado por *El-Isa y Eaton* [2013] para ambientes tectónicos, es recomendable re-estimar su valor filtrando con técnicas apropiadas estos sismos independientes.

CONCLUSIONES

1. Con base en los análisis de la distribución espacio-temporal de los enjambres sísmicos en el Departamento de Santa Rosa se determinó que las regiones donde se ha observado más éste fenómeno son el campo de conos cineríticos que atraviesa la falla de Jalpatagua y el sistema de fallas a inmediaciones de los volcanes Tecuamburro y Santa María Ixhuatán.
2. La geología y la sismicidad demuestra que algunas zonas de Santa Rosa son sísmicamente activas.
3. Para los enjambres sísmicos registrados en los periodos de agosto de 1979 a junio 1980 y de julio a noviembre de 2011 la técnica de las medianas repetidas obtuvo estimaciones de *b-value* iguales a 1.60 ± 0.17 y 1.71 ± 0.11 , respectivamente.
4. El análisis de la magnitud mínima de completitud indica que los catálogos de las actividades sísmicas de agosto de 1979 a junio de 1980 y julio a noviembre de 2011 fueron los más adecuados para calcular su respectivo *b-value*. Esto sugiere buena calidad de los datos utilizados y demuestra la importancia de tener catálogos completos.
5. El valor de *b* estimado para los enjambres sísmicos de los periodos agosto de 1979 a junio 1980 y de julio a noviembre de 2011 indica que la zona de las actividades observadas puede caracterizarse por niveles de esfuerzo bajos y substancialmente heterogéneos, típicos de ambientes volcánicos.
6. Otras actividades sísmicas tipo enjambre observadas en Santa Rosa resultaron tener *b-values* en el rango de 0.83 a 1.46. Estos valores no son concluyentes debido a que los catálogos contienen muestras menores a los 600 datos, valor mínimo para que la técnica de las medianas repetidas efectúe estimaciones más precisas de *b-values*.
7. El *b-value* estimado para los eventos independientes en el Departamento de Santa Rosa ($b = 1.20 \pm 0.07$) es mayor que el reportado a nivel global para ambientes tectónicos.

RECOMENDACIONES

1. Mejorar y densificar la Red Sísmica Nacional poniendo atención a la calidad de los datos y a mejorar la cobertura de las regiones del territorio nacional donde se han observado actividades tectónicas y vulcano-tectónicas, como enjambres sísmicos.
2. Actualizar estudios geológicos para la región de Santa Rosa.
3. Realizar estudios actualizados que evalúen la amenaza sísmica (especialmente los enjambres sísmicos) en el área de Santa Rosa.
4. Realizar investigación más a fondo, en el área de la sismología volcánica, para establecer qué relación existe entre los mecanismos y las fuentes que están ocasionando la actividad sísmica tipo enjambre en Santa Rosa.
5. Iniciar investigación y monitoreo sísmico apropiado en otras regiones de la República de Guatemala donde se hayan observado enjambres sísmicos.
6. Aplicar técnicas más apropiadas para extraer eventos sísmicos independientes del catálogo utilizado, en el área de Santa Rosa.
7. Promover otros trabajos de investigación sobre Geofísica en la Escuela de Ciencias Físicas y Matemáticas, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. Amorèse. *Short Note, Applying a Change-Point Detection Method on Frequency-Magnitude Distributions*. Bull. Seismo. Soc. Am., Vol. 97, No. 5, pp. 1742-1749, 2007.
- [2] D. Amorèse et al. *On varying b-values with depth: results from computer-intensive tests for Southern California*. Geophys. J. Int., pp. 1-14, 2009.
- [3] C. Authemayou et al. *The Caribbean-North America-Cocos Triple Junction and the dynamics of the Polochic-Motagua fault systems: Pull-up and zipper models*. Tectonics, Vol. 30, TC3010, 2011.
- [4] M. Bath., *Lateral inhomogeneities of the upper mantle*. Tectonophysics, Vol. 6, No. 2, pp. 483-514, 1965.
- [5] L. A. Bautista. *Propuesta de Zonificación Sismogenética para la República de Guatemala*. Tesis de Licenciatura en Física Aplicada, Universidad de San Carlos de Guatemala, 96 pp., 2016.
- [6] B. Benito et al. *Amenaza sísmica en América Central*. 1era. Edición, Editado por B. Benito y Y. Torres, Editorial Entinema, Madrid, 2009.
- [7] J. P. Benoit y S. R. McNutt. *Global volcanic earthquake swarm database 1979-1989*. Open-File Report 96-69, U.S. Geological Survey, 1996.
- [8] G. V. Burbach. *Seismicity and Tectonics of the Subducted Cocos Plate*. J. Geophys. Res., Vol. 89, No. B9, pp. 7719-7735, 1984.
- [9] F. G. J. Chavarría. *Análisis de Amenaza Sísmica en el Departamento de Santa Rosa*. Tesis de Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, 1994.
- [10] J. H. Dieterich. *Time-Dependent Friction as a possible Mechanism for Aftershocks*. J. Geophys. Res., Vol. 20, No. 77, pp. 3771-3781, 1972.
- [11] W. A. Duffield et al. *Geology and geothermal potential of the Tecuamburro Volcano area, Guatemala*. Geothermics, Vol. 21, No. 4, pp. 425-446, 1992.
- [12] B. Efron y R. J. Tibshirani. *An Introduction to the Bootstrap*. Monographs on Statistics and Applied Probability 57, Chapman and Hall, New York, 436 pp, 1993.

- [13] Z. H. El-Isa y D. W. Eaton. *Spatiotemporal variations in the b-value of earthquake magnitude-frequency distributions. Classification and causes*. Tectonophysics 615-616 (2014), 1-11, 2013.
- [14] J. Farrell. *Earthquake swarm and b-value characterization of the Yellowstone volcano-tectonic system*. J. Volcanol. Geotherm. Res., Vol. 2009, No. 188, pp. 260-276, 2009.
- [15] V. Gioncu y F. M. Mazzolani. *Earthquake Engineering for Structural Design*. Spon Press, 581, New York, 2011.
- [16] J. D. Gran et al. *A possible mechanism for aftershocks: Time-dependent stress relaxation in a slider-block model*. Geophys. J. Int., No. 191, pp. 459-466, 2012.
- [17] B. Gutenberg y C. F. Richter. *Frequency of earthquakes in California*. Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 4, No. 34, pp. 185-188, 1944.
- [18] M. Guzmán-Speziale. *Beyond the Motagua and Polochic faults: Active strike-slip faulting along the Western North America-Caribbean plate boundary zone*. Tectonophysics, No. 496, pp. 17-27, 2010.
- [19] J. Havskov y L. Ottemöller. *SEISAN: The Earthquake Analysis Software For Windows, Solaris and Linux Version 7.2*. Institute of Solid Earth Physics, Norway, 2001.
- [20] D. P. Hill. *A Model for Earthquake Swarms*. J. Geophys. Res., Vol. 82, No. 8, pp. 1347-1352, 1977.
- [21] M. Hollander et al. *Nonparametric Statistical Methods*. John Wiley & Sons, Inc., Third Edition, New Jersey, 2014.
- [22] M. Ishimoto y K. Iida. *Observations of earthquakes registered with the micro-seismograph constructed recently*. Bull. Earthq. Res. Inst. 17, 443-478, 1939.
- [23] B. L. N. Kennett y E. R. Engdahl. *Traveltimes for global earthquake location and phase identification*. Geophys. J. Int., No. 105, pp. 429-465, 1991.
- [24] O. Kulhanek. *Anatomy of Seismograms*. Developments in Solid Earth Geophysics, Vol. 18, Amsterdam, 1990.
- [25] O. Kulhanek. *Seminar on b-value*. Dept. of Geophysics, Charles University, Praga, 2005. Consultado en diciembre de 2005 en <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.627.514&rep=rep1&type=pdf>.
- [26] C. J. Langer y G. A. Bollinger. *Secondary faulting near the terminus of a seismogenic strike-slip fault: Aftershocks of the 1976 Guatemala earthquake*. Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 69, No. 2, pp. 427-444, 1979.

- [27] J. R. Lanzante. *Resistant, robust, and non-parametric techniques for the analysis of climate data: Theory and examples, including applications to historical radiosonde station data*. Int. J. Climatol., Vol. 16, pp. 1197-1226, 1996.
- [28] W. H. K. Lee y J. C. Lahr. *HYP071: A Computer Programm for Determining Hypocenter, Magnitude and First Motion Pattern of Local Earthquakes*. U.S. Geological Survey, Open File Report, 1972.
- [29] S. Marshak. *Essentials of Geology*. W. W. Norton & Company, New York, 2013.
- [30] K. Mogi. *On the Time Distribution of Aftershocks Accompanying the Recent Major Earthquakes in and near Japan*. Bull. Earth. Res. Inst., No. 40, pp. 107-124, 1962.
- [31] K. Mogi. *Some Discussions on Aftershocks, Foreshocks and Earthquake Swarms— the Fracture of a Semi-infinite Body Caused by an Inner Stress Origin and Its Relation to the Earthquake Phenomena*. Bull. Earth. Res. Inst., No. 41, pp. 615-658, 1963.
- [32] P. Molnar y L. R. Sykes. *Tectonics of the Caribbean and Middle America Regions from Focal Mechanisms and Seismicity*. Geo. Soc. Am. Bull., Vol. 80, pp. 1639-1684, 1969.
- [33] National Research Council. *Probabilistic Seismic Hazard Analysis*. National Academy Press, Washington, D.C., 1988.
- [34] R. A. Nuñez. *Caracterización de los Enjambres Sísmicos Ocurridos en los años 1997, 1999, 2001 y Diciembre De 2007 a Enero de 2008 en el Área de San Vicente, El Salvador*. Tesis de Licenciatura en Física, Universidad de El Salvador, 151 pps., 2012.
- [35] V. Olaya. Sistemas de Información Geográfica. Consultado en julio de 2017 en volaya.github.io/libro-sig/.
- [36] S. del R. Pérez. *Catálogo sísmico instrumental del Estado de Veracruz (1910-2008)*. Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Veracruzana, México, 2009.
- [37] G. Plafker. *Tectonic Aspects of the Guatemala Earthquake of 4 February 1976*. Science, Vo. 193, No. 4259, pp. 1201-1208, 1976.
- [38] J. H. Reynolds. *Timing and Sources of Neogene and Quaternary Volcanism in South-Central Guatemala*. J. Volc. Geoth. Res., No. 33, pp. 9-22, 1987.
- [39] E. Roland y J. J. Mcguire. *Earthquake swarms on transform faults*. Geophys. J. Int., No. 178, pp. 1677-1690, 2009.
- [40] S. Stein y M. Wysession. *An Introduction to Seismology, Earthquakes and Earth Structure*. Blackwell Publishing Ltd., United Kingdom, 2003.

- [41] L. R. Sykes. *Earthquake Swarms and Sea-Floor Spreading*. J. Geophys. Res., Vol. 75, No. 32, pp. 6598-6611, 1970.
- [42] J. R. Taylor. *An Introduction to Error Analysis: The Study of Uncertainties in Physical Measurements*. University Science Books, California, 1997.
- [43] R. Torres. *A long lasting seismic swarm in Guatemala and its affection in El Salvador since July 18th 2011. (A preliminary report)*. Servicio Geológico Nacional, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador, 2011. Consultado en julio de 2016 en <http://indico.ictp.it/event/a10192/material/0/16.pdf>.
- [44] A. Udías. *Principles of Seismology*. Cambridge University Press, United Kingdom, 1999.
- [45] T. Utsu et al. *The Centenary of the Omori Formula for a Decay Law of Aftershock Activity*. J. Phys. Earth, No. 43, pp. 1-33, 1995.
- [46] W. N. Venables et al. *An Introduction to R. Notes on R: A Programming Environment for Data Analysis and Graphics Version 3.4.0 (2017-04-21)*. Consultado en julio de 2017 en <https://CRAN.R-project.org>.
- [47] M. G. Villagrán. *Problems related to Seismic Hazard in Central America: Magnitude Estimation, Attenuation of Seismic Waves, Seismic Hazard Assessment for Guatemala City and Site Response*. Master of Science Thesis, University of Bergen, Norway, 1995.
- [48] R. A. White et al. *Preliminary report to the Government of Guatemala on the on-going earthquake swarm in the Department of Santa Rosa, Guatemala (Translation from original spanish)*. Open File Report 80-800, U.S. Geological Survey, 1980.
- [49] S. Wiemer y M. Wyss. *Minimum Magnitude of Completeness in Earthquake Catalogs: Examples from Alaska, the Western United States, and Japan*. Bull. Seism. Soc. Am., No. 4, pp. 859-869, 2000.
- [50] S. Wiemer y M. Wyss. *Mapping Spatial Variability of the Frequency-Magnitude Distribution of Earthquakes*. Advances in Geophysics, Vol. 45, 2002.
- [51] R. L. Wunderman y W. I. Rose. *Amatitlan, an actively resurging cauldron 10 km south of Guatemala City*. J. Geophys. Res., Vol. 89, No. B10, pp. 8525-8539, 1984.
- [52] V. Zobin. *Chapter 19. Seismic Activity at Dormant Volcanic Structures: A Problem of Failed Eruption*. Del libro *Introduction to Volcanic Seismology*, 3d edition, 2017.

APÉNDICE A

Otros enjambres sísmicos registrados en el Departamento de Santa Rosa durante el periodo 1979 al 2013.

Enjambre sísmico registrado de enero a mayo de 1984

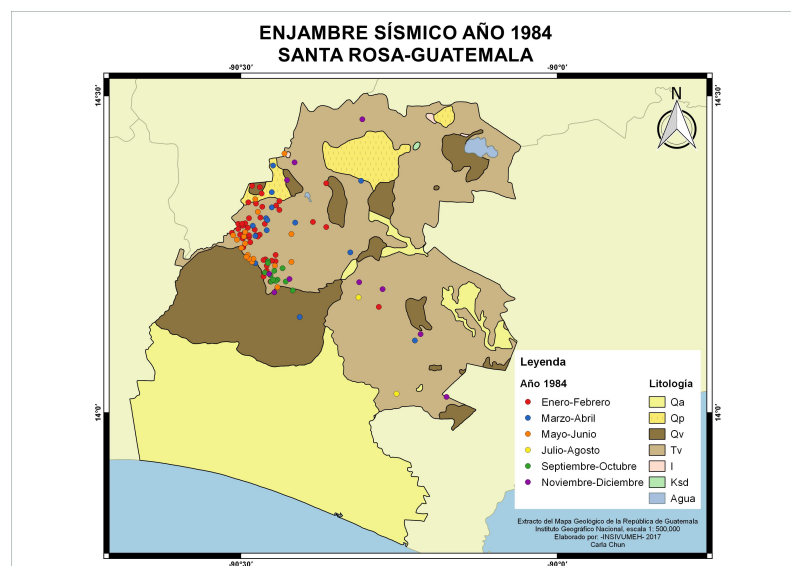


Figura A1. Distribución espacial de los epicentros localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 1 de enero al 22 de mayo de 1984. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.

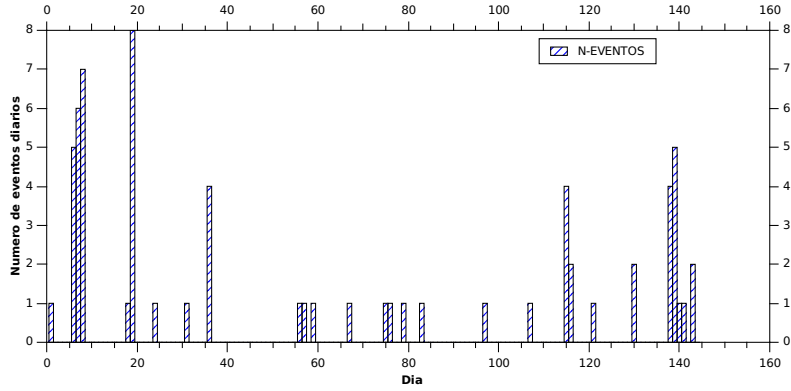


Figura A2. Distribución temporal de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 1 d de enero al 22 de mayo de 1984.

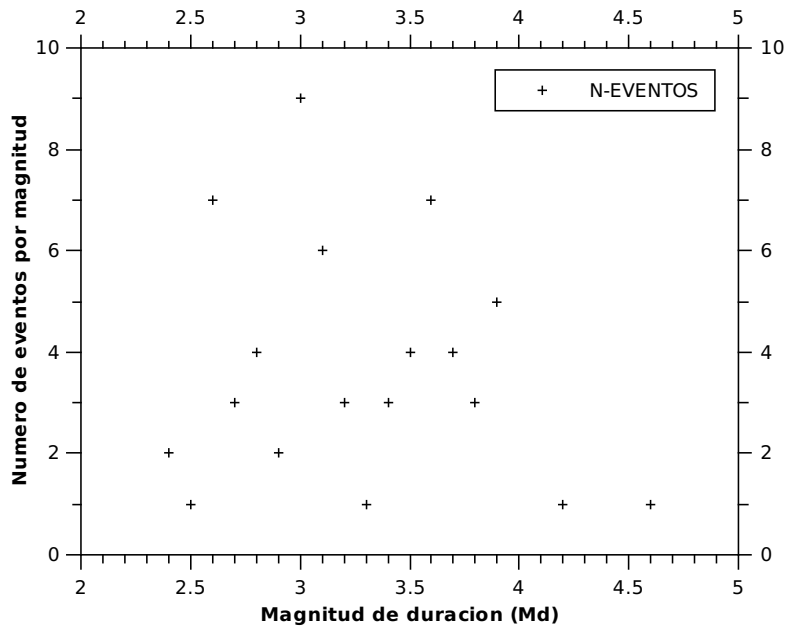


Figura A3. Distribución según la magnitud M_d de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 1 de enero al 22 de mayo de 1984.

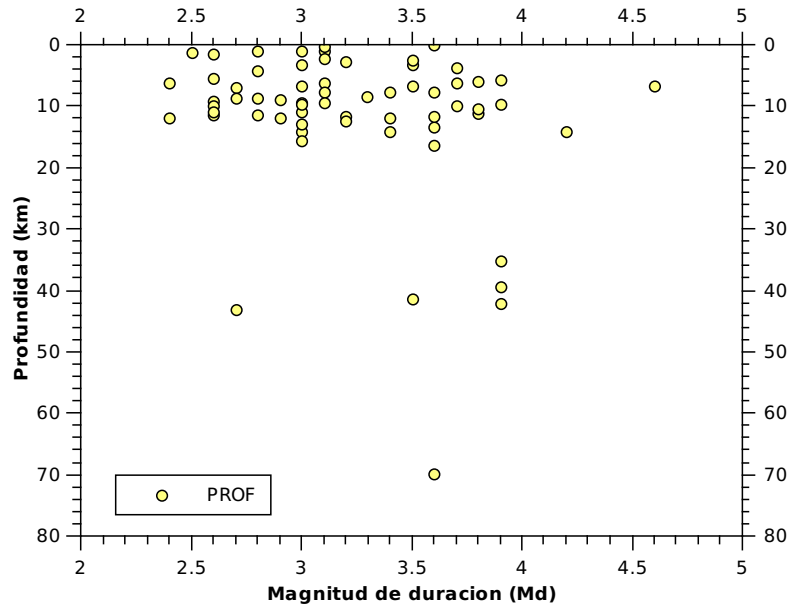


Figura A4. Distribución según la magnitud M_d y la profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado desde el 1 de enero al 22 de mayo de 1984.

Enjambres sísmicos registrado en enero y entre marzo a mayo de 1985

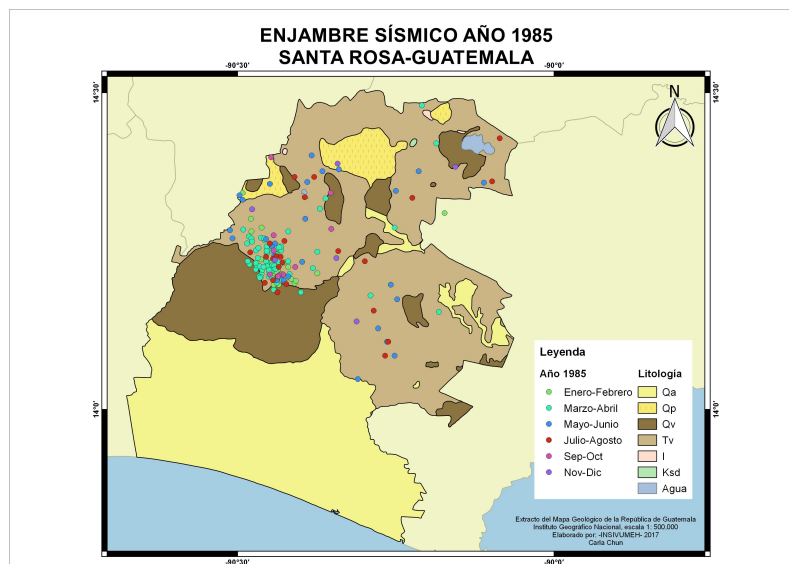


Figura A5. Distribución de epicentros localizados durante los enjambres sísmicos registrados en los periodos de enero y entre marzo a mayo de 1985. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.

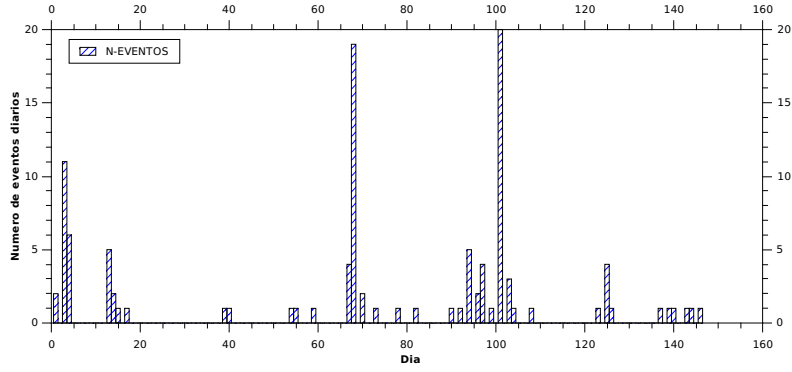


Figura A6. Distribucion temporal de los eventos localizados durante los enjambres sísmicos registrados en los periodos de enero y entre marzo a mayo de 1985.

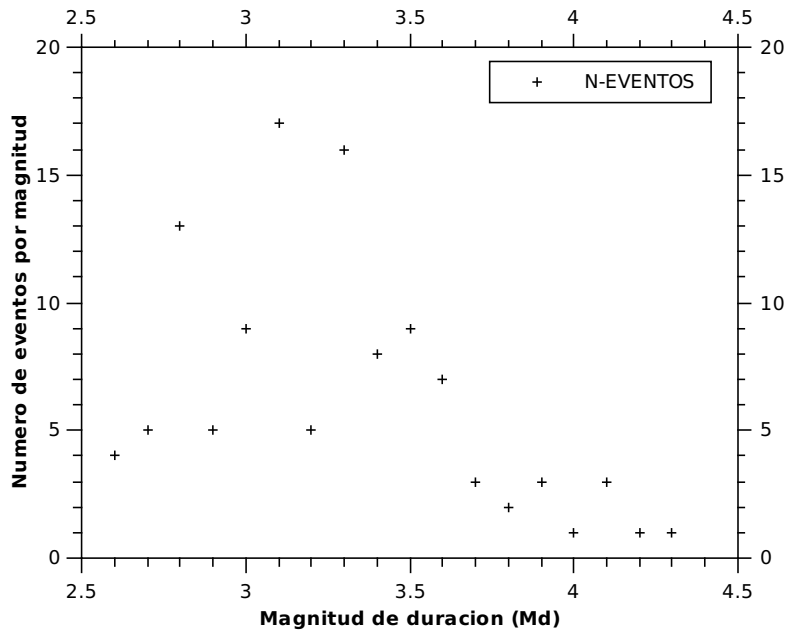


Figura A7. Distribucion según la magnitud M_d de los eventos localizados durante los enjambres sísmicos registrados en enero y entre marzo a mayo de 1985.

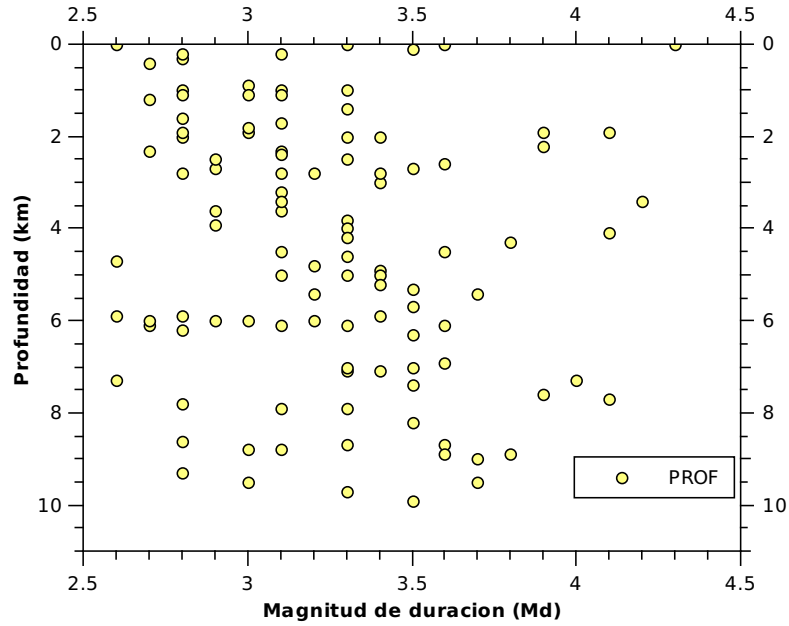


Figura A8. Distribucion según la magnitud M_d y la profundidad de los eventos localizados durante los enjambres sísmicos registrados en enero y entre marzo a mayo de 1985.

Enjambre sísmico registrado en diciembre de 1992

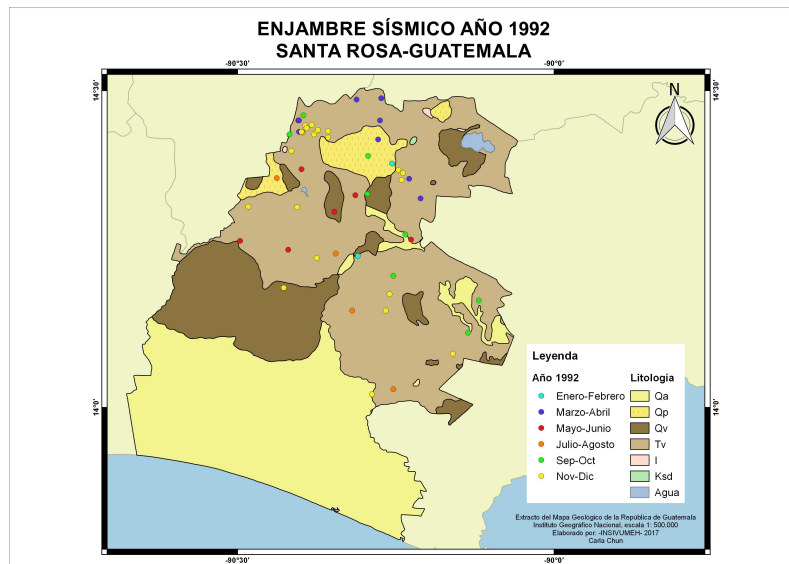


Figura A9. Distribución espacial de los epicentros localizados durante el enjambre sísmico registrado en diciembre de 1992. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.

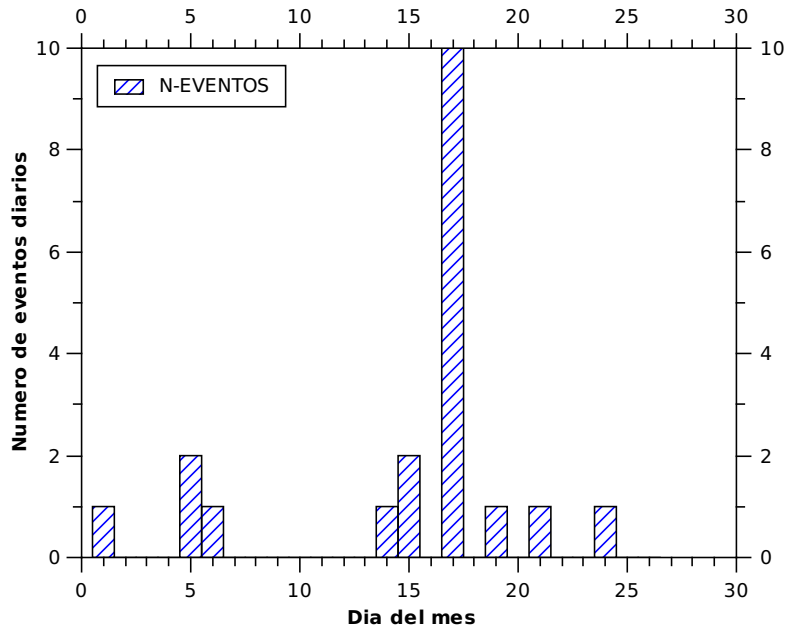


Figura A10. Distribución temporal de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en diciembre de 1992.

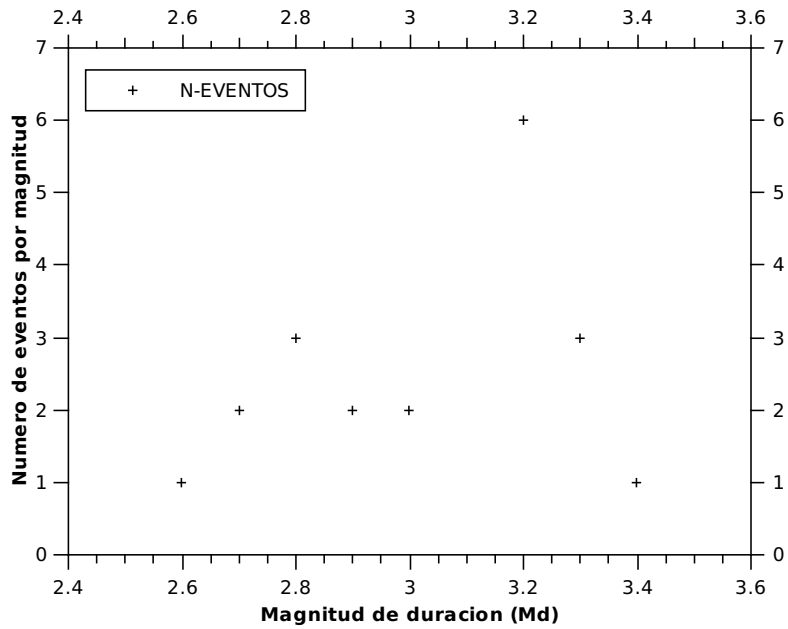


Figura A11. Distribución según la magnitud M_d de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en diciembre de 1992.

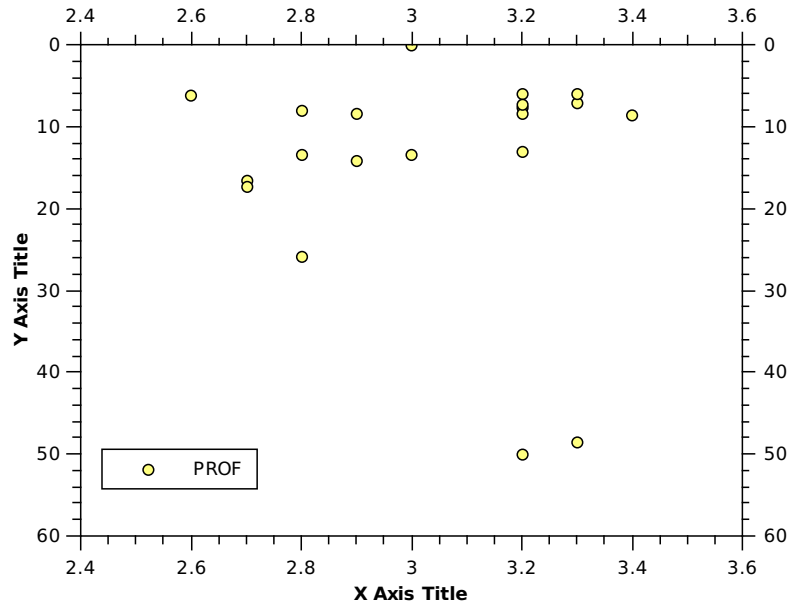


Figura A12. Distribución según la magnitud M_d y la profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en diciembre de 1992.

Enjambre sísmico de enero de 1994

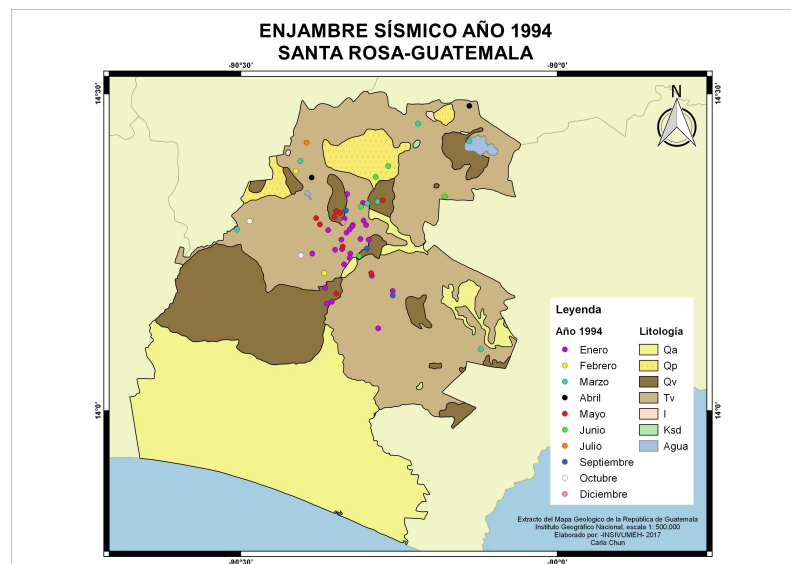


Figura A13. Distribución espacial de los epicentros localizados durante el enjambre sísmico registrado en enero de 1994. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.

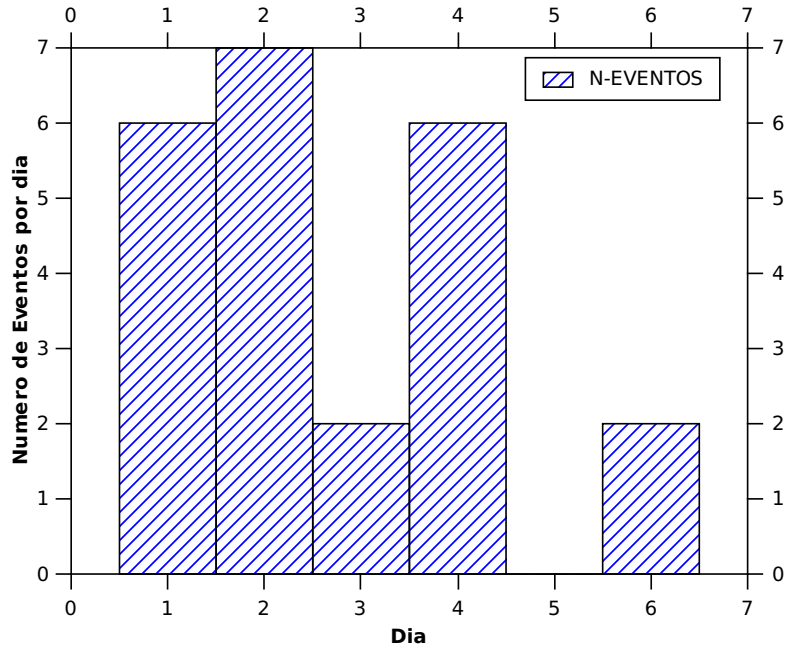


Figura A14. Distribución temporal de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en enero de 1994.

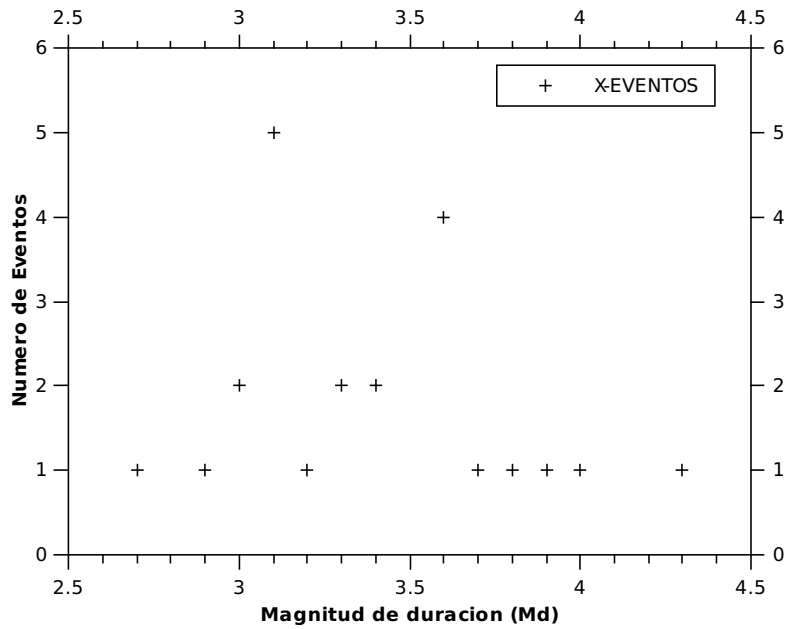


Figura A15. Distribución según la magnitud M_d de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en enero de 1994.

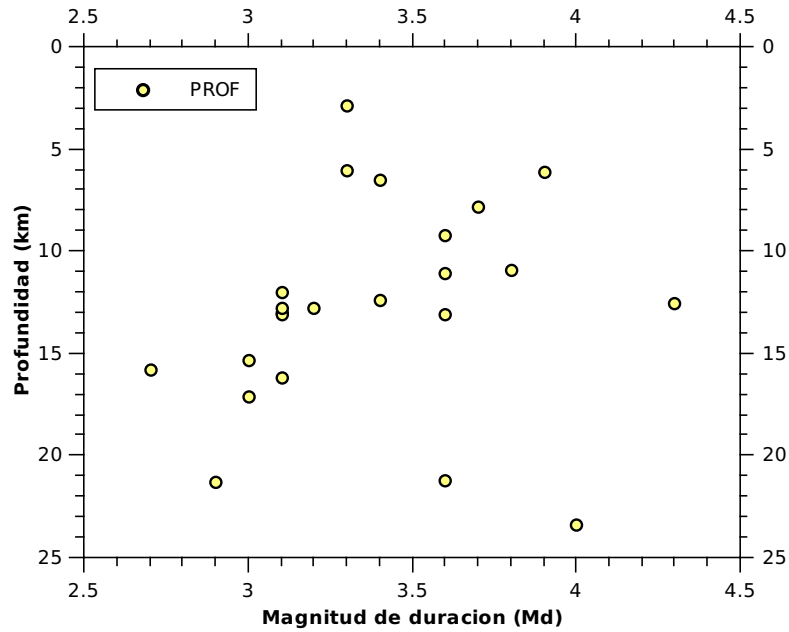


Figura A16. Distribución según la magnitud M_d y la profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en enero de 1994.

Enjambre Sísmico registrado del 11 al 16 de julio de 1999

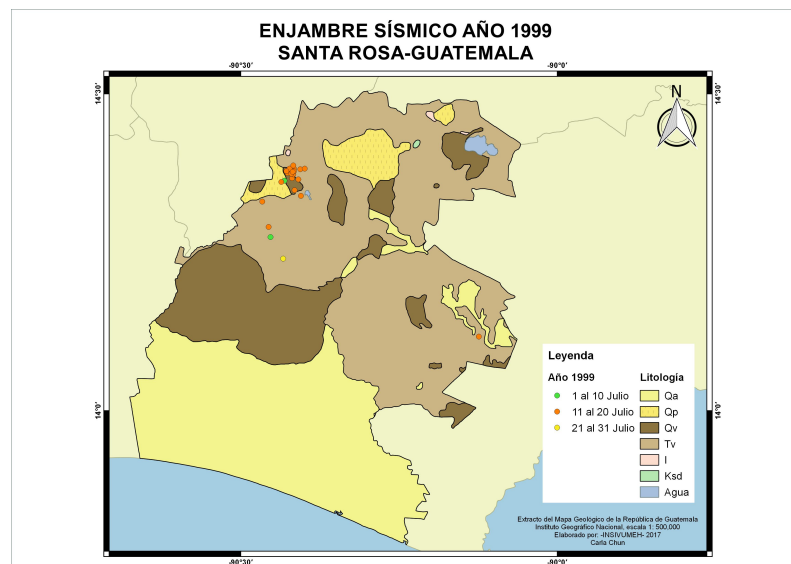


Figura A17. Distribución espacial de los epicentros localizados durante el enjambre sísmico registrado del 11 al 16 de julio de 1999. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.

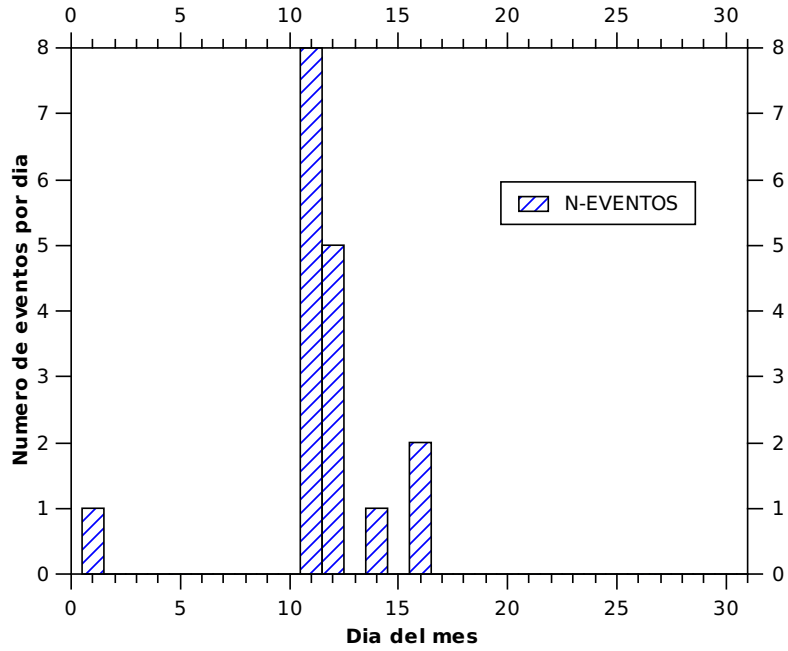


Figura A18. Distribución temporal de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado del 11 al 16 de julio de 1999.

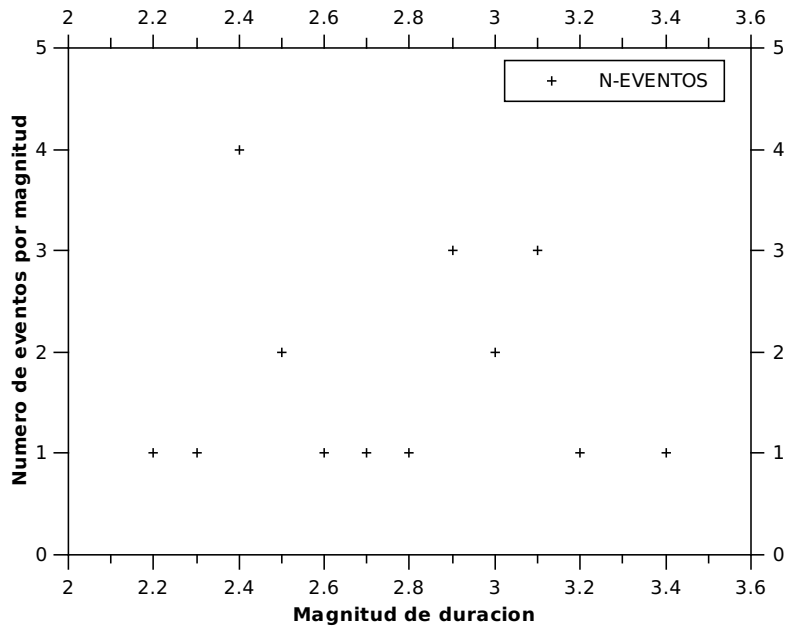


Figura A19. Distribución según la magnitud M_d de los eventos localizados durante enjambre sísmico registrado del 11 al 16 de julio de 1999.

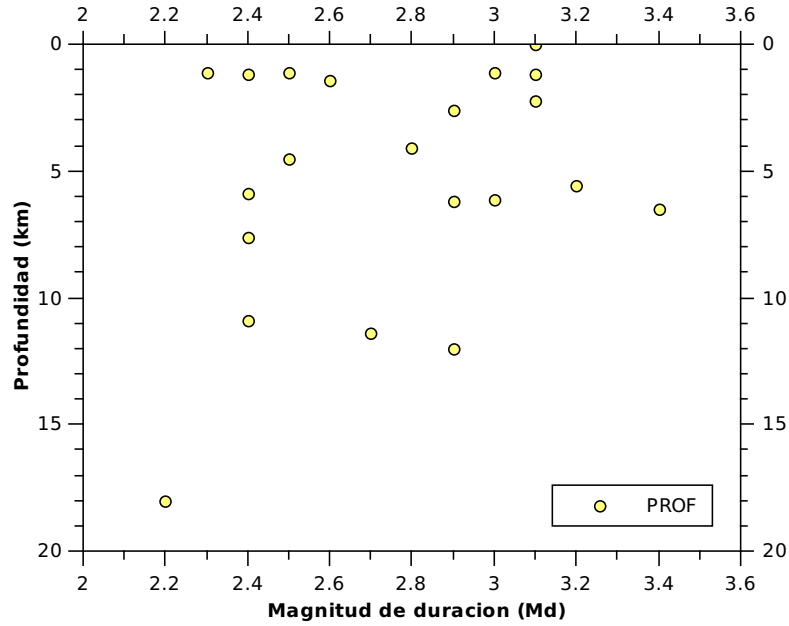


Figura A20. Distribución según la magnitud M_d y la profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado del 11 al 16 de julio de 1999.

Enjambre sísmico registrado en septiembre del 2000

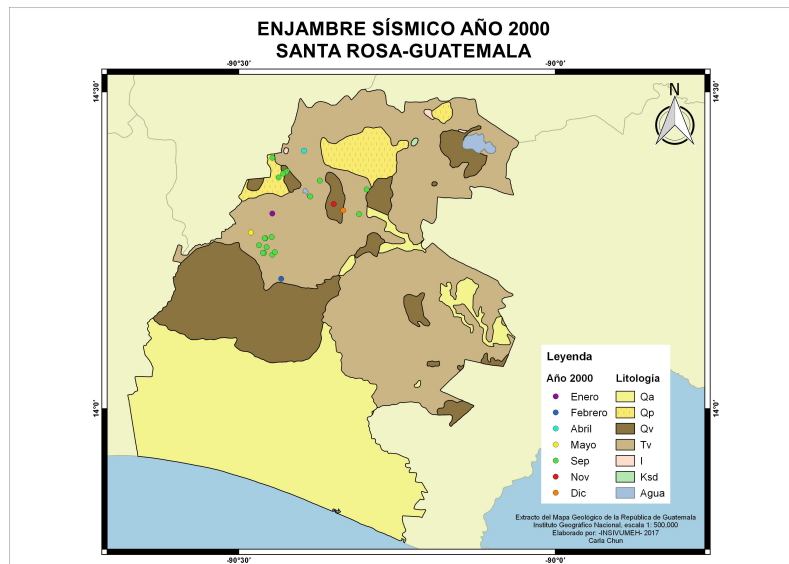


Figura A21. Distribución espacial de los epicentros localizados durante el enjambre sísmico registrado en septiembre del 2000. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.

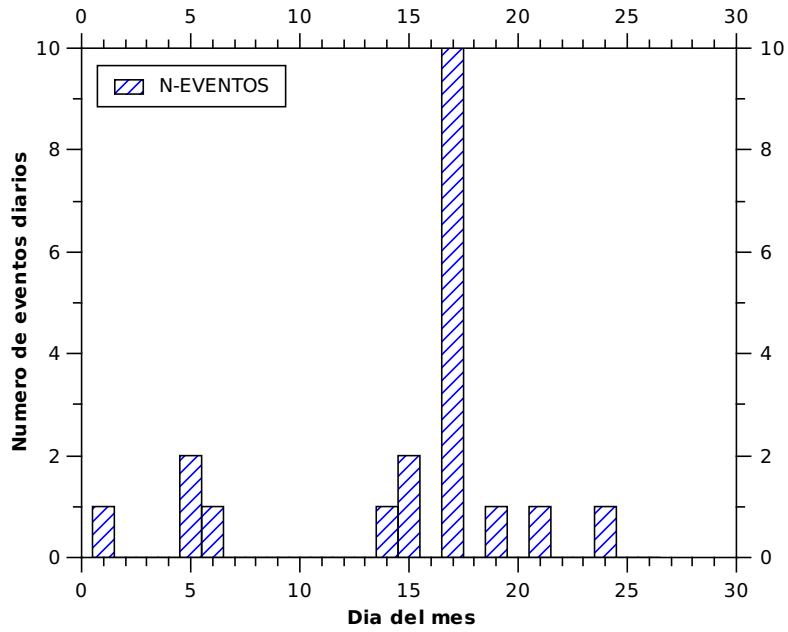


Figura A22. Distribución temporal de los eventos localizados durante enjambre sísmico registrado en septiembre del 2000.

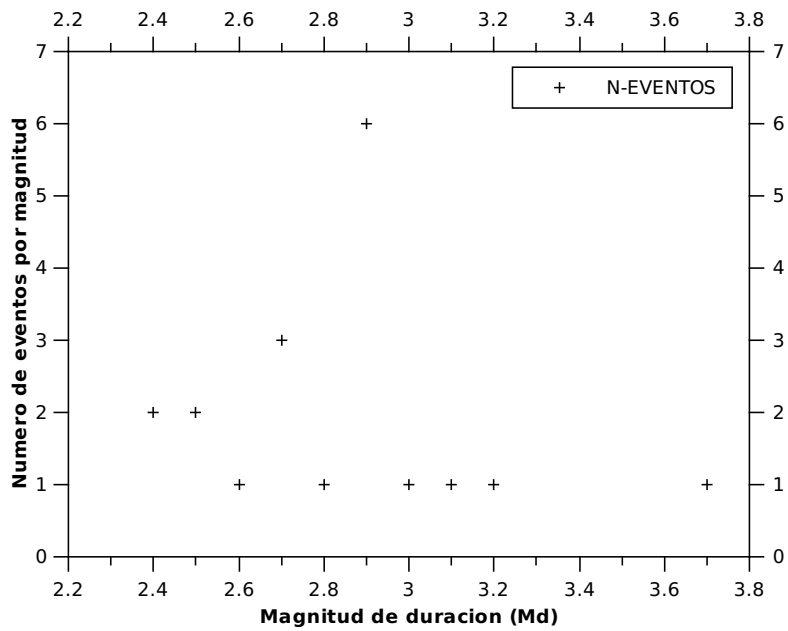


Figura A23. Distribución según la magnitud M_d de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en septiembre del 2000.

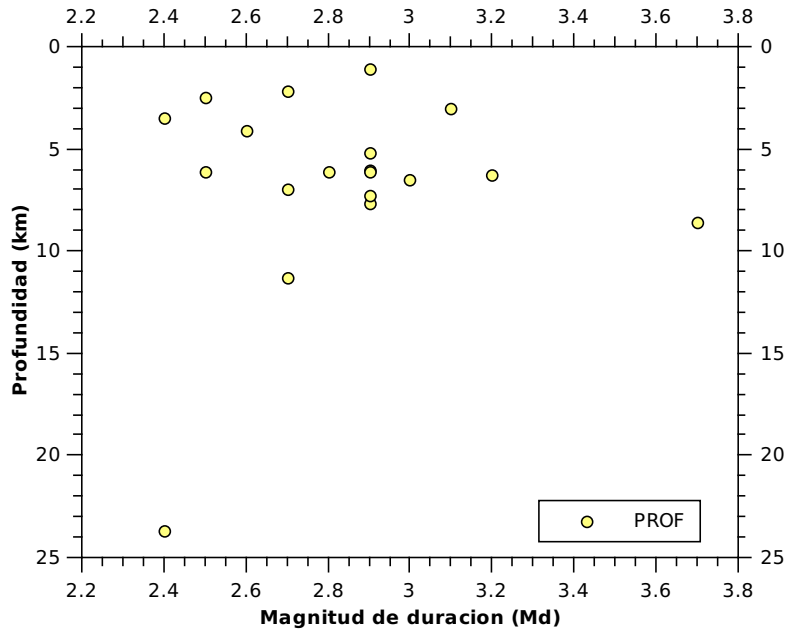


Figura A24. Distribución según la magnitud y la profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en septiembre del 2000.

Enjambre sísmico registrado del 5 al 29 de junio del 2002

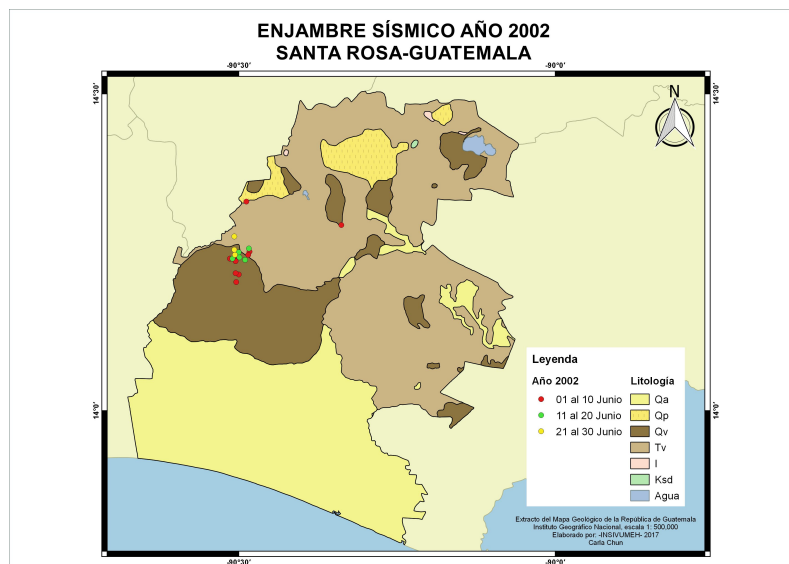


Figura A25. Distribución espacial de los epicentros localizados durante el enjambre sísmico registrado del 5 al 29 de junio de 2002. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.

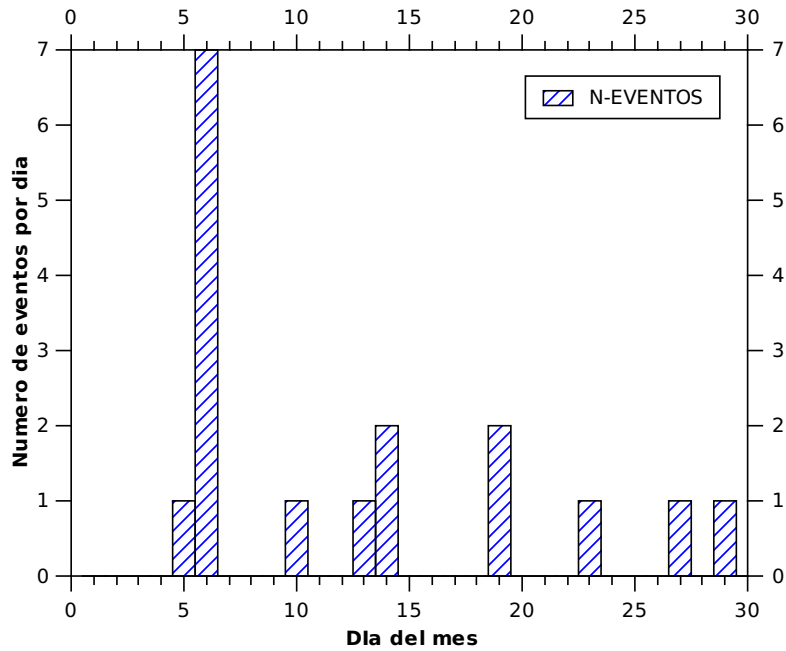


Figura A26. Distribución temporal de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado del 5 al 29 de junio de 2002.

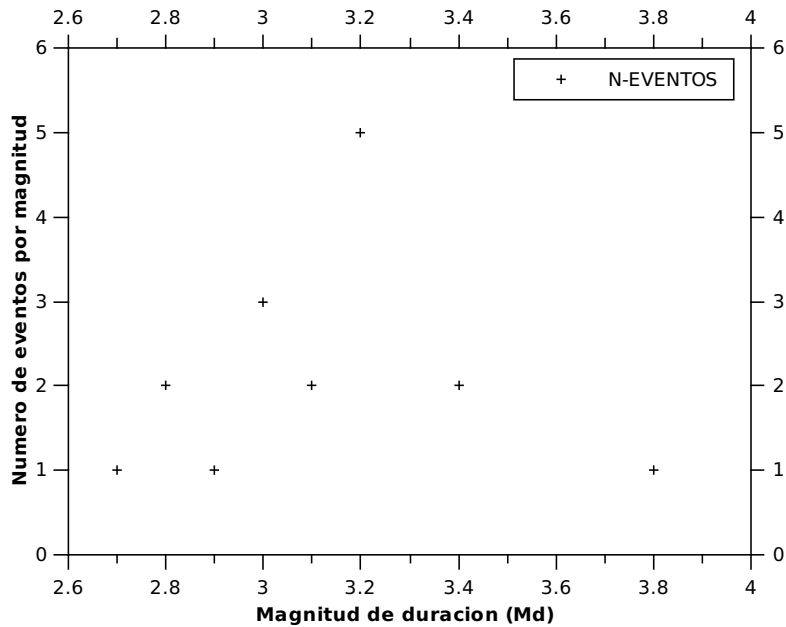


Figura A27. Distribución según la magnitud M_d de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado del 5 al 29 de junio de 2002.

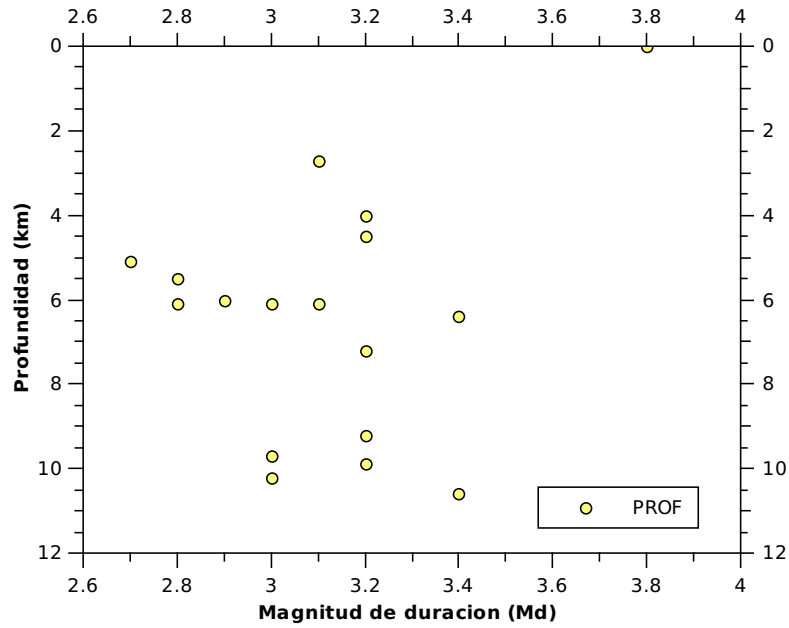


Figura A28. Distribución según la magnitud M_d y la profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado del 5 al 29 de junio del 2002.

Enjambre sísmico registrado en diciembre de 2007

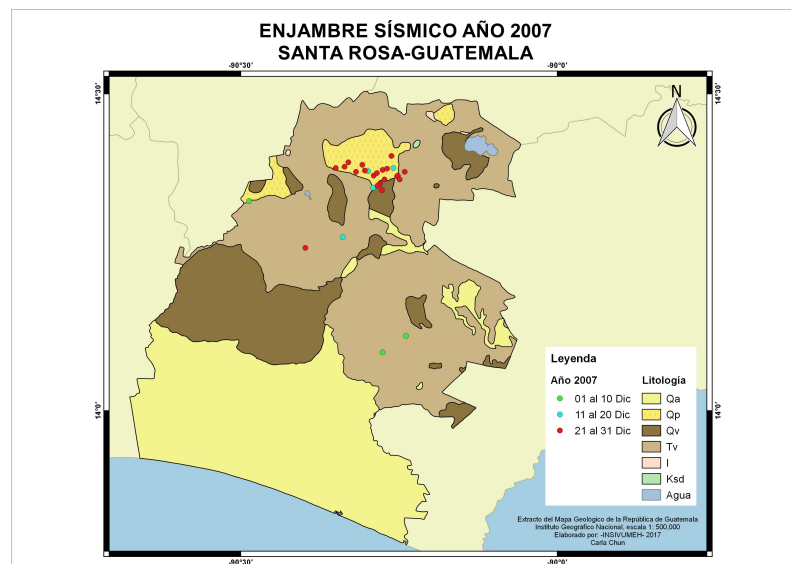


Figura A29. Distribución espacial de los epicentros localizados durante el enjambre sísmico registrado en diciembre de 2007. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.

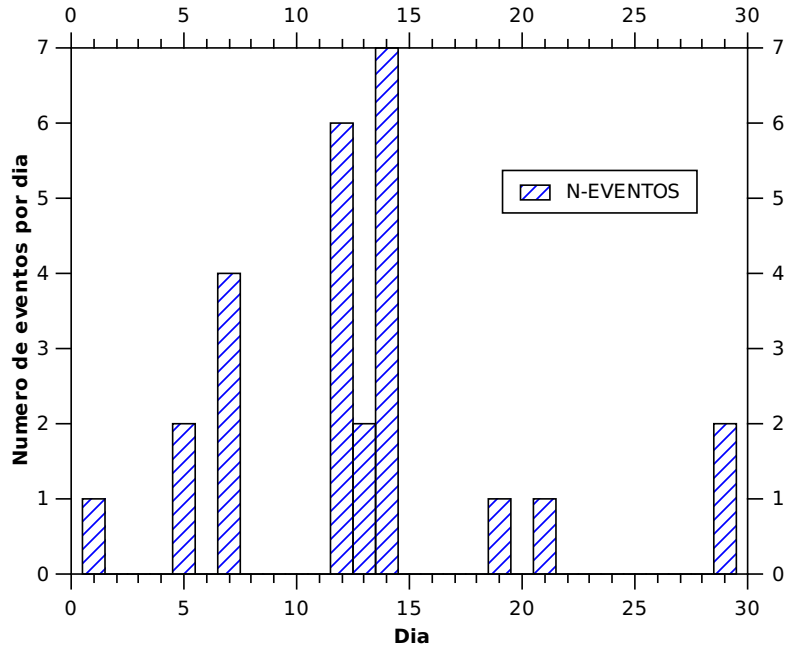


Figura A30. Distribución temporal de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en diciembre de 2007.

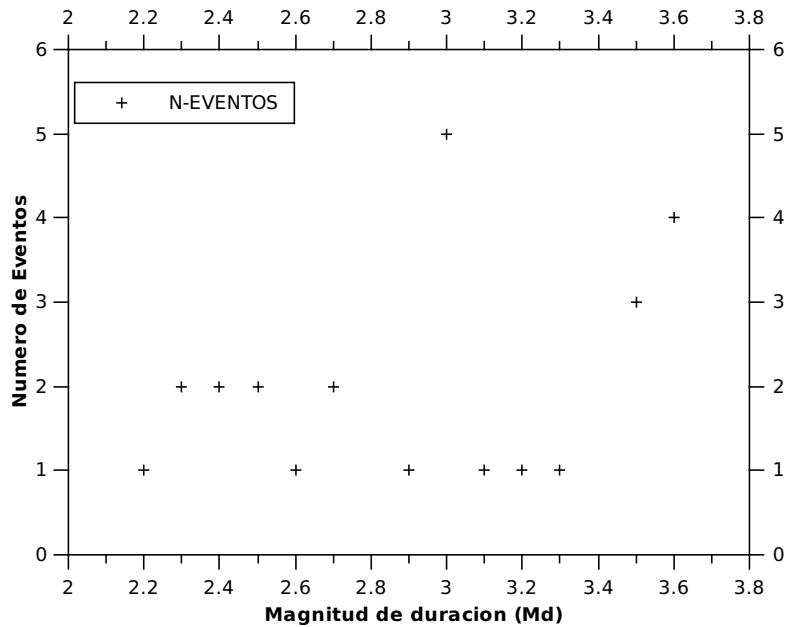


Figura A31. Distribución la magnitud M_d de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en diciembre de 2007.

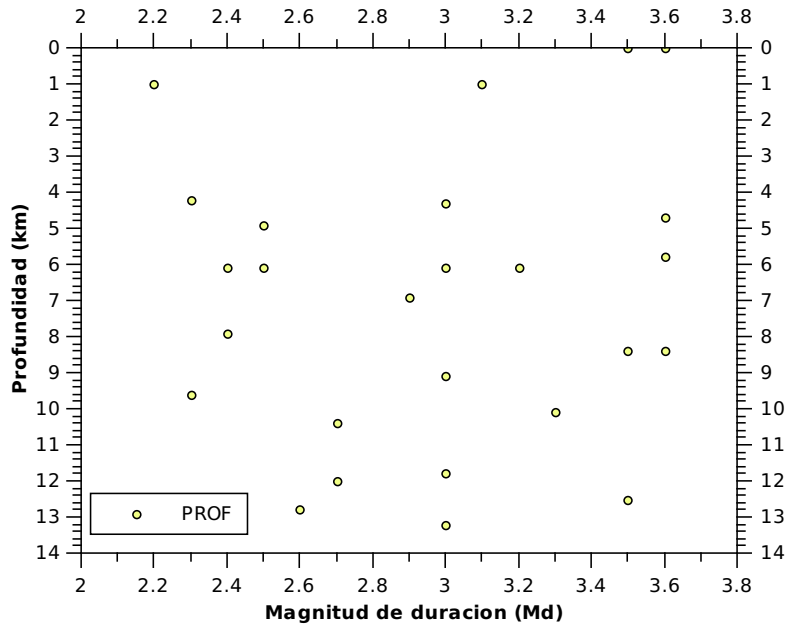


Figura A32. Distribución según la magnitud M_d y la profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en diciembre de 2007.

Enjambre sísmico registrado en marzo de 2013

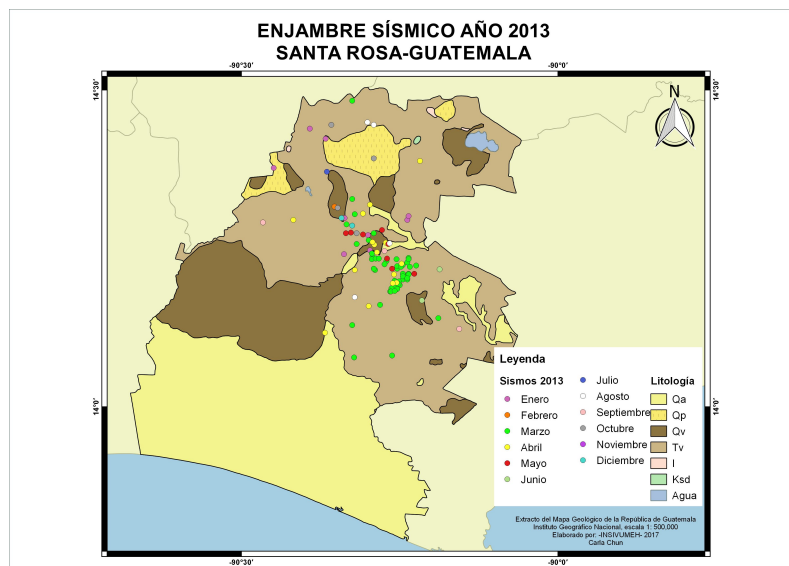


Figura A33. Distribución espacial de los epicentros localizados durante el enjambre sísmico registrado en marzo de 2013. Mapa geológico de la región de estudio elaborado por Carla Chun, INSIVUMEH.

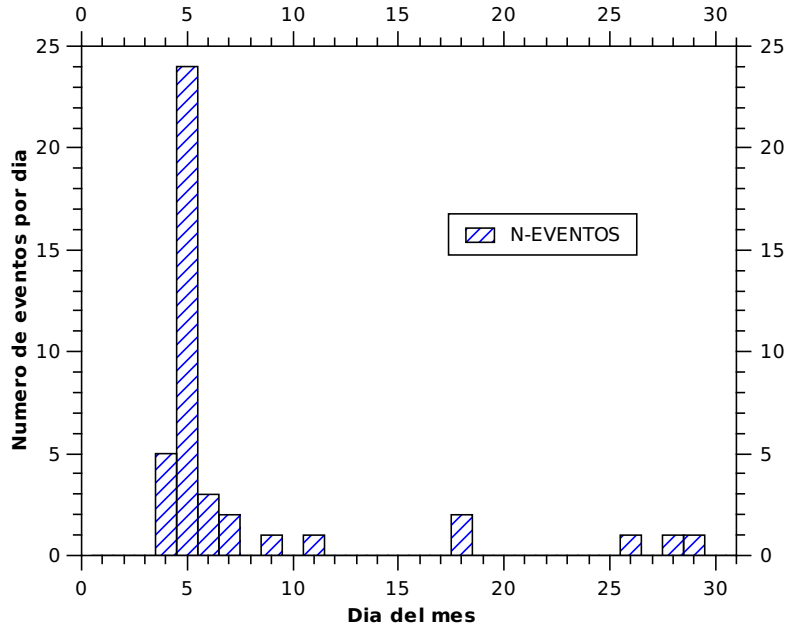


Figura A34. Distribución temporal de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en marzo de 2013.

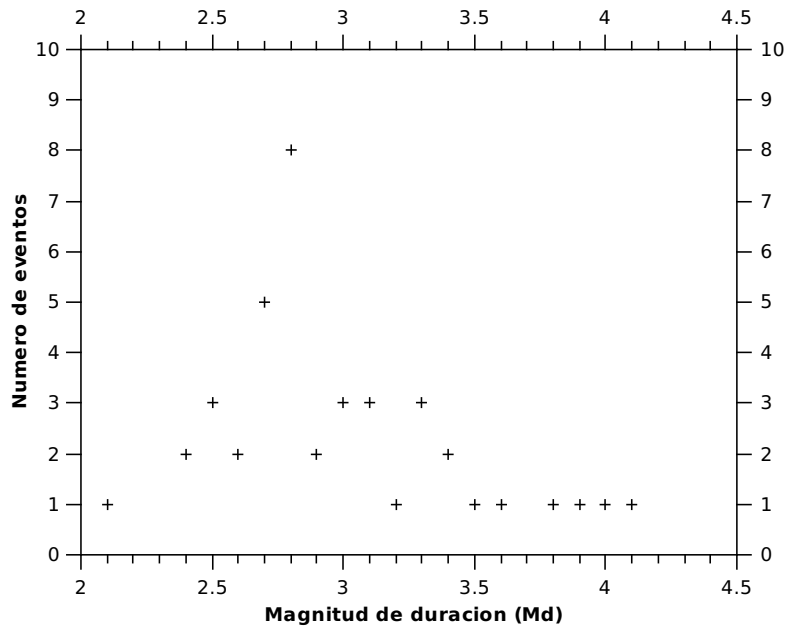


Figura A35. Distribución según la magnitud M_d de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en marzo de 2013.

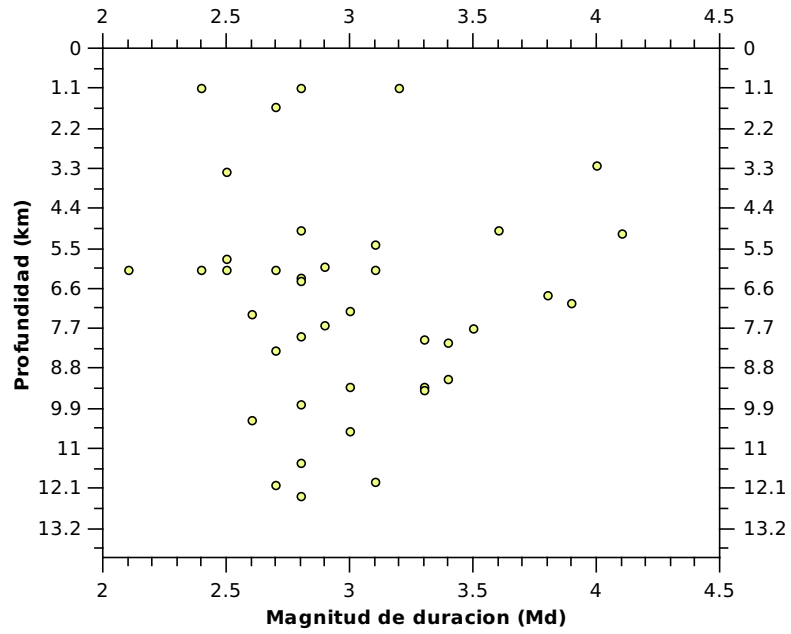


Figura A36. Distribución según la magnitud M_d y la profundidad de los eventos localizados durante el enjambre sísmico registrado en marzo de 2013.

APÉNDICE B

Tabla B1. Tabla de datos de las actividades tipo enjambre analizadas para el Departamento de Santa Rosa durante el periodo (1979-1982).

No.	Inicio	Final	N_T^*	$^{\dagger}M_{L_{min}}$	$^{\ddagger}M_{L_{max}}$	$^{\dagger\dagger}P_{min}$	$^{\dagger}P_{max}$ (km)	$^{\ddagger\dagger}N_{max}$ (km)	$^{\dagger\dagger\dagger}Fecha_{N_{max}}$
1	12/Ago/1979	23/Jun/1980	+40,000	0.75	5.0	1.0	58.0	+1,000	11/Sep/1979
2	02/Mar/1981	25/Mar/1981	17	2.0	3.7	7.0	32.0	6	17/Mar/1981
3	15/Nov/1981	29/Dic/1981	107	1.8	3.6	0.4	71.7	11	30/Nov/1981
4	01/Ene/1982	19/May/1982	276	1.2	3.9	1.6	195.1	59	04/Ene/1982

* N_T : número total de eventos sísmicos localizados.

$^{\dagger}M_{L_{min}}$: Magnitud local mínima.

$^{\ddagger}M_{L_{max}}$: Magnitud local máxima.

$^{\dagger\dagger}P_{min}$: Profundidad mínima en km.

$^{\dagger}P_{max}$: Profundidad máxima en km.

$^{\ddagger\dagger}N_{max}$: Número máximo de eventos sísmicos diarios.

$^{\dagger\dagger\dagger}Fecha_{N_{max}}$: Fecha en que la actividad alcanzó el número de eventos sísmicos máximo.

Tabla B2. Tabla de datos de las actividades tipo enjambre analizadas para el Departamento de Santa Rosa durante el periodo (1984-2013).

No.	Inicio	Final	* N_T	$\dagger M_{d_{min}}$	$\dagger\dagger M_{d_{max}}$	$\dagger\dagger\dagger P_{min}$ (km)	$\dagger P_{max}$ (km)	$\#\#N_{max}$	$\#\#\#Fecha_{N_{max}}$
1	01/Ene/1984	22/May/1984	76	2.4	4.6	1.0	16.4	8	19/Ene/1984
2	06/Ene/1985	22/Ene/1985	28	3.0	4.2	1.0	18.7	11	08/Ene/1985
3	01/Mar/1985	31/May/1985	81	2.6	4.3	0.1	227.3	20	16/Abr/1985
4	04/May/1986	24/Dic/1986	197	1.8	4.4	0.4	195.5	46	27/Oct/1986
5	05/Dic/1992	28/Dic/1992	20	2.6	3.4	6.0	50.0	10	17/Dic/1992
6	01/Abr/1993	29/Jun/1993	270	2.1	4.3	0.3	29.9	58	19/Abr/1993
7	07/Ene/1994	28/Ene/1994	23	2.7	4.3	2.9	23.4	7	08/Ene/1994
8	01/Jul/1999	31/Jul/1999	21	2.2	3.4	1.1	18.0	8	11/Jul/1999
9	01/Sep/2000	04/Sep/2000	19	2.4	3.7	1.1	23.7	10	02/Sep/2000
10	05/Jun/2002	29/Jun/2002	17	2.7	3.8	2.7	10.6	7	06/Jun/2002
11	01/Dic/2007	28/Dic/2007	27	2.3	3.9	1.0	13.2	7	28/Dic/2007
12	04/Abr/2009	20/May/2009	245	2.2	4.6	0.1	54.6	56	05/Abr/2009
13	05/Mar/2011	31/Mar/2011	15	2.3	3.4	5.9	21.9	7	01/Mar/2011
14	19/Jul/2011	29/Nov/2011	2652	1.5	4.9	0.1	29.1	186	08/Ago/2011
15	04/Mar/2013	29/Mar/2013	48	2.1	4.1	1.1	13.9	24	05/Mar/2013

* N_T : Número total de eventos sísmicos.

$\dagger M_{d_{min}}$: Magnitud de duración coda mínima.

$\dagger\dagger M_{d_{max}}$: Magnitud de duración coda máxima.

$\dagger\dagger\dagger P_{min}$: Profundidad mínima en km.

$\dagger P_{max}$: Profundidad máxima en km.

$\#\#N_{max}$: Número máximo de eventos sísmicos diarios.

$\#\#\#Fecha_{N_{max}}$: Fecha en que la actividad alcanzó el número de eventos sísmicos máximo.

APÉNDICE C

Funciones de R y códigos fuentes

Función `fmddisc`

Descripción: Esta función hace una búsqueda de discontinuidades significativas en la Distribución de Frecuencia Magnitud (DFM).

```
fmddisc(file, header = FALSE, colid = 1, nrep = 200, title = "fmddisc")
```

Argumentos de la función `fmddisc`

- `file`: nombre del archivo a cargar.
- `header`: si el archivo tiene o no encabezado.
- `colid`: id de la columna donde se encuentran los valores de magnitud en el archivo.
- `nrep`: número de réplicas del bootstrap.
- `title`: título principal de la gráfica.

Código en R de la función `fmddisc`

```
fmddisc <-  
function (file, header = FALSE, colid = 1, nrep = 200, title = "fmddisc")  
{  
  delta = 0.1  
  "mbass" <- function(a, delta = 0.1, plot = TRUE, alldisc = FALSE,  
    bs = 0) {  
    mba <- function(x) {  
      fmbass(x, delta, plot, alldisc)  
    }  
    if (bs == 0) {  
      res <- mba(a)  
    }  
  }  
}
```

```

}
else {
  res = bootstrap::bootstrap(a, abs(bs), mba)
  if (bs > 0) {
    res = quantile(res$thetastar, probs = c(0.05,
      0.5, 0.95), na.rm = TRUE)
  }
}
invisible(res)
}
"fm bass" <- function(a, delta = 0.1, plot = TRUE, alldisc = FALSE) {
  if (plot) {
    par(mfrow = c(1, 1))
  }
  tau <- numeric()
  pva <- numeric()
  minmag <- min(a, na.rm = TRUE)
  maxmag <- max(a, na.rm = TRUE)
  g_r <- hist(a, plot = FALSE, breaks = round(seq((minmag -
    delta/2), (maxmag + delta/2), delta), 3))
  n <- length(g_r$density)
  xc <- round(seq(minmag, maxmag, delta)[1:(n - 1)], 3)
  log_nc <- log10((1/delta) * (length(a) - cumsum(g_r$counts)[1:(n -
    1)]) * delta)
  x <- round(seq(minmag, maxmag, delta), 3)
  log_n <- log10((1/delta) * g_r$counts * delta)
  x <- x[is.finite(log_n)]
  log_n <- log_n[is.finite(log_n)]
  sl <- diff(log_n)/diff(x)
  xsl <- x[2:length(x)]
  if (plot) {
    plot(xc, (10^log_nc), type = "p", ylim = c(1, length(a)),
      log = "y", xlab = "Magnitude", ylab = "Number of events",
      pch = 1)
    points(x, (10^log_n), pch = 2)
  }
  niter <- 6
  N <- length(sl)
  j <- 0
  k <- 0
  SA <- vector(length = N)
  while (j < niter) {
    for (i in seq(1, N, 1)) SA[i] <- abs(2 * sum(rank(sl)[1:i]) -
      i * (N + 1))
    n1 <- which(SA == SA[order(SA)[length(order(SA))]])
  }
}

```



```

xn1 <- sl[1:n1[1]]
xn2 <- sl[-(1:n1[1])]
if ((n1[1] > 2) && (n1[1] <= (N - 2)) && (wilcox.test(xn1,
  xn2, exact = FALSE, correct = TRUE)[3] < 0.05)) {
  k <- k + 1
  pva[k] <- wilcox.test(xn1, xn2, exact = FALSE,
    correct = TRUE)[3]
  tau[k] <- n1[1]
  if (k > 1) {
    medsl1 <- median(sl[1:n0])
    medsl2 <- median(sl[-(1:n0)])
    for (i in seq(1, n0, 1)) sl[i] <- sl[i] + medsl1
    for (i in seq(n0 + 1, length(sl), 1)) sl[i] <- sl[i] +
      medsl2
  }
  medsl1 <- median(sl[1:n1[1]])
  medsl2 <- median(sl[-(1:n1[1])])
  for (i in seq(1, n1[1], 1)) sl[i] <- sl[i] -
    medsl1
  for (i in seq(n1[1] + 1, length(sl), 1)) sl[i] <- sl[i] -
    medsl2
  n0 <- n1[1]
}
j <- j + 1
}
v_pva = as.vector(pva, mode = "numeric")
ip = order(v_pva)
m0 = c(signif(xsl[tau[ip[1]]]), signif(xsl[tau[ip[2]]]))
if (alldisc) {
  return(print(list(discmag = xsl[tau], p = v_pva,
    threshold = m0)))
}
invisible(m0)
}
b = read.table(file, header = header)
a <- numeric()
a <- b[, colid]
a = round(a, 1)
if (any(a < -3))
  stop("Values out of range. Are you sure that input values are
  magnitude values ?")
if (any(a > 9.5))
  stop("Values out of range. Are you sure that input values are
  magnitude values ?")
minmag <- min(a, na.rm = TRUE)

```

```

maxmag <- max(a, na.rm = TRUE)
filename = paste(title, "_disc.png", sep = "")
resname1 = paste(title, "_disc1.res", sep = "")
resname2 = paste(title, "_disc2.res", sep = "")
cat("\n...you just have to wait...\n\n...Generating", nrep,
    "replicates...\n\n")
png(filename = filename, width = 2400, height = 2715, res = 360)
g_r <- hist(a, plot = FALSE, breaks = round(seq((minmag -
    delta/2), (maxmag + delta/2), delta), 3))
n <- length(g_r$density)
x <- round(seq(minmag, maxmag, delta), 3)
log_n1 <- log10((1/delta) * (length(a) - cumsum(g_r$counts)) *
    delta)
log_n2 <- log10((1/delta) * g_r$counts * delta)
y = x[is.finite(log_n2)]
x = x[is.finite(log_n1)]
log_n1 = log_n1[is.finite(log_n1)]
log_n2 = log_n2[is.finite(log_n2)]
par(mar = c(4.1, 4.1, 2.1, 1.1), font = c(2), font.main = c(2),
    font.axis = c(2), font.lab = c(2))
layout(matrix(c(1, 2, 3), 3, 1, byrow = FALSE), widths = c(lcm(9.1)),
    heights = c(lcm(6.1), lcm(5.8), lcm(5.8)), respect = TRUE)
par(xaxs = "i")
plot(x, (10^log_n1), type = "p", ylim = c(1, length(a)),
    log = "y", xlab = "Magnitude", ylab = "Number of events",
    cex = 1.6, pch = 1, main = title)
points(y, (10^log_n2), cex = 2.1, pch = 2)
text(0.0050 * (min(x) + max(x)), 0.0025 * 10^max(log_n1),
    "(A) inc. and cum. FMDs")
par(xaxs = "r")
b = read.table(file, header = header)
a <- numeric()
a <- b[, colid]
a = round(a, 1)
if (any(a < -3))
    stop("Values out of range. Are you sure that input values are
        magnitude values ?")
if (any(a > 9.5))
    stop("Values out of range. Are you sure that input values are
        magnitude values ?")
y = mbass(a, delta = delta, plot = FALSE, alldisc = FALSE,
    bs = -nrep)
cat("\n*****\nMAIN DISCONTINUITY\n")
cat("\nQuantiles of the main discontinuity in the frequency-magnitude
    distribution:\n")

```

```

print(quantile(y$thetastar[1, ], probs = c(0.05, 0.5, 0.95),
  na.rm = TRUE))
cat("Number of valid replicates:\n")
print(sum(!is.na(y$thetastar[1, ])))
cat("\nBootstrap mean and bootstrap standard-error (standard deviation
  of bootstrap replicate estimates):\n")
print(round(mean(y$thetastar[1, ], na.rm = TRUE), 3))
print(round(sd(y$thetastar[1, ], na.rm = TRUE), 3))
cat("Bootstrap margin of errors at the 90% normal confidence level:\n")
print(round(1.645 * sd(y$thetastar[1, ], na.rm = TRUE), 3))
cat("\n*****\nAUXILIARY DISCONTINUITY\n")
cat("\nQuantiles of the auxiliary discontinuity
  in the frequency-magnitude distribution:\n")
print(quantile(y$thetastar[2, ], probs = c(0.05, 0.5, 0.95),
  na.rm = TRUE))
cat("Number of valid replicates:\n")
print(sum(!is.na(y$thetastar[2, ])))
cat("\nBootstrap mean and bootstrap standard-error (standard deviation
  of bootstrap replicate estimates):\n")
print(round(mean(y$thetastar[2, ], na.rm = TRUE), 3))
print(round(sd(y$thetastar[2, ], na.rm = TRUE), 3))
cat("Bootstrap margin of errors at the 90% normal confidence level:\n")
print(round(1.645 * sd(y$thetastar[2, ], na.rm = TRUE), 3))
hist(y$thetastar[1, ], main = "(B) Main discontinuity",
  xlab = "Discontinuity magnitude", ylim = c(0, nrep),
  breaks = round(seq((minmag - delta/2), (maxmag + delta/2), delta), 3))
hist(y$thetastar[2, ], main = "(C) Auxiliary discontinuity",
  xlab = "Discontinuity magnitude", ylim = c(0, nrep),
  breaks = round(seq((minmag - delta/2), (maxmag + delta/2),
    delta), 3))
dev.off()
write.table(file = resname1, y$thetastar[1, ], row.names = FALSE,
  col.names = FALSE)
write.table(file = resname2, y$thetastar[2, ], row.names = FALSE,
  col.names = FALSE)
cat("\nReplicates for magnitude discontinuities in files",
  resname1, "(main) and\n", resname2, "(auxiliary)\n")
cat("\nFmddisc plot in", figname, "\n\n")
disc = list()
disc$quant1 = quantile(y$thetastar[1, ], probs = c(0.05,
  0.5, 0.95), na.rm = TRUE)
disc$valid[1] = sum(!is.na(y$thetastar[1, ]))
disc$bmean[1] = round(mean(y$thetastar[1, ], na.rm = TRUE),
  3)
disc$bse[1] = round(sd(y$thetastar[1, ], na.rm = TRUE), 3)

```

```

disc$bme[1] = round(1.645 * sd(y$thetastar[1, ], na.rm = TRUE),
  3)
disc$quant2 = quantile(y$thetastar[2, ], probs = c(0.05,
  0.5, 0.95), na.rm = TRUE)
disc$valid[2] = sum(!is.na(y$thetastar[2, ]))
disc$bmean[2] = round(mean(y$thetastar[2, ], na.rm = TRUE),
  3)
disc$bse[2] = round(sd(y$thetastar[2, ], na.rm = TRUE), 3)
disc$bme[2] = round(1.645 * sd(y$thetastar[2, ], na.rm = TRUE),
  3)
disc
}

```

Valores de salida de la función `fmddisc`

Esta función devuelve una lista conteniendo las siguientes componentes:

- `quant1`: los cuantiles 5 %, 50 % y 95 % de las réplicas bootstrapeadas para la discontinuidad principal.
- `valid`: los números de réplicas válidas.
- `bmean`: los valores promedios bootstrapeados.
- `bse`: los valores de los errores estándar bootstrapeados.
- `bme`: los valores de los márgenes de error bootstrapeados.
- `quant2`: los cuantiles 5 %, 50 % y 95 % de las réplicas bootstrapeadas para discontinuidad auxiliar.

Función `bvmed`

Descripción: Esta función determina el *b-value* de la relación de Gutenberg Richter de un conjunto de valores de magnitud, usando el método de regresión de las medianas repetidas.

```

bvmed(file, lis, hd = FALSE, colid = 1, nrep = 200, tm = NULL,
+ findtm = TRUE, title = "bvmed")

```

Argumentos de la función `bvmed`

- `file`: archivo a cargar.
- `lis`: lista a cargar.
- `hd`: si el archivo contiene encabezados o no.
- `colid`: id de la columna de valores de magnitud en el archivo.
- `nrep`: número de réplicas del bootstrap (sirve para calcular el error estándar del *b-value*).
- `tm`: valor umbral de magnitud.
- `findtm`: valor lógico. Si por algún procedimiento automático se determina o no el valor umbral de magnitud.
- `title`: caracter. El título de la gráfica. El nombre del archivo .PNG que incluye la gráfica comienza con `title`.

Código en R de la función `bvmed`

```
bvmed <-  
function (file, lis, hd = FALSE, colid = 1, nrep = 200, tm = NULL,  
         findtm = TRUE, title = "bvmed")  
{  
  delta = 0.1  
  "mblm" <- function(formula, dataframe, repeated = TRUE) {  
    if (missing(dataframe))  
      dataframe <- environment(formula)  
    term <- as.character(attr(terms(formula), "variables")[-1])  
    x = dataframe[[term[2]]]  
    y = dataframe[[term[1]]]  
    if (length(term) > 2) {  
      stop("Only linear models are accepted")  
    }  
    xx = sort(x)  
    yy = y[order(x)]  
    n = length(xx)  
    slopes = c()  
    intercepts = c()  
    smedians = c()  
    imedians = c()  
    if (repeated) {  
      for (i in 1:n) {  
        slopes = c()  
        intercepts = c()  
        smedians = c()  
        imedians = c()  
      }  
    }  
  }  
  if (hd) {  
    colid = colid + 1  
  }  
  if (findtm) {  
    tm = findtm(tm, colid, file, lis, delta)  
  }  
  mblm(formula, dataframe, repeated = TRUE, tm = tm, title = title)  
}
```

```

intercepts = c()
for (j in 1:n) {
  if (xx[j] != xx[i]) {
    slopes = c(slopes, (yy[j] - yy[i])/(xx[j] -
      xx[i]))
    intercepts = c(intercepts, (xx[j] * yy[i] -
      xx[i] * yy[j])/(xx[j] - xx[i]))
  }
}
smedians = c(smedians, median(slopes))
imediands = c(imediands, median(intercepts))
}
slope = median(smedians)
intercept = median(imediands)
}
else {
  for (i in 1:(n - 1)) {
    for (j in i:n) {
      if (xx[j] != xx[i]) {
        slopes = c(slopes, (yy[j] - yy[i])/(xx[j] -
          xx[i]))
      }
    }
  }
  slope = median(slopes)
  intercepts = yy - slope * xx
  intercept = median(intercepts)
}
res = list()
res$coefficients = c(intercept, slope)
names(res$coefficients) = c("(Intercept)", term[2])
res$residuals = y - slope * x - intercept
names(res$residuals) = as.character(1:length(res$residuals))
res$fitted.values = x * slope + intercept
names(res$fitted.values) = as.character(1:length(res$fitted.values))
if (repeated) {
  res$slopes = smediands
  res$intercepts = imediands
}
else {
  res$slopes = slopes
  res$intercepts = intercepts
}
res$df.residual = n - 2
res$rank = 2

```

```

res$terms = terms(formula)
res$call = match.call()
res$model = data.frame(y, x)
res$assign = c(0, 1)
if (missing(dataframe)) {
  res$effects = lm(formula)$effects
  res$qr = lm(formula)$qr
}
else {
  res$effects = lm(formula, dataframe)$effects
  res$qr = lm(formula, dataframe)$qr
}
res$effects[2] = sqrt(sum((res$fitted - mean(res$fitted))^2))
res$xlevels = list()
names(res$model) = term
attr(res$model, "terms") = terms(formula)
class(res) = c("mblm", "lm")
res
}
"fbmass2" <- function(a, delta = 0.1, alldisc = FALSE, tm = NULL,
  findtm = TRUE) {
  tau <- numeric()
  pva <- numeric()
  minmag <- min(a, na.rm = TRUE)
  g_r <- hist(a, plot = FALSE, breaks = seq((minmag - delta/2),
    (max(a, na.rm = TRUE) + delta/2), delta))
  n <- length(g_r$density)
  xc <- seq(minmag, max(a, na.rm = TRUE), delta)[1:(n -
    1)]
  y = numeric()
  for (i in 1:length(xc)) y[i] = sum(a >= xc[i])
  log_nc = log10(y)
  x <- seq(minmag, max(a, na.rm = TRUE), delta)
  log_n <- log10((1/delta) * g_r$counts * delta)
  x <- x[is.finite(log_n)]
  log_n <- log_n[is.finite(log_n)]
  sl <- diff(log_n)/diff(x)
  xsl <- x[2:length(x)]
  niter <- 3
  N <- length(sl)
  j <- 0
  k <- 0
  SA <- vector(length = N)
  while (j < niter) {
    for (i in seq(1, N, 1)) SA[i] <- abs(2 * sum(rank(sl)[1:i]) -

```

```

        i * (N + 1))
n1 <- which(SA == SA[order(SA)[length(order(SA))])
xn1 <- sl[1:n1[1]]
xn2 <- sl[-(1:n1[1])]
if ((n1[1] > 2) && (n1[1] <= (N - 2)) && (wilcox.test(xn1,
  xn2, exact = FALSE, correct = TRUE)[3] < 0.05)) {
  k <- k + 1
  pva[k] <- wilcox.test(xn1, xn2, exact = FALSE,
    correct = TRUE)[3]
  tau[k] <- n1[1]
  if (k > 1) {
    medsl1 <- median(sl[1:n0])
    medsl2 <- median(sl[-(1:n0)])
    for (i in seq(1, n0, 1)) sl[i] <- sl[i] + medsl1
    for (i in seq(n0 + 1, length(sl), 1)) sl[i] <- sl[i] +
      medsl2
  }
  medsl1 <- median(sl[1:n1[1]])
  medsl2 <- median(sl[-(1:n1[1])])
  for (i in seq(1, n1[1], 1)) sl[i] <- sl[i] -
    medsl1
  for (i in seq(n1[1] + 1, length(sl), 1)) sl[i] <- sl[i] -
    medsl2
  n0 <- n1[1]
}
j <- j + 1
}
v_pva = as.vector(pva, mode = "numeric")
ip = order(v_pva)
m0 = c(signif(xsl[tau[ip[1]]]), signif(xsl[tau[ip[2]]]))
if (alldisc)
  return(print(list(discmag = xsl[tau], p = v_pva,
    threshold = m0)))
invisible(m0)
y = log_n
yc = log_nc
if (!is.null(tm))
  m0[1] = tm
if (!is.na(m0[1])) {
  x2 = x[which(x >= m0[1])]
  y2 = y[which(x >= m0[1])]
  xc2 = xc[which(xc >= m0[1])]
  yc2 = yc[which(xc >= m0[1])]
  fit = mblm(y2 ~ x2, repeated = TRUE)
  fitcoef = -fit$coefficients[2]
}

```



```

        xval = xc2
        yval = yc2
    }
    if (is.null(tm) & !findtm) {
        fit = mblm(y ~ x, repeated = TRUE)
        fitcoef = -fit$coefficients[2]
        xval = xc
        yval = yc
    }
    if (is.null(tm) & findtm & is.na(m0[1])) {
        fitcoef = NA
        xval = NA
        yval = NA
    }
    return(list(thr = m0, coef = fitcoef, X = xval, Y = yval))
}
"mbass2" <- function(a, delta = 0.1, alldisc = FALSE, bs = 0,
    tm = NULL, findtm = TRUE) {
    mba <- function(x) {
        fmbass2(x, delta, alldisc, tm, findtm)
    }
    res <- if (bs == 0) {
        mba(a)
    }
    else {
        bootstrap::bootstrap(a, bs, mba)
    }
    return(res)
}
cat("\n\nThe R bootstrap package is necessary\n\n")
no.file <- missing(file)
no.lis <- missing(lis)
a <- if (no.file) {
    as.vector(lis)
}
else if (no.lis) {
    x = read.table(file, header = hd)
    x[, colid]
}
else {
    stop("must specify either 'file' or 'lis'")
}
a = round(a, 1)
cat("\n\n...You just have to wait...\n\n")
z = mbass2(a, delta = delta, alldisc = FALSE, bs = nrep,

```

```

    tm = tm, findtm = findtm)
cat("\nSize of data set : ", length(a), "events\n")
cat("\nM0 ('completeness') value or quantiles :\n")
mthresh = numeric()
bvalue = numeric()
for (i in 1:nrep) {
  mthresh[i] = z$thetastar[[i]]$thr[[1]]
  bvalue[i] = z$thetastar[[i]]$coe
}
if (nrep != 0) {
  print(quantile(mthresh, probs = c(0.05, 0.5, 0.95), na.rm = TRUE))
  cat("\nREPLICATES SHOWING UNDETERMINED M0:", sum(is.na(mthresh)),
      "\n")
  cat("\nb-value or b-value quantiles :\n")
  print(signif(quantile(bvalue, probs = c(0.05, 0.5, 0.95),
                      na.rm = TRUE), digits = 3))
  cat("\n")
}
bvm = list()
bvm$quantm = quantile(mthresh, probs = c(0.05, 0.5, 0.95),
                    na.rm = TRUE)
bvm$mmed = round(median(mthresh, na.rm = TRUE), 3)
bvm$quantb = quantile(bvalue, probs = c(0.05, 0.5, 0.95),
                    na.rm = TRUE)
bvm$valid = sum(!is.na(mthresh))
z0 = mbass2(a, delta = delta, alldisc = FALSE, bs = 0, tm = tm,
            findtm = findtm)
bvm$brm = round(z0$coef, 3)
bvm$bse = round(sd(bvalue, na.rm = TRUE), 3)
bvm$bme = round(1.645 * sd(bvalue, na.rm = TRUE), 3)
z1 = mbass2(a, delta = delta, alldisc = FALSE, bs = 0, tm = NULL,
            findtm = FALSE)
figname = paste(title, "_bvmed.png", sep = "")
png(filename = figname, width = 2400, height = 2715, res = 360)
mval = z1$X
nval = z1$Y
plot(mval, (10^nval), type = "p", ylim = c(1, length(a)),
     log = "y", xlab = "Magnitude", ylab = "Number of events",
     pch = 1, cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.2)
b = bvm$brm
sd = bvm$bse
print(mval)
print(10^nval)
epsi = 1e-05
nthr = z1$Y[which(abs(z1$X - bvm$mmed) < epsi)]

```

```

A = nthr + b * bvm$mmed
nmag = sum(a >= bvm$mmed)
w = bvm$mmed
segments(bvm$mmed, 10^(A - b * bvm$mmed), max(z1$X), 10^(A -
      b * max(z1$X)), col = "red", lwd = 2)
dm = max(mval) - min(mval)
dn = max(10^nval) - min(10^nval)
posx = min(mval) + 0.44 * dm
posy = min(nval) + 0.75 * dn
text(posx, posy, title, font = 2, cex = 2, pos = 4)
text(posx, posy - 0.35 * dn, paste("b =", formatC(round(b,
      2), digits = 2, width = 4, format = "f"), " ", formatC(round(sd,
      2), digits = 2, width = 4, format = "f")), font = 1,
      cex = 1.3, pos = 4)
text(posx + 0.155 * dm, posy - 0.35 * dn, expression(" " %+-%
      " "), font = 1, cex = 1.3, pos = 4)
dev.off()
cat("\nb-value=", b, "with standard-error", sd, "\nCalculation over",
      nmag, "magnitude values\n\n")
cat("\nPlot in", figname, "\n\n")
return(invisible(bvm))
}

```

Valores de salida de la función `bvmed`

Una lista conteniendo las siguientes componentes:

- `quantm`: los cuantiles 5%, 50% y 95% de las réplicas bootstrapeadas para el valor de magnitud umbral.
- `mmed`: la mediana de las réplicas bootstrapeadas para el valor de magnitud umbral.
- `quantb`: los cuantiles 5%, 50% y 95% de las réplicas bootstrapeadas para el *b-value*.
- `valid`: el número de réplicas válidas.
- `brm`: el *b-value*
- `bse`: el error estándar bootstrapeado para el *b-value*.
- `bme`: el margen de error bootstrapeado para el *b-value*.

APENDICE D

Tabla D1. Sismos localizados durante el ejercicio profesional supervisado.

No	Tiempo de origen	Lat N°	Lon O°	Prof (km)	RMS	M_d
1	01/08/2011 00:11:36.6	14.216	90.237	7	0.2	2.7
2	01/08/2011 00:25:37.2	14.22	90.246	5.3	0.3	2.9
3	01/08/2011 00:41:13.6	14.203	90.24	9.5	0.2	2.8
4	01/08/2011 01:09:08.5	14.218	90.247	6.4	0.4	3
5	01/08/2011 01:24:59.8	14.211	90.251	7.9	0.3	3.4
6	01/08/2011 01:27:33.2	14.215	90.248	9	0.4	3.5
7	01/08/2011 01:42:14.5	14.217	90.25	6.1	0.2	2.7
8	01/08/2011 01:43:08.4	14.216	90.259	6.2	0.4	2.5
9	01/08/2011 01:46:51.3	14.182	90.265	11.7	0.3	2.9
10	01/08/2011 01:50:09.7	14.215	90.247	6.1	0.2	2.6
11	01/08/2011 01:53:30.8	14.216	90.235	7.2	0.3	3.2
12	01/08/2011 02:04:00.5	14.213	90.252	9.4	0.4	2.6
13	01/08/2011 02:06:44.3	14.205	90.258	6.7	0.3	3
14	01/08/2011 02:09:35.6	14.205	90.266	13.2	0.5	3.3
15	01/08/2011 02:11:32.3	14.215	90.237	7.6	0.2	2.8
16	01/08/2011 02:18:04.1	14.214	90.248	6.3	0.3	2.7
17	01/08/2011 02:29:27.4	14.225	90.276	10.9	0.3	2.3
18	01/08/2011 02:34:12.7	14.146	90.269	12.8	0.1	2.8
19	01/08/2011 02:35:17.4	14.195	90.252	11.6	0.2	2.2
20	01/08/2011 02:39:21.3	14.213	90.248	6.1	0.2	2.9
21	01/08/2011 03:05:27.2	14.212	90.241	6.4	0.2	3
22	01/08/2011 03:06:37.3	14.207	90.256	7.8	0.3	2.6
23	01/08/2011 03:15:08.4	14.179	90.26	8.8	0.3	2.7
24	01/08/2011 03:59:55.6	14.214	90.238	6.9	0.2	3.3
25	01/08/2011 05:15:56.5	14.183	90.263	10.9	0.2	2.6
26	01/08/2011 06:09:30.5	14.202	90.262	6.6	0.4	2.4
27	01/08/2011 06:28:49.4	14.236	90.285	12.2	0.1	2.5
28	01/08/2011 06:29:50.1	14.235	90.262	9.4	0.3	2.4
29	01/08/2011 07:46:11.5	14.18	90.265	7.9	0.2	2.5
30	01/08/2011 09:06:46.0	14.187	90.264	5.1	0.3	2.4
31	01/08/2011 09:57:56.2	14.194	90.264	13.6	0.4	2.4

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
32	01/08/2011 10:37:47.9	14.162	90.256	7.2	0.2	3.1
33	01/08/2011 11:48:40.2	14.186	90.252	13.2	0.2	2.6
34	01/08/2011 13:38:43.8	14.211	90.257	9	0.3	2.6
35	01/08/2011 14:43:52.7	14.217	90.249	6	0.3	3
36	01/08/2011 16:01:06.1	14.218	90.249	10.3	0.2	3.3
37	01/08/2011 21:43:40.2	14.133	90.28	9.4	0.2	2.4
38	01/08/2011 22:58:20.7	14.219	90.24	6.8	0.3	3
39	02/08/2011 01:02:15.1	14.193	90.276	12.6	0.4	2.3
40	02/08/2011 01:02:37.5	14.216	90.245	6.8	0.2	2.6
41	02/08/2011 02:24:22.0	14.209	90.241	10.1	0.3	2.8
42	02/08/2011 03:34:51.1	14.218	90.247	6.9	0.2	2.7
43	02/08/2011 04:32:44.4	14.199	90.242	7	0.3	3.1
44	02/08/2011 05:39:25.6	14.213	90.266	7	0.4	2.6
45	02/08/2011 07:30:18.6	14.203	90.276	10.1	0.1	2.5
46	02/08/2011 08:15:03.0	14.168	90.268	11.8	0.2	2.9
47	02/08/2011 09:45:25.0	14.121	90.318	14.4	0.2	3.1
48	02/08/2011 10:45:32.2	14.159	90.27	10.7	0.3	3
49	02/08/2011 12:52:13.6	14.153	90.279	13.1	0.3	2.1
50	02/08/2011 13:47:13.4	14.226	90.241	7	0.3	3.1
51	02/08/2011 16:29:13.1	14.195	90.259	6.2	0.1	4.1
52	02/08/2011 17:38:48.5	14.222	90.25	6.5	0.3	2.9
53	02/08/2011 17:43:50.5	14.229	90.283	6.1	0	2.6
54	02/08/2011 19:51:28.4	14.182	90.242	8.3	0.3	3.1
55	02/08/2011 20:47:26.2	14.208	90.253	9.1	0.4	2.7
56	02/08/2011 21:59:14.5	14.221	90.239	7.1	0.2	2.6
57	02/08/2011 23:07:58.4	14.223	90.238	6.9	0.2	3.2
58	02/08/2011 23:34:04.8	14.18	90.263	11	0.3	2.3
59	02/08/2011 23:34:28.1	14.231	90.267	8.6	0.3	2.6
60	02/08/2011 23:41:50.9	14.225	90.236	7.9	0.2	3.2
61	02/08/2011 23:48:46.4	14.215	90.247	9.6	0.3	3
62	02/08/2011 23:49:18.5	14.209	90.264	7.6	0.4	2.7
63	02/08/2011 23:50:24.8	14.179	90.26	12.7	0.4	2.8
64	02/08/2011 23:52:07.4	14.218	90.25	9.8	0.3	2.9
65	03/08/2011 00:03:30.4	14.2	90.258	14	0.3	3.3
66	03/08/2011 00:05:30.9	14.222	90.269	8.9	0.4	3.5
67	03/08/2011 00:22:02.0	14.22	90.236	6.5	0.3	3.1
68	03/08/2011 00:45:15.0	14.186	90.258	12.4	0.3	3.1
69	03/08/2011 00:50:57.4	14.178	90.26	6.5	0.2	2.7
70	03/08/2011 00:53:03.8	14.188	90.269	7.9	0.4	2.4
71	03/08/2011 01:03:58.4	14.253	90.316	3.5	0.2	2.6

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
72	03/08/2011 01:05:08.3	14.236	90.246	6	0.3	2.9
73	03/08/2011 01:09:08.1	14.204	90.266	10.5	0.4	3.6
74	03/08/2011 01:23:15.6	14.222	90.287	8.5	0.2	2.7
75	03/08/2011 01:30:16.1	14.197	90.272	12.4	0.4	2.7
76	03/08/2011 02:03:06.2	14.218	90.256	8.1	0.4	2.8
77	03/08/2011 02:26:33.3	14.195	90.258	8.5	0.2	2.9
78	03/08/2011 03:08:06.3	14.217	90.25	5.7	0.3	3.1
79	03/08/2011 03:18:58.4	14.221	90.242	6.1	0.3	3
80	03/08/2011 05:07:14.1	14.221	90.262	6	0.3	3.4
81	03/08/2011 05:27:19.6	14.212	90.263	9.6	0.5	2.5
82	03/08/2011 05:29:57.1	14.212	90.265	9.2	0.5	2.7
83	03/08/2011 05:32:24.8	14.176	90.283	16.8	0.4	3.4
84	03/08/2011 05:39:06.3	14.217	90.256	8.5	0.4	3.1
85	03/08/2011 05:44:47.5	14.218	90.262	6.9	0.5	2.1
86	03/08/2011 05:45:04.8	14.208	90.256	12.6	0.4	2.5
87	03/08/2011 06:03:37.1	14.217	90.256	8.5	0.4	2.5
88	03/08/2011 06:05:54.3	14.211	90.256	8.7	0.4	2.2
89	03/08/2011 06:11:26.2	14.214	90.254	4.7	0.5	2.1
90	03/08/2011 06:11:40.8	14.217	90.25	5.9	0.4	2.2
91	03/08/2011 06:23:59.2	14.219	90.256	6.2	0.4	3.1
92	03/08/2011 06:28:24.2	14.234	90.285	7.4	0.2	2.2
93	03/08/2011 06:30:03.5	14.212	90.256	8.3	0.4	2.8
94	03/08/2011 06:31:56.9	14.251	90.297	9.4	0.3	3.4
95	03/08/2011 06:47:40.2	14.219	90.28	8.8	0.2	2.5
96	03/08/2011 06:48:15.6	14.185	90.251	12.1	0.1	3
97	03/08/2011 06:56:03.2	14.221	90.272	8.2	0.2	2.3
98	03/08/2011 06:56:22.4	14.231	90.281	7.6	0.2	2.7
99	03/08/2011 07:07:36.9	14.237	90.307	7.1	0.2	2.5
100	03/08/2011 07:12:39.7	14.209	90.254	8.1	0.3	2.8
101	03/08/2011 07:30:55.5	14.192	90.253	12.1	0.3	2.9
102	03/08/2011 07:40:49.7	14.226	90.274	8.7	0.2	2.8
103	03/08/2011 07:47:25.0	14.19	90.275	13.8	0.5	2.9
104	03/08/2011 07:49:47.8	14.22	90.258	7.3	0.3	2.6
105	03/08/2011 07:59:10.6	14.233	90.273	8.8	0.3	2.8
106	03/08/2011 08:00:21.1	14.222	90.251	6	0.3	2
107	03/08/2011 08:07:11.2	14.198	90.27	6	0.4	3.1
108	03/08/2011 08:15:34.2	14.248	90.3	3.8	0.2	1.9
109	03/08/2011 08:43:03.0	14.215	90.256	6.4	0.3	2.4
110	03/08/2011 08:44:28.5	14.226	90.278	10.1	0.2	2.4
111	03/08/2011 08:45:25.7	14.224	90.259	9.1	0.4	3.3

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
112	03/08/2011 08:53:15.5	14.223	90.244	5.8	0.2	2.7
113	03/08/2011 08:55:04.0	14.215	90.249	6.1	0.2	2.8
114	03/08/2011 08:59:09.3	14.214	90.26	9.5	0.4	2.9
115	03/08/2011 08:59:45.3	14.214	90.25	6.3	0.3	2.8
116	03/08/2011 09:00:19.8	14.213	90.254	6	0.2	2.5
117	03/08/2011 09:11:15.5	14.213	90.248	6.1	0.3	2.4
118	03/08/2011 09:20:35.0	14.193	90.255	9.7	0.3	3.2
119	03/08/2011 09:26:40.0	14.221	90.237	7.4	0.3	2.7
120	03/08/2011 09:28:17.7	14.212	90.264	8.4	0.5	2.7
121	03/08/2011 09:43:43.2	14.192	90.254	8	0.2	2.4
122	03/08/2011 09:45:06.3	14.199	90.261	11.5	0.3	3.4
123	03/08/2011 09:49:16.1	14.215	90.23	6.5	0.2	2.6
124	03/08/2011 10:13:16.0	14.211	90.254	9.2	0.4	3
125	03/08/2011 10:19:12.8	14.179	90.251	9.5	0.3	2.9
126	03/08/2011 10:30:00.0	14.179	90.264	14.3	0.3	3.1
127	03/08/2011 10:31:08.8	14.203	90.249	8.1	0.2	2.3
128	03/08/2011 10:33:00.2	14.227	90.276	7.9	0.3	2.6
129	03/08/2011 10:37:11.8	14.196	90.246	5.3	0.1	2.3
130	03/08/2011 10:43:27.4	14.213	90.248	6	0.2	2.7
131	03/08/2011 10:44:02.8	14.21	90.251	1.4	0.3	2.5
132	03/08/2011 10:46:41.7	14.261	90.297	11	0.3	2.8
133	03/08/2011 10:48:51.6	14.188	90.257	6	0.2	3.3
134	03/08/2011 10:52:59.7	14.202	90.247	9.2	0.1	2.7
135	03/08/2011 10:57:07.5	14.21	90.257	8.5	0.4	3.2
136	03/08/2011 11:04:27.1	14.188	90.267	6.3	0.3	2.7
137	03/08/2011 11:13:06.6	14.211	90.254	9.3	0.4	3.3
138	03/08/2011 11:22:24.9	14.214	90.252	6.1	0.3	2.9
139	03/08/2011 11:25:11.4	14.207	90.269	16.9	0.5	2.9
140	03/08/2011 11:30:02.3	14.22	90.25	6.1	0.3	2.9
141	03/08/2011 11:41:41.4	14.217	90.253	6	0.2	2.6
142	03/08/2011 11:43:30.6	14.218	90.253	6.1	0.1	2.9
143	03/08/2011 12:12:53.9	14.245	90.288	9.2	0.2	3.4
144	03/08/2011 12:22:50.8	14.247	90.302	11.4	0.3	3.1
145	03/08/2011 12:33:36.9	14.274	90.326	2	0.1	2.7
146	03/08/2011 12:47:22.4	14.233	90.282	4.2	0.3	2.8
147	03/08/2011 13:35:24.5	14.241	90.297	7.4	0.2	2.6
148	03/08/2011 13:41:05.6	14.25	90.293	10.3	0.2	2.5
149	03/08/2011 13:50:56.2	14.245	90.301	8.6	0.2	3.3
150	03/08/2011 14:07:53.4	14.249	90.308	7.5	0.1	3.3
151	03/08/2011 14:34:25.9	14.188	90.252	3.2	0.3	3.3

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
152	03/08/2011 14:40:42.6	14.249	90.279	4.7	0.2	2.8
153	03/08/2011 14:47:48.2	14.226	90.269	10.7	0.2	2.9
154	03/08/2011 15:08:51.2	14.254	90.318	8.9	0.2	2.7
155	03/08/2011 15:20:20.5	14.256	90.31	9.5	0.2	2.9
156	03/08/2011 15:32:20.5	14.222	90.295	5.9	0.5	3.4
157	03/08/2011 15:53:27.2	14.249	90.306	7.9	0.2	2.7
158	03/08/2011 17:28:12.3	14.251	90.29	2.3	0.2	2.8
159	03/08/2011 17:30:41.5	14.214	90.312	9.2	0.1	2.7
160	03/08/2011 17:33:06.4	14.229	90.299	8.5	0.1	2.7
161	03/08/2011 18:04:23.2	14.254	90.302	11.5	0.3	2.4
162	03/08/2011 18:15:29.6	14.251	90.314	9.3	0.3	2.6
163	03/08/2011 18:19:47.9	14.25	90.322	4.3	0.3	2.5
164	03/08/2011 19:17:32.7	14.28	90.303	13.5	0.2	2.8
165	03/08/2011 19:24:18.5	14.252	90.304	7.2	0.2	2.4
166	03/08/2011 23:40:05.2	14.17	90.337	13.5	0.1	2.8
167	04/08/2011 00:14:29.1	14.228	90.291	7.9	0.1	2.7
168	04/08/2011 01:23:04.5	14.238	90.292	8.9	0.3	3.1
169	04/08/2011 01:24:07.5	14.248	90.316	10.2	0.3	2.6
170	04/08/2011 02:05:18.0	14.24	90.288	8.3	0.2	2.4
171	04/08/2011 02:07:00.3	14.248	90.293	10.5	0.3	3.3
172	04/08/2011 06:47:40.7	14.24	90.277	9.7	0.2	2.6
173	04/08/2011 06:51:04.8	14.217	90.277	11.1	0.4	2.5
174	04/08/2011 06:51:50.2	14.239	90.241	2.1	0.4	3.3
175	04/08/2011 07:23:42.4	14.232	90.291	8.3	0.2	2.5
176	04/08/2011 07:36:10.5	14.233	90.308	6.8	0.2	2.8
177	04/08/2011 07:48:45.7	14.181	90.369	11.4	0.1	2.7
178	04/08/2011 08:18:33.8	14.243	90.287	9.2	0.3	3
179	04/08/2011 08:30:37.0	14.246	90.294	3.8	0.2	3.3
180	04/08/2011 08:36:23.6	14.243	90.285	9.5	0.3	2.8
181	04/08/2011 08:41:49.1	14.241	90.283	9.7	0.2	3.1
182	04/08/2011 08:48:16.7	14.236	90.282	9	0.2	3
183	04/08/2011 08:56:56.1	14.245	90.321	9.2	0.2	2.5
184	04/08/2011 09:06:42.7	14.224	90.277	11.9	0.3	2.7
185	04/08/2011 09:09:56.0	14.257	90.289	1.1	0.1	2.6
186	04/08/2011 09:11:09.7	14.261	90.303	1.2	0.1	2.7
187	04/08/2011 09:12:23.7	14.265	90.35	4	0.2	2.6
188	04/08/2011 09:13:41.0	14.267	90.342	2.2	0.3	2.8
189	04/08/2011 09:15:34.4	14.236	90.281	10.6	0.2	2.7
190	04/08/2011 09:16:13.8	14.252	90.303	11.8	0.3	2.8
191	04/08/2011 09:20:01.8	14.164	90.291	28.6	0.3	2.7

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
192	04/08/2011 09:20:59.1	14.203	90.273	8.3	0.4	2.9
193	04/08/2011 09:29:37.3	14.252	90.314	7.5	0.2	3.5
194	04/08/2011 09:32:55.5	14.243	90.299	9.5	0.2	2.5
195	04/08/2011 09:34:44.7	14.257	90.309	3.2	0.2	2.6
196	04/08/2011 09:38:42.7	14.241	90.308	9.6	0.2	2.6
197	04/08/2011 09:45:22.8	14.238	90.32	9.5	0.2	2.8
198	04/08/2011 09:55:18.9	14.243	90.286	8.7	0.2	3.2
199	04/08/2011 09:57:59.9	14.241	90.306	8.8	0.2	2.7
200	04/08/2011 10:04:30.3	14.254	90.302	11	0.3	3.2
201	04/08/2011 10:20:27.4	14.231	90.32	8.5	0.2	2.8
202	04/08/2011 10:34:20.4	14.246	90.318	7.9	0.2	2.6
203	04/08/2011 10:34:56.2	14.255	90.325	4.3	0.2	2.7
204	04/08/2011 10:37:38.1	14.244	90.311	7.6	0.2	3.3
205	04/08/2011 11:03:42.3	14.24	90.292	7.8	0.2	2.6
206	04/08/2011 11:11:41.2	14.24	90.296	6.8	0.1	3.2
207	04/08/2011 11:32:26.2	14.238	90.291	10.1	0.2	2.7
208	04/08/2011 11:33:14.5	14.237	90.285	8.9	0.2	2.7
209	04/08/2011 11:43:43.4	14.241	90.295	7.3	0.3	2.6
210	04/08/2011 11:52:21.8	14.236	90.285	10.7	0.2	2.8
211	04/08/2011 11:56:46.8	14.245	90.288	4.4	0.3	3.1
212	04/08/2011 12:01:45.6	14.246	90.304	8.6	0.2	2.5
213	04/08/2011 12:06:42.7	14.243	90.307	8.8	0.2	2.6
214	04/08/2011 12:12:30.9	14.236	90.313	9.3	0.2	2.5
215	04/08/2011 12:23:07.2	14.263	90.315	2.4	0.2	2.7
216	04/08/2011 12:28:17.0	14.239	90.317	9.8	0.2	3.4
217	04/08/2011 12:40:03.8	14.244	90.297	11.6	0.3	2.8
218	04/08/2011 13:01:48.5	14.238	90.289	10.7	0.3	3
219	04/08/2011 13:11:08.8	14.236	90.295	10.9	0.2	2.4
220	04/08/2011 13:11:38.1	14.232	90.278	9.9	0.2	2.8
221	04/08/2011 13:15:42.6	14.234	90.288	9	0.2	2.8
222	04/08/2011 13:39:51.3	14.266	90.3	16.4	0.2	2.8
223	04/08/2011 13:55:20.7	14.213	90.292	11.3	0.1	2.7
224	04/08/2011 14:30:03.7	14.234	90.288	10	0.2	2.7
225	04/08/2011 14:42:16.4	14.266	90.336	2.9	0.2	2.6
226	04/08/2011 15:01:42.3	14.205	90.391	8.9	0	2.5
227	04/08/2011 15:24:52.0	14.224	90.272	9.6	0.1	2.9
228	04/08/2011 15:38:42.8	14.278	90.344	2.4	0.1	2.7
229	04/08/2011 15:47:32.0	14.244	90.31	7.6	0.2	3.1
230	04/08/2011 15:55:53.2	14.202	90.32	9.7	0.1	2.5
231	04/08/2011 16:22:02.2	14.238	90.308	9	0.2	3

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
232	04/08/2011 16:36:38.4	14.232	90.304	11.6	0.1	2.5
233	04/08/2011 16:41:16.7	14.282	90.312	21.1	0.4	2.7
234	04/08/2011 17:30:07.6	14.21	90.257	8.8	0.4	2.7
235	04/08/2011 17:44:22.9	14.206	90.24	6.1	0.3	2.6
236	04/08/2011 17:49:07.8	14.203	90.273	7.1	0.3	2.6
237	04/08/2011 17:50:41.1	14.206	90.236	5.6	0.3	2.9
238	04/08/2011 17:53:17.0	14.223	90.285	13.2	0.3	2.7
239	04/08/2011 18:35:03.9	14.214	90.263	1.2	0.3	2.4
240	04/08/2011 18:39:12.0	14.217	90.237	6.7	0.2	2.6
241	04/08/2011 18:48:41.0	14.214	90.238	6.5	0.2	2.5
242	04/08/2011 18:49:35.7	14.206	90.259	10.5	0.3	2.4
243	04/08/2011 18:55:03.4	14.209	90.27	8.7	0.6	2.9
244	04/08/2011 19:13:22.4	14.222	90.23	6	0.2	2.7
245	04/08/2011 19:20:27.8	14.217	90.246	7.7	0.2	3
246	04/08/2011 19:26:21.8	14.205	90.226	13.2	0.3	2.4
247	04/08/2011 19:28:12.8	14.197	90.259	7	0.3	2.8
248	04/08/2011 19:38:59.2	14.196	90.255	6	0.2	2.8
249	04/08/2011 19:46:51.6	14.174	90.271	6	0.3	2.9
250	04/08/2011 19:52:20.5	14.213	90.243	7.6	0.2	2.8
251	04/08/2011 20:00:23.3	14.17	90.277	20.4	0.3	3
252	04/08/2011 20:19:44.6	14.167	90.266	14	0.2	2.8
253	04/08/2011 20:30:05.3	14.215	90.252	5.8	0.2	2.7
254	04/08/2011 20:39:52.3	14.195	90.266	9.5	0.3	2.6
255	04/08/2011 21:02:35.1	14.211	90.248	6.2	0.3	3
256	04/08/2011 21:58:31.2	14.225	90.265	8.9	0.3	3.1
257	04/08/2011 22:53:00.9	14.208	90.252	6.2	0.3	3
258	04/08/2011 23:13:57.6	14.217	90.236	7.6	0.2	3.3
259	05/08/2011 00:04:36.8	14.221	90.237	6	0.1	2.5
260	05/08/2011 00:48:58.2	14.22	90.252	6.3	0.3	2.3
261	05/08/2011 01:03:00.1	14.191	90.265	6.1	0.4	2.4
262	05/08/2011 02:14:10.9	14.194	90.247	14.5	0.5	3.3
263	05/08/2011 04:37:11.3	14.217	90.237	6.3	0.3	2.9
264	05/08/2011 04:39:45.9	14.217	90.254	11.7	0.4	3.2
265	05/08/2011 04:47:10.7	14.181	90.263	15.5	0.4	2.7
266	05/08/2011 04:53:20.5	14.194	90.255	22.3	0.3	2.5
267	05/08/2011 05:00:20.9	14.206	90.245	9.5	0.3	3.3
268	05/08/2011 05:09:44.7	14.211	90.263	7.9	0.4	2.5
269	05/08/2011 05:12:12.9	14.212	90.263	9.5	0.4	2.4
270	05/08/2011 05:12:52.1	14.206	90.262	8.7	0.6	2.4
271	05/08/2011 05:15:44.8	14.224	90.269	8.7	0.3	2.8

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
272	05/08/2011 05:17:50.8	14.221	90.277	8.6	0.3	2.5
273	05/08/2011 05:23:04.7	14.193	90.271	10.9	0.3	2.6
274	05/08/2011 05:30:45.2	14.201	90.264	8.4	0.4	2.7
275	05/08/2011 05:32:14.1	14.221	90.224	5.5	0.3	2
276	05/08/2011 05:38:55.8	14.209	90.267	7.9	0.5	3
277	05/08/2011 05:41:38.9	14.203	90.262	13.3	0.4	2.6
278	05/08/2011 05:44:14.4	14.206	90.256	8	0.3	3.2
279	05/08/2011 05:46:37.2	14.211	90.264	7.6	0.4	3
280	05/08/2011 05:51:38.5	14.213	90.252	8.3	0.4	2.5
281	05/08/2011 05:53:13.1	14.21	90.265	8.3	0.4	2.5
282	05/08/2011 05:57:33.1	14.242	90.294	10.1	0.2	3.3
283	05/08/2011 05:59:49.0	14.244	90.291	8.5	0.2	3.2
284	05/08/2011 06:01:04.7	14.238	90.289	8.7	0.2	3
285	05/08/2011 06:07:03.1	14.198	90.264	9.3	0.4	2.7
286	05/08/2011 06:08:34.4	14.206	90.262	7.1	0.4	2.3
287	05/08/2011 06:20:31.0	14.21	90.246	6.5	0.3	2.7
288	05/08/2011 06:21:25.9	14.201	90.264	7.1	0.5	2.2
289	05/08/2011 06:22:25.7	14.228	90.273	7.7	0.4	3.1
290	05/08/2011 06:24:10.7	14.191	90.255	10.4	0.2	2.6
291	05/08/2011 06:31:59.5	14.18	90.287	12.2	0.2	2.6
292	05/08/2011 06:32:48.7	14.191	90.254	9.1	0.3	2.3
293	05/08/2011 06:34:39.3	14.076	90.296	1.8	0.2	2.1
294	05/08/2011 06:35:11.2	14.204	90.262	7.6	0.5	2.6
295	05/08/2011 06:37:10.8	14.225	90.258	11.2	0.2	1.5
296	05/08/2011 06:40:18.8	14.183	90.26	6	0.2	2.4
297	05/08/2011 06:46:01.0	14.192	90.247	9.4	0.3	3.1
298	05/08/2011 06:47:36.2	14.206	90.261	8.4	0.4	2.8
299	05/08/2011 06:56:51.3	14.217	90.266	9.1	0.2	1.9
300	05/08/2011 06:57:20.0	14.203	90.286	12.6	0.3	2.5
301	05/08/2011 06:58:54.1	14.224	90.269	6.8	0.2	2
302	05/08/2011 07:01:30.0	14.216	90.246	5.8	0.3	3
303	05/08/2011 07:02:15.6	14.197	90.247	5.9	0.3	2.8
304	05/08/2011 07:06:12.5	14.235	90.296	5.2	0.2	2.5
305	05/08/2011 07:10:08.6	14.207	90.265	8.6	0.4	2.6
306	05/08/2011 07:11:46.9	14.205	90.292	11.1	0.2	2.7
307	05/08/2011 07:18:39.6	14.219	90.278	9.2	0.3	2.8
308	05/08/2011 07:26:16.7	14.242	90.287	8.7	0.3	3.3
309	05/08/2011 07:39:54.7	14.183	90.28	7	0.4	2.7
310	05/08/2011 07:54:21.4	14.217	90.271	9.8	0.3	2.4
311	05/08/2011 08:25:13.5	14.125	90.27	12.5	0.3	2.8

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
312	05/08/2011 09:20:03.3	14.239	90.308	8.1	0.3	2.5
313	05/08/2011 09:21:07.2	14.205	90.256	7.8	0.4	2.5
314	05/08/2011 09:33:15.5	14.209	90.265	8.5	0.5	2.7
315	05/08/2011 09:50:20.2	14.213	90.269	9.1	0.5	2.3
316	05/08/2011 09:51:56.8	14.22	90.265	8.3	0.3	2.8
317	05/08/2011 09:56:54.4	14.195	90.253	7.7	0.4	2.8
318	05/08/2011 10:08:38.6	14.208	90.23	10.1	0.2	2.7
319	05/08/2011 10:43:26.8	14.238	90.297	8.1	0.2	2.8
320	05/08/2011 10:57:38.2	14.253	90.289	11.4	0.3	2.9
321	05/08/2011 11:09:59.2	14.195	90.267	9.7	0.3	2.6
322	05/08/2011 11:58:45.5	14.101	90.297	12.3	0.3	2.7
323	05/08/2011 12:33:59.7	14.226	90.267	8.8	0.3	2.8
324	05/08/2011 13:12:01.4	14.222	90.254	6	0.3	2.6
325	05/08/2011 13:25:11.3	14.194	90.252	12.2	0.3	2.8
326	05/08/2011 13:28:28.8	14.24	90.298	7.4	0.1	2.7
327	05/08/2011 14:21:52.4	14.203	90.265	6.8	0.3	2.7
328	05/08/2011 14:23:45.5	14.196	90.257	10.1	0.4	2.7
329	05/08/2011 14:33:06.2	14.19	90.246	11.6	0.3	3.3
330	05/08/2011 14:35:25.6	14.211	90.258	8.4	0.4	2.7
331	05/08/2011 15:00:05.0	14.254	90.308	10.6	0.3	3.6
332	05/08/2011 15:29:11.9	14.224	90.205	12	0	3.2
333	05/08/2011 15:33:58.8	14.245	90.259	6	0.4	3.1
334	05/08/2011 15:37:53.7	14.23	90.296	8.3	0.3	2.3
335	05/08/2011 15:39:53.0	14.243	90.274	5.9	0.1	3.3
336	05/08/2011 15:49:13.2	14.238	90.277	9.2	0.2	3.1
337	05/08/2011 15:50:10.7	14.229	90.309	6.1	0.1	2.7
338	05/08/2011 16:11:47.7	14.209	90.362	9.3	0.1	3
339	05/08/2011 16:28:00.0	14.252	90.289	4.4	0.3	2.9
340	05/08/2011 16:33:06.5	14.315	90.32	21.3	0.4	2.9
341	05/08/2011 16:40:44.5	14.234	90.286	9.9	0.2	2.6
342	05/08/2011 17:08:02.2	14.228	90.315	5.8	0	3.2
343	05/08/2011 17:25:50.6	14.276	90.3	15.7	0.2	3.1
344	05/08/2011 18:02:05.5	14.233	90.286	10.1	0.2	2.8
345	05/08/2011 18:08:41.2	14.237	90.288	10.7	0.2	3.2
346	05/08/2011 18:15:46.9	14.127	90.299	13.7	0.3	3
347	05/08/2011 18:46:22.1	14.208	90.26	8.4	0.4	2.7
348	05/08/2011 19:30:38.8	14.224	90.246	9.2	0.3	2
349	05/08/2011 20:37:30.8	14.163	90.285	13	0	2.6
350	05/08/2011 20:58:08.6	14.237	90.291	11.9	0	2.6
351	05/08/2011 21:35:54.1	14.075	90.304	9.7	0.2	2.5

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
352	05/08/2011 23:05:27.6	14.231	90.271	8.6	0.3	2.7
353	05/08/2011 23:25:13.2	14.16	90.264	7.1	0.2	2.3
354	06/08/2011 00:32:44.5	14.228	90.266	9.7	0.3	2.6
355	06/08/2011 01:14:21.3	14.197	90.244	4.6	0.3	2.8
356	06/08/2011 01:31:01.7	14.211	90.263	7.9	0.4	3.2
357	06/08/2011 01:35:27.2	14.243	90.302	9.5	0.2	3.4
358	06/08/2011 03:25:12.1	14.202	90.253	7.7	0.6	2.7
359	06/08/2011 03:52:56.5	14.211	90.263	7.1	0.4	2.6
360	06/08/2011 05:19:03.4	14.217	90.248	6.5	0.3	2.8
361	06/08/2011 05:35:15.8	14.177	90.272	10.1	0.5	2.7
362	06/08/2011 05:46:32.5	14.119	90.281	13.9	0.2	2.8
363	06/08/2011 06:11:47.5	14.311	90.49	10.7	0.2	2.7
364	06/08/2011 06:28:53.1	14.156	90.286	7.1	0.5	3.2
365	06/08/2011 06:51:53.9	14.2	90.256	8	0.3	2.6
366	06/08/2011 06:53:25.0	14.189	90.271	11.9	0.5	2.7
367	06/08/2011 07:21:46.4	14.217	90.26	8.2	0.2	2.7
368	06/08/2011 07:26:50.6	14.203	90.259	10.2	0.5	3
369	06/08/2011 07:37:18.5	14.062	90.302	15.3	0.3	3
370	06/08/2011 07:50:46.5	14.197	90.239	10.5	0.3	3
371	06/08/2011 07:55:36.2	14.211	90.252	7.1	0.4	2.3
372	06/08/2011 08:02:06.2	14.174	90.266	10	0.3	2.4
373	06/08/2011 08:02:50.7	14.21	90.252	8.6	0.3	2.8
374	06/08/2011 08:14:00.0	14.214	90.248	8.4	0.3	2.5
375	06/08/2011 08:20:41.7	14.186	90.267	9.6	0.5	2.8
376	06/08/2011 08:42:30.4	14.214	90.253	8.2	0.3	2.6
377	06/08/2011 08:44:39.0	14.211	90.249	9.4	0.3	2.5
378	06/08/2011 08:46:08.4	14.202	90.264	9.6	0.5	2.8
379	06/08/2011 08:47:35.6	14.208	90.26	6	0.2	2.6
380	06/08/2011 08:52:26.2	14.232	90.289	10	0.2	2.8
381	06/08/2011 08:53:54.0	14.203	90.256	8.8	0.4	3
382	06/08/2011 09:17:47.3	14.202	90.258	8.1	0.4	2.8
383	06/08/2011 09:30:43.6	14.249	90.292	9.7	0.2	3.1
384	06/08/2011 09:34:53.2	14.212	90.253	8.7	0.4	2.9
385	06/08/2011 09:38:10.8	14.29	90.298	19.1	0.2	2.3
386	06/08/2011 09:39:52.5	14.249	90.295	2.3	0.3	3
387	06/08/2011 09:48:54.0	14.193	90.257	10	0.3	3.3
388	06/08/2011 09:53:17.1	14.204	90.258	9.3	0.5	2.7
389	06/08/2011 09:54:29.6	14.207	90.253	7.5	0.3	3.1
390	06/08/2011 10:01:03.1	14.147	90.279	10.9	0.4	2.4
391	06/08/2011 10:06:49.0	14.182	90.261	6.5	0.2	2.7

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
392	06/08/2011 10:08:58.7	14.174	90.257	14.2	0.3	3.2
393	06/08/2011 10:16:29.6	14.155	90.275	13.6	0.3	2.7
394	06/08/2011 10:17:48.8	14.206	90.27	6.1	0.3	2.6
395	06/08/2011 10:19:31.0	14.177	90.258	5.2	0.3	3.1
396	06/08/2011 10:28:29.2	14.21	90.259	9.8	0.4	2.8
397	06/08/2011 10:32:28.1	14.248	90.209	4.8	0.2	2.6
398	06/08/2011 10:40:00.3	14.213	90.255	9	0.3	2.8
399	06/08/2011 10:45:22.2	14.206	90.26	8.2	0.4	2.7
400	06/08/2011 10:49:16.3	14.207	90.249	6.1	0.2	2.9
401	06/08/2011 10:57:35.8	14.209	90.252	7.8	0.4	2.4
402	06/08/2011 10:58:08.2	14.191	90.245	8.8	0	2.9
403	06/08/2011 11:09:54.7	14.208	90.248	7.6	0.3	2.9
404	06/08/2011 11:11:21.0	14.207	90.268	8.8	0.5	3.1
405	06/08/2011 11:17:14.9	14.204	90.264	8.8	0.4	2.7
406	06/08/2011 11:17:52.3	14.228	90.294	9.2	0.3	3
407	06/08/2011 11:23:31.9	14.213	90.267	9.1	0.5	3.4
408	06/08/2011 11:38:44.4	14.197	90.244	9.3	0.1	3.1
409	06/08/2011 11:43:09.7	14.203	90.263	8.6	0.4	2.7
410	06/08/2011 11:44:10.1	14.189	90.257	12.8	0.5	2.4
411	06/08/2011 11:49:19.2	14.198	90.256	8.6	0.3	2.9
412	06/08/2011 11:50:05.4	14.183	90.261	5.8	0.3	3
413	06/08/2011 11:55:32.1	14.071	90.305	12.5	0.3	2.6
414	06/08/2011 11:58:41.1	14.212	90.271	9.2	0.5	2.9
415	06/08/2011 12:00:53.4	14.206	90.256	8.7	0.4	2.5
416	06/08/2011 12:01:57.0	14.206	90.265	8.1	0.5	2.7
417	06/08/2011 12:03:52.6	14.211	90.272	9.8	0.4	2.6
418	06/08/2011 12:06:10.6	14.182	90.262	6	0.2	2.7
419	06/08/2011 12:07:31.4	14.192	90.248	11.4	0.3	3
420	06/08/2011 12:13:37.7	14.212	90.261	9.1	0.4	3
421	06/08/2011 12:16:07.8	14.215	90.277	7.3	0.3	2.8
422	06/08/2011 12:17:40.8	14.167	90.262	10	0.2	2.7
423	06/08/2011 12:18:42.7	14.204	90.257	8.6	0.2	2.7
424	06/08/2011 12:19:21.4	14.21	90.263	10.7	0.4	2.6
425	06/08/2011 12:21:06.7	14.145	90.341	13	0.3	2.5
426	06/08/2011 12:21:48.2	14.197	90.244	9.1	0.2	3.1
427	06/08/2011 12:30:52.7	14.211	90.24	6.1	0.3	2.9
428	06/08/2011 12:33:24.7	14.217	90.234	8	0.2	3.3
429	06/08/2011 12:36:37.6	14.201	90.273	17.9	0.4	2.8
430	06/08/2011 12:39:38.8	14.22	90.248	7.4	0.3	2.7
431	06/08/2011 12:45:59.5	14.206	90.271	7.5	0.2	1.9

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
432	06/08/2011 12:54:47.7	14.199	90.255	6.1	0.4	1.6
433	06/08/2011 12:55:25.9	14.197	90.258	15.7	0.5	2.4
434	06/08/2011 12:59:00.7	14.209	90.271	11.7	0.5	2.5
435	06/08/2011 13:04:22.7	14.189	90.25	9.3	0.1	2.8
436	06/08/2011 13:12:18.5	14.199	90.255	10.7	0.3	2.5
437	06/08/2011 13:17:51.8	14.203	90.258	7.7	0.3	3.1
438	06/08/2011 13:18:43.2	14.177	90.257	11.7	0.3	2.7
439	06/08/2011 13:36:07.5	14.215	90.256	6.1	0.3	3.2
440	06/08/2011 13:36:56.1	14.195	90.249	8	0.1	3.2
441	06/08/2011 13:56:11.1	14.243	90.315	7.9	0.2	2.7
442	06/08/2011 13:57:24.4	14.2	90.309	9.7	0	2.8
443	06/08/2011 14:04:16.9	14.227	90.279	10.7	0.3	2.9
444	06/08/2011 14:04:50.1	14.262	90.342	2.3	0.2	3.1
445	06/08/2011 14:06:16.0	14.193	90.34	11.6	0.1	3.1
446	06/08/2011 14:16:47.1	14.242	90.297	10.3	0.3	3.3
447	06/08/2011 14:26:21.4	14.236	90.293	10.7	0.2	2.8
448	06/08/2011 14:26:59.6	14.306	90.331	23.7	0.2	3.3
449	06/08/2011 14:49:04.9	14.239	90.292	10.5	0.3	3.1
450	06/08/2011 15:00:05.0	14.242	90.305	6.4	0.2	3
451	06/08/2011 15:02:43.7	14.238	90.289	9.4	0.2	3.2
452	06/08/2011 15:21:24.5	14.264	90.31	12.7	0.3	3.4
453	06/08/2011 15:27:43.0	14.259	90.297	19.4	0.2	3.5
454	06/08/2011 15:30:37.1	14.223	90.296	8.7	0.2	2.9
455	06/08/2011 15:31:59.4	14.225	90.258	7.4	0.2	2.6
456	06/08/2011 15:47:25.1	14.242	90.31	8.7	0.2	2.9
457	06/08/2011 15:53:03.5	14.23	90.297	8	0.2	3.2
458	06/08/2011 16:06:16.4	14.249	90.351	5.6	0.1	2.7
459	06/08/2011 16:17:55.4	14.269	90.33	1.8	0.2	2.7
460	06/08/2011 17:16:26.3	14.21	90.276	11	0.3	3
461	06/08/2011 17:32:12.1	14.259	90.336	1.9	0.2	3.2
462	06/08/2011 17:48:17.5	14.279	90.35	1.5	0.1	3
463	06/08/2011 19:23:48.7	14.225	90.29	10.6	0.3	3
464	06/08/2011 20:57:42.5	14.239	90.295	11.3	0.3	3.3
465	06/08/2011 21:00:37.7	14.223	90.284	11.2	0.2	3
466	06/08/2011 21:28:24.5	14.24	90.308	6.7	0.2	2.7
467	06/08/2011 21:33:38.7	14.271	90.339	2.1	0.2	3.1
468	06/08/2011 21:54:06.1	14.248	90.312	8	0.3	2.9
469	06/08/2011 22:01:32.4	14.24	90.296	7.7	0.2	3.1
470	06/08/2011 22:03:53.0	14.199	90.336	10.3	0	3
471	06/08/2011 22:25:54.3	14.242	90.29	8.9	0.3	3.1

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
472	06/08/2011 22:27:07.8	14.25	90.303	11.1	0.3	3
473	06/08/2011 22:33:50.4	14.246	90.295	10.1	0.3	3.3
474	06/08/2011 22:38:10.9	14.24	90.302	9	0.4	2.8
475	06/08/2011 22:38:55.5	14.247	90.29	10.8	0.3	2.8
476	06/08/2011 22:42:27.9	14.248	90.312	7.8	0.2	3.1
477	06/08/2011 22:58:51.4	14.245	90.319	9.4	0.2	3.3
478	06/08/2011 23:03:31.3	14.245	90.312	8.3	0.3	2.6
479	06/08/2011 23:08:23.9	14.244	90.309	8.6	0.2	3.3
480	06/08/2011 23:14:00.7	14.213	90.339	9.3	0.1	3
481	06/08/2011 23:16:06.3	14.241	90.287	8.3	0.2	2.7
482	06/08/2011 23:19:49.5	14.245	90.296	8.5	0.4	3.2
483	06/08/2011 23:24:38.1	14.245	90.301	10.1	0.3	2.9
484	06/08/2011 23:25:18.4	14.242	90.286	11.1	0.3	2.6
485	06/08/2011 23:25:54.0	14.249	90.31	11.3	0.4	2.6
486	06/08/2011 23:27:35.6	14.244	90.3	10.3	0.2	3.1
487	06/08/2011 23:30:41.1	14.246	90.315	9.8	0.2	3.3
488	06/08/2011 23:37:32.5	14.249	90.315	7.7	0.2	2.8
489	06/08/2011 23:38:14.2	14.239	90.303	8.7	0.2	2.7
490	06/08/2011 23:40:39.9	14.245	90.304	10.2	0.2	3.3
491	06/08/2011 23:55:08.7	14.236	90.295	6.2	0.2	3
492	06/08/2011 23:56:02.9	14.243	90.292	8.5	0.2	3.5
493	07/08/2011 00:01:12.1	14.242	90.296	10.2	0.2	3.1
494	07/08/2011 00:02:43.2	14.21	90.322	11.2	0.2	2.5
495	07/08/2011 00:03:25.6	14.235	90.288	10.2	0.2	3.1
496	07/08/2011 00:08:08.8	14.24	90.296	10.2	0.3	3.2
497	07/08/2011 00:14:29.2	14.249	90.316	7.6	0.2	2.8
498	07/08/2011 00:20:26.3	14.24	90.281	10.1	0.2	3.1
499	07/08/2011 00:30:13.0	14.247	90.303	9.3	0.3	3
500	07/08/2011 00:35:25.0	14.25	90.301	11.4	0.3	3.2
501	07/08/2011 00:36:37.0	14.232	90.29	6.9	0.2	2.5
502	07/08/2011 00:37:27.1	14.24	90.33	9.2	0.4	3
503	07/08/2011 00:54:39.8	14.178	90.385	10.8	0.1	2.8
504	07/08/2011 01:15:00.8	14.235	90.312	7.4	0.2	3
505	07/08/2011 01:36:00.1	14.24	90.284	8.7	0.2	3.2
506	07/08/2011 02:24:43.3	14.232	90.318	9.4	0.3	2.6
507	07/08/2011 03:00:16.7	14.265	90.309	1.1	0.1	2.7
508	07/08/2011 03:00:45.7	14.238	90.292	10	0.2	2.8
509	07/08/2011 03:08:08.9	14.266	90.334	2	0.3	2.9
510	07/08/2011 03:38:01.3	14.19	90.336	10.5	0.1	2.9
511	07/08/2011 03:48:36.4	14.244	90.325	7.1	0.3	3.1

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
512	07/08/2011 04:05:23.6	14.242	90.298	11	0.3	3.2
513	07/08/2011 04:10:49.7	14.234	90.31	7.5	0.2	2.8
514	07/08/2011 04:37:28.3	14.253	90.308	11.4	0.3	2.9
515	07/08/2011 05:04:16.3	14.245	90.321	9.2	0.2	3
516	07/08/2011 05:11:04.3	14.244	90.319	9	0.2	3.1
517	07/08/2011 06:04:36.2	14.247	90.299	10.4	0.3	3.4
518	07/08/2011 06:08:34.2	14.229	90.284	11.3	0.2	2.9
519	07/08/2011 06:13:06.2	14.248	90.307	10.3	0.3	2.7
520	07/08/2011 06:52:55.0	14.241	90.318	9.4	0.3	3
521	07/08/2011 06:57:11.5	14.244	90.31	10.6	0.3	2.8
522	07/08/2011 07:07:04.7	14.233	90.309	8.8	0.2	2.5
523	07/08/2011 08:46:52.7	14.225	90.302	11.6	0.2	2.7
524	07/08/2011 08:52:27.6	14.179	90.403	10.8	0.1	2.8
525	07/08/2011 09:58:46.3	14.22	90.287	7.5	0.1	3.8
526	07/08/2011 10:22:27.0	14.241	90.325	9.1	0.2	2.8
527	07/08/2011 10:23:42.6	14.242	90.332	8.3	0.2	2.7
528	07/08/2011 10:24:36.3	14.225	90.203	2.5	0	2.4
529	07/08/2011 10:47:21.4	14.237	90.323	6.9	0.4	2.6
530	07/08/2011 13:06:16.0	14.206	90.309	10.1	0.2	2.8
531	07/08/2011 14:02:16.8	14.216	90.333	10.1	0.1	3.1
532	07/08/2011 14:09:18.3	14.244	90.289	9.4	0.2	3.1
533	07/08/2011 14:20:09.3	14.232	90.31	7.2	0.3	3
534	07/08/2011 14:20:44.5	14.228	90.304	8.5	0.4	2.6
535	07/08/2011 14:21:36.3	14.244	90.3	8.9	0.2	2.9
536	07/08/2011 14:24:08.4	14.251	90.307	10.8	0.3	3.4
537	07/08/2011 14:32:17.7	14.248	90.305	10.7	0.3	3.2
538	07/08/2011 14:34:57.4	14.244	90.3	9.3	0.2	2.7
539	07/08/2011 14:35:33.4	14.251	90.299	10.3	0.3	3.4
540	07/08/2011 14:38:14.7	14.24	90.283	7.9	0.3	3.1
541	07/08/2011 14:46:49.3	14.253	90.338	8.4	0.3	3.3
542	07/08/2011 14:49:00.3	14.311	90.311	18	0.2	3
543	07/08/2011 14:54:22.3	14.245	90.296	9.4	0.2	3.8
544	07/08/2011 14:58:18.8	14.24	90.295	7.5	0.2	3.2
545	07/08/2011 15:06:03.3	14.246	90.304	9.2	0.2	2.9
546	07/08/2011 15:12:42.1	14.271	90.338	2.1	0.2	2.7
547	07/08/2011 15:15:37.8	14.266	90.324	2.2	0.2	2.6
548	07/08/2011 15:15:38.3	14.288	90.315	21.3	0.2	2.7
549	07/08/2011 15:16:14.5	14.245	90.307	11.8	0.3	3.5
550	07/08/2011 15:18:10.7	14.24	90.322	7.4	0.1	2.7
551	07/08/2011 15:21:39.1	14.275	90.315	17.7	0.2	3.2

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
552	07/08/2011 15:40:32.5	14.202	90.347	9.8	0.1	3
553	07/08/2011 15:50:12.8	14.242	90.29	8.9	0.2	3.2
554	07/08/2011 15:55:24.5	14.244	90.306	6.8	0.1	3.5
555	07/08/2011 16:29:14.7	14.224	90.27	10.3	0.2	2.8
556	07/08/2011 17:11:32.0	14.243	90.285	9.5	0.2	3
557	07/08/2011 17:16:20.9	14.194	90.373	10.2	0	2.9
558	07/08/2011 17:45:38.6	14.242	90.29	9.5	0.3	2.8
559	07/08/2011 17:55:53.9	14.247	90.313	8.4	0.2	2.9
560	07/08/2011 18:32:44.9	14.245	90.309	8.5	0.2	3
561	07/08/2011 18:33:47.9	14.28	90.315	18.9	0.1	3.2
562	07/08/2011 20:00:49.5	14.304	90.317	11.7	0.2	3.3
563	07/08/2011 20:07:07.1	14.28	90.303	17.1	0.2	3.5
564	07/08/2011 20:15:30.9	14.277	90.297	14	0.2	3.3
565	07/08/2011 20:16:18.5	14.281	90.303	0	0.2	2.4
566	07/08/2011 20:40:24.2	14.283	90.318	18.6	0.2	3.5
567	07/08/2011 20:49:00.6	14.244	90.297	9.1	0.3	3.2
568	07/08/2011 21:33:15.9	14.244	90.297	9.9	0.2	3.2
569	07/08/2011 23:01:03.4	14.494	90.265	1.1	0.4	2.7
570	07/08/2011 23:01:49.0	14.253	90.273	8.6	0.3	3.2
571	07/08/2011 23:20:39.5	14.259	90.296	9.3	0.3	3.1
572	08/08/2011 01:28:41.4	14.264	90.278	7.8	0.3	3.5
573	08/08/2011 01:29:43.4	14.259	90.293	10	0.6	3.2
574	08/08/2011 02:15:25.6	14.255	90.316	8.6	0.2	3
575	08/08/2011 02:28:11.0	14.259	90.308	1.1	0.3	2.7
576	08/08/2011 02:33:14.8	14.259	90.295	13.9	0.2	3.2
577	08/08/2011 02:37:14.9	14.227	90.303	9.1	0.1	3.5
578	08/08/2011 02:47:45.4	14.247	90.297	9.9	0.3	3.2
579	08/08/2011 02:49:04.3	14.243	90.31	8.5	0.2	3.1
580	08/08/2011 02:55:52.6	14.333	90.324	16.1	0.3	2.7
581	08/08/2011 02:56:41.7	14.268	90.331	2.7	0.2	2.4
582	08/08/2011 02:58:09.0	14.244	90.28	7.4	0.4	2.2
583	08/08/2011 03:01:18.6	14.279	90.308	11.9	0	2.9
584	08/08/2011 03:03:58.7	14.236	90.271	9.5	0.2	2.9
585	08/08/2011 03:05:15.2	14.306	90.307	11.4	0.2	2.8
586	08/08/2011 03:09:04.1	14.326	90.325	12.8	0.2	3
587	08/08/2011 03:13:27.4	14.249	90.3	4	0.1	2.8
588	08/08/2011 03:27:17.2	14.237	90.316	8.3	0.2	2.8
589	08/08/2011 03:31:36.4	14.253	90.291	11.5	0.3	3.4
590	08/08/2011 03:35:14.7	14.269	90.324	1	0.1	2.7
591	08/08/2011 03:54:29.9	14.25	90.303	11.6	0.3	3.5

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
592	08/08/2011 03:56:47.2	14.261	90.331	3.6	0.3	2.7
593	08/08/2011 04:09:03.0	14.24	90.302	7.9	0.1	3.7
594	08/08/2011 04:09:03.1	14.245	90.311	8.4	0.2	3.6
595	08/08/2011 04:14:31.0	14.245	90.295	10.3	0.3	3.3
596	08/08/2011 04:16:50.0	14.237	90.297	6.3	0.1	2.7
597	08/08/2011 04:16:50.1	14.242	90.301	6.5	0.2	2.6
598	08/08/2011 04:21:18.0	14.254	90.305	3.1	0.1	2.8
599	08/08/2011 04:22:39.4	14.254	90.313	1	0.3	1.9
600	08/08/2011 04:26:34.1	14.104	90.156	12.7	0.1	2.7
601	08/08/2011 04:28:55.1	14.241	90.297	10.2	0.3	2.5
602	08/08/2011 04:29:14.7	14.121	90.171	10.3	0.1	2.3
603	08/08/2011 04:29:56.3	14.226	90.305	1.1	0.2	3.3
604	08/08/2011 04:39:00.8	14.236	90.3	9.7	0.1	2.5
605	08/08/2011 04:40:10.2	14.238	90.292	9.6	0.2	2.4
606	08/08/2011 04:41:51.5	14.246	90.296	10.6	0.3	3.1
607	08/08/2011 04:42:35.2	14.272	90.305	13.2	0.1	3
608	08/08/2011 04:44:20.9	14.224	90.294	10.9	0.3	3.3
609	08/08/2011 04:48:14.9	14.247	90.302	11.7	0.3	2.7
610	08/08/2011 04:50:42.2	14.234	90.296	10.1	0.2	3.2
611	08/08/2011 04:53:34.8	14.243	90.281	10.7	0.3	3
612	08/08/2011 04:56:14.1	14.239	90.299	7.4	0.2	2.8
613	08/08/2011 05:01:14.1	14.263	90.306	3.1	0.2	2.5
614	08/08/2011 05:01:14.1	14.223	90.292	7.2	0.1	2.5
615	08/08/2011 05:03:07.1	14.314	90.327	23.3	0.2	3
616	08/08/2011 05:04:59.7	14.239	90.303	7.4	0.2	3.2
617	08/08/2011 05:10:11.3	14.253	90.298	4.5	0.2	3
618	08/08/2011 05:13:37.5	14.262	90.307	6	0.3	2.7
619	08/08/2011 05:19:37.5	14.326	90.323	18.7	0.1	2.9
620	08/08/2011 05:22:07.4	14.26	90.296	11.6	0.3	2.7
621	08/08/2011 05:23:47.6	14.239	90.291	11.1	0.3	2.7
622	08/08/2011 05:27:17.3	14.243	90.293	8.8	0.3	2.9
623	08/08/2011 05:28:54.6	14.235	90.303	4.4	0.2	2.7
624	08/08/2011 05:29:57.7	14.265	90.305	13	0.3	3
625	08/08/2011 05:41:18.1	14.241	90.312	7	0.2	2.7
626	08/08/2011 05:43:27.0	14.25	90.306	11.8	0.4	3
627	08/08/2011 05:45:40.1	14.353	90.34	23.3	0.1	2.6
628	08/08/2011 05:50:21.6	14.235	90.338	7.4	0.3	2.7
629	08/08/2011 05:52:28.4	14.24	90.278	9.6	0.2	2.5
630	08/08/2011 05:57:50.3	14.262	90.332	2.5	0.2	2.5
631	08/08/2011 05:58:21.2	14.265	90.318	0.6	0.2	2.6

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
632	08/08/2011 06:02:05.6	14.222	90.317	17.3	0.4	2.8
633	08/08/2011 06:06:52.4	14.244	90.306	6.6	0.2	2.6
634	08/08/2011 06:24:53.0	14.106	90.27	15.2	0.1	3.6
635	08/08/2011 06:24:54.1	14.245	90.299	11.3	0.3	3.3
636	08/08/2011 06:26:13.7	14.214	90.272	8.4	0.2	3.7
637	08/08/2011 06:33:27.7	14.252	90.305	3.9	0.3	2.7
638	08/08/2011 06:37:43.6	14.245	90.3	5.2	0.2	2.7
639	08/08/2011 06:47:39.9	14.251	90.301	10.9	0.3	2.8
640	08/08/2011 07:06:47.6	14.245	90.304	11.3	0.3	2.7
641	08/08/2011 07:17:13.8	14.151	90.282	17	0.1	2.7
642	08/08/2011 07:39:15.7	14.244	90.295	10.4	0.3	2.7
643	08/08/2011 07:56:10.4	14.249	90.304	11.7	0.3	2.7
644	08/08/2011 08:06:57.0	14.234	90.299	7.4	0.3	3
645	08/08/2011 08:22:17.5	14.255	90.296	3.5	0.1	2.9
646	08/08/2011 08:35:30.0	14.244	90.314	10.2	0.3	2.7
647	08/08/2011 08:38:16.1	14.257	90.322	2.6	0.3	2.6
648	08/08/2011 08:43:03.0	14.229	90.274	10.8	0.2	3.1
649	08/08/2011 08:48:59.2	14.306	90.314	15	0.1	3.2
650	08/08/2011 08:55:03.4	14.233	90.276	8.9	0.2	2.7
651	08/08/2011 08:55:41.0	14.239	90.266	9.7	0.3	2.8
652	08/08/2011 08:59:32.8	14.419	90.269	12.3	0	1.7
653	08/08/2011 09:00:12.1	14.234	90.303	8.8	0.3	2.8
654	08/08/2011 09:03:16.0	14.238	90.303	8.1	0.2	2.4
655	08/08/2011 09:03:42.2	14.189	90.241	9	0	2.7
656	08/08/2011 09:09:52.7	14.24	90.297	10.8	0.2	3.4
657	08/08/2011 09:11:53.3	14.232	90.274	9.7	0.2	3.2
658	08/08/2011 09:17:51.5	14.231	90.277	7	0.2	2.6
659	08/08/2011 09:18:42.2	14.241	90.294	9.7	0.2	3.3
660	08/08/2011 09:20:06.7	14.231	90.286	8.8	0.3	3
661	08/08/2011 09:27:26.5	14.248	90.291	9.3	0.3	2.4
662	08/08/2011 09:28:36.2	14.23	90.286	6	0.2	2.1
663	08/08/2011 09:28:55.7	14.24	90.292	10	0.3	3.1
664	08/08/2011 10:05:04.3	14.239	90.284	9.2	0.3	2.7
665	08/08/2011 10:33:01.3	14.235	90.286	7.7	0.3	2.8
666	08/08/2011 10:44:34.1	14.228	90.29	10.8	0.3	3.2
667	08/08/2011 10:51:03.6	14.264	90.3	1.5	0.2	3.2
668	08/08/2011 10:51:52.7	14.233	90.283	6.7	0.3	2.8
669	08/08/2011 11:02:39.3	14.238	90.289	9.1	0.2	2.9
670	08/08/2011 11:13:03.9	14.221	90.319	7.8	0.1	2.6
671	08/08/2011 11:15:48.5	14.217	90.275	7.9	0.1	2.7

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
672	08/08/2011 11:16:16.7	14.17	90.384	0.5	0.1	2.6
673	08/08/2011 11:25:26.6	14.239	90.288	9.9	0.2	3.4
674	08/08/2011 11:45:32.1	14.225	90.274	9.4	0.3	2.9
675	08/08/2011 11:46:03.5	14.253	90.291	8.7	0.3	3
676	08/08/2011 11:51:07.4	14.245	90.32	8.5	0.2	3
677	08/08/2011 11:54:06.0	14.245	90.319	5.2	0.2	2.8
678	08/08/2011 12:00:46.1	14.219	90.339	10.5	0.2	2.7
679	08/08/2011 12:05:17.5	14.243	90.318	8.1	0.2	3.1
680	08/08/2011 12:19:40.9	14.243	90.29	8.9	0.3	3.1
681	08/08/2011 12:33:53.6	14.24	90.295	10.3	0.2	3.2
682	08/08/2011 12:34:58.6	14.243	90.294	10.7	0.2	2.9
683	08/08/2011 12:48:33.1	14.23	90.283	6.1	0.3	3.3
684	08/08/2011 12:55:31.0	14.26	90.331	1.7	0.1	3.1
685	08/08/2011 12:58:05.6	14.235	90.296	7.1	0.1	2.7
686	08/08/2011 13:04:28.2	14.244	90.289	9.8	0.3	3.4
687	08/08/2011 13:06:10.9	14.258	90.285	13.3	0.2	3.1
688	08/08/2011 13:09:10.1	14.239	90.293	10.7	0.3	3.4
689	08/08/2011 13:13:10.6	14.273	90.335	1	0.2	3
690	08/08/2011 13:15:51.1	14.26	90.305	1.7	0.1	2.8
691	08/08/2011 13:18:30.2	14.179	90.371	11.3	0.1	2.8
692	08/08/2011 13:18:56.2	14.217	90.285	9.6	0.5	2.8
693	08/08/2011 13:20:19.5	14.163	90.39	0	0.9	3.3
694	08/08/2011 13:29:14.3	14.227	90.277	6.4	0.1	2.9
695	08/08/2011 13:35:24.3	14.239	90.3	5.3	0.2	3.2
696	08/08/2011 13:37:54.9	14.312	90.322	16.2	0.1	2.8
697	08/08/2011 13:39:36.3	14.241	90.309	8.5	0.2	2.6
698	08/08/2011 13:43:32.9	14.236	90.282	8.1	0.2	2.8
699	08/08/2011 13:46:08.3	14.224	90.308	8.3	0.2	3.3
700	08/08/2011 14:02:33.8	14.154	90.289	1.1	1.2	3.1
701	08/08/2011 14:20:31.8	14.227	90.295	7.5	0.2	3
702	08/08/2011 14:23:10.6	14.253	90.283	7.1	0.2	2.9
703	08/08/2011 14:36:07.1	14.244	90.281	8.2	0.3	2.6
704	08/08/2011 14:37:52.4	14.238	90.286	9.8	0.3	3
705	08/08/2011 14:49:03.2	14.269	90.331	2.1	0.1	2.3
706	08/08/2011 15:05:32.9	14.246	90.315	4.9	0.2	2.8
707	08/08/2011 15:13:16.5	14.225	90.268	8.3	0.2	2.9
708	08/08/2011 15:25:15.1	14.218	90.307	10.8	0.3	2.8
709	08/08/2011 15:38:19.4	14.176	90.244	12	0.2	2.7
710	08/08/2011 15:41:42.2	14.2	90.292	22.2	0.2	2.8
711	08/08/2011 15:52:02.9	14.236	90.295	11.5	0.3	2.8

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
712	08/08/2011 15:58:06.5	14.166	90.245	11	0.1	3
713	08/08/2011 16:02:42.5	14.235	90.295	8.3	0.2	2.5
714	08/08/2011 16:23:56.1	14.235	90.278	9.1	0.3	3.1
715	08/08/2011 16:29:25.2	14.242	90.292	11.5	0.3	2.8
716	08/08/2011 16:40:00.0	14.24	90.296	10	0.3	2.8
717	08/08/2011 17:05:54.1	14.232	90.305	6.5	0.3	2.8
718	08/08/2011 17:15:51.5	14.248	90.282	10.1	0.2	2.8
719	08/08/2011 17:16:58.7	14.269	90.303	1.7	0.1	2.7
720	08/08/2011 17:17:27.7	14.233	90.315	7.9	0.3	2.6
721	08/08/2011 17:26:48.1	14.228	90.302	11.8	0.5	2.8
722	08/08/2011 17:41:17.6	14.203	90.355	11.5	0.1	2.6
723	08/08/2011 18:08:19.5	14.267	90.344	2.2	0.2	3.1
724	08/08/2011 18:34:48.8	14.244	90.339	8.4	0.3	3.1
725	08/08/2011 18:51:23.9	14.244	90.281	10.5	0.3	3.1
726	08/08/2011 18:57:00.8	14.257	90.349	5.9	0.4	3.1
727	08/08/2011 19:01:10.6	14.245	90.28	9	0.2	2.7
728	08/08/2011 19:08:23.8	14.237	90.302	9.3	0.2	3.2
729	08/08/2011 19:19:12.8	14.228	90.304	8.6	0.3	2.6
730	08/08/2011 19:20:26.6	14.233	90.299	8.7	0.2	2.5
731	08/08/2011 19:24:05.2	14.234	90.282	10.9	0.2	2.8
732	08/08/2011 19:24:33.8	14.242	90.285	8.3	0.2	2.7
733	08/08/2011 19:39:50.0	14.249	90.351	5.8	0.3	2.8
734	08/08/2011 19:51:46.9	14.238	90.296	11.5	0.3	3
735	08/08/2011 19:53:54.1	14.181	90.294	15.7	0.2	2.9
736	08/08/2011 19:56:52.2	14.232	90.281	10	0.2	3.1
737	08/08/2011 20:04:04.9	14.236	90.296	9.1	0.2	2.4
738	08/08/2011 20:04:48.7	14.232	90.284	11.8	0.4	2.9
739	08/08/2011 20:18:28.2	14.259	90.278	9.2	0.4	2.5
740	08/08/2011 20:19:55.1	14.236	90.279	11.2	0.3	3
741	08/08/2011 20:33:05.7	14.233	90.303	9	0.3	3
742	08/08/2011 20:53:21.6	14.211	90.267	6.5	0.2	2.9
743	08/08/2011 20:55:14.9	14.237	90.292	10.6	0.3	2.5
744	08/08/2011 20:56:00.6	14.274	90.347	1	0.2	2.6
745	08/08/2011 21:21:19.8	14.241	90.288	11.4	0.3	3
746	08/08/2011 21:29:36.0	14.259	90.299	1	0.2	2.5
747	08/08/2011 21:31:36.6	14.162	90.247	11	0	2.7
748	08/08/2011 21:37:28.0	14.249	90.297	11.2	0.3	2.7
749	08/08/2011 21:38:18.3	14.274	90.361	2.6	0.2	2.7
750	08/08/2011 21:38:44.3	14.112	90.176	7.1	0.2	2.6
751	08/08/2011 22:09:39.8	14.255	90.307	9.5	0.3	2.8

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
752	08/08/2011 22:13:14.0	14.234	90.275	9.7	0.2	2.7
753	08/08/2011 22:22:55.6	14.236	90.277	7.8	0.2	2.8
754	08/08/2011 22:40:13.6	14.223	90.271	9.5	0.2	2.4
755	08/08/2011 23:33:53.5	14.257	90.274	6.1	0.3	3
756	08/08/2011 23:42:07.5	14.237	90.288	10.4	0.3	3.1
757	09/08/2011 00:27:59.1	14.232	90.278	8.7	0.2	3.1
758	09/08/2011 00:36:18.7	14.242	90.293	10.4	0.4	3
759	09/08/2011 00:36:56.7	14.235	90.274	7.9	0.3	2.9
760	09/08/2011 01:10:37.8	14.227	90.277	9.2	0.3	2.9
761	09/08/2011 01:12:34.5	14.235	90.294	10.4	0.3	3.2
762	09/08/2011 01:14:32.3	14.246	90.32	5.1	0.2	2.8
763	09/08/2011 01:15:40.7	14.24	90.288	12.4	0.3	2.9
764	09/08/2011 01:36:18.6	14.305	90.46	4.5	0.4	3.1
765	09/08/2011 03:23:45.7	14.235	90.305	6.8	0.2	2.7
766	09/08/2011 03:35:50.3	14.243	90.337	6	0.3	2.9
767	09/08/2011 03:44:33.0	14.24	90.313	10.6	0.3	2.4
768	09/08/2011 03:45:44.6	14.23	90.278	8.7	0.2	3
769	09/08/2011 03:51:29.5	14.221	90.33	6.3	0.3	2.5
770	09/08/2011 03:53:40.6	14.159	90.281	10.8	0.7	2.8
771	09/08/2011 03:57:52.4	14.238	90.305	6.6	0.1	2.8
772	09/08/2011 04:06:14.0	14.257	90.295	21.4	0.2	2.5
773	09/08/2011 04:14:13.1	14.188	90.317	12.6	0.3	2.9
774	09/08/2011 05:05:05.0	14.239	90.298	6.9	0.2	2.7
775	09/08/2011 05:06:16.5	14.228	90.301	6.8	0.2	2.5
776	09/08/2011 05:39:18.2	14.253	90.344	6.1	0.2	3.5
777	09/08/2011 05:46:23.7	14.186	90.38	10.6	0	2.8
778	09/08/2011 07:20:28.6	14.238	90.291	11.1	0.3	2.8
779	09/08/2011 07:31:50.5	14.222	90.336	5.7	0.1	2.8
780	09/08/2011 07:49:32.6	14.242	90.308	10.3	0.3	3.2
781	09/08/2011 08:18:53.2	14.241	90.321	9.5	0.3	3
782	09/08/2011 08:24:56.3	14.264	90.344	3.9	0.3	2.8
783	09/08/2011 08:45:29.8	14.248	90.285	12.4	0.3	3.3
784	09/08/2011 09:01:19.2	14.236	90.294	9.6	0.2	2.6
785	09/08/2011 09:12:54.0	14.244	90.308	10.7	0.3	2.6
786	09/08/2011 09:47:46.9	14.229	90.286	10.6	0.2	2.8
787	09/08/2011 10:10:55.3	14.257	90.276	7	0.3	2.7
788	09/08/2011 10:12:05.6	14.27	90.324	8.1	0.5	2.3
789	09/08/2011 10:23:59.9	14.235	90.271	10.8	0.3	2.6
790	09/08/2011 10:27:15.6	14.206	90.395	8.6	0	2.9
791	09/08/2011 10:33:55.0	14.219	90.283	4	0.3	2.5

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
792	09/08/2011 10:51:51.5	14.292	90.304	19.6	0.2	3.3
793	09/08/2011 11:29:53.4	14.241	90.301	7.9	0.1	3.3
794	09/08/2011 12:00:02.5	14.215	90.312	11.6	0.2	2.9
795	09/08/2011 12:06:02.0	14.208	90.149	0.8	0.1	2.9
796	09/08/2011 13:45:22.1	14.242	90.3	9.4	0.2	2.9
797	09/08/2011 13:49:12.6	14.248	90.318	9.2	0.2	2.8
798	09/08/2011 13:56:48.1	14.144	90.269	0.1	0.6	2.8
799	09/08/2011 13:57:53.1	14.246	90.295	9.1	0.3	3.4
800	09/08/2011 14:17:21.5	14.255	90.308	11.2	0.3	2.4
801	09/08/2011 14:21:02.3	14.245	90.312	10.5	0.3	2.6
802	09/08/2011 14:21:51.5	14.214	90.265	10.9	0.1	2.6
803	09/08/2011 14:22:25.6	14.245	90.297	7.1	0.2	2.7
804	09/08/2011 14:40:14.0	14.22	90.33	7.5	0.1	2.6
805	09/08/2011 14:40:52.5	14.249	90.319	7.6	0.2	2.6
806	09/08/2011 14:48:17.0	14.253	90.306	11.6	0.3	3.5
807	09/08/2011 15:22:11.7	14.273	90.319	2.8	0.4	2.8
808	09/08/2011 16:14:07.2	14.245	90.292	10.8	0.3	3
809	09/08/2011 16:42:59.9	14.26	90.293	8.4	0.5	2.7
810	09/08/2011 17:22:05.4	14.268	90.339	2.1	0.2	2.8
811	09/08/2011 17:38:36.7	14.249	90.316	9	0.2	3.3
812	09/08/2011 17:50:32.3	14.247	90.303	9.8	0.3	3.2
813	09/08/2011 18:23:48.9	14.215	90.288	10.2	0.2	3.9
814	09/08/2011 18:29:03.0	14.246	90.327	7.6	0.3	2.5
815	09/08/2011 18:29:41.8	14.25	90.31	9.2	0.3	2.9
816	09/08/2011 18:31:09.6	14.238	90.333	7.7	0.3	2.4
817	09/08/2011 18:38:02.3	14.237	90.314	11.3	0.4	2.8
818	09/08/2011 18:49:43.9	14.212	90.301	10.1	0.2	3.1
819	09/08/2011 18:52:47.4	14.266	90.331	2.3	0.2	2.4
820	09/08/2011 18:53:34.8	14.251	90.311	11.8	0.5	3
821	09/08/2011 18:54:22.5	14.266	90.308	1.2	0.2	2.4
822	09/08/2011 18:55:11.0	14.27	90.306	1.4	0.1	2.3
823	09/08/2011 18:55:40.8	14.341	90.333	15.8	0.2	2.4
824	09/08/2011 18:57:08.5	14.23	90.29	8.4	0.2	2.8
825	09/08/2011 18:57:52.4	14.239	90.28	9	0.3	2.5
826	09/08/2011 19:12:11.7	14.241	90.302	7	0.1	2.4
827	09/08/2011 19:12:38.9	14.244	90.332	7.9	0.3	2.9
828	09/08/2011 19:20:10.0	14.236	90.333	8.8	0.3	2.8
829	09/08/2011 19:23:57.4	14.087	90.258	29	0.1	2.7
830	09/08/2011 19:27:38.1	14.245	90.294	3.1	0.2	2.8
831	09/08/2011 19:36:42.9	14.238	90.303	10.4	0.2	2.7

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
832	09/08/2011 19:57:41.6	14.224	90.302	9.6	0.2	2.9
833	09/08/2011 20:07:27.5	14.226	90.275	10.7	0.3	2.9
834	09/08/2011 20:09:27.6	14.244	90.299	11.1	0.3	2.6
835	09/08/2011 20:11:34.8	14.236	90.299	11	0.3	2.6
836	09/08/2011 20:20:48.5	14.289	90.31	20.3	0.2	2.8
837	09/08/2011 20:21:26.1	14.186	90.273	10	0.2	2.9
838	09/08/2011 20:26:38.5	14.246	90.304	8.8	0.3	2.9
839	09/08/2011 20:45:10.8	14.259	90.304	1.6	0.1	3
840	09/08/2011 20:46:11.9	14.234	90.283	6.8	0.2	3.2
841	09/08/2011 20:46:12.8	14.275	90.312	17.1	0.1	3.4
842	09/08/2011 21:05:39.1	14.233	90.287	8.5	0.2	2.3
843	09/08/2011 21:46:09.4	14.23	90.312	7.5	0.1	3.1
844	09/08/2011 21:59:14.9	14.234	90.279	8.8	0.3	3.2
845	10/08/2011 01:09:35.9	14.236	90.291	10.1	0.2	3.3
846	10/08/2011 01:11:18.6	14.319	90.234	1.1	0.3	2.8
847	10/08/2011 02:39:05.5	14.182	90.256	1	0.1	3.1
848	10/08/2011 02:49:53.8	14.05	90.171	18.8	0.1	3.5
849	10/08/2011 02:51:18.1	14.207	90.186	6	0.1	3.1
850	10/08/2011 02:56:24.3	14.228	90.31	7.6	0.1	3.1
851	10/08/2011 02:58:04.8	14.236	90.31	5.7	0	3
852	10/08/2011 03:03:06.8	14.202	90.179	6	0	3.3
853	10/08/2011 03:12:11.6	14.229	90.286	6.8	0.2	2.9
854	10/08/2011 03:14:50.4	14.228	90.265	8.9	0.2	2.5
855	10/08/2011 03:15:13.6	14.263	90.32	2	0.2	2.8
856	10/08/2011 03:22:32.6	14.277	90.333	10.3	0.1	3.2
857	10/08/2011 03:24:20.5	14.167	90.239	11.4	0	2.6
858	10/08/2011 03:36:53.2	14.241	90.301	7.1	0.1	2.9
859	10/08/2011 03:38:37.2	14.196	90.324	8.8	0	2.6
860	10/08/2011 03:40:30.3	14.295	90.313	11.1	0.2	3
861	10/08/2011 03:43:51.2	14.236	90.279	8.4	0.2	2.9
862	10/08/2011 03:55:45.9	14.344	90.358	28.6	0.2	3.1
863	10/08/2011 04:07:46.8	14.238	90.306	6.7	0.2	3.2
864	10/08/2011 04:17:27.2	14.23	90.288	11.2	0.2	3.6
865	10/08/2011 04:36:24.9	14.336	90.345	17.2	0.1	2.9
866	10/08/2011 04:48:28.2	14.253	90.273	10.8	0.3	2.8
867	10/08/2011 05:14:05.7	14.257	90.301	6.3	0.2	2.9
868	10/08/2011 05:29:39.8	14.318	90.317	11.7	0.2	2.9
869	10/08/2011 09:21:48.2	14.258	90.295	8.8	0.3	3.1
870	10/08/2011 09:22:53.8	14.259	90.279	10	0.3	2.7
871	10/08/2011 10:59:26.9	14.242	90.288	9.4	0.2	2.7

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
872	10/08/2011 12:04:20.4	14.223	90.284	9.7	0.3	2.8
873	10/08/2011 13:05:45.1	14.225	90.276	9.2	0.3	3.8
874	10/08/2011 13:11:05.3	14.258	90.293	9	0.3	3.3
875	10/08/2011 13:12:03.0	14.25	90.297	8.4	0.4	2.6
876	10/08/2011 13:13:32.4	14.269	90.303	8.8	0.3	2.3
877	10/08/2011 14:13:35.1	14.253	90.294	9.1	0.3	3
878	10/08/2011 14:44:11.9	14.234	90.283	7.7	0.2	2.8
879	10/08/2011 14:53:26.5	14.287	90.312	11.9	0.1	2.7
880	10/08/2011 14:59:24.1	14.209	90.251	23.3	0	2.2
881	10/08/2011 14:59:49.7	14.253	90.3	8.6	0.3	2.7
882	10/08/2011 15:00:59.0	14.25	90.291	8.4	0.3	2.8
883	10/08/2011 15:05:41.2	14.32	90.333	19.4	0.1	2.9
884	10/08/2011 15:07:00.9	14.202	90.309	9	0.1	2.3
885	10/08/2011 15:09:24.6	14.245	90.279	8.1	0.2	2.9
886	10/08/2011 15:16:45.5	14.234	90.283	9.6	0.2	3
887	10/08/2011 15:18:38.2	14.242	90.284	11.4	0.3	2.7
888	10/08/2011 15:21:16.5	14.252	90.306	10.1	0.3	2.9
889	10/08/2011 15:43:02.6	14.281	90.304	11.6	0.2	2.9
890	10/08/2011 20:42:04.0	14.238	90.283	9.4	0.2	3.1
891	10/08/2011 21:08:49.1	14.247	90.3	9	0.3	3.3
892	10/08/2011 21:38:36.9	14.278	90.303	12.8	0.1	3
893	10/08/2011 22:06:57.8	14.258	90.302	9.3	0.3	2.7
894	10/08/2011 22:47:18.6	14.237	90.301	6.3	0.2	2.9
895	10/08/2011 23:34:39.3	14.243	90.287	10.4	0.3	3.1
896	11/08/2011 00:05:43.7	14.232	90.282	9.2	0.2	3.4
897	11/08/2011 01:17:35.9	14.215	90.273	10.8	0.3	3
898	11/08/2011 03:10:29.5	14.23	90.293	10.9	0.2	3.2
899	11/08/2011 04:19:44.2	14.235	90.291	10.3	0.2	3.7
900	11/08/2011 05:04:24.4	14.233	90.278	8.6	0.2	3
901	11/08/2011 05:17:28.8	14.237	90.285	6.9	0.4	2.9
902	11/08/2011 05:46:57.4	14.22	90.284	11.5	0.1	2.9
903	11/08/2011 06:13:57.6	14.275	90.307	21	0.2	3
904	11/08/2011 06:17:52.9	14.236	90.288	11.4	0.3	2.8
905	11/08/2011 06:24:15.8	14.232	90.286	11.3	0.2	3.4
906	11/08/2011 06:32:51.8	14.232	90.286	11.4	0.3	2.9
907	11/08/2011 06:47:23.9	14.261	90.288	10.5	0.3	3
908	11/08/2011 06:59:48.9	14.237	90.284	10	0.3	3.1
909	11/08/2011 07:19:51.7	14.248	90.298	9.8	0.4	3.1
910	11/08/2011 14:22:00.9	14.233	90.272	7.5	0.2	2.8
911	11/08/2011 14:25:31.3	14.219	90.287	6.9	0.1	3.6

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
912	11/08/2011 16:20:29.3	14.223	90.284	7.5	0.1	3.5
913	11/08/2011 17:13:06.2	14.251	90.273	8.7	0.3	2.9
914	11/08/2011 17:34:37.9	14.254	90.294	8.7	0.3	3.1
915	11/08/2011 18:10:12.0	14.248	90.288	9.5	0.2	3
916	12/08/2011 01:05:12.4	14.29	90.313	10.8	0.1	3.3
917	12/08/2011 03:32:12.9	14.236	90.295	10.8	0.3	3.1
918	12/08/2011 03:57:15.0	14.231	90.313	10.1	0.3	3.2
919	12/08/2011 04:11:03.9	14.241	90.28	7.3	0.2	3.1
920	12/08/2011 04:57:30.1	14.251	90.294	13.5	0.4	3.3
921	12/08/2011 05:54:37.7	14.235	90.281	10	0.3	3.4
922	12/08/2011 06:01:11.7	14.237	90.301	11.5	0.3	3.4
923	12/08/2011 06:36:26.8	14.265	90.306	8.3	0.2	2.9
924	12/08/2011 10:18:06.8	14.217	90.287	12.6	0.2	3.6
925	12/08/2011 10:28:43.5	14.225	90.304	9.5	0.2	3.4
926	12/08/2011 12:33:17.7	14.225	90.284	11	0.2	3
927	12/08/2011 12:54:44.0	14.244	90.307	10.2	0.4	2.8
928	12/08/2011 12:57:32.0	14.241	90.317	7.9	0.1	2.8
929	12/08/2011 13:06:57.9	14.242	90.309	7.6	0.3	2.8
930	12/08/2011 13:11:27.0	14.233	90.271	9.2	0.3	3
931	12/08/2011 15:58:00.3	14.245	90.284	10.2	0.3	3.2
932	12/08/2011 18:18:58.9	14.228	90.289	5.7	0.3	3.2
933	12/08/2011 18:39:19.5	14.201	90.258	11.9	0.3	3.3
934	13/08/2011 04:47:28.0	14.197	90.268	4	0.2	3.6
935	13/08/2011 05:16:21.3	14.211	90.262	10.4	0.3	3.1
936	13/08/2011 05:31:55.3	14.205	90.254	8	0.2	3.3
937	13/08/2011 06:50:35.9	14.214	90.271	9.9	0.3	3.4
938	13/08/2011 06:55:50.7	14.213	90.259	8	0.3	3
939	13/08/2011 09:11:16.4	14.217	90.24	6.3	0.3	2.9
940	13/08/2011 10:12:42.0	14.208	90.253	8.3	0.2	3.1
941	13/08/2011 10:44:50.1	14.195	90.268	12.7	0.4	3.2
942	13/08/2011 14:15:56.6	14.199	90.243	15.8	0.2	2.9
943	13/08/2011 15:10:54.8	14.198	90.259	8.6	0.5	2.9
944	13/08/2011 15:31:30.5	14.202	90.264	17.3	0.5	3.2
945	13/08/2011 18:12:12.3	14.175	90.259	12.7	0.3	2.8
946	13/08/2011 18:32:07.7	14.233	90.266	8.6	0.3	3
947	13/08/2011 18:49:04.2	14.226	90.28	8.8	0.4	2.7
948	13/08/2011 18:59:03.3	14.164	90.29	26.5	0.3	3
949	13/08/2011 19:02:39.9	14.208	90.248	9.6	0.3	2.8
950	13/08/2011 19:22:29.4	14.205	90.255	9.8	0.4	3.2
951	13/08/2011 20:20:47.6	14.191	90.262	8.9	0.3	2.8

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
952	13/08/2011 20:38:51.7	14.25	90.21	11.2	0.4	2.8
953	13/08/2011 22:43:27.5	14.234	90.275	9.7	0.6	2.7
954	14/08/2011 06:41:28.3	14.218	90.253	9.2	0.5	3
955	14/08/2011 08:10:28.4	14.219	90.253	9.2	0.4	3
956	14/08/2011 11:15:34.4	14.23	90.258	8.2	0.3	2.5
957	14/08/2011 14:39:44.1	14.215	90.24	7.4	0.3	2.9
958	14/08/2011 18:09:06.4	14.22	90.264	8.7	0.4	3.4
959	14/08/2011 19:05:42.1	14.193	90.257	9.5	0.3	3.2
960	15/08/2011 00:12:08.4	14.22	90.289	11.3	0.2	3.1
961	15/08/2011 00:33:17.4	14.18	90.262	11.7	0.3	3.1
962	15/08/2011 01:36:40.0	14.22	90.251	10	0.6	2.8
963	15/08/2011 03:09:10.0	14.183	90.248	12.6	0.3	3
964	15/08/2011 03:30:19.2	14.229	90.269	8.1	0.3	3
965	15/08/2011 03:57:52.9	14.255	90.296	9.6	0.2	3.3
966	15/08/2011 04:30:59.8	14.229	90.273	9.1	0.5	3.1
967	15/08/2011 05:10:46.2	14.201	90.248	16.6	0.2	2.7
968	15/08/2011 06:21:39.3	14.195	90.238	6.1	0.2	3.1
969	15/08/2011 09:57:33.4	14.237	90.262	10.5	0.4	2.5
970	15/08/2011 10:00:42.7	14.225	90.264	8.3	0.4	2.8
971	15/08/2011 10:12:45.6	14.222	90.268	11.3	0.2	3.3
972	15/08/2011 12:39:38.0	14.221	90.244	6.1	0.2	2.8
973	15/08/2011 13:24:54.8	14.204	90.258	15	0.4	2.8
974	15/08/2011 13:37:06.3	14.23	90.254	9.4	0.4	2.9
975	15/08/2011 14:37:35.6	14.224	90.25	6.1	0.2	3
976	15/08/2011 16:01:54.6	14.188	90.276	10.8	0.3	3.2
977	15/08/2011 19:15:31.2	14.195	90.262	7.4	0.1	2.9
978	16/08/2011 00:35:33.8	14.201	90.266	7.5	0.4	3.1
979	16/08/2011 02:08:43.7	14.207	90.243	10.5	0.2	3
980	16/08/2011 02:14:02.0	14.215	90.254	8.5	0.5	2.9
981	16/08/2011 02:35:05.2	14.232	90.265	7.1	0.4	3.1
982	16/08/2011 04:39:42.2	14.192	90.25	10.3	0.2	3
983	16/08/2011 12:42:03.9	14.225	90.258	8.5	0.4	3.2
984	16/08/2011 14:27:41.8	14.226	90.236	6.9	0.3	3.3
985	16/08/2011 14:46:17.7	14.203	90.252	7.6	0.2	3.9
986	16/08/2011 15:03:57.6	14.211	90.26	7.5	0.5	3.1
987	16/08/2011 15:59:09.3	14.228	90.263	7	0.3	2.9
988	16/08/2011 21:35:52.4	14.182	90.249	11.5	0.3	3
989	16/08/2011 21:40:22.2	14.192	90.249	12.3	0.2	2.9
990	17/08/2011 01:03:28.8	14.2	90.252	10.7	0.3	3.5
991	17/08/2011 01:33:08.2	14.214	90.257	9.1	0.4	3.4

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
992	17/08/2011 02:09:56.3	14.213	90.256	8.5	0.5	3.2
993	17/08/2011 02:29:04.2	14.199	90.264	12.4	0.4	3.4
994	17/08/2011 02:40:19.3	14.174	90.25	12.5	0.3	2.9
995	17/08/2011 02:56:42.3	14.235	90.257	6.1	0.3	3
996	17/08/2011 03:10:21.1	14.254	90.299	9.7	0.3	3.1
997	17/08/2011 06:38:02.5	14.257	90.289	9.8	0.2	2.9
998	17/08/2011 07:31:52.4	14.199	90.261	9.7	0.5	3.1
999	17/08/2011 08:10:35.8	14.198	90.232	6.5	0.2	2.5
1000	17/08/2011 23:15:48.1	14.247	90.28	8.1	0.3	3.4
1001	18/08/2011 04:01:17.8	14.183	90.277	9.4	0.3	2.6
1002	18/08/2011 04:21:38.8	14.217	90.254	9.7	0.3	3.4
1003	18/08/2011 04:48:08.7	14.226	90.255	9	0.5	3.3
1004	18/08/2011 05:12:00.1	14.202	90.256	11.8	0.3	3.3
1005	18/08/2011 05:29:33.3	14.223	90.26	8.4	0.4	3
1006	18/08/2011 05:54:21.9	14.193	90.258	11.4	0.3	3.9
1007	18/08/2011 06:53:00.3	14.184	90.261	12.1	0.3	2.9
1008	18/08/2011 07:14:18.2	14.214	90.265	7	0.3	3.3
1009	18/08/2011 07:20:02.8	14.21	90.264	8.6	0.3	3.5
1010	18/08/2011 07:40:51.5	14.216	90.255	10	0.3	3.3
1011	18/08/2011 07:47:08.3	14.198	90.232	9.9	0.2	3
1012	18/08/2011 08:10:25.2	14.208	90.252	6	0.3	3
1013	18/08/2011 08:46:39.2	14.218	90.264	8.3	0.4	3.1
1014	18/08/2011 08:58:04.3	14.242	90.29	9.9	0.3	2.8
1015	18/08/2011 09:04:23.1	14.219	90.247	7.2	0.3	3.3
1016	18/08/2011 09:04:23.2	14.201	90.246	10.1	0.3	3.3
1017	18/08/2011 09:05:56.0	14.217	90.252	10.3	0.5	2.5
1018	18/08/2011 09:05:56.2	14.221	90.26	9	0.5	2.5
1019	18/08/2011 09:10:26.4	14.177	90.266	13	0.3	2.6
1020	18/08/2011 09:14:35.6	14.215	90.249	9	0.3	2.7
1021	18/08/2011 09:17:11.8	14.223	90.244	7.2	0.3	3.3
1022	18/08/2011 09:17:11.8	14.204	90.263	10	0.4	3.2
1023	18/08/2011 09:18:19.3	14.218	90.248	9.7	0.4	2.4
1024	18/08/2011 09:18:19.5	14.229	90.263	6	0.1	2.4
1025	18/08/2011 09:19:16.0	14.161	90.261	14.1	0.5	2.7
1026	18/08/2011 09:23:59.4	14.234	90.266	6.8	0.2	3
1027	18/08/2011 09:25:52.0	14.214	90.25	8.8	0.3	2.2
1028	18/08/2011 09:31:53.0	14.19	90.259	11.2	0.3	2.9
1029	18/08/2011 09:38:05.8	14.171	90.257	12.3	0.3	2.2
1030	18/08/2011 09:39:21.6	14.226	90.276	9.1	0.2	2.5
1031	18/08/2011 09:44:44.2	14.211	90.242	6.1	0.2	3.2

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
1032	18/08/2011 09:47:21.0	14.212	90.266	9	0.3	3.3
1033	18/08/2011 09:49:39.5	14.215	90.245	12.7	0.3	2.6
1034	18/08/2011 09:52:48.3	14.213	90.259	8.4	0.4	2.7
1035	18/08/2011 09:54:22.9	14.225	90.252	6	0.1	2.5
1036	18/08/2011 09:57:28.7	14.213	90.254	7.6	0.4	3.3
1037	18/08/2011 10:06:04.5	14.218	90.243	6	0.2	2.9
1038	18/08/2011 11:22:18.7	14.226	90.236	7.7	0.2	2.7
1039	18/08/2011 11:49:55.5	14.191	90.257	11.3	0.3	3.4
1040	18/08/2011 12:13:22.1	14.203	90.268	9.6	0.4	3.3
1041	18/08/2011 12:18:49.4	14.167	90.26	14.3	0.4	2.8
1042	18/08/2011 12:20:43.4	14.194	90.235	13.3	0.3	2.4
1043	18/08/2011 12:28:30.1	14.219	90.274	8.5	0.4	3.2
1044	18/08/2011 12:35:45.3	14.221	90.262	9.2	0.4	2.7
1045	18/08/2011 12:53:58.0	14.208	90.258	9.4	0.4	2.9
1046	18/08/2011 13:33:42.1	14.216	90.252	9.5	0.1	2.7
1047	18/08/2011 13:39:26.4	14.233	90.217	12.6	0.3	2.6
1048	18/08/2011 14:47:37.6	14.209	90.256	10.2	0.5	2.8
1049	18/08/2011 14:57:15.1	14.201	90.244	11.6	0.3	3
1050	18/08/2011 16:01:51.2	14.192	90.223	6.2	0.3	2.7
1051	18/08/2011 18:19:57.1	14.164	90.293	11	0.3	3.2
1052	18/08/2011 20:47:22.1	14.209	90.266	8.5	0.3	3.6
1053	18/08/2011 20:50:28.5	14.215	90.238	8.7	0.4	2.6
1054	18/08/2011 23:44:43.3	14.226	90.247	8.5	0.3	3.1
1055	19/08/2011 00:02:02.8	14.161	90.283	8.9	0.3	2.9
1056	19/08/2011 05:19:11.9	14.212	90.268	6.4	0.2	3.8
1057	19/08/2011 05:30:36.9	14.227	90.231	10.3	0.2	3.3
1058	19/08/2011 05:44:44.9	14.241	90.241	6.2	0.3	3.3
1059	19/08/2011 05:47:00.8	14.226	90.241	6	0.3	2.5
1060	19/08/2011 05:52:13.5	14.215	90.256	10.1	0.2	2.9
1061	19/08/2011 05:53:55.6	14.238	90.244	6	0.2	2.6
1062	19/08/2011 06:32:34.7	14.217	90.239	11.1	0.2	2.8
1063	19/08/2011 08:30:37.7	14.221	90.248	7.5	0.2	3
1064	19/08/2011 08:42:17.7	14.201	90.249	11.1	0.3	2.9
1065	19/08/2011 09:19:31.8	14.188	90.247	7.5	0.1	2.9
1066	19/08/2011 09:21:19.2	14.188	90.239	12.2	0.3	2.9
1067	19/08/2011 09:56:34.5	14.195	90.262	13.2	0.4	3.1
1068	19/08/2011 10:17:47.0	14.265	90.29	11.6	0.3	3.2
1069	19/08/2011 11:11:48.8	14.239	90.243	7	0.5	3.1
1070	19/08/2011 11:39:15.3	14.234	90.243	8.8	0.3	2.8
1071	19/08/2011 12:00:46.5	14.259	90.299	8.3	0.3	3.5

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
1072	19/08/2011 12:14:35.1	14.243	90.24	5.9	0.3	3.2
1073	19/08/2011 13:02:30.6	14.212	90.275	9.2	0.5	3.4
1074	19/08/2011 13:28:46.8	14.227	90.254	6.3	0.3	3.2
1075	19/08/2011 13:48:50.6	14.217	90.239	6.1	0.2	3.3
1076	19/08/2011 13:55:22.2	14.235	90.251	6.1	0.3	3
1077	19/08/2011 16:00:11.8	14.208	90.25	9.4	0.1	3
1078	19/08/2011 19:24:35.5	14.172	90.269	14.3	0.4	3.5
1079	19/08/2011 19:38:05.8	14.202	90.252	13.2	0.4	2.9
1080	19/08/2011 19:38:50.8	14.212	90.258	6	0.4	2.7
1081	19/08/2011 19:44:52.9	14.186	90.269	14.2	0.4	3
1082	19/08/2011 19:46:55.9	14.177	90.269	14.2	0.6	2.7
1083	19/08/2011 19:51:42.6	14.167	90.266	13.7	0.4	3.4
1084	19/08/2011 20:07:37.0	14.196	90.277	12.5	0.4	3
1085	19/08/2011 20:10:38.5	14.156	90.299	8.5	0.2	2.9
1086	19/08/2011 20:11:53.8	14.189	90.256	9.6	0.4	2.8
1087	19/08/2011 20:14:16.7	14.205	90.265	8.1	0.3	3.1
1088	19/08/2011 20:17:54.5	14.207	90.264	7.6	0.3	2.8
1089	19/08/2011 20:24:06.6	14.21	90.257	7.6	0.3	2.7
1090	19/08/2011 20:27:10.8	14.194	90.266	8.9	0.5	2.7
1091	19/08/2011 20:28:01.3	14.201	90.238	6.1	0.3	2.1
1092	19/08/2011 20:35:03.2	14.172	90.283	12.7	0.2	3
1093	19/08/2011 20:43:14.5	14.21	90.246	6.2	0.2	2.6
1094	19/08/2011 20:44:21.6	14.179	90.268	13.7	0.3	2.7
1095	19/08/2011 20:52:11.8	14.198	90.252	7.9	0.2	2.8
1096	19/08/2011 20:53:09.5	14.213	90.252	9.5	0.2	2.3
1097	19/08/2011 21:13:46.2	14.199	90.27	8.9	0.4	2.8
1098	19/08/2011 21:21:19.4	14.15	90.276	11.9	0.1	2.8
1099	19/08/2011 21:22:42.5	14.209	90.246	7.7	0.2	2.6
1100	19/08/2011 21:22:42.5	14.202	90.249	8.2	0.2	2.6
1101	19/08/2011 21:29:16.4	14.209	90.261	8	0.3	3.3
1102	19/08/2011 21:39:08.2	14.162	90.265	19.8	0.3	2.6
1103	19/08/2011 23:19:28.8	14.224	90.257	6.5	0.3	2.9
1104	20/08/2011 00:10:47.8	14.249	90.234	12.5	0.1	2.6
1105	20/08/2011 00:15:51.7	14.215	90.253	7.3	0.4	2.7
1106	20/08/2011 00:24:00.9	14.209	90.252	6.6	0.2	3
1107	20/08/2011 01:18:40.6	14.221	90.268	10.2	0.5	3
1108	20/08/2011 01:32:14.1	14.241	90.202	10.9	0.3	2.5
1109	20/08/2011 03:34:00.5	14.197	90.272	11.5	0.3	2.9
1110	20/08/2011 03:46:10.8	14.215	90.264	6.5	0.4	3
1111	20/08/2011 04:07:10.9	14.212	90.253	9	0.3	3

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
1112	20/08/2011 04:21:47.7	14.211	90.247	9.1	0.2	2.5
1113	20/08/2011 05:10:01.5	14.253	90.27	9.7	0.3	2.5
1114	20/08/2011 05:12:06.9	14.241	90.286	6.6	0.2	2.7
1115	20/08/2011 06:44:23.5	14.219	90.257	8.6	0.3	2.7
1116	20/08/2011 06:48:38.3	14.232	90.26	6.1	0.3	2.6
1117	20/08/2011 06:55:05.8	14.221	90.242	10.1	0.4	2
1118	20/08/2011 06:56:45.0	14.222	90.261	6.8	0.2	2.4
1119	20/08/2011 07:01:54.7	14.216	90.258	6	0.2	2.6
1120	20/08/2011 07:02:47.0	14.224	90.261	6.9	0.2	2.3
1121	20/08/2011 07:09:59.6	14.185	90.273	18.3	0.3	2.5
1122	20/08/2011 07:17:11.1	14.218	90.258	6.9	0.3	2.8
1123	20/08/2011 07:19:21.3	14.218	90.254	7.8	0.3	2.1
1124	20/08/2011 07:22:47.3	14.208	90.248	8.9	0.1	2.5
1125	20/08/2011 07:30:55.7	14.218	90.256	7.2	0.2	2.3
1126	20/08/2011 07:31:28.9	14.221	90.247	9	0.2	2.3
1127	20/08/2011 07:33:08.4	14.146	90.279	12.2	0.2	2
1128	20/08/2011 07:38:58.2	14.224	90.256	6.8	0.3	2.5
1129	20/08/2011 07:41:11.0	14.221	90.255	8.7	0.2	2.2
1130	20/08/2011 07:47:15.3	14.211	90.268	8.6	0.4	2.8
1131	20/08/2011 07:48:29.5	14.23	90.242	8.6	0.3	2.4
1132	20/08/2011 07:56:21.7	14.164	90.27	17.1	0.5	2.5
1133	20/08/2011 07:59:16.2	14.206	90.25	7.1	0.4	2.5
1134	20/08/2011 08:01:45.0	14.211	90.263	8	0.4	2.7
1135	20/08/2011 08:24:46.4	14.215	90.251	7	0	2.3
1136	20/08/2011 08:27:04.8	14.193	90.244	8.6	0.3	2.7
1137	20/08/2011 08:38:30.6	14.221	90.249	11.3	0.3	1.9
1138	20/08/2011 09:14:50.0	14.135	90.28	30.2	0.3	2.7
1139	20/08/2011 09:31:02.2	14.203	90.274	15.1	0.6	2.9
1140	20/08/2011 09:53:38.8	14.212	90.249	9.2	0.2	2.6
1141	20/08/2011 10:26:40.3	14.222	90.268	7.1	0.3	2.9
1142	20/08/2011 11:08:35.0	14.2	90.249	7.1	0.3	2.5
1143	20/08/2011 11:13:32.8	14.193	90.263	11.1	0.3	2.9
1144	20/08/2011 11:26:53.0	14.215	90.276	6.8	0.1	2.8
1145	20/08/2011 11:27:45.2	14.2	90.252	9.1	0.1	2.8
1146	20/08/2011 11:31:41.2	14.15	90.284	14	0.4	2.6
1147	20/08/2011 11:36:29.2	14.047	90.3	16	0.1	2.8
1148	20/08/2011 12:06:07.8	14.204	90.247	8	0.2	2.6
1149	20/08/2011 14:20:56.8	14.215	90.246	6.7	0.2	2.8
1150	20/08/2011 16:20:01.4	14.224	90.252	6.1	0.2	2.6
1151	20/08/2011 16:48:46.9	14.223	90.243	6	0.1	2.5

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
1152	20/08/2011 17:01:35.1	14.208	90.247	7	0.1	2.6
1153	20/08/2011 17:02:10.7	14.218	90.263	6.7	0.3	2.4
1154	20/08/2011 17:35:12.1	14.201	90.22	6.1	0.2	2.8
1155	20/08/2011 18:47:20.7	14.219	90.257	7.9	0.2	2.9
1156	20/08/2011 18:49:24.0	14.215	90.256	10	0.3	2.7
1157	20/08/2011 18:52:11.1	14.213	90.263	8.1	0.3	3.1
1158	20/08/2011 18:55:16.6	14.21	90.254	9	0.3	3.1
1159	20/08/2011 18:59:32.4	14.195	90.252	9.4	0.1	2.7
1160	20/08/2011 19:05:07.8	14.213	90.259	9.4	0.3	2.6
1161	20/08/2011 19:08:08.9	14.22	90.246	7.1	0.2	2
1162	20/08/2011 19:08:28.5	14.233	90.273	8.8	0.1	2
1163	20/08/2011 19:08:51.1	14.22	90.248	6.4	0.2	1.9
1164	20/08/2011 19:12:24.4	14.212	90.259	6.4	0.3	3
1165	20/08/2011 19:13:44.7	14.185	90.261	10	0.3	3
1166	20/08/2011 19:21:45.8	14.216	90.247	7.7	0.2	2.9
1167	20/08/2011 19:23:48.5	14.217	90.249	8.2	0.2	2.4
1168	20/08/2011 19:25:02.2	14.214	90.251	10.1	0.3	2.6
1169	20/08/2011 19:26:40.8	14.203	90.262	9.6	0.3	2.5
1170	20/08/2011 19:28:40.9	14.214	90.261	7.6	0.3	2.7
1171	20/08/2011 19:32:38.7	14.143	90.283	12.9	0.2	2.6
1172	20/08/2011 19:33:51.7	14.211	90.249	6.2	0.3	2.5
1173	20/08/2011 19:35:33.7	14.182	90.254	12.5	0.2	2.2
1174	20/08/2011 19:43:43.4	14.192	90.255	11.3	0.2	2.8
1175	20/08/2011 19:48:52.9	14.209	90.248	6.1	0.2	2.6
1176	20/08/2011 19:53:09.9	14.208	90.27	8.4	0.3	2.5
1177	20/08/2011 19:53:58.2	14.194	90.263	11.8	0.2	2.6
1178	20/08/2011 19:57:45.0	14.211	90.256	10.2	0.3	3.1
1179	20/08/2011 19:59:27.8	14.184	90.233	6.6	0.2	2.2
1180	20/08/2011 20:02:51.8	14.212	90.253	6.3	0.2	2.7
1181	20/08/2011 20:03:53.7	14.184	90.254	7.9	0.1	2.6
1182	20/08/2011 20:05:09.4	14.207	90.25	6.1	0.1	2.7
1183	20/08/2011 20:11:34.8	14.214	90.265	8.1	0.3	2.5
1184	20/08/2011 20:18:10.4	14.201	90.251	6.7	0	3.4
1185	20/08/2011 20:29:50.3	14.217	90.253	10.5	0.2	2.7
1186	20/08/2011 20:36:09.7	14.212	90.261	8.4	0.2	3.2
1187	20/08/2011 20:46:36.7	14.184	90.272	7.8	0.2	3.6
1188	20/08/2011 20:52:38.8	14.186	90.24	9	0	2.7
1189	20/08/2011 21:01:50.9	14.225	90.237	6.9	0.2	2.8
1190	20/08/2011 21:12:27.5	14.209	90.258	9.4	0.3	3
1191	20/08/2011 21:24:51.1	14.223	90.258	8.5	0.4	2.7

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
1192	20/08/2011 21:33:17.9	14.223	90.242	6.3	0.1	3
1193	20/08/2011 21:48:13.9	14.212	90.258	9.1	0.3	3.1
1194	20/08/2011 21:51:01.3	14.201	90.26	9.9	0.1	3
1195	20/08/2011 22:04:31.4	14.196	90.257	11.5	0.2	2.5
1196	20/08/2011 22:07:08.9	14.199	90.253	11.5	0.2	3.1
1197	20/08/2011 22:32:57.1	14.206	90.26	10.4	0.2	3.2
1198	20/08/2011 22:42:41.6	14.196	90.254	8.9	0.1	2.7
1199	20/08/2011 22:43:56.2	14.195	90.249	10.4	0.1	2.6
1200	20/08/2011 22:46:33.0	14.199	90.26	12.3	0.3	3.1
1201	20/08/2011 22:48:39.0	14.209	90.251	6.2	0	3
1202	20/08/2011 22:55:12.4	14.21	90.26	9.5	0.3	3
1203	20/08/2011 22:57:40.7	14.217	90.256	9.2	0.2	2.6
1204	20/08/2011 22:58:38.5	14.209	90.276	8	0.2	2.9
1205	20/08/2011 23:02:41.6	14.215	90.258	9.2	0.2	2.4
1206	20/08/2011 23:05:05.7	14.086	90.3	16.7	0.1	2.1
1207	20/08/2011 23:06:27.2	14.216	90.251	9.1	0.1	3
1208	20/08/2011 23:07:48.5	14.141	90.21	26.4	0.5	3.1
1209	20/08/2011 23:09:54.5	14.198	90.242	12.3	0.2	2.3
1210	20/08/2011 23:10:26.1	14.229	90.266	8.7	0.2	2.7
1211	20/08/2011 23:12:56.9	14.191	90.265	9.4	0.2	3.3
1212	20/08/2011 23:15:43.9	14.197	90.259	9.1	0.4	2.8
1213	20/08/2011 23:16:37.4	14.193	90.261	9.5	0.1	2.7
1214	20/08/2011 23:19:13.9	14.231	90.244	8.5	0.3	2.4
1215	20/08/2011 23:19:45.3	14.189	90.261	11.2	0.2	2.7
1216	20/08/2011 23:25:38.3	14.161	90.261	9	0.1	2.6
1217	20/08/2011 23:26:12.1	14.196	90.202	27	0	2.4
1218	20/08/2011 23:27:06.5	14.177	90.137	25.7	0.4	2.6
1219	20/08/2011 23:31:50.8	14.219	90.253	6.5	0.2	2.9
1220	20/08/2011 23:35:08.5	14.193	90.261	9.1	0.3	3.1
1221	20/08/2011 23:39:39.0	14.211	90.248	6	0.2	3.1
1222	20/08/2011 23:45:59.7	14.172	90.254	12.4	0.2	2.5
1223	20/08/2011 23:56:34.0	14.221	90.249	6	0	2.3
1224	20/08/2011 23:58:08.2	14.222	90.255	6.1	0.2	2.4
1225	21/08/2011 00:03:50.8	14.166	90.267	13.3	0.4	2.8
1226	21/08/2011 00:07:00.6	14.178	90.259	12.2	0.1	2.7
1227	21/08/2011 00:07:46.0	14.207	90.258	6.1	0.1	2.7
1228	21/08/2011 00:08:59.0	14.213	90.256	8.5	0.3	3
1229	21/08/2011 00:15:38.5	14.195	90.253	10.5	0.1	3
1230	21/08/2011 00:41:19.3	14.209	90.254	7.5	0.3	3.3
1231	21/08/2011 01:04:13.1	14.217	90.253	10.6	0.4	3.1

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
1232	21/08/2011 01:11:00.9	14.179	90.271	15	0.2	2.6
1233	21/08/2011 01:14:24.6	14.196	90.253	10.3	0.3	3.3
1234	21/08/2011 01:15:29.5	14.178	90.274	15.3	0.3	2.2
1235	21/08/2011 01:29:46.7	14.216	90.258	9.3	0.4	2.8
1236	21/08/2011 01:40:07.0	14.134	90.28	13.5	0.2	2.9
1237	21/08/2011 01:41:53.6	14.189	90.258	13.7	0.4	2.8
1238	21/08/2011 01:42:47.4	14.222	90.252	8.8	0.2	2.7
1239	21/08/2011 01:46:00.3	14.164	90.269	19.6	0.1	2.1
1240	21/08/2011 01:51:48.3	14.23	90.259	7.7	0.4	2.7
1241	21/08/2011 01:54:43.2	14.178	90.255	11.2	0.3	3.1
1242	21/08/2011 02:06:08.0	14.209	90.227	5.6	0.3	2.9
1243	21/08/2011 02:14:52.8	14.213	90.281	10.6	0	2.1
1244	21/08/2011 02:15:25.0	14.198	90.261	9	0.4	2.8
1245	21/08/2011 02:34:28.0	14.221	90.251	7.8	0.3	3.1
1246	21/08/2011 02:42:47.1	14.217	90.253	8.9	0.3	3.2
1247	21/08/2011 03:37:29.5	14.24	90.29	8.8	0.2	3.2
1248	21/08/2011 03:38:18.6	14.223	90.242	5.9	0.2	3.1
1249	21/08/2011 03:39:58.4	14.219	90.271	7.9	0.3	3.1
1250	21/08/2011 03:43:05.2	14.219	90.255	9.1	0.2	2.6
1251	21/08/2011 04:06:18.8	14.201	90.251	11.1	0.2	3.4
1252	21/08/2011 04:09:29.2	14.214	90.258	8	0.3	3.4
1253	21/08/2011 04:32:17.9	14.219	90.25	6.1	0.1	2.5
1254	21/08/2011 04:32:50.0	14.204	90.255	11.6	0.3	2.6
1255	21/08/2011 04:45:39.3	14.213	90.245	7.3	0.2	2.9
1256	21/08/2011 04:51:47.2	14.17	90.255	11.8	0.3	2.8
1257	21/08/2011 05:06:01.5	14.222	90.273	7.2	0.3	2.6
1258	21/08/2011 05:06:41.7	14.21	90.271	8.6	0.4	2.9
1259	21/08/2011 05:28:02.7	14.212	90.242	8.4	0.3	2.8
1260	21/08/2011 06:12:20.8	14.207	90.223	12.1	0.3	2.7
1261	21/08/2011 07:11:23.0	14.218	90.271	7.5	0.4	2.5
1262	21/08/2011 07:20:12.3	14.191	90.272	9.8	0.5	3.2
1263	21/08/2011 08:22:49.8	14.221	90.258	6	0.3	2.9
1264	21/08/2011 08:53:03.6	14.173	90.25	19	0.2	2.3
1265	21/08/2011 10:53:35.0	14.158	90.263	13.6	0.5	2.6
1266	21/08/2011 13:52:59.2	14.211	90.261	7.7	0.4	3.3
1267	21/08/2011 18:13:12.5	14.185	90.251	12.7	0.3	2.7
1268	21/08/2011 19:17:58.2	14.202	90.259	9.6	0.4	2.9
1269	21/08/2011 19:28:25.3	14.222	90.276	8.2	0.3	3.3
1270	21/08/2011 19:51:14.7	14.217	90.256	8.5	0.4	3
1271	21/08/2011 20:03:26.3	14.216	90.261	8	0.6	2.7

(continúa en la página siguiente...)

...continuación

No	Tiempo de origen	Lat Nº	Lon Oº	Prof (km)	RMS	M_d
1272	21/08/2011 20:19:10.0	14.17	90.258	13	0.3	3.5
1273	21/08/2011 23:17:07.5	14.208	90.252	9.2	0.2	3
1274	21/08/2011 23:23:59.4	14.211	90.241	6	0.2	3.1
1275	22/08/2011 02:07:12.9	14.203	90.228	6.3	0.3	3.5
1276	22/08/2011 02:52:30.1	14.204	90.242	10.8	0.3	2.7
1277	22/08/2011 04:49:07.2	14.229	90.227	10.3	0.2	2.9
1278	22/08/2011 06:45:09.5	14.191	90.263	11.3	0.3	3
1279	22/08/2011 07:30:22.3	14.253	90.274	8.3	0.3	2.9
1280	22/08/2011 07:37:20.5	14.19	90.26	15.2	0.4	2.7
1281	22/08/2011 07:42:12.8	14.184	90.256	11.5	0.4	3.1
1282	22/08/2011 07:49:28.8	14.204	90.249	12.6	0.4	3
1283	22/08/2011 09:43:49.4	14.195	90.229	6.9	0.2	3
1284	22/08/2011 10:39:24.1	14.223	90.24	8.9	0.3	3.1
1285	22/08/2011 12:32:55.5	14.215	90.238	13.6	0.2	2.6
1286	22/08/2011 13:51:43.4	14.226	90.265	6.1	0.1	2.9
1287	22/08/2011 13:52:32.3	14.214	90.228	17	0.1	3
1288	22/08/2011 16:53:19.8	14.216	90.235	11.6	0.3	2.9
1289	22/08/2011 17:05:24.3	14.253	90.288	8.2	0.3	3.1
1290	22/08/2011 17:13:20.4	14.207	90.269	11.1	0.3	3.7
1291	22/08/2011 17:15:59.2	14.186	90.263	9.9	0.4	3
1292	22/08/2011 17:27:26.5	14.206	90.266	9.5	0.3	2.5
1293	22/08/2011 17:29:34.6	14.189	90.253	9.7	0.3	2.9
1294	22/08/2011 17:39:18.8	14.195	90.266	12.1	0.3	3.1
1295	22/08/2011 18:05:18.8	14.195	90.256	9.2	0.3	3.8
1296	23/08/2011 03:55:54.5	14.222	90.306	9.4	0.1	4.3
1297	24/08/2011 04:47:55.8	14.176	90.253	5.2	0.2	4.2
1298	27/08/2011 11:28:04.2	14.211	90.257	6	0.1	4.5
1299	27/08/2011 18:17:52.1	14.17	90.292	11.3	0.4	3.9

(fin del cuadro)

Donde:

Tiempo de origen	Hora en que se generó el sismo en el epicentro (horario UTC, para hora local restar 6 h).
Lat	Latitud (grados norte).
Lon	Longitud (grados oeste).
Prof	Profundidad (medida en kilómetros).
RMS	Raíz cuadrada media.
M_d	Magnitud de la onda coda.