

Estimación de intensidades del sismo ocurrido el 16 de Mayo de 2013 en la localidad de Doña Luisa. Santiago del Estero

Juan A. Castellano¹, Enzo D. Gómez¹, Gisela C. Soriano¹

*(1) Instituto de Materiales Estructuras y Construcciones (IMEC), Departamento de Geología y Geotecnia, Universidad Nacional de Santiago del Estero.
juancast@unse.edu.ar*

*(1) Instituto de Materiales Estructuras y Construcciones (IMEC), Departamento de Geología y Geotecnia, Universidad Nacional de Santiago del Estero.
enzo.david.gomez@gmail.com*

*(1) Instituto de Materiales Estructuras y Construcciones (IMEC), Departamento de Obras Viales, Universidad Nacional de Santiago del Estero.
gcs_31@hotmail.com.ar*

RESUMEN: Acontecimientos de movimientos sísmicos en los alrededores de las Sierras de Guasayán generan alarma y temor en los pobladores de localidades próximas al epicentro o de las ciudades emplazadas circundante a ella. Sin embargo todavía no había antecedentes de curvas de las intensidades de un sismo, por lo que en este trabajo se presenta la información obtenida del último evento registrado de relevancia el pasado 16 de Abril del 2013 cuya magnitud fue M: 4,4; y su foco sísmico a 23 Km de profundidad, (INPRES 2013). Así los datos recabado mediante entrevistas a pobladores y cotejada con la Escala Mercalli Modificada, permitió identificar intensidades en el área epicentral de grado VI -V, variando hasta IV -III, en ciudades ubicadas en las cercanías de la misma, entre esta la ciudad Santiago del Estero, Termas de Río Hondo, etc. También se verifica la necesidad de ratificar la aplicación de las normas CIRSOC 103, (INPRES 2013) para las construcciones en general y particularmente atentos a lo ocurrido en el sismo histórico del 4 de Julio de 1817 cuya magnitud de M: 7,0; e I: VIII; (INPRES 2011) destruyó las construcciones de la época e incluso la antigua catedral de Santiago del Estero.

1. INTRODUCCIÓN

Siendo que en la provincia de Santiago del Estero hay establecidas dos zona sísmicas (INPRES, 2011), se vio en el marco del proyecto “Factores concurrentes en la paleo licuefacción de los suelos durante el terremoto que afectó el casco histórico de la ciudad de Santiago del Estero el 4 de julio de 1817” que se puede aportar un resultado interesante respecto a cómo los pobladores lo percibieron al evento sísmico y catalogar lo más importante que es la intensidad del sismo ocurrido el pasado mes Abril del corriente año. Si bien a partir de que dicha información es importante también para nuestra área de trabajo, permitirá hallar una relación con la aceleración registrada por el terreno ante el paso de las ondas sísmicas, aunque aquí en este trabajo solo se presenta el primero de los aspectos consignados, ya que lo segundo es motivo de

evaluación y requiere de mayor tiempo al que se posee en este momento para lograrlo.

2. METODOLOGÍA

2.1. Objetivo

Establecer estimativamente un mapa de curvas isosístas de la zona del epicentro sísmico ubicada en la localidad de Doña Luisa, Provincia de Santiago del Estero y en los alrededores, a la misma a partir del terremoto que ocurrió el día 16 de Abril de 2013 en dicho lugar.

2.2. Plan de actividades

A los fines de lograr el anterior objetivo las actividades desarrolladas se las agrupa en tareas de gabinete y campo, así entre las primeras, se recabó información y analizaron los antecedentes de resultados obtenidos con el proyecto de investigación antes, que por otra parte también

dentro de estas acciones se realizaron consulta a los periódicos y las redes sociales para recabar las diferentes experiencias vividas por los pobladores de los principales centros urbanos de los alrededores de la Sierras de Guasayán, la elaboración del plan de recorrido a realizar en el campo teniendo presente la disponibilidad de rutas y caminos importantes, la confección de las encuestas, calificación e interpretación de la información de campo recabada a los pobladores del área epicentral, la información del sismo del 16 de Abril del 2013, y aplicación de diferentes opciones del programa SURFER 9 (2007) para construir la cartográfica final resultante y por cierto, la elaboración del presente trabajo

Las actividades de campo correspondieron a la encuesta a los pobladores y relevamiento en general del tipo de material de la vivienda de los mismos. Para esto, se recorrió el área de estudio sobre la base de las localidades preestablecidas en gabinete. Los datos e información se obtuvieron dejando que el poblador exprese su experiencia durante el movimiento sísmico, y prestando atención especial a cómo fueron las reacciones, el comportamiento de animales, particularmente si los objetos colgados o apoyados fueron movidos o derribados de su posición original, ruidos y especialmente si hubo eventuales daños en las construcciones del lugar. Cuando alguno de estos aspectos u otro llamó su atención o sobresalió y claramente lo reafirmada como ocurrido o que la experiencia también la haya compartido con otra persona del lugar se lo puntualizaba debidamente en las anotaciones que se realizaban.

2.3. Antecedentes

Del análisis de la información existente donde se identifican las áreas sismogénicas reconocidas en la provincia de Santiago del Estero (Castellano 2010) ver Fig.1. Por otra parte se conoce que la tectónica de la región andina es controlada principalmente por la subducción de la litósfera formada por la Placa de Nazca (Oceánica) bajo la Sudamericana (Continental) generando los esfuerzos en la zona de Benioff, a diferentes profundidades de la corteza, la zona influenciada por ese desplazamiento generan un número importante de sismos, que han generado terremotos destructivos y la principal fuente sismogénica del Oeste de nuestro país. Sin embargo sismos menos frecuentes se dan en el interior continental que también que pueden ser perjudiciales ya que se localizan cerca de la superficie y afectan a mega estructuras que dan lugar a violentos movimientos, por ejemplo el terremoto histórico que destruyó Talavera del Esteco en la provincia de Salta en el año 1692,

INPRES (2011). Estos sismos denominados intraplaca Tarbuck (2002) ocurren con frecuencia, en las provincias del NOA incluido Santiago del Estero, ver Fig.2., aunque no todos poseen el carácter destructivo como el mencionado.,

Estos sismos denominados intraplaca Tarbuck (2002) ocurren con frecuencia, en las provincias del NOA incluido Santiago del Estero, ver Fig.2., aunque no todos poseen el carácter destructivo como el mencionado anteriormente,



Figura 1. Mapa de la Provincia de Santiago del Estero. Se reconocen dos áreas sismogénicas principales. -1- Área somera e intermedia (centro - oeste) -2- Área profunda (oriental al río Salado)

Las áreas sismogénicas se interpretan como bloques de la litósfera terrestre capaces de moverse súbitamente y generar sismos sin que se pueda determinar la falla geológica que lo generó, si a esta última se la conoce entonces se la identifica como falla sismogénica. En nuestro caso hablaremos de áreas, ver Fig.1, ya que a los fines del presente trabajo es suficiente. Si bien existen fallas en la zona centro Oeste de la provincia de Santiago del Estero, y los sismos son superficiales, se presume su existencia a gran profundidad y son de difícil materialización en la superficie del terreno, ver Fig. 4. Así es que diferenciadas las áreas sismogénicas mencionadas a partir de los epicentros sísmicos registrados durante 105 años (1906 – 2011).INPRES (2011), podemos observar que sobre el particular en la Provincia de Santiago del Estero se reconocen dos áreas sismo genética donde con frecuencia se registran eventos: Una somera e intermedia ($p < 65\text{Km} < 300\text{Km}$), y otra

profunda ($p > 300\text{Km}$). Entre ellas hay un tramo de la zona de Bienoff donde la actividad sísmica registrada es mínima o casi nula, Castellano (2011)

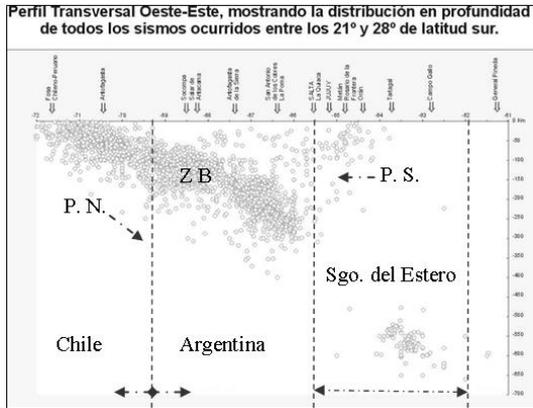


Figura 2. Focos sísmicos configurando la subducción de la Placa de Nazca (PN) debajo de la Sudamericana (PS) y la zona de Wadatti - Bienoff (ZB). INPRES. (2011).

2.4. Características geológicas generales

La zona de estudio se localiza sobre el área sismo genética centro oeste de la provincia, la cual se ubica en los departamentos de Guasayán, Río Hondo, Choya y Capital, entre -27° a -29° de latitud S y -64° y 65° de longitud O, en donde existe la sismicidad de carácter superficial ya que los focos sísmicos se originan entre los 10 a 65 Km., de profundidad, donde el 47% de ellos se ubicaron a 30 - 33km. (Castellano & Bailón (2010), ver Fig.2 y Fig.3.

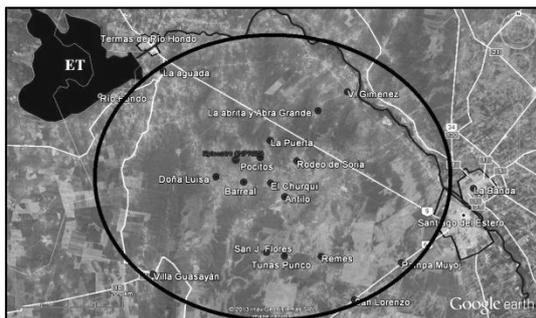


Figura 3: Ubicación del área de estudio y las localidades relevadas en el área epicentral del evento. ET: Embalse Termas de Río Hondo.

En esta zona en general se reconocen 4 ambientes superficiales diferentes como lo indica la fig. 6: afloramientos rocosos en las sierras de Guasayán

(Formaciones ígneas y metamórficas), depósitos yesíferos al oeste (Arcillas rojas y verdes), depósitos aluviales en las cercanías del Río Dulce y depósitos eólicos (limos y limos arenosos) que frecuentemente enmascaran a los mismos. La profundidad del basamento rocoso se relaciona con la cercanía a la sierras de Guasayán en donde el mismo aflora en superficie y en la medida que nos alejamos de las mismas en dirección Norte, Sur, Este y Noreste la profundidad aumenta (Tabla 1).

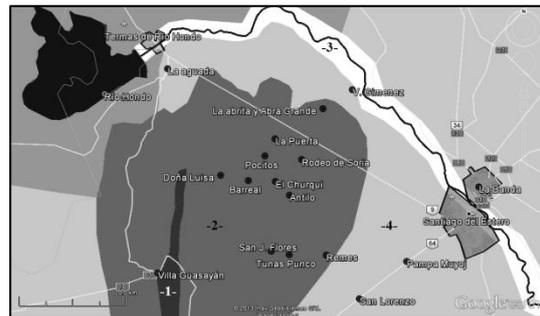


Figura 4. Mapa geológico general de la zona de estudio. Afloramientos: -1- rocoso (gris – negro) -2- yesos (gris – oscuro) -3- Aluviales (blanco) -4- Eólicos. (Gris claros) En negro: Embalse de Termas de Río Hondo.

...“La corteza continental perteneciente a esta área en general es del tipo en escudo”..., Castellano (2010), la cual constituye ... “el ambiente pampeano de las Sierras de Guasayán”..., Lucero Michaut (1979) las cuales están formadas por bloques limitados por fallas meridionales de distensión, que afloraron y por procesos erosivos forman las actuales sierras. Sin embargo...“la mayor parte de ellas están cubiertas de sedimentos más modernos ubicados en discordancia angular y erosiva sobre un basamento cristalino”.... Castellano (2010).

Tabla 1. Profundidades del basamento rocoso para las localidades cercanas a la zona de estudio

Dpto.	Lugar	Profundidad basamento	Material
Capital	San José Flores	697,30 m	Esquistos.
Guasayán	Villa Guasayán	0,00 m	Granitos.
Guasayán	Lavalle	241, 60 m	Gneis.
Guasayán	Cañada Rica	319,80 m	Filitas.
Choya	Frías	316,00 m	Esquistos.

Como este último constituye el mayor volumen de rocas en la corteza, ofrecen una gran resistencia a la rotura mecánica ante los esfuerzos tectónicos que operan en ella, haciendo durante ese proceso que los bloques del basamento se desplacen y allí donde estaban trabados se

rompan de tal manera que, se libera una gran cantidad de energía y por ende generen la actividad sísmica, ver Fig.2 y Fig.4.

2.5. Características sismogénicas.

Por ser la subducción de la Placa de Nazca un proceso continuo, la acumulación de tensiones también lo será y al existir estructuras de menor tamaño y mega estructuras es posible que las primeras posean trabazones menores las cuales al romper potencialmente produzcan sismos moderados (M 4, a 4,5) si los bloques se desplazan entre ellos. ...“En las mega estructuras la relación puede ser mayor por lo que al romperse, son capaces de producir un sismo de característica destructiva similar al histórico del año 1817”... Castellano (2011).

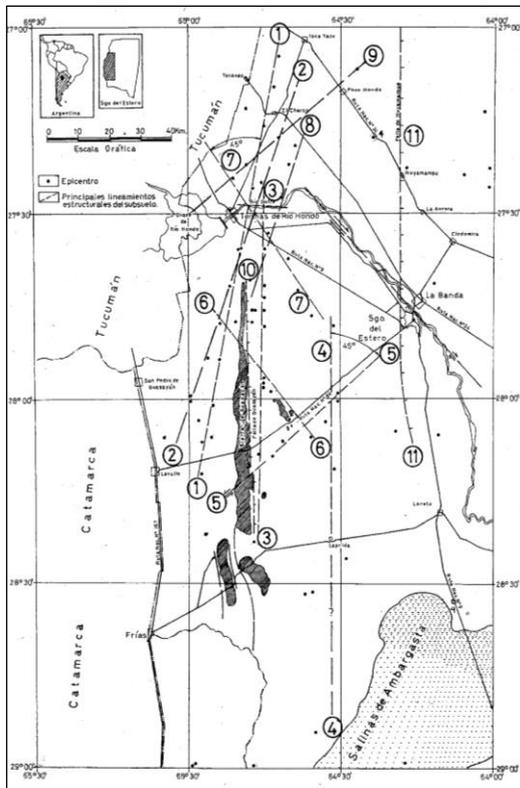


Figura 4. Mega estructuras sismogénicas. Sas. de Guasayán (3), río Dulce, Cerrillos (5-6) y falla de Huyamampa (11). Castellano (2010).

Otro aspecto que mejor permite caracterizar la sismicidad de un área sismogénica es el empleo de la relación de Gutenberg – Richter, la que mediante su aplicación se constató la baja a moderada sismicidad de la misma, Bailón (2010), ver Fig. 5, aunque ello sin embargo no significa que se elimina la posibilidad de que ocurra un

sismo grande, por ejemplo de M 6,5 – 7, y que libere la toda la energía acumulada en la zona.

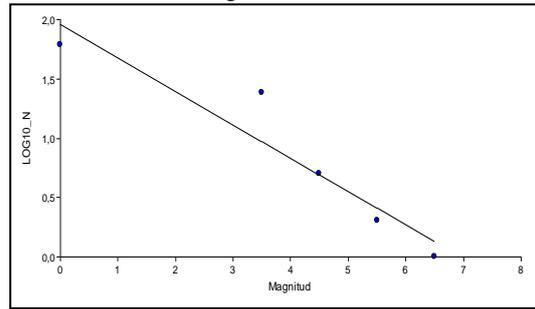


Figura 5: Relación de Gutenberg – Richter permite observar la incidencia de los sismos pequeños respecto a los grandes registrados. En general caracteriza a la zona de moderada a baja sismicidad del área Centro - Oeste. Bailón (2010)

2.6. Relevamientos de campo

La toma de datos e información a recabar se realizó a las localidades seleccionadas para tal fin, Tabla 2 y Fig. 6., haciendo que los pobladores durante las entrevistas narren la experiencia vivida. Durante la misma se hizo el relevamiento constructivo del tipo de vivienda y material empleado

Tabla 3: Localidades relevadas por día.

Día 1 05/06/2013	Día 2 06/06/2013	Día 3 07/06/2013
Pampa Muyoj	La Puerta	Abrita, Abra G
San Lorenzo	Pocitos	Villa Jimenez
Remes	Doña Luisa	Rodeo de Soria
Tunas Punco	La Aguada	El Churqui
San José Flores	Villa Guasayán	Antillo
		Barreal

Una vez finalizada las apreciaciones se procedía con preguntas puntuales o aclaratorias para tener una evaluación de la intensidad del evento, siguiendo lo establecidos en la escala de Mercalli modificada. La encuesta duro tres días, ver Fig6.

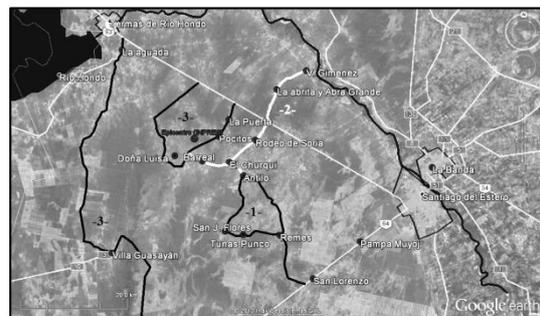


Figura 6: Ruta y localidades relevadas. -1°; -2°; y -3°- día.

2.7. Tratamiento de datos

Se tomó en consideración la cantidad y calidad de relatos recogidos de los pobladores para cada localidad visitada y aquellos que fueran coincidentes en el relato o que expresaran una singularidad particular se le asignó al lugar una valoración de intensidad comparándolos con la escala de Mercalli modificada, ver Tabla 4, la cual categoriza los eventos de acuerdo a la percepción de los habitantes y los daños generados en las construcciones.

Tabla 4. Escala de Mercalli modificada

Grados.	Descripción
I	No se siente. Efectos marginales y de periodo largo de terremotos fuertes.
II	Lo sienten personas quietas en pisos altos o favorablemente situados.
III	Se siente en interiores. Objetos suspendidos se balancean. Vibración como la de paso de camiones livianos. Se puede calcular su duración. Puede no identificarse como terremoto
IV	Se balancean objetos suspendidos. Vibración como la del paso de camiones pesados; o sensación de golpeteo de una bola pesada contra las paredes. Los coches parados se sacuden.
V	Se siente en exteriores; puede deducirse la dirección. Los que duermen se despiertan. Objetos pequeños inestables se desplazan o vuelcan. Se mueven contraventanas y cuadros. Los armazones de madera crujen.
VI	Las personas caminan inseguras. Se rompen elementos de cristalería. Los objetos decorativos saltan de los estantes. Caen cuadros de las paredes. Los muebles se mueven o se caen. El enyesado débil y las construcciones D se agrietan Suenan campanas pequeñas. Árboles y arbustos se balancean o se oyen crujir.

Fuente: Earthquakes: A Primer, B. A. Bolt, San Francisco (1978)

Entre las construcciones observadas durante el relevamiento, podemos decir que en la mayoría de los casos se tratan de estructuras C acompañadas de las D, ver Tabla 5. Salvo algunas excepciones estas últimas no se utilizaban como vivienda, sino que tenían usos secundarios (talleres, depósitos, etc.). Son muy pocas las construcciones observadas con buena elaboración, que se puedan categorizar como B o inclusive A, ya que pudo observar a simple vista la existencia de un diseño sismo resistente. Los daños observados se los apreció en las localidades de la Puerta, Pocitos y Doña Luisa donde se registraron fisuras y desprendimientos en construcciones del tipo D.

Tabla 5. Tipo de construcciones según escala de Mercalli modificada de intensidades

Tipo de Constr.	Especificaciones
A	Elaboración, cementación y diseños buenos; reforzada, especialmente por los lados, y eslabonada por uniones de acero, hormigón, etc; diseñada para soportar fuerzas laterales.
B	Elaboración y cementación buena; reforzada, pero no diseñada para soportar fuerzas laterales.
C	Elaboración y cimentación ordinaria; la debilidad no es tan extrema como para que no se mantengan unidas las esquinas, no es reforzada ni diseñada para soportar fuerzas horizontales.
D	Materiales débiles, como el adobe; escasa cementación; bajos estándares de elaboración; débil horizontalmente.

2.7.1. Datos del evento sísmico en estudio.

El día 16 de Abril del 2013 las estaciones sismológicas del INPRES registraron el sismo según los datos siguientes de la tabla 6.

Tabla 6. Datos publicados por el INPRES.

Día y Hora	Latitud	Longitud
16/04/2013 05:00:09	-27° 41' 56.4"	-64° 41' 52.8"
Profundidad	Escala	Lugar
23 Km	4.4	Sgo del Estero
Intensidad		
La intensidad del sismo en la escala Mercalli Modificada alcanzó el grado III (tres) en Santiago del Estero y localidades cercanas al epicentro.		
Mapa		

Ubicadas en el mapa las coordenadas geográficas proporcionadas por el INPRES el epicentro del sismo principal se ubicó entre las localidades de Pocitos en el Dpto. Capital y Doña Luisa, del Dpto. Guasayán. Ver Fig. 3 y Fig.6. Es importante destacar que a las 08 hs., se registró una réplica del mismo evento pero de magnitud M 2,2 no percibido por la población aunque si registrado por el INPRES (2013), demostrando la continuidad del evento en dicha réplica.

2.7.2. Asignación de las intensidades

La valoración de las mismas para cada localidad visitada en el área epicentral y completadas mediante opiniones recogidas en notas periodísticas locales y redes sociales para las zonas circunvecinas a ellas, permitió asignar valores de las intensidades pero a modo de rangos a las diferentes localidades ya que algunos relatos resultaron imprecisos o indicaban con certeza una sola característica que lo identificaban en tal grado de intensidad de la Escala Mercalli modificada. Esta situación también es lo que llevó a establecer el título al presente trabajo, ya que si el sismo hubiese sido de una magnitud mayor, la abundancia y calidad de datos sería mejor para precisar las intensidades buscadas, no obstante este trabajo es el primero en su tipo para nuestra zona en particular.

Tabla 6: Intensidad por localidades

Localidad	Long.	Lat.	Intensidad
Doña Luisa	-64.734	-27.72	V-VI
Pocitos	-64.651	-27.687	V-VI
Churqui	-64.631	-27.73	V-VI
La Puerta	-64.632	-27.659	V-VI
P. Muyo	-64.383	-27.836	IV-V
Abrita, Abra G.	-64.542	-27.608	IV-V
Tunas Punco	-64.605	-27.852	IV-V
R. Soria	-64.582	-27.693	IV-V
San Lorenzo	-64.472	-27.926	IV-V
Remes	-64.535	-27.853	IV-V
Barreal	-64.682	-27.729	IV-V
V. Jiménez	-64.487	-27.576	IV-V
Antilo	-64.604	-27.753	IV-V
S.J. Flores	-64.639	-27.846	IV-V
La Aguada	-64.834	-27.542	IV-V
V. Guasayán	-64.852	-27.883	III-IV

2.8. Elaboración del mapa de curvas isosísmicas

Asignada la valoración de intensidad a cada localidad relevada, ver Tabla 6, se ubicaron geográficamente en un plano los valores obtenidos dentro del centro geométrico de polígonos irregulares cuyos vértices están formados por los puntos relevados para cada localidad, realizado esto, la construcción de las curvas en si se realizó mediante el software SURFER 9 por interpolación lineal de los datos, y aplicando la opción para el tratamiento con disposición radial de los mismo. De ese modo se generaron las curvas respectivas entre los valores estipulados para cada localidad. Las curvas encierran zonas que registraron iguales rangos de la intensidad, luego se superpusieron con una imagen satelital (Google Earth) donde se

esquematiza la distribución espacial de las mismas respecto al área epicentral, ver Fig. 8.

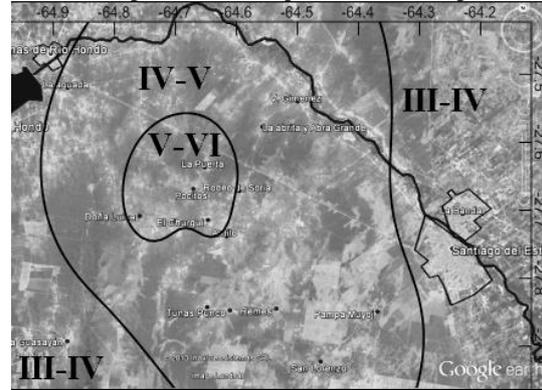


Figura 8. Mapa de curvas isosistas

3. DISCUSIÓN

Analizando la forma asimétrica de las curvas obtenidas junto con la información relevada (Ver Tabla 7) vemos que en Villa Guasayán han relativizado el evento relativizaron en gran medida, por lo que esto plantea tener en cuenta en el análisis los tipos de terrenos, esto es presenta un comportamiento anisótropo ante el paso de las ondas sísmicas por el mismo. Esta diferencia indica el importante rol las características geológicas de la zona ya que a pesar de su cercanía al epicentro con otras situadas a una misma distancia, los pobladores lo dieron como un sismo sin importancia. Ello puede estar relacionado con el tipo de rocas cristalinas que conforman el basamento (Filitas y granitos) de esa zona donde la señal sísmica no sufre una amplificación sísmica González Vallejo (2000) respecto a los depósitos de carácter sedimentario, ver Fig. 4, presentes en la zona epicentral y circunvecinas a ella donde sí se manifestó una mayor amplificación en este tipo de terreno y consecuentemente la percepción del evento puede ser distinta entre los pobladores que habitan en las sierras de los que están alejados de las mismas. Este fenómeno también podría explicar porque las curvas isosísmicas en sentido Norte – Noreste – Sureste se deforman de modo elipsoidal abarcando mayores superficies en dichas direcciones y en donde las distancias entre curvas se ubican casi de un modo proporcional respecto a la zona epicentral, pero que no sucedió en la zona Oeste donde están las Sierras de Guasayán. Otro factor probable es la presencia de una falla ubicada en el basamento cubierto por sedimento, siendo y la dirección consignada sea donde las intensidades fueron mayores ya que se localizan aproximadamente siguiendo la línea de rotura González Vallejo (2000).

4. CONCLUSIONES

Se determinan que las intensidades registradas en la zona epicentral son bastante más elevadas con respecto a lo informado por el INPRES, esto se interpreta a que dicho organismo recoge información que les llega, o consultan vía telefónica, de principales centros urbanos de referencia (Termas de Río Hondo, Santiago del Estero, etc.) pero sin un trabajo de campo más específico en el área del epicentro y que por principio les correspondería realizar, pero que las distancias hacia ese instituto les impone una fuerte barrera para la obtención de la misma.

Tabla 7 Algunos relatos coincidentes

Localidad	Relatos.	I - EMM
Pampa Muyo	Se sintió como si pasara un camión. Se despertaron con el movimiento. Vibraban las ventanas y las puertas. Temblaba la cama. Se asustaron y salieron del interior de sus casas.	IV-V
Pocitos	Se despertaron con el ruido. Salieron de las viviendas, los techos de chapa vibraban hubo desprendimiento de adobe del techo.	V-VI
Dña. Luisa	Se agrietó pared de una casa. Movimiento fuerte y hacia ambos lados. Duración de pocos segundos. Temblaba la cama, se podía establecer la dirección del movimiento. Vibraban las chapas de los techos.	V-VI
Villa Guasayán	El movimiento fue leve como el paso de un vehículo cargado.	III - VI

Ello permite constatar que la torna de la información local complementa mejor a la informada por INPRES y para obtenerla no lleva mucha inversión y donde los beneficios son muy importantes para todos de manera que se pueda contar con registros más completos y confiables que permitan magnificar la actividad sísmica en la región centro oeste de nuestra provincia. También genera conciencia respecto a la necesidad de aplicar normas las sismorresistentes (CIRSOC 103) vigentes para el área sísmogénica estudiada y como modo de contribuir en la prevención de la población ante estos eventos.

Por otro lado quedó en evidencia, de acuerdo al trabajo de campo, las diferentes percepciones que los pobladores han tenido del mismo evento sísmico, según se sintetiza en la Tabla 7. También se constató, que la intensidad con que se sintió el sismo, en la población de Villa Guasayán, fue menor a otras zonas ubicadas a una misma distancia del área epicentral, por lo que este

hecho demuestra que la presencia en superficie del basamento cristalino impide o no se manifiesta una amplificación de la señal sísmica como en las otras zonas ubicadas sobre los depósitos sedimentarios, ver Fig.8.

Este trabajo pretende ser un aporte en lo metodológico al mejor conocimiento de las condiciones del área sísmogénica de la zona Centro – Oeste de nuestra provincia caracterizada como de sismos de foco someros los cuales se ubican cerca de las principales ciudades de la Provincia como Santiago del Estero. La Banda y Termas de Río Hondo, por lo que se constituye en un peligro geológico y de potencial riesgo sísmico para las poblaciones asentadas en esta zona

5. REFERENCIAS

- Bailón E. D., & J. A. Castellano Sismicidad por terremotos superficiales en la provincia de Santiago del Estero entre los paralelos 26° y 29° de latitud Sur y meridianos 64° y 65° de longitud Oeste”. XX Congreso Argentino de Mecánica de los Suelos e Ingeniería Geotécnica. Mendoza. CD: T0012 P: 1, 12, 2010.
- Castellano J. A. & E. D., Bailón La actividad sísmica en la Provincia de Santiago del Estero, áreas sísmogénicas, sismicidad e intensidad de las fuentes. VII Jornadas de Ciencia y Tecnología de la Facultades de Ingeniería del NOA Facultad de Ciencias Aplicadas. UNCA Tomo 1 P. 523- 530, 2011.
- Castellano J. A. & E. D., Bailón. Análisis de la información histórica del terremoto de la ciudad de Santiago del Estero y su importancia para la evaluación macrosísmica en la región sísmogénica de las Sierras de Guasayán. VI Jornadas de Ciencia y Tecnología de la Facultades de Ingeniería del NOA Facultad de Ingeniería. UNJU P: 211-216, 2010.
- Condiciones Geotécnicas - Provincia de Santiago del Estero en http://www.mineria.gov.ar/estudio/irn/sant_estero/IND-cgeo.asp, 2012
- Cruzate, G & C. Angueira, J. Panigatti, Suelos y ambientes de Santiago del Estero. INTA, 2008
- Gonzalez Vallejo L. I. & M. Ferrer, L Ortuño, C. Ortuño Ingeniería Geológica Prentice Hall. P. 665-695, 2000
- INPRES – San Juan - Argentina. Microzonificación sísmica del valle de Tulum. Volumen II. Figuras: 8-10, 1982
- INPRES. Terremotos Históricos; www.inpres.gov.ar/seismology/historicos.php, 2013
- INPRES. Buscador de sismos; www.inpres.gov.ar/buscar_sismo.php, 2013
- Tarbutck E.J. & F.K. Lutgens.. Ciencias de la Tierra. Una introducción a la Geología Física. Prentice Hall. P. 357-382, 2000

