

DATOS PRELIMINARES DE LA EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL ABANICO ALUVIAL DE LIMA Y SUS IMPLICACIONES EN EL ANÁLISIS DE LOS RIESGOS ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO

Villacorta, S.¹ De Torres, T.² Llorente, M.³ Ayala, L.¹ Pérez-Puig, C.² Machare, J.⁴ Benavente, C.¹

1: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, Perú; 2: Universidad Politécnica de Madrid (España); 3: Instituto Geológico y Minero de España; 4: Instituto Geofísico del Perú

RESUMEN

El estudio planteado se refiere al origen y dinámica geológica del abanico de Lima, ubicado en la costa central del Perú. Para prever como se desarrollarían los eventos geo-hidrológicos futuros se busca conocer sus relaciones con los procesos de cambio climático (deglaciación) o tectonismo.

En este artículo se presenta una iniciativa conjunta del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) en convenio con el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), para la investigación de estos fenómenos, en la búsqueda de promover en el Perú las investigaciones sobre paleo-inundaciones.

La metodología a utilizar incluye análisis de fotografías aéreas, ortofotos e imágenes de satélite, elaboración de modelos digitales de alta resolución, levantamiento de columnas estratigráficas; muestreo y dataciones radiométricas.

Los avances realizados hasta la fecha son el análisis de la información disponible y generación de la cartografía geomorfológica preliminar que han permitido dilucidar hipótesis sobre la evolución del abanico y proyectar las siguientes investigaciones.

INTRODUCCIÓN

En la rampa que desciende desde la cordillera de los Andes centrales hacia la costa del Pacífico, donde se encuentra el abanico de Lima, la aridez debe haber sido la principal característica climática desde hace mucho tiempo, como consecuencia del levantamiento de los Andes y la influencia de la corriente de Humboldt (Villacorta et al., 2014). La sequía permanente se pone de manifiesto en la presencia de depósitos de arenas finas, cuya removilización por acción del viento (eólica) requiere condiciones extremadamente secas como las actuales.

El abanico de Lima ocupa áreas pertenecientes a la región de Lima Metropolitana y a la provincia constitucional de El Callao. El paleo-Rímac estuvo ubicado en el suroeste entre Miraflores y el Morro Solar. De acuerdo con Le Roux et al. (2000), el continuo movimiento de la Placa de Nazca permitió la subsidencia y el inicio de una transgresión marina durante el Pleistoceno (1.7 M.a.), seguida por la deposición de conglomerados que representan el re-trabajamiento fluvial de morrenas glaciares. El abanico aluvial de Lima no sólo documenta los cambios tectónicos sino que también registra una combinación de los procesos climáticos. El basculamiento tectónico causó la migración del río Rímac hacia el norte y los canales abandonados del sur fueron rellenados por limolitas y lodolitas (Aleman et al., 2006).

Hoy día se interpreta mayoritariamente que los abanicos aluviales reflejan los continuos procesos de deposición a partir de pequeños conos de deyección, característicos de muchos ambientes de montaña (p.e. Saito & Oguchi, 2005), especialmente en zonas para-glaciales (Ryder, 1971). De acuerdo con Le Roux et al. (2000), las facies del cono aluvial de Lima sugieren un depósito en un ambiente de alta energía dominado por canales entrecruzados que rápidamente cambiaban de posición.

Los objetivos de la investigación principalmente buscan determinar la génesis del abanico del río Rímac y evaluar si su formación responde a cambios climáticos o a tectonismo (subsidencia por actividad de fallas). Para ello se pretende realizar una comparación del depósito de Lima (abanico del río Rímac) con los estudiados en Majes, Nazca, Chincha y Cañete. Del mismo modo se busca evaluar el comportamiento del río Rímac en la parte baja de la cuenca ante lluvias excepcionales como las del evento El Niño Southern Oscillation (ENSO), que generan inundaciones y flujos de detritos. Estos eventos, registrados desde 1911, han generado importantes impactos sociales y económicos afectando incluso al PBI nacional (Miranda & Chavez, 2012).

La metodología a utilizar para cumplir estos objetivos incluye trabajos de gabinete, campo y laboratorio. Los trabajos de gabinete previos incluyen las siguientes tareas: 1) Análisis de las bases geográficas: interpretación de fotografías aéreas, ortofotos e imágenes de satélite. 2) Elaboración de modelos digitales al detalle. Durante los trabajos de campo se realizarán actividades como: 1). Levantamiento de columnas estratigráficas y 2) muestreo de unidades geomorfológicas para obtener sus dataciones numéricas. El levantamiento de columnas estratigráficas además de su utilidad en el registro litológico permite inferir los procesos físicos que dieron lugar a los depósitos del paleo-Rímac expuestos en los Acanuilados de la Costa Verde.

GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

El abanico aluvial del río Rímac, cuyas cabeceras se encuentran en las cumbres más altas de la sierra de la región de Lima (aproximadamente 5,000 ms.n.m.), es una geoforma disectada hacia el oeste por la erosión marina que generó los acantilados de la Costa Verde. La variación granulométrica de los diferentes niveles que lo componen reflejarían las fluctuaciones del caudal en relación con las oscilaciones en las dimensiones de los glaciares de la cordillera de los andes centrales (Villacorta et al., 2014).

Entre los distritos de La Victoria y El Agustino el abanico de Lima está interrumpido por relieves sedimentarios erosionados como los cerros San Cosme, El Pino y La Atarjea que conforman su parte más distal (figura 1). El material del abanico fosiliza además cuerpos de granodiorita y diorita del Batolito de la Costa con edades entre 84 y 102 M.a. (Pitcher, 1977).

La mayor parte del área evaluada corresponde a depósitos de glaciares y abanicos posiblemente coalescentes, que alcanzan centenares de metros de espesor (600 m en su parte más profunda según Arce, 1984), coincidiendo con el cauce y la desembocadura del río Rímac.

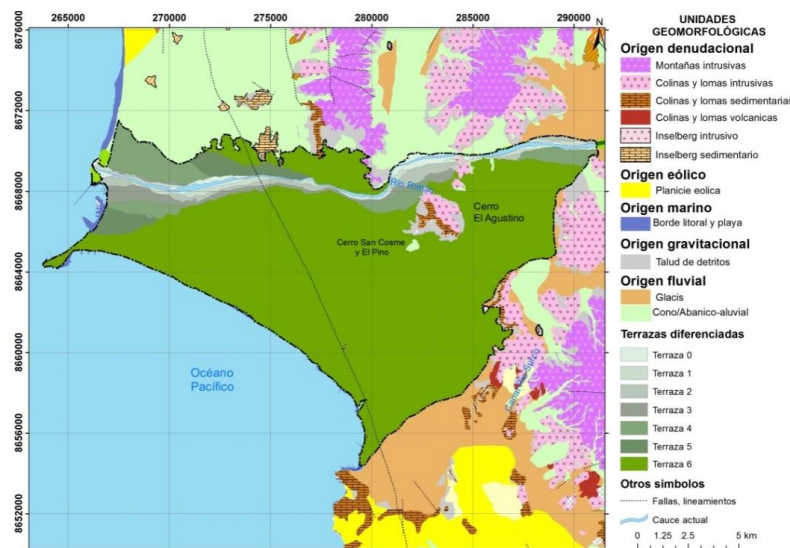


Figura 1. Geoformas identificadas en el área de estudio.

GÉNESIS Y CARACTERÍSTICAS

Cobbing (1982) infiere que la zona central donde se encuentra el abanico de Lima se formó gracias al hundimiento de bloques fallados, no obstante, no se han encontrado evidencias suficientes para confirmar esta hipótesis. Posiblemente al área que ocupa el cono de deyección del río Rímac se formó cuando las condiciones climáticas eran de clima semiárido y podría corresponder al final de un periodo de glaciación.

El registro sedimentario de la sección transversal expuesta en el acantilado proporciona ideas del desarrollo y evolución del depósito que conforma el abanico de Lima, el cual se compone básicamente por facies de flujos aluviales, tales como paleocauces, arroyadas en mantos y travertinos (foto 1).

SECUENCIA SEDIMENTARIA EN EL ABANICO ALUVIAL DE LIMA

La figura 2 muestra la parte basal del abanico consiste de areniscas, limolitas y lodolitas (argilitas). La caída relativa del nivel del mar entre 1.3 - 0.62 M.a. permitió el depósito de conglomerados

granosoportados heterométricos y polimícticos. El deshielo y el desplazamiento de lenguas glaciares hacia altitudes superiores durante estadios cálidos dieron como resultado el depósito de gravas gruesas en abanicos aluviales coalescentes. De acuerdo con Giles et al. (2002), los ciclos menores de manera general presentan secuencias estrato-decrecientes con dominio de facies conglomerádicas que, a su vez se agrupan en secuencias grano-crecientes, típicas de la progradación de abanicos aluviales. Los conglomerados presentan bases erosivas y gradan a areniscas, limolitas y lodolitas según ciclos estrato- y grano-decrecientes. Estos ciclos quedan interrumpidos por horizontes de caliche que representan episodios de no depósito. Las areniscas a menudo rellenan paleocanales y cuerpos lenticulares con estratificación cruzada. Algunos conglomerados están imbricados y no hay ninguna correlación entre tamaño de clastos y el espesor de las capas por lo que se les asocia a flujos de detritos interestratificados con conglomerados (Aleman et al., 2006).

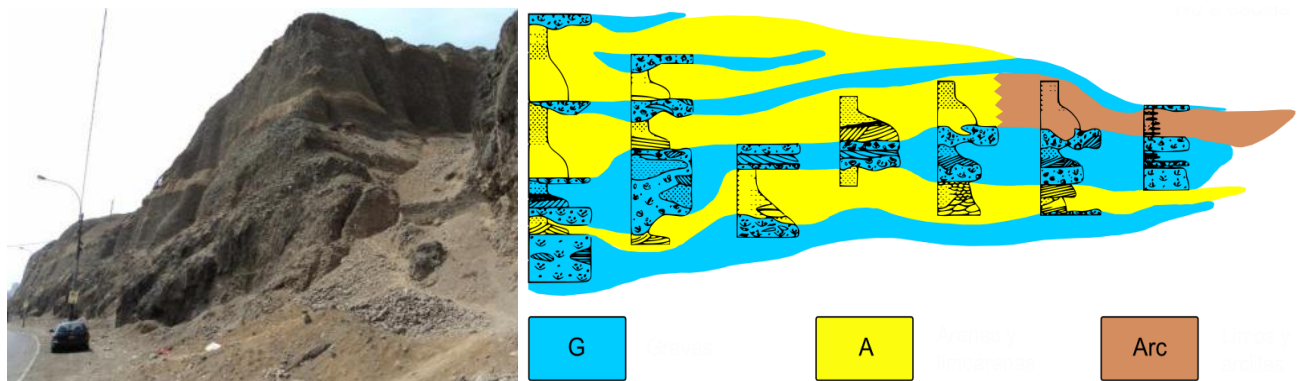


Figura 2. Sedimentos estratificados de la Costa Verde, Lima. G: Gravass, A: arenas y Arc: Limos y arcillas. (Ayala, 2012). En la secuencia se identifica barras arenosas, paleocauces y travertinos en la base. Vista en la Bajada de Armendáriz (fotografía: Luis Ayala).

EDAD DEL ABANICO

Sobre la referencia de Lissón (1907) quien habría descubierto en el techo del abanico de Lima un molar de *Equus curvidens* de edad pleistocena, se ha verificado que la ubicación exacta del fósil molar corresponde a la cuenca del río Mantaro por lo que no se puede asociar al abanico de este estudio. Según Le Roux et al. (2000), el depósito estaría influenciado por el levantamiento causado por la subsidencia de la Dorsal de Nazca durante el Mioceno tardío-Plioceno (5.3 M.a.) que ha sido interpretado como la causa de la incisión profunda del río Rímac; sin embargo es posible que sea más joven y represente el último pulso del levantamiento Andino (Teves, 1975; Aleman et al., 2006).

ANÁLISIS PRELIMINAR DEL PALEOCLIMA

El clima actual del desierto costero de Lima es hiperárido y muy húmedo. En el área estudiada se observa la asociación de procesos morfogénicos con mayor capacidad erosiva, lo que hace presumir que los relieves actuales pueden reflejar que el modelado durante las últimas dos o tres decenas de miles de años indica que las condiciones climáticas semiáridas debieron ser predominantes a lo largo de ese periodo (Villacorta et al., 2014). Según Baker (1977), los ambientes áridos tienden a ser fluvialmente más activos que las regiones húmedas, y se ha demostrado un aumento de dicha actividad en los abanicos, como resultado de aridez climática (Harvey & Wells, 1994), es decir, se produce un incremento en el aporte de sedimentos a los flujos de detritos después de un cambio climático desde muy seco a muy húmedo (p.e. Al-Farraj, 1996).

En la actualidad, la frecuencia de las lluvias de aproximadamente 30 a 50 años (Capel, 1999) y su intensidad no permiten el desarrollo de una cubierta vegetal ni un funcionamiento importante en los conos de deyección en la costa peruana. Sin embargo, el ambiente muy húmedo de neblina según Craig (1968) favorece en las lomas una condensación que permite vivir a la vegetación.

AMENAZAS ASOCIADAS AL CAMBIO CLIMÁTICO

Según el IPCC (2007), las amenazas derivadas del cambio climático incrementarían la frecuencia, intensidad, duración y cambio estacional de ocurrencia de procesos climáticos extremos y los eventos asociados: inundaciones, deslizamientos y los fenómenos El Niño y La Niña (ENSO), así como la

llegada de un nuevo fenómeno: El Dana, con vientos cálidos provenientes del Atlántico, que cruzan la cordillera (cada vez con glaciares más reducidos) incrementando las precipitaciones. Este último evento habría sido el causante del desastre ocurrido en el verano del 2012 en Chosica (Lima) e indicaría que, a pesar de que los eventos de ENSO de 1997-98 y 1982-83 desencadenaron procesos de inundación, erosión fluvial y flujos de detritos, los mismos también podrían producirse en épocas “normales”. Las áreas susceptibles a inundaciones en Lima Metropolitana se han identificado desde el punto de vista geomorfológico y en base al inventario de eventos (Villacorta et al., 2014). Ejemplos destacables de procesos desencadenados por lluvias excepcionales en Lima son las inundaciones en la cuenca baja del río Rímac del año 1970, en que la duración de la lluvia fue de 5 horas y produjo incluso cataratas en la quebrada de Armendáriz en Barranco (Calvo, 2012); en 1982-1983 las lluvias afectaron al sector de Carmen de la Legua, o las inundaciones producidas en febrero de 1998 de la quebrada Huaycoloro que afectaron al centro de Lima, así como los flujos de detritos en Chosica del 2012.

DISCUSIONES

Sobre la edad del abanico, aunque no existen dataciones que permitan conocer las edades de los niveles que pueden diferenciarse en los acantilados de la Costa Verde, las evidencias geomorfológicas de la sierra indican que las montañas y el Altiplano estuvieron cubiertos por capas de hielo durante el Pleistoceno final. Por lo tanto, el deshielo debe haber alimentado cursos fluviales durante periodos prolongados.

A pesar de que el contexto regional parece idóneo para los ciclos de aluvionamiento y encajamiento que construyen en otros dominios morfoclimáticos amplias llanuras aluviales, en la región de Lima Metropolitana, apenas se han diferenciado 6 niveles de terrazas (Figura 1) cuyo desarrollo está limitado a un estrecho borde entorno al río Rímac. La mayor parte del piedemonte de las estribaciones andinas está ocupado por el abanico de Lima y glaciares.

PERSPECTIVAS DE LA INVESTIGACIÓN

La clave de la investigación es el realizar una comparación del abanico de Lima con los estudiados en Majes (Steffen et al., 2010), Nazca, Chíncha y Cañete. En estos trabajos se ha determinado que existe una elevada erosión cuaternaria ligada al cambio climático, expansión del lago Titicaca y similares en el Altiplano. Los principales desafíos del proyecto, se refieren a la integración de la investigación dentro de los modelos geomorfológicos y sedimentológicos más amplios en la costa peruana. Además, se necesita observar la asociación del abanico con sus factores morfoclimáticos, lo que se relaciona con el debate sobre la relación del clima, tectónica y cambio de nivel de base en las antiguas secuencias de sedimentos de los abanicos aluviales. Otros estudios sobre abanicos aluviales del Cuaternario reconocen en la tectónica un control primario para su ubicación y entorno, sin embargo en tales investigaciones las secuencias de los materiales depositados responderían principalmente a controles climáticos (Harvey & Wells, 1994).

Para el caso del abanico de Lima, las evidencias de control tectónico se podrían determinar observando si el encajamiento del cauce sigue algún patrón, o si el abanico presenta asimetría; así como en su relación respecto al abanico del río Chillón, adyacente por el lado norte, el cual podría estar relacionado a un control estructural neotectónico. Una descripción pormenorizada de los materiales y sus relaciones espaciales irán aportando más ideas al respecto. En base al levantamiento de columnas estratigráficas sobre todo en los paleocauces encontrados (como el del río Surco) y dataciones numéricas que podrían correlacionarse con datos registrados en sedimentos de lagos y barbas glaciares, morrenas y lagunas de origen glaciar se podría obtener información de gran interés para conocer la evolución del clima y sus efectos en esta región de Sudamérica.

CONCLUSIONES

- El proyecto pretende contribuir a las investigaciones sobre Geomorfología y paleo-inundaciones en el Perú.
- El proyecto, permitirá generar herramientas útiles para la ordenación del territorio, la prevención de desastres y el conocimiento geológico del área de Lima.
- Los avances preliminares incluyen la cartografía geomorfológica de detalle y levantamiento de columnas estratigráficas en los acantilados de la Costa Verde.

REFERENCIAS

1. Ayala 2012. Presentación en Power Point, Miércoles Geológicos. Sociedad Geológica del Perú. Agosto, 2012.
2. Aleman, A., Benavides, V., León, W. 2006. Estratigrafía, Sedimentología y evolución tectónica del área de Lima. Guía de campo N°11 (Segunda Edición), p: 10 – 14, 46 – 56, 90 – 91.
3. Al-Farraj, A. 1996. Late Pleistocene geomorphology in Wadi A1-Bih, northern U.A.E. and Oman: with special emphasis on wadi terraces and alluvial fans. PhD Thesis, University of Liverpool.
4. Baker, V., 1977. Stream channel response to floods, with examples from central Texas. Bulletin of the Geological Society of America, 88, 1057-1071.
5. Arce, J. 1984. Estructura geoelectrica del subsuelo Rímac-Chillón. En: Sociedad Geológica del Perú, Volumen jubilar LX Aniversario, homenaje al Dr. Georg Petersen G. Lima: Sociedad Geológica del Perú, fasc.1, 12 p.
6. Calvo, E. 2012. Presentación en Power Point, Proyecto LiWa. Universidad Stuttgart 2012.
7. Capel, J. 1999. Lima, un clima de desierto litoral. Anales de geografía de la universidad complutense. Madrid. 19 p: 25-45.
8. Cobbing, E. 1982. The segmented Coastal Batholith of Peru; its relationship to volcanicity and metallogenesis: Earth Sci. Rev., v18, p:241-251.
9. Craig, A. 1968. Marine desert ecology. Office of Naval Research. Geography branch 213 p.
10. Giles, B. Moroco R., y Jacay, J. 2002. Depósitos de ríos trenzados conglomerádicos del abanico aluvial del río Rímac. IX Congreso Peruano de Geología. Resúmenes. P. 25.
11. Harvey, A. & Wells, S. 1994. Late Pleistocene and Holocene changes in hillslope sediment supply to alluvial fan systems: Zzyzx, California. In: MmLIN6TON, A.C. & PYE, K. (eds) Environmental Change in Drylands: Biogeographical and Geomorphological Perspectives. Wiley, Chichester, 67-84.
12. IPCC, 2007. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: R.K. Pachauri and A. Reisinger (Editors), Geneva, Switzerland, pp. 104.
13. Le Roux, J., Tavares Correa, C. & Alayzac, F. 2000 - Sedimentology of the Rímac-Chillón alluvial fan at Lima, Peru, as related to Plio-Pleistocene sea-level changes, glacial cycles and tectonics. Journal of South American Earth Sciences, 13: 499-510.
14. Lisson, 1907. Geología de Lima y sus alrededores, imprenta Gil, Lima.
15. Miranda, L & Chávez, S. 2012. Perfil y escenarios climáticos de Lima Metropolitana. Actualidad Gubernamental, N° 50
16. Pitcher, W. 1977. The Anatomy of a batholith. Journal of the Geol. Soc. Of London. Vol. 135. Part 2 pp. 157-182 – Londres-UK
17. Ryder, J. 1971. The stratigraphy and morphology of paraglacial alluvial fans in south central British Columbia. Canadian Journal of Earth Sciences, 8, 279-298.
18. Saito, K. & Oguchi, T. 2005. Slope of alluvial fans in humid regions of Japan, Taiwan and the Philippines. Geomorphology, 70, 147-162.
19. Steffen, D. Schlunegger, F., Preusser, F. 2010. Late Pleistocene fans and terraces in the Majes Valley, southern Peru and their relation to climatic variations. Int. J. Earth Sci (Geol Rundsch) 99: 1975-1989
20. Teves, 1975. Aspectos sedimentarios y estructurales del sector costanero frente a la dorsal de Nazca. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú. Tomo 50, p: 87-98.
21. Villacorta, S.; Núñez, S.; Benavente, C., Pari, W.; Fidel, L. (2014) - Peligros Geológicos en el Área de Lima Metropolitana y la región Callao. Boletín 59, Serie C. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. En edición.

Sandra VILLACORTA¹, Trinidad DE TORRES², Miguel LLORENTE³, Luis AYALA¹, Cosme PÉREZ-PUIG², José MACHARÉ¹ y Carlos BENAVENTE¹

1: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Av. Canadá 147 0, San Borja, Lima (Perú), svillacorta@ingemmet.gob.pe 2: Universidad Politécnica de Madrid (España) 3: Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Calle Ríos Rosas 23, 28003 Madrid (España) 4: Instituto Geológico del Perú (IGP), La Molina (Perú)

INTRODUCCIÓN

La región de Lima Metropolitana y la provincia constitucional de El Callao se ubican sobre un abanico aluvial. Esta geomorfología deposicional se interpreta como producto de la interacción entre eventos tectónicos (levantamiento andino) y climáticos (fluctuaciones relacionadas con las glaciaciones) que pueden haberse iniciado desde el Mioceno tardío (Noble et al. 2009, Le Roux et al. 2006). Otros estudios sobre abanicos aluviales del Cuaternario reconocen en la tectónica un control primario para su ubicación y entorno, sin embargo en tales investigaciones las secuencias de los materiales depositados responderían principalmente a controles climáticos (Harvey & Wells, 1994).

En este trabajo se presentan resultados preliminares de un estudio integral dirigido a reconstruir la evolución geomorfológica del Abanico de Lima y las manifestaciones tectónicas y climáticas actuales (sismos y cambio climático) para prever futuros eventos geodinámicos en su entorno que puedan afectar la seguridad de Lima Metropolitana, la ciudad capital del Perú.

METODOLOGÍA



DATOS PRELIMINARES

En base a la caracterización estratigráfica (foto 1, figura 1), geomorfológica (figura 4) y análisis geofísico (figura 3) se determinó que el abanico de Lima tiene una geometría asimétrica, siendo la parte central más espesa. Las características de los materiales del abanico observados en el acantilado de la Costa Verde evidencian la intercalación de episodios fluviales con gravitacionales. Los rasgos geomorfológicos (encajonamiento de terrazas aluviales, erosión diferencial) y geofísicos indican una migración del canal principal hacia el norte, dejando cañales abandonados que fueron rellenados por limolitas y lodolitas (Aleman et al., 2006, figura 3).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El levantamiento de la costa podría ser consecuencia de la acción de la Dorsal de Nazca (Mioceno superior) que permitió la deformación de la superficie costera y migración de los cauces en respuesta a dicho levantamiento. Esto habría causado el basculamiento tectónico del río Rimac, mientras que la sedimentación de los depósitos aluviales estaría ligada a variaciones climáticas en el Altiplano que produjeron lluvias, expansión glacial y consecuente erosión. Para determinar dicho control tectónico se tomarán datos del encajonamiento del cauce siguiendo algún patrón, o si el abanico presenta asimetría; así como en su relación respecto al abanico del río Chillón, ubicado de forma adyacente al norte, el cual podría estar relacionado a un control estructural neotectónico.

En base al levantamiento de columnas estratigráficas y dataciones numéricas se pretende conocer la evolución del abanico en relación a sus factores morfológicos, lo que se relaciona con el debate sobre la tectónica en el área investigada y cambio de nivel de base en las antiguas secuencias de sedimentos de los abanicos aluviales y los efectos que causaron en esta región.

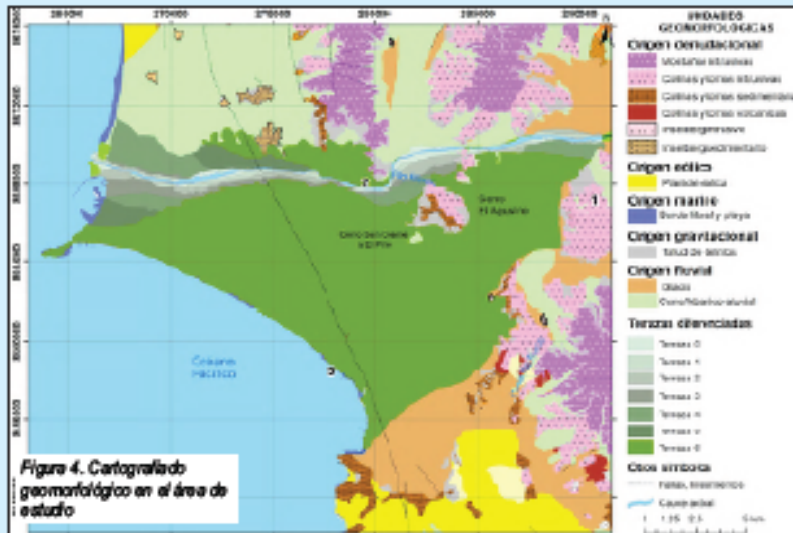


Figura 4. Cartografía geomorfológica en el área de estudio



Foto 4: Cárcavas en acantilados de la Costa Verde (Miraflores, Lima).

PERSPECTIVAS

Con la finalidad de correlacionar con procesos tectónicos y/o climáticos, se propone emplear métodos geocronológicos que permitan estimar la edad de estos depósitos y de las deformaciones de la superficie. Los futuros trabajos buscan realizar una comparación de dichos materiales con los estudiados en Mejías (Steffen et al., 2010), Nazca, Chíncha y Cafete, los cuales han determinado que existe una elevada erosión cuaternaria ligada al cambio climático y a la expansión del lago Titicaca y similares en el Altiplano.

Los principales desafíos del proyecto se refieren a la integración de la investigación dentro de modelos geomorfológicos y sedimentológicos más amplios en la costa peruana. Asimismo se plantea realizar modelos que permitan estimar el clima en los últimos millones de años para así poder establecer variaciones en el clima actual (figura 5).



Figura 5: Precipitación media anual en el área de estudio (MAP 2018)

REFERENCIAS

Ayala, L. & Macharé, J. 2011. Sociedad Geológica del Perú, 36, pp 1-26.
 Aros, J. (1984) - Estructura geológica del subsuelo Rimac-Chillón. En: Sociedad Geológica del Perú. Volumen Jubilar LX Aniversario, homenaje al Dr. Georg Petersen G. Lima: Sociedad Geológica del Perú. fasc1, 12 p
 Aleman, A., Benavente, V., León, W. 2006. Estratigrafía, Sedimentología y erosión tectónica del área de Lima. Cuña de campo N° 11 (Segunda Edición) p: 10 - 14, 46 - 56, 90 - 91.
 Harvey, A. & Wells, S. 1994. Late Pleistocene and Holocene changes in fluvial sediment supply to alluvial fan systems: Zayza, California. In: Millington, A.C. & Pye, K. (eds) Environmental Change in Drylands: Biogeographical and Geomorphological Perspectives. Wiley, Chichester, 67-86.
 Instituto Meteorológico de Perú (2008). Atlas Ambiental de Lima. Lima: Municipalidad Metropolitana de Lima, 160 p. Disponible: Biblioteca IMP
 Le Roux, J., Tassara Correa, C. & Ayazac, F. 2000. Journal of South American Earth Sciences, 13: 469-510.
 Noble D.C.; Wise J.M.; Zarek I.K.A.; Vidal C.E. & McKee E.H. (2009). Late Miocene age of 'Cuaternario' conglomerate and gravel of the coastal plain of Central Peru and other evidence bearing on the Neogene evolution of the Pacific slope of the Peruvian Andes
 Steffen, D., Schirmer, F., Passer, F. 2010. Late Pleistocene fans and terraces in the Mejías Valley, southern Peru and their relation to climatic variations. Int. J. Earth Sci. (Geol. Rundsch) 99: 1575-1589.
 Villacorta, S.; Núñez, S.; Benavente, C., Perí, W.; Pineda, L. 2014. Peligros Geológicos en el Área de Lima Metropolitana y la región Callao. Boletín 59, Serie C. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. En edición.



Foto 1: Vista en la Bajada de Amanáncés (Ayala y Macharé, 2011)

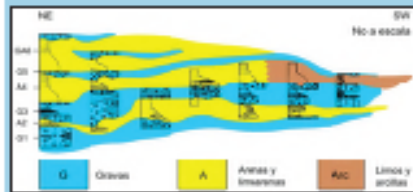


Figura 1: Generalización de secuencias estratigráficas observadas en acantilados de la Costa Verde. G: Gravas, A: arenas y Arc: Limos y arcillas. (Ayala y Macharé, 2011) En la secuencia se identifican en la base bases gravo-arenosas que gradan a limolitas y lodolitas en dolos estratos granodiosos. Se observan paleocauces y travertinos que representan episodios de no depósito.



Figura 2: Mapa estructural de Lima Metropolitana (Villacorta et al., 2014)



Figura 3: Isobatas de los depósitos del abanico de Lima. En la zona central el espesor alcanzaría los 600m. y hacia los bordes en 250 y 300 m (Aros, 1984).