

Geología y Riesgos Asociados a la Traza de la Ruta Nacional Nº 34 Salta-Jujuy

Jorge Juan Marcuzzi y María Isabel Bolli*

jjmarcuzzi@arnet.com.ar, isabelbolli@uolsinectis.com.ar

Resumen

El relieve de las provincias de Salta y Jujuy es el resultado de la interacción de factores de origen geológico, tectónico, estructural y climático, que dieron lugar a las diferentes unidades morfoestructurales que lo conforman, tales como Puna (P), Cordillera Oriental (CO), Sierras Subandinas (SS) y Llanura Chaqueña (LCh). Cada una de ellas se distingue por definir un dominio geoambiental con características propias. En el presente trabajo, interesan las unidades de SS y LCh, debido a que en ellas se concentró la actividad socio-económica de ambas provincias y en especial a lo largo de la traza de la ruta nacional Nº 34, coincidente con el Ramal C16 del Ferrocarril General Belgrano, prácticamente inactivo en la actualidad. A lo largo de esta traza se desarrollaron los principales asentamientos urbanos, lo que la constituyó en el eje de la actividad agro-ganadera, forestal, industrial y petrolera de ambas provincias. La intensa actividad antrópica potencia riesgos relacionados con los factores primigenios del geoambiente.

Palabras Claves: Geología, Geoambiente, Riesgos, Clima, Antrópico

Ubicación y Clima

El área de estudio (Fig. 1), es una franja cuyos límites son: al sur el límite político de las provincias de Salta-Tucumán y hacia el norte el límite de la provincia de Salta con la República de Bolivia.

La estacionalidad de las lluvias en ambas unidades, es uno de los principales factores desencadenantes de procesos geológicos y que determinan los riesgos geoambientales.

* Los autores son Geólogos y tienen a cargo la Cátedra de Geología y Mineralogía Facultad de Ingeniería e Informática Universidad Católica de Salta.



Figura 1: Geología de la Ruta Nacional N° 34

En la Llanura Chaqueña, el clima que impera está definido como tropical semiárido. Es característico del chaco occidental, con precipitaciones entre 700 y 400 mm anuales y que coinciden con altas temperaturas en verano, definiendo un balance hídrico negativo. La humedad relativa y nubosidad son bajas y con alta evapotranspiración. La estación seca, durante el otoño-invierno, a veces es acompañada por heladas. En general el clima es tórrido con rápida evaporación de las precipitaciones.

En Sierras Subandinas, domina el clima tropical serrano; las lluvias son de tipo orográfico, de régimen estival y con pronunciados contrastes según el relieve de las laderas. Las precipitaciones oscilan entre 700-1800 mm anuales y aumentan con la altitud llegando en ciertos sectores hasta los 2.000 mm, donde la evapotranspiración se atenúa.

Geología, morfología y riesgos asociados

Las características actuales del relieve y del paisaje, con los diferentes tipos de riesgos asociados (naturales y antrópicos) están vinculadas a la evolución geológica del área. Esta se inicia con los plegamientos sufridos por el Cratón Brasileño en el Paleozoico y los intensos procesos erosivos del Mesozoico, que originaron peneplanicies en el oeste y cuencas de sedimentación, por hundimiento de bloques, en el este. Luego, en el Terciario la orogenia andina plegó y elevó estos depósitos para dar lugar a la Cordillera de los Andes, y de esta forma parte del antiguo basamento brasileño formó la Puna, Cordillera Oriental y la actual estructura de plegamientos y fallas de las SS. El sector oriental del macizo Brasileño, fracturado y con hundimientos diferenciales, acumuló potentes espesores de sedimentos que luego conformaron la LCh.

En el Cuaternario hubo movimientos de ascenso de las unidades plegadas en el Terciario (Puna, Cordillera Oriental y Sierras Subandinas), donde los cambios climáticos de este período modelaron relieves de piedemontes, extensas rampas, conos y terrazas fluviales, según dominasen fases climáticas áridas o húmedas. La geodinámica cuaternaria influyó en el tipo de sedimentos acumulados en las cuencas de bloques hundidos de la LCh, al reactivar fallas que dieron lugar a cambios del nivel de base de los ríos y de las pendientes del relieve,

aspecto que aporta indicios para comprender el actual sistema de drenaje fluvial no organizado.

El nombre de SS fue empleado por Bonarelli, G.; con un criterio puramente geomorfológico (Mingramm et al. 1979), para el conjunto de serranías subparalelas de rumbo norte-sur que abarcan una importante superficie de las provincias de Salta y Jujuy. Poseen un complejo plegamiento en anticlinales asimétricos, con flancos reducidos por fallas de empuje inversas, donde resalta la estrecha relación entre estructura, litología y formas del relieve, y la relación con los riesgos asociados a su inestabilidad. La caracterización inicial de SS en una sola unidad ha sido revisada y actualmente se la considera conformada por tres elementos: el Sistema de Santa Bárbara al sur, la Depresión de Oran, que es un antepaís o zona cortical estable y poco deformado y las SS al norte (Kley y Monaldi 1999).

El relieve juvenil resultante sumado a la variabilidad del estilo estructural y la litología cambiante, con formaciones del Precámbrico y Paleozoico inferior desde aproximadamente la localidad de San Pedro hacia el sur y Paleozoico superior-Cretácico-Terciario al norte, determinan un factor litológico genético diferencial como generador de riesgos. Por otra parte, la presencia de superficies de despegue permite diferenciar la existencia de una tectónica de base y otra de cobertera entre las formaciones devónicas y cretácico-terciarias; estas últimas poco cementadas y con una importante fracturación conforman macizos rocosos debilitados con laderas inestables.

Es decir que las características litológicas y estructurales de las formaciones definen la potencialidad de generar riesgos en función de la edad geológica. Así, en la Sierra de la Candelaria, las formaciones precámbricas y cámbricas (Formación Medina y Formación Candelaria) conformadas por filitas, pizarras y ortocuarcitas o las formaciones ordovícicas de areniscas y pelitas (Sierra de Santa Bárbara), a pesar de tener fracturación importante y bancos poco potentes, presentan menor peligrosidad de deslizamientos que las formaciones rocosas del Mesozoico-Terciario. Las formaciones del Silúrico-Devónico-Carbónico, revelan similares características de peligrosidad que las terciarias pero por su menor desarrollo areal, el grado de intensidad disminuye.

Los afloramientos del Cretácico, Terciario y Cuaternario conformados principalmente por litologías de calizas, margas, conglomerados poco cementados, arcilitas, fangolitas y lutitas, que geotécnicamente son consideradas rocas débiles (weak rocks), tienen

gran incidencia en la generación de riesgos. Caso del flujo de barro que tuvo lugar en Vespucio en 1984, (González Díaz y Malagnino 1990), en donde a la anomalía climática se asoció el factor litológico de las formaciones Tartagal, Tranquitas y Chaco, conformadas por areniscas, conglomerados de matriz calcárea, fangolitas y pelitas.

En las SS las precipitaciones de carácter intenso, sobre los sedimentos cuaternarios de las áreas elevadas, producen derrumbes, deslizamientos de laderas, arroyadas, depósitos inestables de conos fluviales, y otros fenómenos. La composición granulométrica varía desde grandes bloques en las partes altas y disminuye hacia los bajos de los cauces principales donde predominan arenas-limosas o limos-arenosos y en menor medida arcillas o arcillas-limo-arenosas, con zonas de anomalías texturales como es caso de los suelos vérticos de la localidad de Saucelito, (Marcuzzi 1980).

La LCh es la continuidad de las SS hacia el este, consecuencia de la disminución de la intensidad de los plegamientos. Está conformada por importantes espesores de sedimentos provenientes de la erosión de las serranías del oeste, transportados por los ríos y en menor medida por el viento. Esta puede considerarse como un piedemonte extendido con dominio de materiales finos y arcillas-limo-arenosas a medida que se avanza hacia el este. La LCh, como prácticamente corresponde a una planicie horizontal de escasa pendiente, presenta drenajes fluviales de poca energía por lo que solo transportan y sedimentan una mayor concentración de arcillas.

Regiones Ambientales

Siguiendo el concepto de Geoambiente (Aswathanarayana 1995) la división del relieve en unidades morfoestructurales coincide aproximadamente con el de unidades geoambientales (Marcuzzi et al. 1994), por lo que se consideró interesante adoptar la clasificación realizada por Chiozza (1982), para este sector de la región NOA en: NOA Agroindustrial y Chaco Forestal (Fig. 2), según los cambios producidos por el hombre al modificar el geoambiente para el aprovechamiento de los recursos naturales y la forma de ocupación histórica del territorio; que implica la ocupación continua del suelo, incorporando áreas con mayores pendientes hacia el piedemonte.

Riesgos

Para las dos regiones mencionadas en función del geoambiente se detallan a continuación los principales riesgos asociados con las características intrínsecas de ambas.

Riesgos Naturales

Sismicidad: La subducción de la Placa de Nazca debajo de la Placa Sudamericana en el océano Pacífico, ha determinado que esta área sea considerada una de las de mayor actividad sísmica del planeta (Wigger 1988). En las SS y la LCh la sismicidad aparte de ser un riesgo de gran potencial destructivo es el disparador de otros, como los deslizamientos de laderas y licuefacción de suelos. El INPRES las incluye en las áreas de muy elevada peligrosidad, sobre la base de registros de sismos entre grado VIII y VII. Caso de los registros históricos en las localidades de Orán y Esteco, y modernos de marzo-abril de 2005 en las proximidades de J.V. González. En la LCh la mayoría de los sismos son de foco profundo, situación que amortigua su potencial efecto destructivo.

Neotectónica y fallas activas: La sismicidad tiene relación con fallas activas; este fenómeno no ha sido investigado en profundidad, pero existen indicadores sencillos de su existencia, como lineamientos apenas visibles en sedimentos cuaternarios y escarpas de falla modernas. Las imágenes satelitales muestran, a lo largo de la traza de ruta 34, la presencia de numerosas escarpas de fallas asociadas con deslizamientos de tierra de diversa magnitud. Un ejemplo es la escarpa de falla de la Serranía de La Candelaria, 20 km al sur de Rosario de la Frontera, que afecta un cono aluvial. La sismicidad también queda demostrada por la presencia de numerosos geoindicadores, tal como son las sismitas (Marcuzzi en preparación).

En las imágenes satelitales también se observa que numerosas urbanizaciones se emplazan sobre trazas de falla, caso de Aguaray, cuya falla regional corta el flanco oriental de la sierra de Aguaragüe, o la que existe debajo del cierre del dique Itiyuro. Estas pueden reactivarse y potenciar riesgos de deslizamientos de laderas y corrientes de barro, fenómeno recurrente en la mayoría de los parajes del pie de monte. Como ejemplo se puede mencionar una gran cicatriz que se observa en las nacientes del Arroyo de la Peña, cerca de Tartagal; otra evidente muestra de falla activa por neotectónica es la falla de los Nogales, 45 km al este de Salta, que afecta aluviones modernos.

Geotermia: El área presenta numerosas anomalías geotérmicas (Pesce 1999) que de alguna manera pueden contribuir con la generación de riesgos, caso del deslizamiento de laderas y taludes del Cerro Terma (Marcuzzi y Viramonte 2004), donde se observaron alteraciones en la cohesión de las rocas por efectos hidrotermales, que luego, por la apertura de un camino, la infiltración del agua de lluvias asociada al posible efecto de un sismo originó el deslizamiento. Otro aspecto que puede estar relacionado con el termalismo es la contaminación de aguas y suelos con arsénico, como indican los numerosos registros de actividad geotermal existentes, en las siguientes localidades: Quebrada Caliente en el embalse Itiyuro, Caimancito, El Palmar, Cantera Minetti, El Sauce en Güemes, Aguas Calientes, El Bordo, El Galpón, Rosario de la Frontera y otras. Es posible que este fenómeno se relacione también con la alta concentración de arsénico existente en la LCh, no descartando la influencia de eventos como el vulcanismo en el pasado geológico de la región.

Erosión: Es el proceso más importante que tiene lugar en las unidades del relieve existentes a lo largo de la traza de la ruta 34. Las acciones erosivas más destacadas corresponden a la acción de los ríos principales del área, tales como: Valle-Dorado, Lavayén, Grande-San Francisco, Pescado, Blanco, Bermejo, Seco, Tartagal, Caraparí-Itiyuro, entre otros, con procesos de erosión retrocedente, zapamiento y aluvionamiento. Existe un importante número de cursos pequeños que generan inconvenientes tal como los cortes de ruta, que son consecuencia de flujos de barro que se producen aguas arriba, por la desestabilización de los perfiles de equilibrio fluviales; en algunos casos este fenómeno obedece a que en estos cauces se realizaron explotaciones de áridos. Este fenómeno es muy común a partir de la localidad de Embarcación hasta Salvador Maza.

Uno de los grandes problemas que se están produciendo a nivel regional es la desestabilización de unidades menores del relieve, que se deben considerar como piezas de las unidades morfoestructurales. Entre las más comprometidas se encuentran las serranías de Tartagal. La inestabilidad de la zona se puede apreciar por la existencia de importantes cicatrices correspondientes a centros de alimentación de los flujos de barro y a perfiles de suelos con presencia de carbón o restos de caracoles hasta profundidades de 5,00-6,00 m, indicadores de la existencia de una importante geodinámica donde coinciden numerosos factores.

La erosión hídrica de suelos es otro fenómeno preocupante, dada la presencia de extensas áreas desmontadas, y donde el problema radica, fundamentalmente, en que no se respetan y se alteran los drenajes naturales. Un ejemplo claro de esto es la profunda erosión de banquetas de la ruta 34 consecuencia de la desestabilización de los drenajes de la Quebrada de Galarza (Mosconi); situación asociada con el riesgo anterior, es decir, el gran volumen de material que transporta, obligó a construir una traza alternativa de la ruta mediante un puente elevado, sin resultados positivos. Los problemas de profundización del cauce del río Tartagal son otra consecuencia de esta acción incorrecta. Se puede concluir que la erosión hídrica de suelos es consecuencia de diversas causas como desmontes, monocultivo, urbanizaciones y prácticas inadecuadas, dando lugar a una estado de situación actual que puede considerarse como de deterioro ambiental muy grave.

Inundaciones: Es uno de los fenómenos con mayor frecuencia e impacto socio-económicos en la zona, debido a las crecientes de los ríos por diversas causas, entre las cuales sobresalen las intensas precipitaciones por el fenómeno del Niño. Según un estudio realizado por la Empresa Ledesma S.A., las inundaciones presentan frecuencia de 5-10 y 100 años en gran parte de terrenos de su propiedad, que impactan sobre infraestructura de caminos, canales y suelos cultivables. Se destaca la inundación provocada por el río Bermejo en el año 2000, que afectó la localidad de Embarcación y otras. Existen antecedentes de crecientes anómalas como la del río Caraparí-Iltiyuro, fuera de la temporada de lluvias estivales, en abril de 2005, que afectó el servicio de provisión de agua a numerosas localidades; al igual que las inundaciones en las localidades de Las Lajitas y Metán. La remediación de este problema requiere de análisis integrales, complejos y costosos, de cuencas y microcuencas. La sedimentación de cauces y el cárcavamiento son los procesos más extendidos en el área.

Deslizamientos de ladera y flujos densos: Este proceso posee gran número de registros, caso de los ocurridos en Campamento Vespucio, (años 1984-91-99); Cerro Termas (Rosario de la Frontera), Aguaray, Yariguarenda, Embarcación, Metán, (Salta), los de las localidades de Palma Sola (2001) y Puesto Viejo, y otros menores en Jujuy. La mayoría fue consecuencia de precipitaciones anómalas que produjeron flujos densos y arrasaron poblaciones, donde coincidieron factores geológicos y geomorfológicos. En general la litología de estas localidades está representada por bancos poco consolidados del Cretácico-Terciario yacentes sobre bancos duros y frágiles del Paleozoico, con buzamientos favorables a pendientes abruptas y en zona de actividad sísmica intensa. La acción antrópica también tuvo un efecto sinérgico en el fenómeno.

Cerca de la localidad de Embarcación, sobre la ruta 34, existen varios arroyos cuyos cauces están desestabilizados por la extracción de áridos y la actividad petrolera y generan, todos los veranos, flujos de barro.

El análisis de la remoción en masa de la cuenca del río Caraparí-Itiyuro, por Amengual (1991), concluye que esta se debe a factores geológicos-morfológicos, como ya se expresó antes, y minimiza la acción antrópica, demostrando que las características intrínsecas del geoambiente tienden a la generación de estos procesos. En el sureste de la Sierra de Aguaragüe, Salta (1984), se produjo uno de los fenómenos de remoción en masa más dramáticos, consecuencia de precipitaciones anómalas, con más de 257 mm en cuatro horas (Gonzales Dias et al. 1990), que colapsaron las posibilidades de drenaje en las cuencas de los arroyos Galarza, Lomitas y Gritón, lo que sumado al dominio de laderas de pendientes y litologías inestables, concentraron el flujo de barro que causó graves daños en el piedemonte. El fenómeno se atribuyó a causas antrópicas, pero el autor antes citado, en base a datos históricos sobre la actividad petrolera y la geología, concluyó que el fenómeno se debió a causas naturales constitutivas del área disparadas por una precipitación anómala.

Es común observar a lo largo de la ruta 34 los procesos de remoción en masa que generan avalanchas de detritos, flujos densos y deslizamientos, dependiendo de la magnitud del área o cuenca de aporte, la pendiente, geología y estructura de la misma. En general la fuente se encuentra en las cabeceras de cuenca donde pueden existir afloramientos de rocas compactas pero con alto grado de fracturación y diaclazamiento (PC-Pz), aunque donde afloran formaciones cretácico-

terciarias. En las primeras son más comunes las avalanchas de rocas y en las segundas los flujos densos. Las avalanchas de rocas se observaron en Santa Ana, Valle Colorado, y Parque Nacional Calilegua

Un indicador de la inestabilidad del área, especialmente en el piedemonte, es la presencia de suelos enterrados, con secuencias sedimentarias de texturas y potencias variables, marcadas por horizontes orgánicos con caracoles, carbón vegetal y ramas, (Marcuzzi, 2002). La explosión del Gasoducto Nor-Andino cerca de Oran (Marcuzzi y Rodríguez, 2002) es un ejemplo de la inestabilidad mencionada. Los deslizamientos en las locaciones de los yacimientos petroleros de Ramos y Porcelana, son comunes pero de carácter antrópico. Otro riesgo relacionado con los gasoductos es la salinidad de los suelos que produce la corrosión de los caños. Un fenómeno aun no cuantificado es la contaminación de agua y sedimentos por los manaderos naturales de hidrocarburos.

Riesgos Antrópicos

Los riesgos de origen antrópico son numerosos y con mayor difusión por la sinergia entre medio y hombre, por este motivo se hará una reseña rápida de los considerados más importantes. La dilución de las rocas con que está construido el muro del dique Itiyuro, rocas carbonáticas de la Formación Vitiacua, es un caso de falta de criterio en la selección de geomateriales y han sido causa del asentamiento del muro y filtración del mismo.

La erosión posiblemente sea uno de los procesos más evidentes y desarrollados en toda el área de estudio, y puede decirse que aumenta de sur a norte, especialmente después del río Bermejo, donde existe una mayor presencia de formaciones susceptibles de desagregación por efectos del agua y donde los sedimentos limo-arenosos resultantes son transportados sin dificultad por la acción hídrica. Se producen cárcavas y sedimentación, caso de la colmatación del embalse Itiyuro. La erosión fluvial se potencia por diversas causas, siendo la principal la explotación de áridos o desvío de cauces, riesgo que pone en peligro la estabilidad de las márgenes y produce derrumbes de puentes, rotura de caminos y viviendas edificadas en sus márgenes. Ejemplos de su magnitud se observan en el río Tartagal y en la cuenca de los ríos del Valle-Dorado

Los ascensos del nivel freático por exceso de riego, afectan los suelos de varias localidades situación que significa pérdidas económicas de importancia, caso de Colonia Santa Rosa, Güemes, Metán y otras.

La descarga de efluentes en el medio natural es una constante en toda el área. Entre los lugares más contaminados están el río Caraparí, por efluentes de la destilería de Campo Durán, la Quebrada de Iquirá en Aguaray por descargas de la planta de PanAmerican Energy, más el aporte de los viejos ductos abandonados de YPF. La actividad petrolera también impacta con las piletas de lodos de perforación, restos de rocas (cutting) resultantes de las operaciones de perforación que se encuentran empetrolados, inyecciones de diferente composición, agua salada, aditivos de perforaciones y otros. El aporte de efluentes cloacales desde los centros urbanos es crítico en toda el área, incluyendo los transfronterizos provenientes de Pocitos y Yacuiba, sobre el río Caraparí.

Conclusiones

Los factores que influyen en la generación de riesgos del área de análisis son varios entre ellos la combinación más importante es la relación geoambiente, clima y hombre. Los dos primeros se relacionan con las características geológicas intrínsecas de las dos unidades consideradas. De acuerdo a la diferenciación entre SS, Depresión de Orán y Sistema de Santa Bárbara existen diferencias litológicas en los afloramientos de las formaciones de SS las que cuentan con mayor presencia de rocas bien consolidadas y menor acción antrópica. De esta manera se observa que los indicadores de riesgos tienen menor desarrollo que en la zona sur, desde el río Bermejo hacia Tucumán y ocurre lo contrario hacia el norte, hasta Bolivia.

Algunos autores consideran que en esta zona norte los riesgos de flujos no se deben al factor antrópico, pero es evidente que la actividad petrolera en las serranías de Aguaragüe y San Antonio potencia acciones de riesgo. La acción antrópica es intensa en la parte sur-este de la LCh en el sector de Anta, por el desmonte de grandes extensiones y el monocultivo. La actividad sísmica es una constante en toda la comarca, y con la tectónica se asocia un factor poco considerado hasta ahora como es el termalismo, con el posible aporte de arsénico y otros contaminantes tanto a las aguas como a los suelos.

Es indudable que los factores litológicos, determinantes de las características intrínsecas de las rocas aflorantes, como textura, estructura y propiedades geotécnicas, determinan la aptitud para generar deslizamientos y flujos de barro. Especialmente las rocas pelíticas y areno-limosas y los suelos de este tipo textural reaccionan ante la saturación. Las condiciones mencionadas contribuyen con la meteorización física y la desagregación, ya que por acciones de humectación-deseccación entre periodos secos y lluviosos facilitan la erodabilidad. Esto se observa en especial en las formaciones de origen terciario, que aportan gran cantidad de material para los deslizamientos.

La topografía y zonas de debilitamiento por acción tectónica, potencian el desplazamiento de los sedimentos que se acumulan en las serranías y el piedemonte. El debilitamiento de las rocas por tectónica y sismos, sumado a la infiltración de las precipitaciones, contribuyen al aumento de la presión de poros y de las fuerzas motoras de deslizamientos.

Las condiciones intrínsecas del geoambiente se sinergizan con la acción antrópica y el clima, que juega un papel importante ya que ciertos riesgos aumentan su persistencia en ciclos de mayores precipitaciones, en coincidencia con el fenómeno ENSO, que genera los fenómenos climáticos Niño. La acción antrópica en la generación de algunos fenómenos es puesta en duda por algunos autores, como el caso de los flujos de barro de Vespucio de 1984, pero a nuestro juicio se requiere de un análisis más detallado donde intervenga un mayor número de variables y metódicas observaciones de campo.

Bibliografía

- Aswathanarayana, U., 1995. *Geoenvironment. An Introduction*. Ed. Balkema, Róterdam.
- Amengual, R.E., 1991. "Fenómenos de remoción en Mas en la Cuenca del río Caraparí-Itiyuro". Actas ASAGAI Vol. VI; pp 94-102.
- Chiozza, E. M., 1982. "Las regiones ambientales, en: Atlas Físico de la República Argentina". vol. II. *Atlas Total de la República Argentina*. CEAL.

- González, M.A. y R. Chávez, 1999. "Carta de peligrosidad geológica de la hoja de ciudad Libertador Gral. San Martín, escala 1:250.000, Jujuy-Salta". *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y la Ambiente*, N°13:59-66.
- González Díaz, E.F. y E.C. Malagnino, 1990."El proceso de la remoción en masa: Su incidencia como riesgo geológico natural en el fenómeno del 29-03-84 en el sureste de la Sierra de Aguaragüe, Salta (R Argentina)". *Actas Asoc. Geol. Aplic. A la Ing.*; V:7-18, Buenos Aires.
- INPRES, 1983. *Reglamento INPRES-CIRSOC. Normas Argentinas para Construcciones Sismorresistentes. Parte I Construcciones en General*. INTI ISBN 950 532 039 6.
- Kley, J. y C.R. Monaldi, 1999. "Estructura de las Sierras Subandinas y del Sistema de Santa Bárbara". XIV Congreso Geológico Argentino, Relatorio. T-I, pp 415-425 Salta.
- Marcuzzi, Jorge J., 1983. "Los Vertisoles de la Localidad de Saucelito, Prov. de Salta-Argentina". Consejo de Investigación de la U.N.Sa. *Revista de la Asociación Geológica Arg.*; T-XXVIII n° 3-4,pp 289-298.
- Marcuzzi, J.J.; Wayne W.J. and R.N. Alonso, 1994. "Geologic hazards of Salta, Province, Argentina". 7° International IAEG Congress, Balkema Rotterdam, pp 2039-2048.
- Marcuzzi, J.J. y R.N. Alonso, 1996. "Recurrent Mudflows in Northern Argentina". Congreso de Geología Ingenieril. Engineering Geology and Environment. International Symposium, IAEG Greek Group. ISBN 5410 877 0. Grecia.
- Marcuzzi, Jorge J., 2001. *Estudio geotécnico cruce gasoducto REFINOR, Quebrada del Gritón, Mosconi, Dpto. San Martín, Salta*. Inédito.
- Marcuzzi, Jorge J.; Pablo Rodríguez, Jorge E. Rodríguez y Horacio Gutiérrez, 2002. "Riesgos Asociados con el Geoambiente en la Construcción de Obras de Infraestructura en el NOA, Salta-Jujuy, Argentina". Reunión Consejo de Ingenieros y COREBE Tarija.

- Marcuzzi, J.,J. y J.G. Viramonte, 2004. "Deslizamientos de taludes del Cerro Terma un indicador de Riesgos de la actividad antrópica. R de la Frontera, Salta". Sinergia 2004. Sesión Estabilidad de Taludes. Córdoba, Argentina.
- Mingramm A.; Russo A.; Pozzo A. y L. Cazu, 1979. "Sierras Subandinas. Geología Regional Argentina", Vol. I, pp 95-134. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, Argentina.
- Pesce, A., 1999. "Geotermia". 14° Congreso Geológico Argentino Relatorio 2: 69-98.
- Solís, N.; Ramírez, A.; Chaile W.; Rosas S. y C. Barrientos. "Fenómeno Torrencial del 4 de Abril de 2001, en la Localidad de Palma Sola y Puesto Nuevo, Dpto. Sta. Bárbara, Prov. de Jujuy". XV Congreso Geológico
- Wigger, P.; Parandea, M. y Röwer, P.; 1988: "Investigaciones sísmicas de refracción en el norte de Chile". V Congreso Geol. Chileno, Santiago, Tomo II, F185-F202.