

# Fenómenos geológicos que afectaron las edificaciones de Chankillo

GEOLOGICAL PHENOMENA AFFECTING THE BUILDINGS AT CHANKILLO

Iván Ghezzi\*, Enrique Guadalupe\*\*

RECIBIDO: 14/01/2014 – APROBADO: 20/05/2014

---

## RESUMEN

El complejo astronómico Chankillo, ubicado al sureste de Casma, región Áncash, ha sufrido deterioro por más de 2,000 años, en parte por la acción humana en la era moderna, como el huaqueo y las visitas sin control, y especialmente por procesos y fenómenos geológicos. El presente trabajo se ocupará del deterioro y destrucción parcial de las edificaciones en Chankillo por procesos geológicos, como los sismos, el fenómeno de El Niño (ENSO), la acción eólica y la meteorización, que de manera conjunta han contribuido al deterioro y destrucción parcial de los edificios pétreos que conforman Chankillo.

**Palabras claves:** Chankillo, sismos, Fenómeno de El Niño.

## ABSTRACT

The Chankillo Astronomical Complex, southeast of Casma, Ancash region, has deteriorated for over 2000 years, due in part to human activity in the modern era, such as looting and uncontrolled visits, but mostly due to geological phenomena. This paper will address the deterioration and partial destruction of the buildings at Chankillo by geological processes, such as earthquakes, the ENSO phenomenon, wind activity, and weathering, which together contributed to the deterioration and partial destruction of the various stone buildings that make up Chankillo.

**Keywords:** Chankillo, earthquakes, ENSO phenomenon.

---

\* Instituto Francés de Estudios Andinos. E-mail: ighezzi@idarq.org.

\*\* Docente de la EAP de Ingeniería de Minas de la UNMSM y Sección Minas PUCP.

## I. INTRODUCCIÓN

Los diversos fenómenos geológicos a través del tiempo actúan sobre la naturaleza y sobre las construcciones creadas por las civilizaciones. En el caso del complejo astronómico Chankillo, este se estableció aproximadamente hace 2,400 años en el valle de Casma, hacia el final del Horizonte Temprano (Ghezzi, 2007). El sitio contiene varias estructuras y plazas distribuidas en cerca de 4 kilómetros cuadrados, siendo una de sus principales construcciones las Trece Torres, un conjunto con función astronómica que brinda información sobre el desarrollo, la naturaleza y el funcionamiento social de los calendarios antiguos de los Andes. En Chankillo, el Sol desempeñó un papel importante en la vida religiosa y política mucho antes de la aparición de su culto en la época incaica (Ghezzi, 2007).

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

El método es no experimental, de tipo descriptivo y exploratorio. La técnica utilizada fue la observación en el trabajo de campo, usando instrumentos como GPS navegador, brújula, cámara fotográfica, y otros instrumentos de geología, realizando intercambio de ideas con el equipo de trabajo para tratar de diferenciar el deterioro visible de Chankillo por procesos de origen geológico y de origen humano. Finalmente, se hizo una excavación en el Templo Fortificado para obtener una columna estratigráfica que brinde información de los cambios climáticos, con especial referencia a los fenómenos de El Niño.

## III. RESULTADOS

Los principales fenómenos geológicos que afectaron en diversas medidas a las edificaciones de Chankillo fueron los sismos, el fenómeno de El Niño, la acción eólica y la meteorización, que pasamos a detallar:

### 3.1. Sismos

El Perú se encuentra ubicado en una zona de colisión de placas tectónicas. El choque entre las placas de Nazca y la Sudamericana hace que el Perú sea una zona altamente sísmica desde hace millones de años. Específicamente el departamento de Áncash, donde se ubica Chankillo, ha soportado muchos sismos de gran magnitud. Haciendo un recuento histórico de los principales sismos (Silgado, 1978) que pudieron haber dañado las edificaciones de Chankillo, tenemos:

**Siglo XVI:** El 15 de noviembre de 1555 se sintió en Lima un sismo que causó la caída de casas. A las 19 horas del 9 de julio de 1586 un terremoto azotó la ciudad de Lima, los edificios se vinieron al suelo, 22 personas murieron y luego un tsunami asoló la costa del Callao, según el informe del virrey, se sintió a 1,000 km a la redonda. El 23 de marzo de 1606 a las 15 horas un sismo estremeció Zaña y Lambayeque. Debemos tomar en cuenta que Chankillo se encuentra aproximadamente a 355 km de Lima.

**Siglo XVII:** El 14 de febrero de 1619 a las 11:30 horas un terremoto arruinó edificios en Trujillo, murieron 350 personas. El 13 de noviembre de 1655 a las 14:38 horas un

sismo derribó casas y edificios en Lima. El 20 octubre de 1687 a las 16:15 y 17:30 horas ocurrieron fuertes sismos que hicieron estragos en Lima, con un maremoto en Chancay y Arequipa.

**Siglo XVIII:** El 6 de enero de 1725 a las 23:25 horas un notable movimiento sísmico ocasionó daños en Trujillo y en un pueblo cercano a Yungay una laguna se desbordó, arrasó el pueblo y mató 1,500 personas. El 28 de octubre de 1746 a las 22:30 horas hubo un terremoto en Lima y un tsunami en el Callao, con probable intensidad X-XI. El padre Bruno Morales dice que de 300 casas quedan solo 25 en pie, en Lima murieron 1,141 personas de un total de 60,000 habitantes, luego un tsunami destruyó el Callao, donde de 4,000 habitantes solo de salvaron 2,000. El 14 de marzo de 1747 a las 13:30 horas un sismo destructor en Taucas, Conchucos, causó muertos y daños en Corongo. El 2 de setiembre de 1759 a las 23:15 un sismo causó averías en Trujillo y en las sierras de Huamachuco; el sismo fue intenso. El 20 de agosto de 1857 a las 7:00 horas hubo un fuerte sismo en Piura que destruyó edificios. El 13 de agosto de 1868 a las 16:45 hubo un terremoto de grado XI que se percibió hasta Samanco, acompañado de un tsunami.

**Siglo XX:** El 3 de diciembre de 1904 un fuerte sismo se sintió entre Casma e Ica. El 28 de setiembre a las 10:25 un fuerte sismo se sintió en costa, sierra y selva en Chachapoyas, alcanzó la intensidad VI-VII. El 24 de julio de 1912 a las 6:50 hubo un sismo en el norte, de intensidad X-XI, que afectó Piura y Jaén, en Salaverry se estimó grado VI. El 20 de mayo de 1917 a las 23:45 un fuerte sismo afectó edificios y viviendas en Trujillo y fue fuerte en Zaña, Chimbote y Casma. El 14 de mayo de 1928 a las 17:12 horas hubo una gran conmoción sísmica con destrucción total de la ciudad de Chachapoyas, sintiéndose el sismo en Colombia y la frontera con Brasil. El 21 de junio de 1937 a las 10:13 horas un gran sismo se sintió en la costa, en Salaverry hubo derrumbes parciales, fuerte en Chimbote y Casma. El 24 de mayo de 1940 un sismo de grado VII-VIII se sintió en la costa peruana, incluso hasta Guayaquil y Arica, en Lima hubo grandes averías, llegó a grado VI en Áncash. El 10 de noviembre de 1946 a las 12:53 horas un sismo entre X-XI ocurrió en Pallasca y Pomabamba. El 18 de febrero del año 1957 a las 18:50 horas un fuerte sismo se sintió en Huarney y en Lima, alcanzó IV-V. El 3 de julio de 1961 un fuerte sismo se sintió en Chimbote, tenía grado VI. El 18 de abril de 1962 a las 14:15 horas hubo un gran sismo, causó agrietamientos en construcciones de adobe en Casma. El 17 de octubre de 1966 a las 16:41 se sintió un gran sismo en Lima, dejó 100 muertos; en Chimbote llegó a grado VI. El 31 de mayo de 1970 se produjo uno de los sismos más destructores: murieron 50,000 personas, desaparecieron 20,000 y un aluvión después del sismo sepultó el pueblo de Yungay; en el Callejón de Huaylas fue de grado VII-VIII y en Huarney, grado VII (Silgado, 1978).

Por lo expuesto, el área donde se encuentra Chankillo ha soportado grandes sismos, especialmente los ocurridos en las zonas de La Libertad, Áncash y Lima. Estos movimientos sísmicos poco a poco han causado el deterioro y destrucción parcial de sus edificaciones. Tanto en el Templo Fortificado como en las Trece Torres, las edificaciones no tienen sostenimiento adecuado, lo que causa su deterioro durante los sismos. Por ejemplo, en el Templo Fortificado hay un montaje de bloques de roca

previo rebaje. El relleno sin mayor aglutinamiento hace un esfuerzo lateral hacia los muros, haciendo que las paredes se desestabilicen y se dé una caída caótica de los bloques y relleno ante el influjo de las ondas sísmicas (Figura 1). Esto también puede ocurrir cuando los bloques no están bien ajustados entre sí, o la base no está bien dispuesta, por la morfología inclinada o irregular del terreno (Figura 2). En el caso de las Trece Torres, que son construcciones a base de un armazón de bloques de roca, tienden a desestabilizarse ante el influjo de los sismos, por el movimiento diferencial de los distintos bloques y por corrimientos entre bloque y bloque, que dan lugar, finalmente, a la caída de la edificación (Figura N° 3).

### 3.2. Fenómeno de El Niño

El Niño, conocido con el nombre científico de Oscilación del Sur El Niño (ENSO), es un fenómeno climático global. En el Perú está documentado por diversos estudiosos. Alrededor del año 400 d.C., hubo gran cantidad de lluvias y arremetidas de El Niño que castigaron a los pobladores y gobernantes del Imperio moche, y luego hubo una larga sequía. Esto causó destrucción de obras y cultivos y el debilitamiento de la sociedad moche (Fagan, 2010). A finales del siglo VII, otro Niño excepcional arrasó los sistemas de riego en las cercanías de Galindo y Pampa Grande, y alrededor del año 700 d.C. los moches abandonaron ambos asentamientos (Fagan, 2010). Este acontecimiento también se dio en la zona de Nazca. Sucesivos aluviones seguramente que han influenciado el desarrollo económico con base en el río Nazca, tanto en la época de la cultura Nazca como en el Horizonte Medio, caracterizados por grandes aportes aluviales y sequías, creando situaciones climático-ambientales por El Niño, que determinaron el desarrollo y desaparición de civilizaciones en el sur del Perú (Grodzicki, 1990).

De todo ello, podemos rescatar que el fenómeno de El Niño ha producido grandes cambios en las diversas culturas antiguas, tanto en la supervivencia de los pobladores como en los daños a las diversas construcciones. Finalmente, pasamos a detallar las principales ocurrencias de El Niño: en la primera tabla se anota los fenómenos de El Niño a gran escala, del año 0 hasta el año 1935 (tabla N° 1) y la segunda tabla, desde el año 1546 al año 2000 (tabla N° 2).

**Tabla N° 1.** Resumen de eventos de El Niño. Fuente Salaverri (2007).

Año de ocurrencia	Sucesos
0-300 d.C.	Eventos aluviales en el valle del Casma (Mörner, 1993) Fase lluviosa en la Huaca de La Luna (S. Uceda y J. Canziani, 1993)
250-300 d.C.	Cordón litoral VI en Chira y Colán (Macharé y Ortilieb, 1993: 47) Datos arqueológicos y geológicos (Kaulicke, 1993) Fase lluviosa en la Huaca de La Luna (Uceda y Canziani, 1993)
500-600 d.C.	Evento que produjo una fuerte modificación del paisaje (Kaulicke, 1993) Este puede ser correlacionado con el fenómeno que propició el abandono definitivo del Templo de La Luna (Uceda y Canziani, 1993) Datos arqueológicos y geológicos (Kaulicke, 1993) Fase lluviosa en la Huaca de La Luna (Uceda y Canziani, 1993) Eventos aluviales en el valle del Casma (Mörner, 1993) Cordón litoral VII en Chira y Colán (Macharé y Ortilieb, 1993)
800-1000 d.C.	Inundación de Batán Grande (Craig y Shimada, 1986)

1100-1200 d.C.	Evento super-ENSO mayor (Mörner, 1993) Probable fechado de la inundación chimú ("Chimu Flood") Inundación Naylamp ("Naylamp flood") (Nials, 1979) Cordón litoral VII en Chira y Colán (Macharé y Ortilieb, 1993:47) Cordón litoral VIII en Chira y Colán (Macharé y Ortilieb, 1993) Datos arqueológicos y geológicos (Kaulicke, 1993:47)
1330-35 d.C.	Inundación ocurrida en Casma (Wells, 1990) y, posiblemente registrada en Colán.
1400-1460 d.C.	Eventos aluviales en el valle del Casma (Mörner, 1993) Cordón litoral IX en Chira y Colán (Macharé y Ortilieb, 1993:47)

**Tabla N° 2.** Ocurrencias de El Niño desde el 1546 hasta el año 2000 según intensidades. Adaptada de Salaverri (2007).

Intensidad	Años de ocurrencia
Fuerte (F)	1546, 1547, 1552, 1561, 1574, 1600, 1607, 1608, 1614, 1618, 1619, 1635, 1661, 1667, 1681, 1692, 1709, 1715, 1716, 1737, 1761, 1776, 1778, 1782, 1783, 1814, 1844, 1846, 1889, 1900, 1932, 1940, 1941, 1957, 1958, 1972, 1973, 1992.
Más fuerte (FF)	1624, 1652, 1687, 1701, 1747, 1803, 1804, 1871, 1884, 1998.
Muy fuerte (FFF)	1578, 1579, 1720, 1728, 1791, 1877, 1878, 1891, 1925, 1926, 1982, 1983.

El Niño es también un fenómeno recurrente en nuestro país, que actúa con gran fuerza de destrucción, especialmente cuando las construcciones se ubican en las quebradas o cerca de los ríos u hondonadas, donde hay material transportable que puede ser más destructivo y hay diversos escritos antiguos sobre ellos. En el caso de Chankillo no ha sido de gran intensidad porque sus principales construcciones están sobre colinas, pero, de todas maneras, en La Fortaleza se pueden observar dos surcos hechos por la erosión de corrientes pequeñas de agua, producto de lluvias antiguas. Se pueden haber desestabilizado las construcciones por socavamiento de las bases por la acción del agua, al parecer así lo testifican la caída de muros. El otro problema que puede darse es que la lluvia sea absorbida por el barro usado en el relleno de los intramuros, con riesgo de agregar sobrepeso y provocar caídas (Figura N° 4). En cambio, en Las Trece Torres, que se encuentran en la cumbre de los cerros, es posible que las lluvias intensas hayan socavado las bases y provocado colapsos. Esto es difícil de observar ahora por el arenamiento posterior. Las lluvias de El Niño han provocado la pérdida de parte del enlucido de arcilla y arena de los muros, porque al mojarse el enlucido se cae o se erosiona en pequeños surcos (Figura N° 5). Es evidente observar que en La Fortaleza hubo empozamientos de agua porque las edificaciones concéntricas captaban el agua de la lluvia y se empozaban en distintos lugares de la edificación, esto se atestigua en la base de una de las paredes donde se observa estratificación producida por empozamiento, y entre los fragmentos de arena y limo se observan pedazos de arcilla del enlucido dentro de la estratificación (Figura N° 6). Por lo expuesto, se refuerza la interpretación de que todo ello es producto de El Niño, que, a través del tiempo, ha actuado en estos lugares.

#### 3.2.1. Análisis estratigráfico y evidencias de fenómenos de El Niño antiguos

Para el análisis estratigráfico se realizó una calicata de aproximadamente 1.70 m de profundidad, para conocer

los probables fenómenos de El Niño que ocurrieron. A continuación su descripción:

En cuanto al clima, de la columna estratigráfica (Figuras N° 7 y 8) se puede interpretar que desde hace más de 2,000 años, intermitentemente se han sucedido fenómenos de El Niño con clima húmedo y épocas de clima seco.

Hacia la base de la columna estratigráfica se puede observar 42 cm de arena eólica, esto significa que por un largo tiempo hubo un clima casi sin lluvias. Luego vinieron uno o dos episodios de El Niño de gran magnitud, porque se encuentran sedimentos de gran tamaño y restos de conchas, que servían de alimento a los pobladores de Chankillo, arrastrados por el flujo de barro. Luego vinieron probablemente dos huaicos pequeños (fenómeno de El Niño), para dar paso otra vez a un clima seco, evidenciado por un arenamiento fino de tipo eólico. Después de ello hubo una pequeña avenida de huaico, en que los fragmentos alcanzaron solo entre 2 y 3 cm y luego de este último fenómeno, otra vez se tiene un clima seco, pues la secuencia finaliza con arena eólica.

Esta interpretación es solo de probabilidades, pudo haber de 4 a 6 huaicos por lluvias (fenómeno de El Niño). Pero los más antiguos fueron de mayor intensidad y envergadura, y, según vamos subiendo la columna estratigráfica, los huaicos se hacen más pequeños y traen fragmentos más pequeños, lo que significa que los cambios climáticos tienden hacia el calentamiento del planeta. Cabe resaltar que es necesario hacer más calicatas para tener mejores argumentos respecto al número de fenómenos de El Niño que pueden haber afectado las construcciones de Chankillo.

### 3.3. Acción eólica

La dirección del viento actual es de aproximadamente S20E y S5W. La acción eólica en la zona es fuerte, especialmente en las tardes, como es típico en la costa. La meteorización física, química y biológica va destruyendo *in situ* a las diversas rocas del área. Las rocas intrusivas van desmenuzándose en granos y estos, al ser tomados por el viento, se transportan de diversas maneras: las arenas por saltación, rodamiento y tracción, mientras los limos y arcillas en suspensión. Estos pequeños fragmentos chocan con las rocas de las construcciones y las desgastan de manera ínfima. Lo más significativo de la acción del viento es que estas arenas eólicas han cubierto gran parte de las pozas y trincheras de explotación de bloques de roca, y también se puede observar un extenso arenamiento sobre las edificaciones de Chankillo, principalmente porque las edificaciones actúan como barreras a la acción del viento, y las arenas, limos y arcillas, al chocar contra los muros, depositan las partículas transportadas. Como resultado de ello tenemos que la arena

va cubriendo algunas zonas del sitio arqueológico (Figura N° 9). Si retrocediéramos al tiempo cuando Chankillo tenía las paredes enlucidas por barro y pinturas, el viento -por el choque de las partículas- probablemente destruyó parte del mortero y el enlucido con su respectiva pintura, ya que estas eran solo de arcillas y arenas (Figura N° 5).

### 3.4. Meteorización

La meteorización física, química y biológica está alterando las rocas que conforman las edificaciones de Chankillo por acción química, porque se observa en las rocas la formación de arcillas (caolín) a partir de los feldspatos, por hidrólisis, y la oxidación de los minerales ferromagnesianos (biotita, hornblenda), que van formando limonita. Cuando la meteorización va penetrando a la roca, se tiene como resultado la exfoliación, en que la roca se descascara en capas concéntricas. Así, poco a poco y de manera casi imperceptible, se van alterando los minerales que conforman las rocas (Figura N° 10). Otro proceso observado es la meteorización biológica, manifestado en el crecimiento de líquenes que se posesionan y alimentan de los minerales por quelación y otras formas, a partir del contenido mineralógico de las rocas. Así, lentamente, la acción de estos organismos y otros van deteriorando a las rocas (Figura N° 11).

## IV. CONCLUSIONES

1. En Chankillo los sismos fueron los fenómenos más recurrentes que propiciaron la destrucción parcial de las diversas edificaciones, como lo evidencian la forma de las caídas de los bloques de roca.
2. El fenómeno de El Niño fue otro agente que ha podido causar cierta destrucción de las edificaciones de Chankillo, a pesar de que las principales construcciones están hechas en los cerros. Así lo atestiguan los restos de sedimentos producto del empozamiento de agua en el Templo Fortificado. Se recomienda hacer más calicatas para demostrar con mayores evidencias la ocurrencia del acontecimiento climático conocido como El Niño.
3. La actividad eólica ha cumplido dos papeles: primero la erosión, principalmente de los enlucidos, y en segundo lugar la sedimentación, que produce el enterramiento de las construcciones, un factor favorable a la conservación, ya que con ello las aislaban de la meteorización.
4. La meteorización física, química y biológica no es un elemento muy importante para el deterioro de las construcciones, pero a través del tiempo sí tiene cierto impacto.



**Figura N° 1.** Derrumbe de una pared del templo fortificado, al parecer producto de los sismos.



**Figura N° 2.** La morfología del terreno crea zonas de debilidad en las construcciones y el sismo provoca que las paredes fallen estructuralmente.



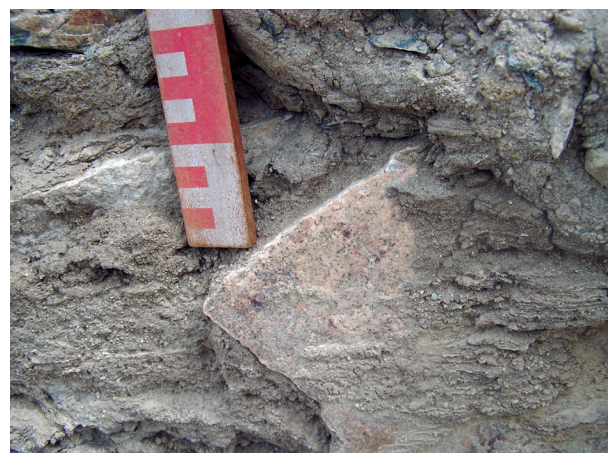
**Figura N° 3.** Similar a las 13 torres se observa el derrumbe de una torre, posible producto de los sismos.



**Figura N° 4.** Se observa vestigios de surcos de agua dentro del templo fortificado y en su periferia. Por la forma concéntrica de la construcción, es posible que se den empozamientos de agua, producto de la actividad del Fenómeno de El Niño.



**Figura N° 5.** El enlucido se conservó en la parte inferior, pero en la parte superior ha desaparecido, probablemente a causa de las lluvias y los sismos.



**Figura N° 6.** Se observa estratificación de arenas gruesas a finas, además pedazos del enlucido de los muros, lo que implica un empozamiento de agua en el templo fortificado debido a fenómenos de El Niño ocurridos en el pasado.

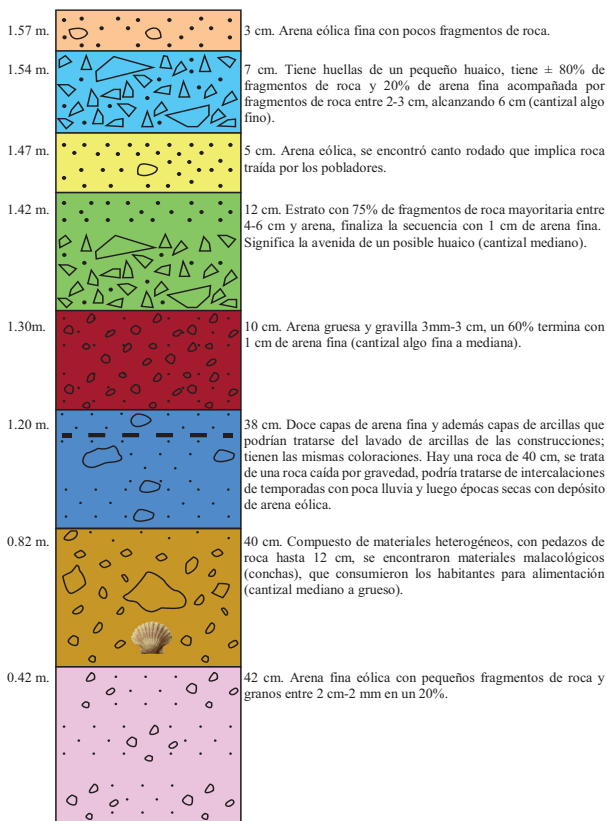


**Figura N° 8.** Calicata donde se levantó la columna estratigráfica. Muestra sedimentos muy gruesos y finos que evidencian la actividad del Fenomeno de El Niño.



**Figura N° 9.** Trinchera de explotación de bloques de roca cubierta por material eólico compuesto por arena.

COORDENADAS: 8942834N  
803718E



**Figura N° 7.** Columna estratigráfica.



**Figura N° 10.** Bloque de roca con abundante oxidos de Fe (limonitas), producto de la meteorización química de los ferromagnesianos. Detrás de ella otro bloque afectado por desescamación.



**Figura N° 11.** Roca atacada por meteorización biológica: los líquenes se alimentan de la roca y la deterioran.

## V. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a World Monuments Fund, Asociación Antamina, Asociación Áncash, Asociación Cultural Peruano Británica, Autopista del Norte, Instituto Francés de Estudios Andinos, Pontificia Universidad Católica de Perú y Universidad Nacional Mayor de San Marcos por la ayuda económica, logística y profesional brindada para realizar estas investigaciones en Chankillo.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fagan, Brian (2010). La corriente del niño y el destino de las civilizaciones. España: Editorial Gedisa Barcelona, pp. 172-175.
2. Ghezzi, Iván y Clive Ruggles (2007a). Chankillo: A 2300-Year-Old Solar Observatory in Coastal Peru Science, Vol. 315 2, pp. 1239-1241
3. Grodzicki, Jerzy (1990). El fenómeno del niño a través de las fuentes arqueológicas y geológicas. Varsovia: Misión arqueológica andina universidad de Varsovia. p. 114
4. Salaverry Llosa, José (2007). El fenómeno océano-climatológico El Niño en el Perú. Perú: Fondo editorial de la UNMSM, pp. 47. 285 -292
5. Silgado Ferro, Enrique (1978). Boletín N° 3, serie C Geodinámica e Ingeniería Geológica. Perú: Instituto de Geología y Minería.