

## REVISÃO SOBRE A ORIGEM DA FORMAÇÃO MOQUEGUA

Edwin Iván Namicela Gualán<sup>63</sup>  
Julio César Bizarreta Ortega<sup>64</sup>

### Eixo Temático IV: Dinâmica do Sistema Terra, geotecnologias e ensino de geografia

**Resumo:** A bacia sedimentar de Moquegua é uma região árida localizada no Sul do Perú e norte do Chile. Cidades e populações de esta região têm apresentado problemas de solos expansivos, solos erodíveis, e fluxo de escombros. O estudo da origem da Formação pode ajudar no entendimento dos problemas geomorfológicos e geotécnicos atuais que afetam povoados e cidades. Por esse motivo o presente artigo tem como objetivo realizar uma revisão da literatura sobre a sequência de deposição de sedimentos e a elevação dos Andes que deu origem a Formação Moquegua, principalmente baseado nos desenhos de blocos da geomorfologia no tempo propostas por Decou et al., (2013). O trabalho mostra a sequência temporal das deposições dos sedimentos desde 50Ma até 4 Ma, no decorrer do trabalho é mostrado em destaque a formação da cordilheira ocidental, assim como a cadeia de vulcões, que são parte da origem dos sedimentos depositados na bacia sedimentar de Moquegua. Os ambientes de deposição relativos à formação da bacia sedimentar são de tipo lacustres e fluviais de baixa velocidade, até fluviais de alta velocidade,

**Palavras-chave:** Formação Moquegua; bacias sedimentares andinas; bacia de Moquegua.

### Introdução

A bacia sedimentar de Moquegua compreende uma grande área localizada no Sul do Perú e norte do Chile (Figura 1). Cidades e povoados assentados em esta região, tem apresentado problemas de solos expansivos (SALAS, 2003), erodíveis (PREDES, 2004), deslizamentos e fluxos de escombros (VIZCARRA, 1986). O estudo da origem da formação pode ajudar a entender os problemas atuais, no intuito de garantir a planificação no futuro crescimento das cidades e povoados. Na atualidade a região é considerada de clima árido e hiperárido (GUERRERO et al., 2013), mas eventos excepcionais de chuva nos últimos anos estão causando problemas de instabilidade nos materiais da mencionada formação.

---

<sup>63</sup> Discente. ILATIT-UNILA. edwin.gualan@aluno.unila.edu.br.

<sup>64</sup> Professor. ILATIT-UNILA. julio.ortega@unila.edu.br.

Cronologicamente, a Formação Moquegua pertence a uma sequência de deposições de sedimentos que datam de 50 Ma a 4 Ma (SEMPERE et al., 2004; ROPERCH et al., 2006). Trata-se de sedimentos siliciclásticos e vulcanoclásticos de origem continental (DECOU et al., 2013; THOURET et al., 2007), sedimentos lacustres, fluviais e evaporíticos (MAROCCO; NOBLET, 1990).

As publicações de maior antiguidade dividem a mesma em Formação Moquegua Superior (Moqs) e Formação Moquegua Inferior (Moqi) (BELLIDO, 1979; MARTINEZ; ZULOAGA, 2000). Publicações mais recentes, dividem a formação Moquegua em quatro partes de deposição, MoqA, MoqB, MoqC e MoqD (DECOU et al., 2011). A Formação Moquegua inferior aproximadamente foi dividida em Moquegua A e B, e Formação Moquegua superior em Moquegua C e D (SEMPERE et al., 2004; ROPERCH et al., 2006; THOURET et al., 2007).

O objetivo de este artigo é realizar revisar a sequência de deposições que deram origem a formação sedimentar de Moquegua, em torno da proposta de Decou et al., (2013).

**Figura 1:** Localização da Formação Moquegua, no Sul do Perú.



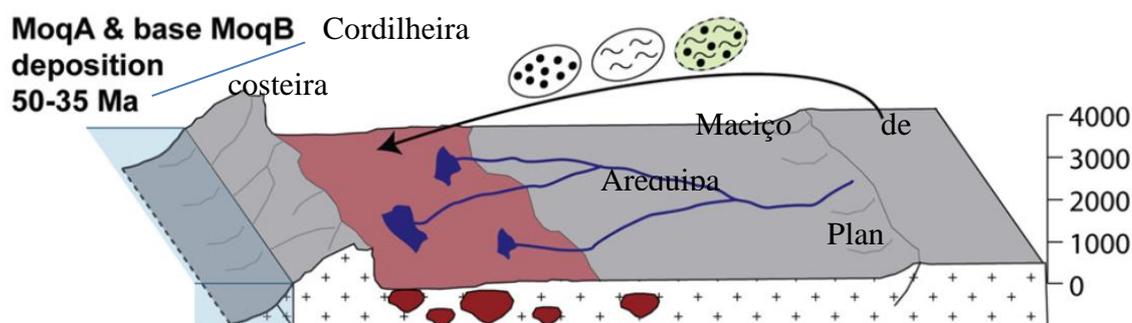
Fonte: Google Earth e delimitação baseada no Decou et al., (2011)

## Origem da Formação Moquegua

Processos tectônicos do Paleoceno formaram uma depressão alongada e paralela ao pacífico sul do Perú (MAROCCO; NOBLET, 1990), As deformação e elevações andinas começaram de forma incipiente formando lentamente a cordilheira ocidental e a cordilheira costeira a uns 50 Ma (ELGER et al., 2005). A evolução geodinâmica da região que deu origem a Formação Moquegua, é tratado pelo Decou et al., (2013) em formas de blocos no sentido W-E, a construção de estes blocos é baseado com base a estudos de proveniência tratado em Decou et al., (2011) e Decou et al., (2013). Estas sequências serão usadas para a explicação dos processos geodinâmicos na região sul do Perú.

Um ambiente de deposição lacustre-fluvial pode-se observar na Figura 2, tudo isso devido a que a Cordilheira Costeira impedia os rios chegar até o Oceano. Em estas condições os sedimentos se foram acumulando formando a unidade de deposição denominado Moquegua A (MoqA). Segundo Decou et al., (2013) está unidade mostra partículas de sedimentos paleozoicos procedentes da erosão dos sedimentos ordovicianos do Planalto e do Maciço de Arequipa (gnaisses). A característica principal do ambiente de deposição é lacustre, com presença de rios de baixa velocidade, o esquema do recorrido é mostrado na Figura 2, devido a sua baixa velocidade é possível a formação de meandros nos mencionados cursos de água. Dessa forma os sedimentos depositados entre 50 Ma e 35 Ma, são predominantemente de grão fino, que deram origem a rochas sedimentares detríticas desde argilitos até arenitos (principalmente). A cordilheira costeira impedia o avanço dos materiais depositados para o ambiente marinho, favorecendo sua acumulação em lagos e lagoas. Os processos de elevações tectônicas do Planalto e Cordilheira Ocidental aumentaram entre 46 e 38 Ma (SEMPERE et al., 2008), E com isso em este mesmo período, houve um aumento gradual de energia hidráulica dos rios, o que levou a transportar partículas de areia, e possivelmente em eventos excepcionais de chuva, pelos fluxos de escombros foram transportado cascalhos.

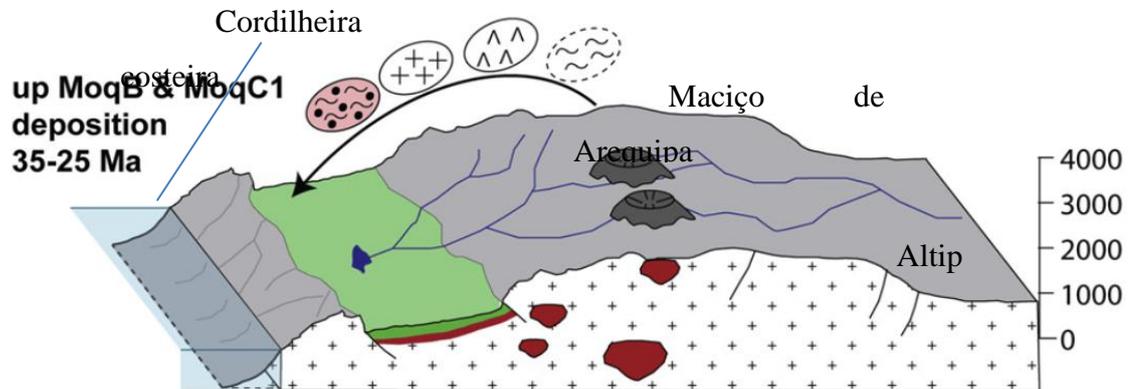
**Figura 2:** Ambiente da bacia de Moquegua de 50-35 Ma.



Fonte: Decou et al., (2013)

Segundo Decou et al., (2013) existe uma interrupção do aporte de materiais do Planalto e o maciço de Arequipa, aproximadamente a 40 Ma, e entre os limites de Moquegua A e B. Com uma maior elevação da cordilheira ocidental pelos processos tectônicos, houve um aumento na velocidade de transporte dos rios da cordilheira emergente para a nova bacia. A segunda camada de deposição denominada Moquegua B por Decou et al., (2013), mostra além dos arenitos, espessas camadas de conglomerado observadas nos depósitos de MoqB mostrando zonas com um intenso sistema fluvial de elevada energia (Figura 3). No vale do Rio Salado, entre os povoados de Mirave e Ticapampa é possível observar uma grande quantidade de conglomerados, que mostram uma atividade fluvial mais intensa (Figura 4). Outra característica de esta etapa é que além do tectonismo, o vulcanismo é ativo mediante o vulcânico Tacaza (MAMANI et al., 2010). Por esse motivo os detritos transportados pelas torrentes são também de origem vulcânica, além de outros Orígenes como do intrusivo e do Maciço Arequipa (gnaisses). Em esta etapa, a Cordilheira Costeira ainda continua evitando a passagem dos sedimentos para o oceano.

**Figura 3:** Ambiente da bacia de Moquegua de 35-25 Ma.



Fonte: Decou et al., (2013)

**Figura 4:** Afloramento de conglomerado polimítico da Formação Moquegua B frente ao povoado de Mirave, margem esquerda do Rio Salado.



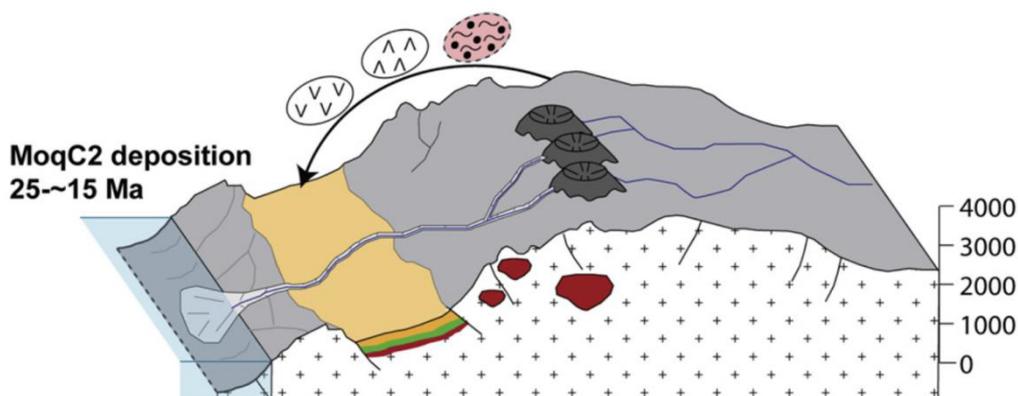
Fonte: Acervo dos autores

As deposições MoqC e MoqD foram em ampla lhanura por ação de fortes correntezas geradas devido ao aumento do nível da Cordilheira Ocidental e com intensa

atividade vulcânica (BELLIDO, 1979). O ambiente principal é fluvial de elevadas correntezas com alguns setores lacustres (MAROCCO et al., 1985; SEMPERE et al., 2004).

O período correspondente a Moq C, se dá com os andes ainda a uma altura menor que 4000 msnm, e segundo Mamani et al., (2010) durante a atividade do Vulcânico Huaylillas e Tacaza. A erosão dos maciços erguidos e os depósitos vulcânicos recentemente depositados, logo do processo de transporte até a bacia de Moquegua (Figura 5), deram origem aos conglomerados polimíticos, arenitos quartzosos com matriz de origem vulcânica, argilitos lacustres, tufos vulcânicos (MAROCCO; NOBLET, 1990).

**Figura 5:** Ambiente da bacia de Moquegua de 25-15 Ma.

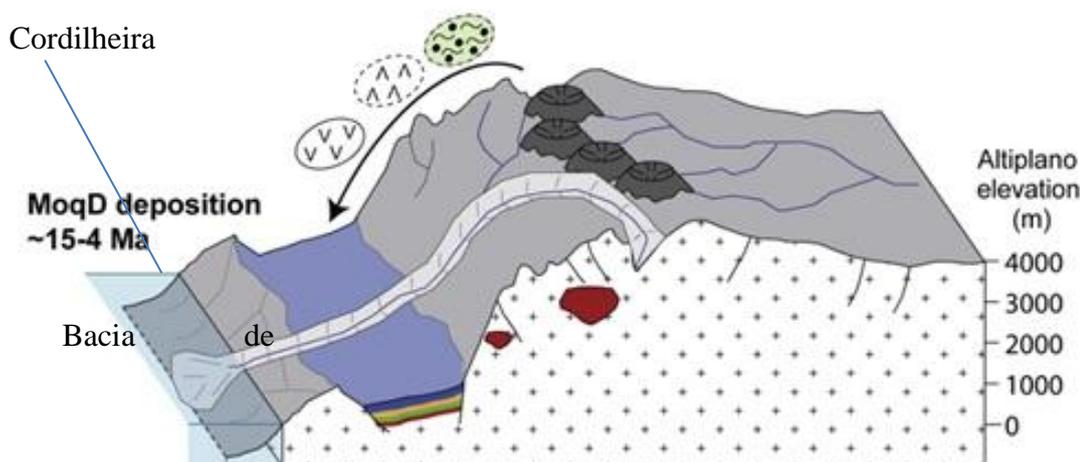


Fonte: Decou et al., (2013)

O último período de deposição da Formação Moquegua, denominado MoqD, terminou pela ocupação quase total do espaço da bacia sedimentar. Segundo Alvan et. al., (2017) parte de estes materiais denudados da própria bacia sedimentar de Moquegua, atravessaram a Cordilheira Costeira para a bacia de Camaná. Em este período também é presente uma intensa atividade tectônica e magmática, está etapa corresponde a atividade vulcânica do Barroso Inferior (MAMANI et al., 2010). De forma similar ao MoqC, os materiais denudados foram os maciços erguidos e os depósitos vulcânicos até o momento formados. O nível de altitude dos andes foi acima dos 4000msnm, pelo que as velocidades de escoamento dos rios foram ainda maiores que no período do Moq C, com isso os principais depósitos formados foram os conglomerados polimíticos grossos. O sistema meteorológico mudou pela dificuldade das nuvens de chuva procedentes da Amazônia, de atravessar as

cadeias montanhosas dos andes, ou que pode ter sido uma das causas para a desertificação atual da zona.

**Figura 6:** Ambiente da bacia de Moquegua de 15-4 Ma.



Fonte: Decou et al., (2013)

### Considerações Finais

- O trabalho discute a origem da Formação Moquegua mediante uma sequência temporal de deposições dos sedimentos desde 50Ma até 4 Ma da Formação Moquegua, formação sedimentar do sul do Peru e norte de Chile. Os processos dinâmicos terrestres associados foram o tectônismo, vulcanismo e sedimentação. Os ambientes de deposição foram lacustres e fluviais, tudo isso com aportes de materiais vulcânicos.
- A primeira etapa de deposição MoqA, foi principalmente em ambiente lacustre, e rios de velocidade baixa. A segunda etapa MoqB foi no ambiente lacustre e fluvial com o início de aportes vulcânicos e o nível de erguimento da Cordilheira Ocidental da ordem de 2000msnm. A terceira MoqC, esteve associada a um ambiente fluvial e lacustre com aportes vulcânicos, com rios de maior velocidade devido à elevação contínua da cordilheira Ocidental. A etapa final MoqD, foi associada a um ambiente de deposição principalmente fluvial, com clastos de tamanho maior que MoqC.

## Referências

- ALVÁN, A. CRIALES, A. EYNATTEN, H. von. DUNKL, I. GERDES, A. JACAY, J. Seismic-stratigraphic architecture of the Oligocene-Pliocene Camaná Formation, southern Peruvian forearc (Province of Arequipa). **Andean Geology** 44 (1): 17-38. doi: 10.5027/andgeoV44n1-a02. 2017.
- BELLIDO, E. **Geología Del Cuadrángulo De Moquegua Hoja 35-U**. INGEMMET, LIMA, PERU. 1979.
- DECOU, A. EYNATTEN, H. von. MAMANI, M. SEMPERE, T. WÖRNER, G. Provenance analysis of siliciclastic sediments from the Cenozoic Moquegua forearc basin of Southern Peru (15-18°S) based on heavy mineral petrography and geochemistry. **Sedimentary Geology**, 237, 55-72. 2011.
- DECOU, A. EYNATTEN, H. von. DUNKL, I. WÖRNER, G. Late Eocene To Early Miocene Andean Uplift Inferred from Detrital Zircon Fission Track And U-Pb Dating of Cenozoic Forearc Sediments (15-18°S). **Journal of South American Earth Sciences**, V. 45, P. 6-23. 2013.
- ELGER, K. ONCKEN, O. GLODNY, J. Plateau-style accumulation of deformation: Southern Altiplano. **Tectonics**. Vol 24. TC4020. doi:10.1029/2004TC001675. 2005.
- GUERRERO, P. ROSAS, M. ARROYO, M. WIENSC, J. Evolutionary lag times and recent origin of the biota of an ancient desert (Atacama–Sechura). **Proc. Natl. Acad. Sci.U.S.A.** 110, 11469–11474. doi: 10.1073/pnas.1308721110. 2013.
- MAMANI, M. WÖRNER, G. SEMPERE, T. Geochemical variations in igneous rocks of the Central Andean orocline (13°S to 18°S): Tracing crustal thickening and magma generation through time and space. **Geological Society of America** 122: 162-182. 2010.



MAROCCO, R. DELFAUD, J. LAVENU, A. Ambiente deposicional de una cuenca continental intramontañosa andina: el Grupo Moquegua (sur de Perú) primeros resultados. **Sociedad Geológica del Perú**, Boletín 75, p. 73-90. 1985.

MAROCCO, R. NOBLET C. Sedimentation, tectonism and volcanism relationships in two Andean basins of southern Peru. **Geologische Rundschau** 79/1 pp. 111-120 Stuttgart 1990.

MARTINEZ, W. ZULOAGA, A. Memoria Explicativa De La Geología Del Cuadrángulo De Moquegua Hoja (35-U). **INGEMMET**, LIMA, PERU. 2000.

PREDES. Conociendo los Suelos de Moquegua. **Cartilla gratuita 2004**, disponible en:

[https://www.predes.org.pe/wpcontent/uploads/2017/12/estudio\\_suelos\\_moquegua.pdf](https://www.predes.org.pe/wpcontent/uploads/2017/12/estudio_suelos_moquegua.pdf). Acceso en: 26 de set. 2019.

ROPERCH, P. SEMPERE, T. MACEDO, O. ARRIAGADA, C. FORNARI, M. TAPIA, C. GARCÍA, M. LAJ, C. Counterclockwise rotation of late Eocene-Oligocene fore-arc deposits in southern Peru and its significance for oroclinal bending in the central Andes. **Tectonics** 25, TC3010. doi: 3010.1029/2005TC001882. 2006

SALAS, R. RODIN, L. Zonificación Geotécnica sísmica de la ciudad de Moquegua: Lima: **Monografías científicas**: monografía: dissertação: tese. Universidad Nacional de Ingeniería. 2003.

SEMPERE, T. FORNARI, M. ACOSTA, J. FLORES, A. JACAY, J. PEÑA, D. ROPERCH, P. TAIPE, E. Estratigrafía, Geocronología y Paleotectónica de los Depósitos de Antearco del Sur del Perú. **XII Congreso Peruano de Geología**, Lima. Sociedad Geológica Del Perú, Resúmenes Extendidos, P. 533-536. 2004.

SEMPERE, T. JACAY, J. Anatomy of the Central Andes: distinguishing between western, magmatic Andes and eastern, tectonic Andes. **7th International Symposium on Andean Geodynamics**. Nice. Abstract, pp. 504e507. 2008.



THOURET, J. WÖRNER, G. GUNNEL, Y. SINGER, B. ZHANG, X. SOURIOT, T. Geochronologic and stratigraphic constraints on canyon incision and Miocene uplift of the Central Andes in Peru. **Earth and Planetary Science Letters** 263, 151-166. 2007.

VANDINE, D. Debris flow control structures for forest engineering. (Ministry of Forests Research Program, **Working Paper 22/1996**, 75 pp.). Government of the Province of British Columbia, Vancouver. 1996.

VIZCARRA, C. MARTÍN, A. Microzonificación Sísmica De Moquegua Aplicada Al Planeamiento Urbano Para La Mitigación De Desastres Naturales Empleando El Método Simplificado. **Monografías científicas**: monografía: dissertação: tese. Universidad Nacional de Ingeniería. 1986.