



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

**RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL DEL VALLE DE NEPEÑA, REGIÓN DE  
ANCASH, PERÚ**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGA

**JOSEFINA ELIANA CONCHA O'RYAN**

PROFESORA GUÍA

VALENTINA FLORES AQUEVEQUE

PROFESOR CO-GUÍA

MARCO PFEIFFER JAKOB

MIEMBRO DE LA COMISIÓN

HUGO IKEHARA TSUKAYAMA

SANTIAGO DE CHILE

2020

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE:** Geóloga  
**POR:** Josefina Eliana Concha O’Ryan  
**FECHA:** Enero 2020  
**PROFESORA GUÍA:** Valentina Flores Aqueveque

## **RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL DEL VALLE DE NEPEÑA, REGIÓN DE ANCASH, PERÚ**

El Valle de Nepeña (9°S) se ubica en la Costa Norte de Perú, entre la Cordillera de Los Antes y el Océano Pacífico. En esta zona desértica, donde existen varios ríos como el Nepeña, tiene una historia arqueológica muy rica que se ha dado en torno a los valles transversales y para cada uno de ellos es particular. Por ello, el presente trabajo consiste en un estudio estratigráfico, que tiene por objetivo entregar antecedentes sedimentológicos, pedológicos y geocronológicos sobre la evolución geomorfológica del valle bajo del Río Nepeña durante el Holoceno y sus posibles implicancias para la vida humana.

Las secuencias sedimentarias observadas en terreno contienen mayoritariamente facies de limo y arena masivas de poca potencia que han sido interpretadas como depósitos de inundación del río, generados por la ocurrencia de flujos hiperconcentrados. Además, se observaron facies de brechas y conglomerados matriz-soportados que se han interpretados como flujos de barro o detrito. Estos han ocurrido desde al menos mediados del Holoceno y posiblemente están relacionados al fenómeno del Niño. Sobre estos sedimentos existen secuencias de paleosuelos que fueron datados con radiocarbono AMS y permiten acotar las fechas en que ocurrieron los eventos de inundación.

Los resultados del análisis geocronológico muestran que este valle ha experimentado un mínimo de 39 eventos de inundación durante los últimos ~8000 años. De acuerdo con la frecuencia y el tipo de evento (inundación de planicie o flujos de barro) se determinó que el período del 8000 al 4000 AP fue más húmedo y estable geomorfológicamente, con 10 inundaciones. El período del 4000 al 700 AP fue más inestable, probablemente con períodos intermitentes de sequía, ya que ocurrieron al menos 12 inundaciones y 11 eventos mayores. Finalmente, el período de los últimos 700 años fue más húmedo y estable, con al menos 5 inundaciones y 1 evento de mayor intensidad.

En relación con la historia arqueológica, se observó que hay períodos que presentan una mayor frecuencia de eventos como el Arcaico Final, Gallinazo, Moche y desde el Imperio Casma hasta el presente. También se observó una coincidencia temporal entre los eventos catastróficos observados (flujos de barro) y el comienzo del Arcaico Final, la transición Gallinazo-Moche y los Imperios Casma y Chimú.

*Agradezco a la Tierra porque nos da todo para vivir, a las buenas hierbas que florecen a mi alrededor, a la Luna porque me guía y a esta naturaleza de la soy parte, que merece toda mi admiración y cuidado.*

Gracias a Valentina, Marco y Hugo por darme la oportunidad de hacer este trabajo que disfruté mucho y por guiarme en el proceso. Gracias a las personas que me acompañaron durante el terreno en Nepeña: Lisa, Michelle, Mef, José, Jessica, Manuel y Verónica. También al Salva por haber ido hasta Perú y por ser mi compa.

Gracias a las amigas que me hice en esta etapa universitaria, por estar presentes en mi día a día, por iluminar mi camino, por el apañe, la empatía y la compañía. A las mujeres que me ayudaron y acompañaron durante estos años de facultad. A la Blanca por su ayuda y buena disposición.

Me agradezco a mí misma (o a mi yo del pasado) por haber tenido el valor de volver a terminar esta misión y a mi familia por ayudarme.

Gracias a las cabras de ArtemisaCSD y amigas varias por lo que hemos logrado juntas y por la red que hemos generado para combatir al patriarcado (que va a caer).

Gracias al Mafi y al Marco por los terrenos y los paseos. Por último, gracias a mis amigxs Sofía y José porque están conmigo ahora mientras escribo esto.

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Objetivos .....	1
1.2. Ubicación y vías de acceso a la zona de estudio .....	2
1.3. Metodología.....	2
2. ARQUEOLOGÍA DEL VALLE DE NEPEÑA .....	6
3. MARCO GEOLÓGICO .....	10
3.1. Contexto Geológico Regional.....	10
3.2. Geología local .....	11
3.3. Clima de Costa Norte .....	13
4. MARCO TEÓRICO.....	14
4.1. Fenómeno de los huaycos o aluviones .....	14
4.2. Relación de los suelos con el paisaje.....	15
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
5.1. Mapa geomorfológico.....	19
5.2. Columnas .....	20
5.3. Diversidad de depósitos y ambientes sedimentarios.....	27
5.4. Esquema secuencial de la formación de paleosuelos en terrazas fluviales .....	31
5.5. Geocronología y estratigrafía .....	33
5.6. Inundaciones en Nepeña durante los últimos 8000 años.....	41
6. CONCLUSIONES.....	45
7. BIBLIOGRAFÍA .....	46
8. ANEXOS .....	51
8.1. PERFIL DE RÍO 3 (PR3) .....	51
8.2. PERFIL DE RÍO 4 (PR4) .....	53
8.3. PERFIL DE RÍO 5 (PR5) .....	54
8.4. PERFIL DE RIO 6 (PR6) .....	55
8.5. PERFIL DE RIO 7 (PR7) .....	56
8.6. PERFIL DE RÍO 8 (PR8) .....	59
8.7. PERFIL DE RÍO 9 (PR9) .....	60
8.8. PERFIL TROPAK (PT) .....	61
8.9. PERFIL CAÑA CASTILLA (PCC) .....	62
8.10. PERFIL CHOLOQUITO (PCH) .....	64
8.11. PERFIL LA CAMPIRANA (PLC) .....	65

8.12.	PERFIL HUACA DE PIEDRA (PWP) .....	66
8.13.	PERFIL CAÑAVERAL (PCÑ) .....	67
8.14.	PERFIL LA CHIMBA (PCB) .....	68
8.15.	PERFIL BOSQUE DE CAPELLANIA (CP7) .....	69
8.16.	PERFIL CP6 .....	70
8.17.	Análisis de suelos .....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de los principales horizontes de suelo observados en terreno (modificado de SSDS, 2017).....	3
Tabla 2: Explicación de los sufijos utilizados para describir horizontes de suelo (modificado de SSDS, 2017).....	3
Tabla 3: Períodos arqueológicos para el Valle de Nepeña (Ikehara, 2018) .....	8
Tabla 4: Períodos arqueológicos y perfiles asociados para analizar los resultados.....	33
Tabla 5: Descripción del perfil PR3 .....	51
Tabla 6: Descripción del perfil PR4 .....	53
Tabla 7: Descripción del perfil PR5. ....	54
Tabla 8: Descripción del perfil PR6. ....	55
Tabla 9: Descripción del perfil PR7 .....	56
Tabla 10: Descripción del perfil PR8 .....	59
Tabla 11: Descripción del perfil PR9 .....	60
Tabla 12: Descripción del perfil PT.....	61
Tabla 13: Descripción del perfil PCC.....	62
Tabla 14: Descripción del perfil PCH.....	64
Tabla 15: Descripción del perfil PLC .....	65
Tabla 16: Descripción del perfil PWP .....	66
Tabla 17: Descripción del perfil PCÑ.....	67
Tabla 18: Descripción del perfil PCB.....	68
Tabla 19: Descripción del perfil CP7. ....	69
Tabla 20: Descripción del perfil CP6. ....	70
Tabla 21: Referencia para definir las clases de salinidad según USDA (SSDS, 2017)..	71
Tabla 22: Resultados de análisis de suelos para algunos horizontes. ....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Mapa de ubicación y acceso al poblado de Nepeña. ....	2
Figura 2.1: Fotos de restos de cerámica y restos botánicos. Izquierda: Cerámica Moche perteneciente a la colección del museo Punkurí. Derecha: restos desenterrados en el sitio monumental de Pañamarca. ....	6
Figura 2.2: Mapa sitios arqueológicos de Nepeña (Chicoine, 2008). ....	7
Figura 2.3: Foto tomada en terreno del monumento arqueológico Punkurí.....	9
Figura 2.4: Foto tomada en terreno del monumento arqueológico Pañamarca.....	9
Figura 3.1: Imagen satelital donde se muestra la cuenca del Río Nepeña y las principales unidades morfoestructurales. ....	10
Figura 3.2: Mapa geológico del área de estudio. Modificado de Sánchez et al. 1995....	12
Figura 4.1: Esquema de la formación de horizontes de suelo partir de sedimento para la zona de estudio de este trabajo. Los horizontes se forman paralelos a la superficie. Los horizontes A y B han experimentado procesos pedogenéticos que han obliterado el material parental. El horizonte C corresponde al material que no ha sido alterado. (Elaboración propia). ....	17
Figura 5.1: Imagen satelital del valle bajo del río Nepeña obtenida de Google Earth Pro. ....	19
Figura 5.2: Mapa geomorfológico de la zona de estudio escala 1:90000. Los círculos verdes muestran la ubicación de los perfiles descritos en terreno. Elaboración propia. ....	20
Figura 5.3: Columna y foto del perfil PR6.....	21
Figura 5.4: Foto del perfil PR7.....	22
Figura 5.5: Columna del perfil PR7. ....	23
Figura 5.6: Columna del perfil PR3. ....	24
Figura 5.7: columna y foto del perfil PCH. ....	25
Figura 5.8: Columna del perfil CP7 .....	25
Figura 5.9: Foto del perfil CP7.....	26
Figura 5.10: Foto y Columna del perfil PLC.....	26
Figura 5.11: Ejemplos de depósitos de grano fino masivos. A la izquierda foto del perfil PCÑ y a derecha foro del perfil PCH.....	29
Figura 5.12: Foto del perfil PR4 nivel 4. A la izquierda se puede ver estratificación cruzada en la parte inferior. A la derecha, arena media con laminación horizontal e intercalación con niveles de grava.....	29
Figura 5.13: Foto del perfil PR7, depósitos matriz-soportados con clastos mayores a 20cm.....	30
Figura 5.14: Foto del perfil PCC. Depósitos matriz-soportados con clastos menores a 5cm.....	30
Figura 5.15: Fotos del perfil PT. ....	30
Figura 5.16: Esquema que muestra una secuencia de formación de suelos en terrazas fluviales. (A) Se tienen dos niveles de terrazas con formación de suelo. (B) La llanura de inundación es cubierta por un depósito aluvial, el nivel T1 queda enterrado. (C) Se forma una nueva incisión del río, notar los paleosuelos enterrados. (D) El nuevo canal se consolida y se tiene un nuevo nivel de suelo en las terrazas más cercanas al canal. ...	32
Figura 5.17: Leyenda y simbología para las figuras 5.18 a 5.22. ....	33
Figura 5.18: Perfiles PR6, PR7, PCC y PCH. Correlaciones para los períodos 10000 – 3500 AP y 3500 - 1000 AP.....	35

Figura 5.19: Perfiles CP7, PR3, PR5 y PCB. Correlaciones para el período 1000 - 400 AP. ....	36
Figura 5.20: Perfiles CP6 y PT. ....	36
Figura 5.21: Perfiles PLC, PR4, PR8 y PWP. Correlaciones para el período 400 AP al presente. ....	37
Figura 5.22: Perfiles PR9 y PCÑ. ....	37
Figura 5.23: Columna que sintetiza las inundaciones y flujos de barro encontradas en terreno. Los estratos que aparecen en color indican que tuvieron formación de suelo. .	42
Figura 5.24: Línea de tiempo que muestras las inundaciones de los últimos 4000 años situadas en la historia arqueológica. Cada línea representa una inundación, en rojo aparecen los flujos de barro y en azul las inundaciones de planicie. El largo de cada línea indica un aproximado del rango de tiempo en que puede haber ocurrido el evento. ....	43
Figura 5.25: Foto del depósito sobre el cual está construido el Templo Punkurí, tomada a pocos metros de la entrada al museo.....	44
Figura 8.1: Foto superior PR3 .....	52
Figura 8.2: Foto inferior PR3 .....	52
Figura 8.3: Foto y columna del perfil PR4. ....	53
Figura 8.4: Foto y columna del perfil PR5. ....	54
Figura 8.5: Columna y foto del perfil PR6.....	55
Figura 8.6: Foto del perfil PR7.....	58
Figura 8.7: Foto y columna del perfil PR8. ....	59
Figura 8.8: Foto del perfil PR9.....	60
Figura 8.9: Foto y columna del perfil PT.....	61
Figura 8.10: Columna y foto del perfil PCC. ....	63
Figura 8.11: Columna y foto del perfil PCH. ....	64
Figura 8.12: Foto y columna del perfil PLC. ....	65
Figura 8.13: Columna y foto del perfil PWP.....	66
Figura 8.14: Columna y foto del perfil PCÑ. ....	67
Figura 8.15: Columna y foto del perfil PCB. ....	68
Figura 8.16: Foto CP7 .....	69
Figura 8.17: Foto y perfil CP6.....	70



## **1. INTRODUCCIÓN**

Este trabajo busca aportar antecedentes estratigráficos, sedimentológicos y pedológicos sobre la evolución geomorfológica que ha tenido el valle bajo del río Nepeña, que se encuentra en la Región de Ancash (Perú), aproximadamente a los 9°S.

En la Costa Norte de Perú, existen numerosos ríos que drenan el flanco occidental de la Cordillera Negra al Océano Pacífico. Estos ríos atraviesan el Desierto Costero, que posee un clima hiperárido, y forman valles transversales que han sido habitados por diferentes grupos humanos a lo largo de la historia. Sin embargo, estos valles son afectados recurrentemente por inundaciones y existiendo evidencia de que esto ocurre desde principios del Holoceno, es posible que las personas se hayan adaptado a vivir en el desierto en torno a estos valles y a convivir con el dinamismo del ambiente.

Se han llevado a cabo estudios para relacionar la evolución ambiental con la historia arqueológica en varios valles de la Costa Norte de Perú. Sin embargo, cada valle posee condiciones particulares que no siempre han sido estudiados en detalle, como es el caso de Nepeña. Además, se cree que los eventos catastróficos provocados por precipitaciones más prolongadas y/o intensas asociadas generalmente al fenómeno de El Niño, debieron haber tenido implicancias tanto en el paisaje como en las personas. Por ello, se propone realizar este estudio interdisciplinario que sirva para comprender mejor la evolución ambiental del Valle de Nepeña y su relación con la historia arqueológica.

### **1.1. Objetivos**

#### **Objetivo General**

Realizar una reconstrucción paleoambiental en el valle de Nepeña durante el Holoceno, particularmente los últimos 8000 años mediante un análisis estratigráfico y sedimentológico a lo largo del valle.

#### **Objetivos Específicos:**

- Realizar una descripción detallada de la estratigrafía en la zona de estudio e identificar los ambientes sedimentarios presentes.
- Identificar los depósitos aluviales y establecer una cronología de eventos de inundación para el valle.
- Analizar la evolución geomorfológica y sus implicancias en el contexto arqueológico de la zona.

## 1.2. Ubicación y vías de acceso a la zona de estudio

La zona de estudio corresponde al valle bajo del río Nepeña, el cual se ubica a 416 km al norte de Lima, a aproximadamente 9°S. El principal poblado de este valle es el pueblo de Nepeña, que es la capital del distrito epónimo de la Provincia de Santa, Región de Ancash. Para acceder por tierra desde Lima, se debe tomar la carretera Panamericana norte (PE-1N) y luego la ruta AN-104 hacia el noreste. (Fig. 1.1).

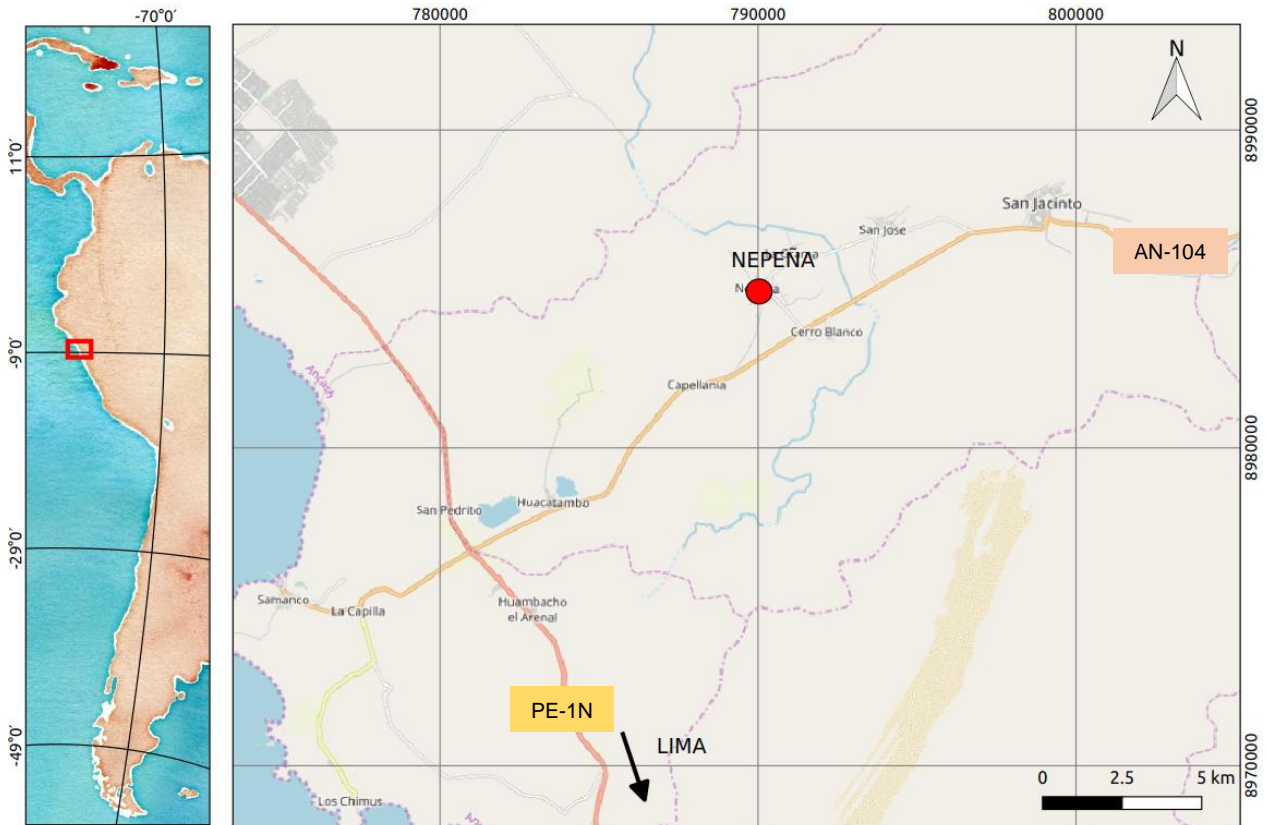


Figura 1.1: Mapa de ubicación y acceso al poblado de Nepeña.

## 1.3. Metodología

### a) Mapeo Geomorfológico:

Antes de ir a la campaña de terreno se observaron las imágenes satelitales Landsat disponibles en Goolge Earth Pro para identificar los rasgos geomorfológicos más relevantes en el valle, observar la distribución de los sitios arqueológicos, zonas agrícolas y urbanas; para así poder planificar cuales serían los puntos de mayor interés para visitar en terreno.

El mapeo geomorfológico se realizó a escala 1:90000 en la zona de estudio (que corresponde la planicie del valle) y en las quebradas. Al elaborar el mapa se tienen una mejor comprensión del área de estudio y los procesos que modifican el relieve. Se puede observar si ha habido cambios, por ejemplo, en el curso del río. También fue útil para el

análisis post-terreno, ya que ayuda a contextualizar los depósitos observados, a explicar su origen y asociarlos a un ambiente.

b) Trabajo en terreno:

En terreno, se levantaron 16 perfiles pedoestratigráficos y litoestratigráficos ubicados en la planicie del valle y se obtuvieron 22 muestras de carbón en paleosuelos para datar con radiocarbono AMS.

Los perfiles pedo-estratigráficos consideran como unidad estratigráfica las diferentes secuencias de horizontes de suelo, mientras que los litoestratigráficos consideran cambios en el tipo de sedimento. La ventaja de tener ambos perfiles es que estos se pueden complementar entre sí. Para las descripciones pedoestratigráficas se utilizó la nomenclatura de las Tablas 1 y 2. Donde hay 4 horizontes maestros: O, A, B y C. Los horizontes C corresponden al material que no presenta desarrollo de suelo y fueron descritos e interpretados a través de la sedimentología.

Tabla 1: Clasificación de los principales horizontes de suelo observados en terreno (modificado de SSDS, 2017).

Horizonte	Descripción
O	Dominado por materia orgánica.
A	Horizonte mineral formado en superficie o bajo un horizonte O.
B	Horizonte mineral formado bajo un horizonte A u O, presenta características originales del sedimento alteradas parcial o completamente.
C	Horizonte mineral que está poco afectado por procesos pedogenéticos.

Tabla 2: Explicación de los sufijos utilizados para describir horizontes de suelo (modificado de SSDS, 2017).

Sufijo	Significado
a	Material orgánico altamente descompuesto.
b	Enterrado, con propiedades genéticas desarrolladas previo al entierro.
g	Gley fuerte: Indica reducción y/o remoción del hierro durante la formación de suelo debido a la saturación con agua.
h	Acumulación iluvial de materia orgánica y sesquióxidos. Se utiliza con un horizonte B.
i	Material orgánico ligeramente descompuesto.
k	Acumulación visible de carbonatos pedogenéticos o secundarios.
m	Cementación o endurecimiento.
p	Que presenta alteración mecánica por labrado u otros usos.
q	Acumulación pedogénica de sílice.
w	Desarrollo de color o estructura. Se utiliza con un horizonte B.
y	Acumulación de yeso.

Es importante destacar que **no** se siguió la convención de utilizar números para indicar diferentes secuencias de suelo en los horizontes. Se optó por eso porque las descripciones se realizaron de base a techo siguiendo el orden cronológico de las

secuencias sedimentarias. Además, en algunos perfiles se utilizó un barreno manual para extraer sedimento que se encuentra en el subsuelo, por lo que estos niveles fueron etiquetados con números negativos. Es decir, los números empleados para nombrar unidades estratigráficas están relacionados con la antigüedad de la unidad (ya sean negativos o positivos) y el número menor siempre indica una unidad más antigua.

El barreno permite describir niveles de material fino y paleosuelos que se encuentran en el subsuelo, determinar la profundidad de estos y obtener muestras de radiocarbono. Pero no permite realizar descripciones sedimentológicas completas ya que las muestras no son necesariamente representativas de los estratos y no permite observar relaciones de contacto, estructuras o morfologías.

Por otro lado, en las descripciones sedimentológicas, la presencia de horizontes de suelo sirve para detectar hiatos en la secuencia estratigráfica. Ya que los suelos representan períodos de estabilidad en el paisaje, entre eventos de erosión o depósito de sedimento.

#### c) Análisis sedimentológico y pedológico:

Se definieron facies sedimentarias según textura, tipo de clasto, granulometría, estructuras sedimentarias y presencia de horizontes de suelo. Para cada estrato se interpretó un ambiente sedimentario.

Los horizontes de suelos O, A y B se caracterizaron principalmente por color según cartilla Munsell, clase textural, presencia de carbonatos y contenido de materia orgánica. Los horizontes C se describieron según sedimentología.

#### d) Radiocarbono AMS

La datación con radiocarbono es un método isotópico basado en la desintegración radioactiva del  $^{14}\text{C}$  a  $^{14}\text{N}$ . El carbono tiene tres isótopos naturales, los dos isótopos más abundantes y estables son  $^{12}\text{C}$  (98,89%) y  $^{13}\text{C}$  (1,11%). El  $^{14}\text{C}$  (menos del  $10^{-10}$  %) es el isótopo inestable y débilmente radioactivo, que se genera en la atmósfera por la interacción de los rayos cósmicos con los átomos del aire (Noller et al., 2000).

El radiocarbono es aplicable solamente a materiales orgánicos y algunos materiales inorgánicos como carbonatos. Ya que este método tiene como principio el ciclo del carbono, donde este elemento es adsorbido por las plantas (como  $\text{CO}_2$ ) a través de la fotosíntesis y los seres vivos que se alimentan de ellas mantienen una concentración de  $^{14}\text{C}$  similar a la atmosférica. Al morir, los organismos dejan de incorporar el  $^{14}\text{C}$  y la cantidad comienza a disminuir por la desintegración radiactiva (Noller et al., 2000).

En particular, el método para datar con espectrometría de masa mide el contenido de  $^{14}\text{C}$  directamente en relación al  $^{12}\text{C}$  y al  $^{13}\text{C}$ . Es decir, el método no considera las partículas beta, sino el número de átomos de carbono presentes en la muestra y la proporción entre los isótopos. La ventaja de este método es que permite datar muestras muy pequeñas (20mg) de carbón de manera más rápida y precisa. (Beta Analytic, 2019)

Para datar un paleosuelo, se deben buscar en el horizonte trozos de carbón que se hayan formado in-situ y guardarlas separadas, debidamente etiquetadas, en frascos apropiados.

#### e) Análisis geocronológico:

El análisis geocronológico se realizó según la línea de tiempo arqueológico ya que parte del objetivo es relacionar la historia del paisaje con la historia humana. Para esto se consideraron 4 grandes períodos.

En cada período se identificaron eventos de inundación mediante el análisis de los sedimentos. Después fue posible realizar una columna que sintetiza todos los eventos observados. Teniendo en consideración que podría eventualmente haber más.

## 2. ARQUEOLOGÍA DEL VALLE DE NEPEÑA

El Valle de Nepeña contiene un amplio registro arqueológico que da cuenta de la intervención humana en este lugar durante el Holoceno. El paisaje arqueológico de hoy en día incluye arquitectura monumental con murales pintados, cementerios saqueados y una variedad de restos artefactuales como cerámica, textiles y objetos de piedra (Fig. 2.1). Así, la principal motivación de este trabajo es entregar antecedentes sobre la evolución del paisaje y su influencia en la historia de la ocupación humana. Para esto es fundamental considerar del contexto arqueológico de la zona. Por ello, se presenta a continuación con un breve resumen de la arqueología en el Valle de Nepeña, un mapa con sus principales sitios arqueológicos (Fig. 2.2) y una línea de tiempo (Tabla 3) que serán usados a modo de guía para este trabajo.

Los primeros estudios en el Valle de Nepeña fueron llevados a cabo por Julio Tello (1933), continuados luego por Donald Proulx (1968, 1985) y Richard Dagget (1984). Sin embargo, mucho del conocimiento que se tiene en la actualidad corresponde a investigaciones realizadas durante las últimas décadas. Aun así, hasta el momento, existe poca información sobre la ocupación del Valle de Nepeña durante la primera parte del Holoceno. Sin embargo, de acuerdo los trabajos realizados en otras áreas de la Costa Norte, algunas formas de cultivo se fueron adoptando gradualmente durante mediados del Holoceno y alrededor del 5000 AP las comunidades ya eran plenamente agricultoras (Piperno y Persall, 1998; Shady 2003; Wells y Noller, 1999).



Figura 2.1: Fotos de restos de cerámica y restos botánicos. Izquierda: Cerámica Moche perteneciente a la colección del museo Punkurí. Derecha: restos desenterrados en el sitio monumental de Pañamarca.

El sitio de Punkurí (Fig. 2.3) es el más antiguo encontrado en la zona de estudio. Fue construido entre el 3500 y 3000 AP (Samaniego, 2012). Corresponde a una representación local de una tradición mayor, que también estuvo presente en los valles de Casma y Santa (Fig. 2.2).

Entre el 3100 y 2500 AP (períodos Formativo Medio y Tardío), los sitios de Cerro Blanco de Nepeña y Huaca Partida fueron construidos utilizando cánones arquitecturales y artísticos que se asemejan a aquellos identificados en otros sitios contemporáneos como Huaca de los Reyes en el Valle Moche y Chavín de Huántar en la Codillera de Los Andes (Shibata 2014). Durante este período se cree que las comunidades participaban de una tradición religiosa conocido como Chavín o Cupisnique (Elera, 1993). Pero hacia

el 2500 AP, esta tradición se desintegra, y los centros ceremoniales que se habían mantenido por cientos de años son abandonados. Así, en la Costa Norte y Central se experimenta un período de fragmentación política entre el 2450 y 2150 AP (Chicoine e Ikehara, 2011) que marca lo que corresponde al período Formativo Final en el Valle de Nepeña. En este contexto aparecen los sitios de Caylán, Huambacho y Samanco (Fig. 2.2) grandes asentamientos compuestos por conjuntos habitacionales y ceremoniales organizados alrededor de plazas y conectados por calles (Chicoine e Ikehara, 2014; Helmer, 2014).

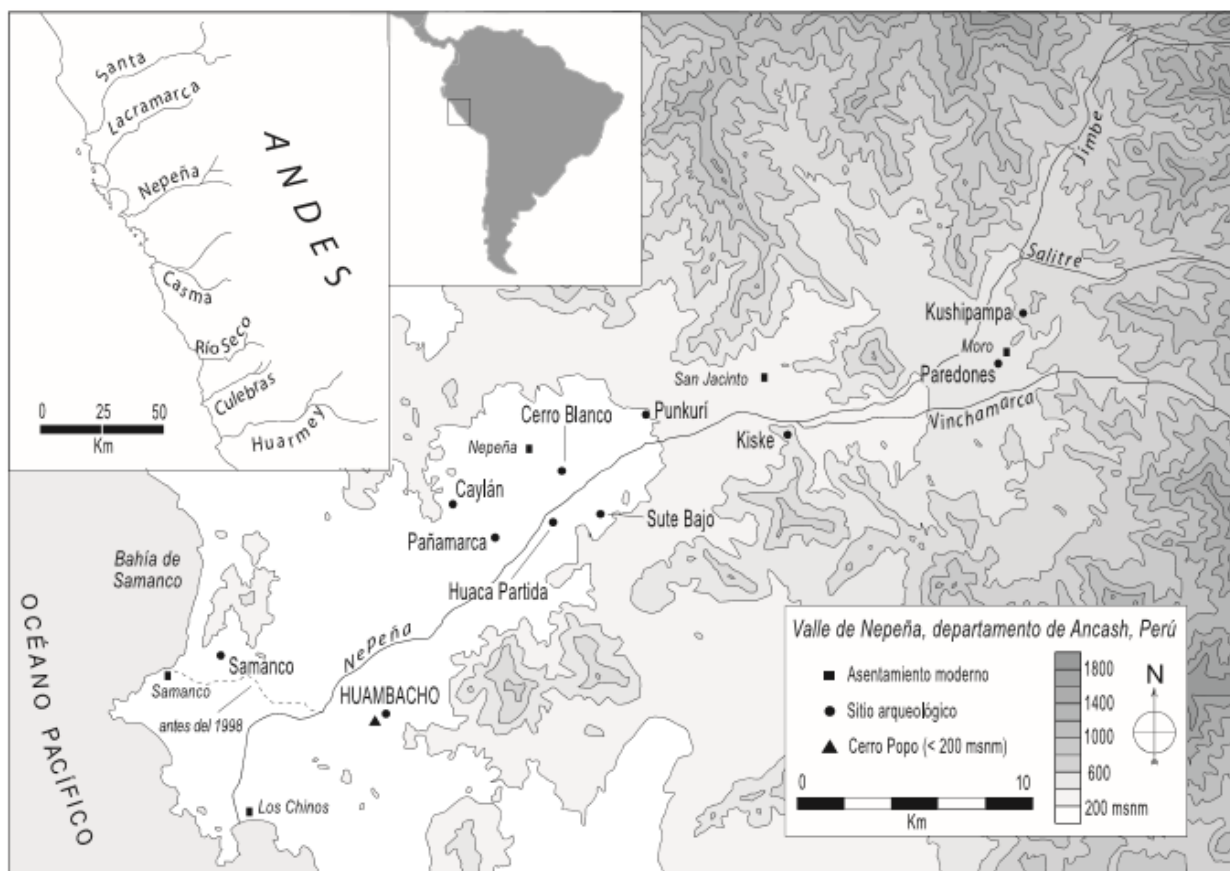


Figura 2.2: Mapa sitios arqueológicos de Nepeña (Chicoine, 2008).

Al rededor del 1400 AP, se construye el centro ceremonial Pañamarca (Fig. 2.4) y la zona residencial El Castillo, ambos representativos de la presencia Moche en el valle (Rengifo 2014, Trever 2017). Sin embargo, el Valle de Nepeña se encuentra al sur del del territorio nuclear de los Moche (Shimada, 1994) y probablemente esto tuvo alguna influencia en su desarrollo en relación con otros valles. Se sabe gracias a los restos arqueológicos que desarrollaron técnicas cerámicas muy ricas y se han encontrado murales como aquellos desenterrados en Pañamarca por Trever (2017). Se cree que durante período de la ocupación Moche en la Costa Norte ocurrió uno o varios episodios muy intensos del fenómeno de El Niño y que esto tuvo un impacto significativo en su organización política y su ideología, sin embargo, no hay evidencia certera de estos hechos en Nepeña.

Entre el 1000 y 750 AP, la política Casma se desarrolló en los valles de Casma, Nepeña y Santa. En esta época varios complejos fueron construidos en Nepeña, como

Pan de azúcar que destaca por haber sido un importante centro de élite. Posteriormente, estas comunidades Casma fueron conquistadas por el Imperio Chimú que tuvo control de la mayoría de la Costa Norte durante dos siglos hasta que, finalmente, el Imperio Inca tomó control de todo el territorio.

En el siglo XVI la llegada de los españoles generó cambios drásticos en la organización política y económica de las sociedades Andinas. Las personas fueron reasentadas en *reducciones*, asentamientos que dieron origen a los pueblos más grandes que actualmente se encuentran en el valle como Nepeña y Moro. Mientras que los poblados menores como Capellanía y San José se relacionan a la aparición de la industria azucarera entre los siglos XIX y XX en Perú una vez ya independizado de España.

Tabla 3: Períodos arqueológicos para el Valle de Nepeña (Ikehara, 2018)

Años AP	Períodos
10000-8500	Arcaico Temprano
8500-5000	Arcaico Medio
5000-4000	Arcaico Tardío
4000-3500	Arcaico Final
3500-3200	Formativo Temprano
3200-2800	Formativo Medio
2800-2500	Formativo Tardío
2500-2100	Formativo Final
2100-1500	Gallinazo
1500-1000	Mochica
1000-700	Casma
700-500	Chimú
500-400	Inca
400-130	Colonial/Virreinato
130-0	Republicana/Moderna





*Figura 2.3: Foto tomada en terreno del monumento arqueológico Punkurí.*



*Figura 2.4: Foto tomada en terreno del monumento arqueológico Pañamarca.*

### 3. MARCO GEOLÓGICO

#### 3.1. Contexto Geológico Regional

La Cordillera de Los Andes recorre el margen occidental del continente sudamericano paralela a la zona de subducción entre la Placa de Nazca y la Placa Sudamericana. Según algunos autores (e.g. Isacks, 1988; Coira et al. 1982) este mecanismo se encuentra activo desde al menos el Jurásico. A lo largo de la zona de subducción existen dos zonas conocidas como zonas de *flat-slab* que se caracterizan por tener un tipo de subducción subhorizontal y, en consecuencia, no presentan magmatismo cuaternario (Mpodozis et al. 1989, Ramos, 1999). Una de ellas se encuentra en la zona central de Chile (26°-33°S) y la otra al centro-norte de Perú (5°-14°S) (Ramos y Folguera, 2009). La zona de estudio de este trabajo se encuentra en la zona de *flat-slab* peruana, entre la Cordillera de Los Andes y el Océano Pacífico.

En cuanto a la geomorfología a gran escala, en Los Andes centrales de Perú se pueden observar 3 unidades morfoestructurales que se han generado por la deformación cortical de la placa Sudamericana: la Cordillera Oriental o Cordillera Blanca, la Cordillera Occidental o Cordillera Negra y la Altiplanicie Central o Callejón de Huaylas (Fig. 3.1) (Pfiffner, 2013). En particular, la Cordillera Negra, también conocida como cordillera de la costa en Perú, alcanza alturas sobre los 4000msnm y hacia su flanco occidental se encuentra el sector litoral, donde hay una serie de valles transversales que atraviesan el desierto costero y desembocan hacia el Océano Pacífico, como es el caso del Río Nepeña.

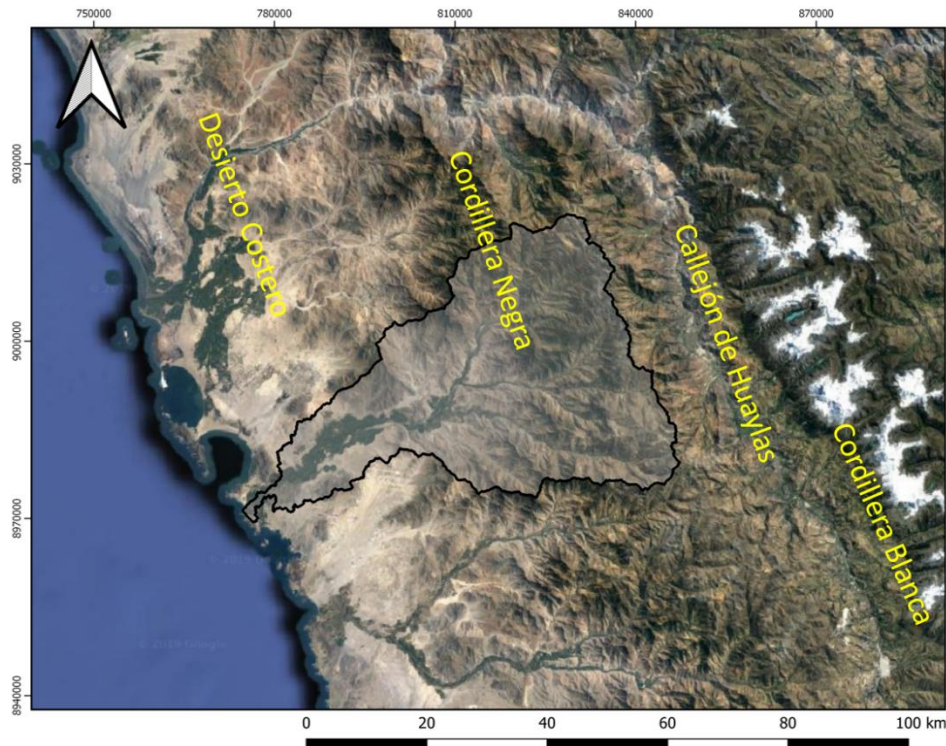


Figura 3.1: Imagen satelital donde se muestra la cuenca del Río Nepeña y las principales unidades morfoestructurales.

### 3.2. Geología local

El valle de Nepeña está rodeado por cerros de altura moderada que están compuestos casi exclusivamente por rocas intrusivas de composición variada desde gabro-diorítica pasando por tonalitas-granodioritas hasta granitos. Estas rocas forman parte del Batolito Costero Peruano, un complejo intrusivo que se encuentra paralelo a la Cordillera Occidental de los Andes y se presenta como un afloramiento casi continuo, desde Trujillo ( $8^{\circ}6'S$ ) en el norte hasta Ocoña ( $16^{\circ}25'S$ ) en el sur (Sánchez et al. 1995). Estas rocas de edad cretácica se emplazaron en rocas volcánicas contemporáneas (Bussell, 1976) y componen una serie de intrusivos cuyos miembros más antiguos corresponden a gabros que se van a haciendo progresivamente más ácidos (Cobbing y Pitcher, 1972).

En cuanto a las rocas intrusivas presentes en el área de estudio (Fig. 3.2), es posible encontrar miembros de las Súper Unidades Patap y Santa Rosa, ambas de edad cretácica. La Súper Unidad Patap es la más antigua, se compone de una unidad de gabros-dioritas y de la Unidad de diques cizallados. Los miembros de la Súper Unidad Santa Rosa que afloran en esta zona son Pacho (dioritas y tonalitas), Huariganga 1 (dioritas), Huariganga 2 (tonalitas) y el Monzogranito de Nepeña.

En esta zona también afloran rocas del grupo Casma, específicamente la formación Junco que corresponde a rocas volcanoclásticas del cretácico inferior. En el sector de la Cordillera Negra que corresponde a la parte alta de la cuenca del río, se pueden encontrar rocas volcanoclásticas del Cretácico y rocas volcánicas del Paleógeno-Neógeno (Pfiffner 2013).

Los depósitos cuaternarios que aparecen en este valle y en los valles aledaños son principalmente aluviales y fluviales. Los primeros, se presentan en las terrazas como una secuencia gruesa de gravas, arenas y limos mal seleccionados con clastos de litología diversa. En general los depósitos aluviales son más gruesos y heterogéneos hacia el este, en cambio hacia el oeste son de granulometría más fina y características más homogéneas. La abundancia de estos depósitos en esta zona tiene estrecha relación con la mayor extensión de las rocas plutónicas, las cuales son más fácilmente erosionables, originando depósitos arenosos gruesos y limoarcillas (Sánchez et al. 1995).

De acuerdo a la bibliografía, actualmente no se observan depósitos eólicos activos en el valle de Nepeña, pero sí en los sectores aledaños como en las quebradas que se encuentran al norte y al sur, así como también en la Bahía de Samanco. La fuente principal de estos depósitos son las playas. Los vientos que soplan del suroeste transportan la arena hacia el interior del continente y éstas cubren las superficies estabilizadas, las quebradas y las pampas costeras (Sánchez et al. 1995).

# Mapa geológico del Valle de Nepeña

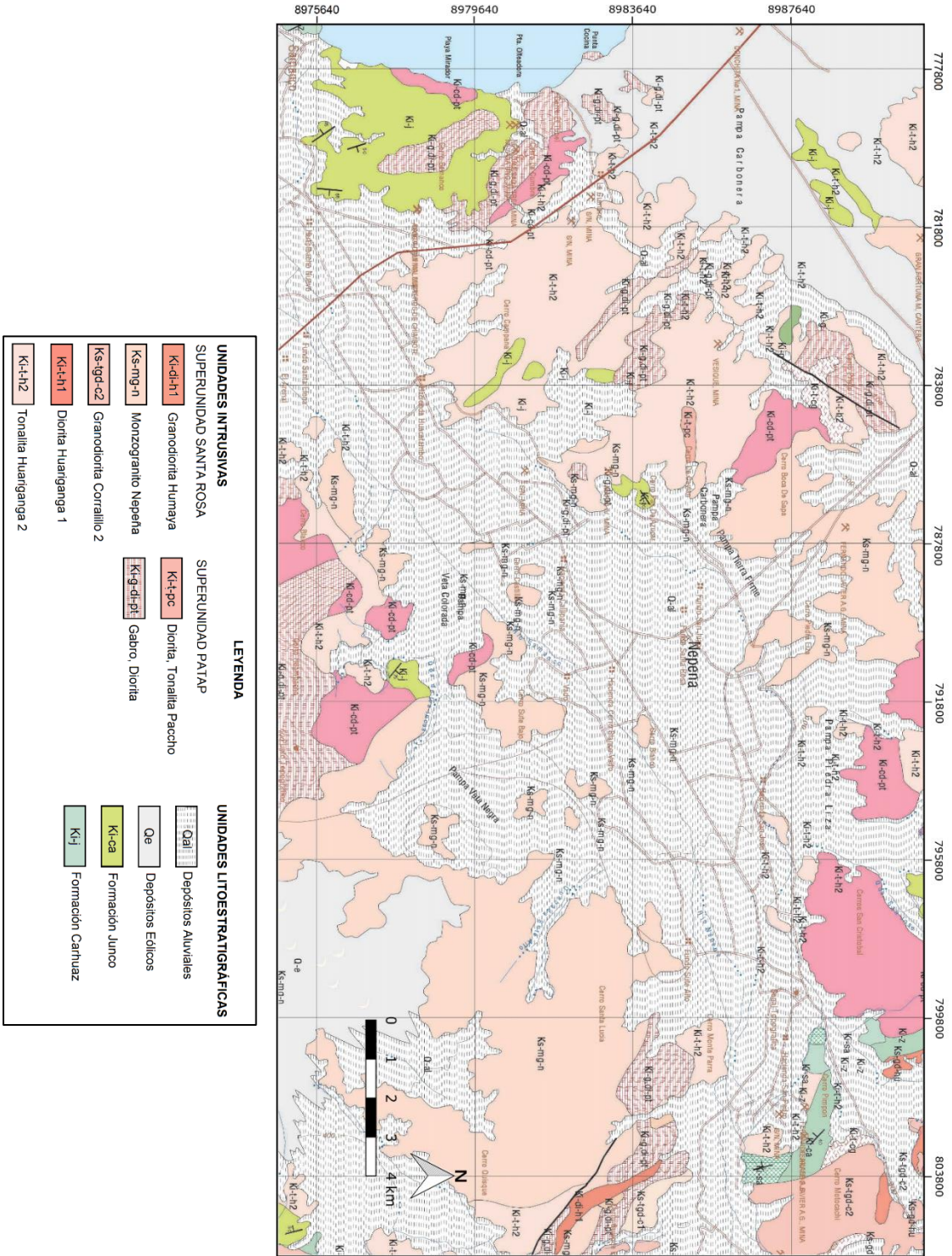


Figura 3.2: Mapa geológico del área de estudio. Modificado de Sánchez et al. 1995

### 3.3. Clima de Costa Norte

El Río Nepeña nace en el flanco occidental de la Cordillera Negra. Su parte más alta se encuentra a 4600 msnm en la laguna Chupicocha. El río tiene un curso con dirección predominante NE a SO y desemboca al Océano Pacífico en la Bahía de Los Chimus. La parte alta de la cordillera recibe 586 mm de precipitaciones anuales, en contraste Nepeña (valle bajo) recibe un promedio de 22 mm anuales, con temperaturas que puede llegar a una mínima de 13°C y una máxima de 30°C en los casos más extremos (Sánchez et al. 1995). Esta zona cae la categoría de clima hiperárido de acuerdo con la clasificación de zonas climáticas propuesta por la UNEP (1997), que se definen a partir de la relación entre precipitación, potencial de evapotranspiración y temperatura (Zomer et al, 2008).

Durante el invierno (junio-agosto) en todo el litoral, desde Trujillo (8°S) hasta Tacna (18°S), se produce una capa de neblina que asciende hasta los 700 - 1000msnm y mantiene húmeda la superficie terrestre. La biósfera saturada de humedad produce una vegetación característica que se llama localmente *lomas*, consiste en una flora efímera herbácea. También se puede encontrar vegetación de tipo *algarrobal* (nombre local), que corresponde a un tipo desierto-tropical. Este tipo de vegetación se mantiene gracias a los años lluviosos, y consiste en una comunidad arbórea cuyos fenotipos alcanzan los 8 a 12m de altura. El principal biotipo es *Prosopis pallida* o algarrobo, también se puede encontrar sapote, arbustos de espino y pequeñas comunidades de otras herbáceas (ONERN, 1976).

El clima costa de Perú está controlado por a la circulación atmosférica en el Océano Pacífico, donde normalmente existe una corriente fría (Humboldt) proveniente del sur que llega hasta el Ecuador (Ruddiman, 2001). Debido a esto, existe mayor humedad en el ambiente, pero menos precipitaciones (Schott, 1932). En la costa también, se producen eventos de la surgencia (ascenso de agua) trayendo una gran diversidad de fauna marina y nutrientes a la costa (Vargas et al. 2000).

El patrón de circulación atmosférica del Pacífico se puede ver afectado por una inestabilidad en el sistema acoplado atmósfera-océano, que produce el fenómeno de ENSO (El Niño Southern Oscillation por sus siglas en inglés), que ocurre en intervalos de tiempo irregulares que pueden durar de 2 a 7 años (Garreaud, 2011; Ruddiman, 2001).

ENSO es un modo oscilatorio de variabilidad climática interanual inherente al Océano Pacífico tropical, que genera aumento o disminución en la temperatura superficial del Océano Pacífico, en sus fases cálida (El Niño) y fría (La Niña) respectivamente (Ruddiman, 2001; Vargas et al., 2006). Usualmente la fase cálida se manifiesta en Sudamérica como un aumento de la temperatura superficial del Océano Pacífico (entre 2 y 5°C) y luego en un aumento de lluvias durante el invierno debido a la mayor evaporación (Ruddiman, 2001).

Varios autores concuerdan en que el fenómeno del Niño está presente desde mediados del Holoceno y que ha mostrado una mayor frecuencia de episodios durante los últimos ~3000 años. (e.g. Sandweiss et al., 2001; Sandweiss, 2003; Carré et al., 2014; Keefer et al., 2003; Rein et al., 2005).

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1. Fenómeno de los huaycos o aluviones

Los aluviones, también llamados huaycos en Perú, son un tipo de remoción en masa que consiste en un flujo canalizado de agua y sedimento. Los flujos son movimientos continuos en el espacio, donde la masa desplazada es deformada internamente, comportándose de manera similar a un líquido viscoso (Varnes, 1978). En muchos casos se originan a partir de otro tipo de remoción, ya sea un deslizamiento o una caída. Es más, hay una gradación desde deslizamiento a flujo según su contenido de agua, movilidad (grado de cohesión) y evolución del movimiento (Highland y Bobrowsky, 2008).

Algunos autores (e.g. Varnes, 1978; Hungr, 2001) han clasificado estos flujos según el tipo de material que transportan y el contenido de agua que poseen. Así, se pueden encontrar los *flujos de detritos*, donde la mayor parte del material sólido corresponde a material grueso, y los *flujos de barro*, donde predomina el material fino (arcilla, limo y arena fina). Sin embargo, no existe un consenso sobre los porcentajes de material grueso y fino que componen ambos tipos de flujo. Otros autores (Cousot & Meunier, 1996) definen los *flujos hiperconcentrados* como aquéllos que poseen una concentración de sólidos entre 50% y 60% en volumen y que aún aparentan fluir como un líquido.

También se reconocen flujos cohesivos y no cohesivos. Los no cohesivos permiten que los granos se muevan relativamente entre ellos debido al exceso de presión en los poros y las colisiones intergranulares. Tales flujos se detienen rápidamente a medida que el agua de los poros se pierde, ya sea a través de la superficie superior del flujo o por infiltración hacia el lecho. Los flujos cohesivos (flujos de barro) usualmente contienen una matriz fina que aumenta la viscosidad e inhibe la decantación de partículas más grandes. A medida que el flujo avanza y se diluye, disminuye su viscosidad y puede volverse turbulento. Cuando esto ocurre hay una transición a un flujo de sedimento en suspensión (flujos hiperconcentrados) que corresponden a las llamadas *inundaciones de planicie o de llanura* (Reading, 2006).

Los flujos de detrito o flujos de barro se originan por incorporación de agua al suelo hasta sobrepasar la capacidad de infiltración o hasta alcanzar un grado de saturación igual o cercana al 100%. Así se produce un aumento de la presión de poros que se traduce en una drástica disminución de la resistencia al corte en el material (Sepúlveda, 1998). En los desiertos costeros de Perú y el Norte de Chile, se pueden generar eventos aluviales con precipitaciones de 20 o 30 mm y después de episodios que duren más de 3 horas (Vargas et al. 2000). Estos eventos pueden ser más intensos si la superficie posee escasa vegetación y pueden alcanzar velocidades de hasta 56 km/h si el valle posee alta pendiente (Highland y Bobrowsky, 2008).

Una vez que se deposita la morfología que dejan los flujos de detrito depende de la topografía. Pueden quedar confinados en la quebrada donde se originan o bien pueden llegar a un punto de expansión del valle, donde se pueden formar abanicos aluviales. Generalmente, estos flujos pierden energía al llegar a la zona de menor pendiente del valle hasta que finalmente se detienen y, si cuentan con espacio suficiente, forman

abanicos. Estos últimos corresponden a zonas de sedimentación río abajo que tienen forma cónica, irradiados desde su ápice que se ubica en el punto donde se abre la quebrada (Reading, 2006).

En cuanto a las facies que se pueden definir para los depósitos de este tipo de ambiente, hay 3 grandes grupos según granulometría: facies conglomerádicas, facies de arena y facies de material fino. Esta clasificación se puede detallar más tomando en cuenta otros rasgos como textura, estructuras sedimentarias, litología, morfología y presencia de paleosuelos (Reading, 2006).

Las facies conglomerádicas contienen un 10% o más de material grueso y se diferencian en matriz-soportadas y clasto-soportadas. Las primeras, se asocian a flujos de detrito cohesivos cuando carecen de laminación y estructuras, pero pueden presentar gradación interna. Si presentan forma tabular, imbricación de clastos y grandes bloques flotando en la matriz se pueden asociar a flujos hiperconcentrados (Nemec y Steel, 1984). También pueden clasificarse como brechas si contienen clastos angulosos de gran tamaño, estas últimas por lo general ocurren a los pies de quebradas de alta pendiente. Las facies clasto-soportadas se asocian al depósito de carga de lecho en flujos de corriente (Reading, 2006).

Las facies de canal de arena se subdividen en 6 según el tipo y escala de estratificación: Areniscas conglomerádicas (corrientes fuertes), areniscas con estratificación cruzada (acreción lateral), areniscas con laminación cruzada (corrientes de baja energía), areniscas con laminación paralela, areniscas masivas (depósito de carga en suspensión durante una inundación), areniscas con estratificación cruzada de bajo ángulo y gran escala (asociada con la migración de meandros) (Reading, 2006).

Las facies de grano fino comprenden fangolitas, limolitas o areniscas de grano fino. Se relacionan con la parte distal terminal de un abanico aluvial, inundaciones de planicie o flujos que van perdiendo su energía (Reading, 2006).

## **4.2. Relación de los suelos con el paisaje**

Para la pedología (ciencia que estudia los suelos y su relación con el paisaje) un suelo es un cuerpo tridimensional que se formó en la superficie de la tierra a través de los factores formadores de suelos, definidos por Dokuchaiev en 1879 y Jenny en 1941. Estos son el *tiempo de exposición*, *el clima*, *el material parental*, *el relieve* y *los organismos presentes*. La pedogénesis es el proceso de formación de suelo a partir de sedimento o del regolito (Schaetzl y Anderson, 2005). La composición de un suelo varía tanto horizontal como verticalmente y, en general, consta de minerales, materia orgánica, organismos vivos, agua y gas almacenados en los poros (Sumner, 2006).

La caracterización de los suelos se hace en terreno a través de las propiedades morfológicas como la clase textural, el color y la estructura. La clase textural se refiere a la proporción relativa entre arcilla, limo y arena que compone la fracción fina (<2mm de diámetro) el suelo (SSDS, 2017). El color del suelo es un indicador de su composición, se puede medir cuantitativamente con la tabla de colores Munsell, que clasifica los colores según tres parámetros: valor, croma y matiz. En general, suelos de valor más

bajo (más oscuros) contienen un mayor porcentaje de materia orgánica. Colores grises-azulados y rojos pueden indicar condiciones de reducción y oxidación respectivamente (Schaetzl y Anderson, 2005).

La porosidad es el espacio vacío o relleno por fluidos u organismos vivos. En general disminuye con la profundidad e incide directamente en la permeabilidad del suelo. La densidad aparente es el peso del material clástico y otros materiales por unidad de volumen de suelo. Un suelo sin poros tendría una densidad de  $2.65 \text{ g/cm}^3$ . Pero normalmente la densidad del suelo no supera los  $2.3 \text{ g/cm}^3$  y un suelo muy rico en materia orgánica puede tener una densidad menor a  $1 \text{ g/cm}^3$  (Schaetzl y Anderson, 2005)

La estructura se refiere a la manera en que las partículas del suelo están unidas o cohesionadas formando agregados. Esto pueden tener forma granular, laminar, en bloques o prismas. El grado de cohesión puede ser fuerte o débil y se relaciona con los ciclos de hidratación y deshidratación del suelo (Sumner, 2006).

Los horizontes de suelo se forman en superficies subaéreas estables que han estado expuestas por un periodo de tiempo suficiente para que el material sea incorporado o removido al material parental. Los horizontes se clasifican en horizontes maestros que se nombran con letras mayúsculas, los de mayor interés para este trabajo son los horizontes O, A, B y C. Un horizonte O es un nivel formado predominantemente por materia orgánica. Un horizonte A corresponde a la parte superior de la porción mineral del suelo, si está maduro se distingue por el color oscuro producto de un alto contenido de humus y materia orgánica. Un horizonte B se forma bajo un horizonte O o A por la iluviación, que es el proceso de acumulación de elementos en un horizonte de suelo procedentes de otro. Finalmente, un horizonte C corresponde al material parental que no ha sido afectado por los procesos pedogenéticos (Ver fig. 4.1) (Schaetzl y Anderson, 2005).

En laderas los patrones de suelo que se forman desarrollan diferentes características debido a las variaciones del relieve, la elevación y drenaje. También considera los procesos de sedimentación-erosión que se producen en diferentes puntos del relieve y el tipo de material parental, que no necesariamente es homogéneo a lo largo de la ladera. En la parte superior predominan los sedimentos de granulometría más gruesa y los procesos erosivos, mientras que ladera abajo hay mayor sedimentación y el material se hace más fino alejándose de la pendiente (Sumner, 2006).

En sistemas fluviales, existen diferencias entre los suelos que se forman en terrazas y en la llanura de inundación. Las terrazas que se encuentran por sobre el nivel del canal activo, no se inundan ni reciben sedimento constantemente, a diferencia de la llanura de inundación que está expuesta a modificaciones y procesos de agradación o erosión. Por lo tanto, en las terrazas se forman suelos más extensamente desarrollados que aquellos de las llanuras de inundación (Sumner, 2006).

La antigüedad de un suelo se puede estimar a través del grado de meteorización y desarrollo de este. La meteorización tiene que ver con la exposición del suelo a las condiciones medioambientales, mientras que el desarrollo está relacionado con la formación de horizontes de suelo. Esta última varía en el tiempo dependiendo de la intensidad de los factores pedogénicos (Sumner, 2006). También, en climas áridos y semi-áridos la presencia de carbonatos pedogénicos representa un indicador de antigüedad y en general se relaciona con cambios en el nivel freático (SSDS, 2017).



Un paleosuelo corresponde a un suelo que formó en un paisaje con sus respectivas características ambientales y morfológicas que ya no existen en el lugar. Ya sea porque el proceso pedogénico fue alterado por un agente medioambiental externo o porque fue enterrado. Un paleosuelo enterrado se describe de la misma manera que un suelo activo y se utiliza el sufijo b (de *buried* en inglés) (Schaetzl y Anderson, 2005). Cuando se observa un paleosuelo en la estratigrafía, este representa el registro de la paleotopografía, o sea que es un indicador estratigráfico de una paleosuperficie, y representa un período de estabilidad en el tiempo entre procesos de sedimentación-erosión (Sumner, 2006).

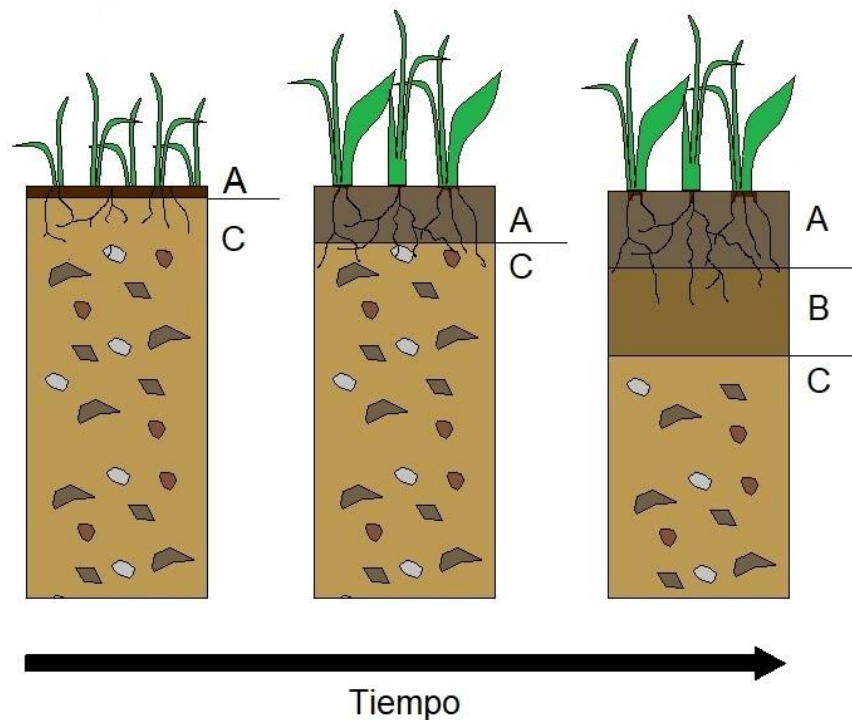


Figura 4.1: Esquema de la formación de horizontes de suelo partir de sedimento para la zona de estudio de este trabajo. Los horizontes se forman paralelos a la superficie. Los horizontes A y B han experimentado procesos pedogénicos que han obliterado el material parental. El horizonte C corresponde al material que no ha sido alterado. (Elaboración propia).

## Suelos de Nepeña

La erosión fluvial es un factor importante en el paisaje del valle de Nepeña. Según el informe de ONERN (1972), esta zona es extremadamente árida y el caudal del río es irregular, con descargas ocasionales incluso en épocas de crecida. Sin embargo, las características fisiográficas de este valle favorecen la erosión fluvial lo cual se refleja en la existencia de varios cauces antiguos dentro del área agrícola, así como por la gran extensión ocupada por el cauce principal y los suelos ribereños. Además, dichas características están condicionadas por los episodios de lluvias torrenciales que llegan después de un largo período de sequía (eventos de El Niño) y producen grandes aluviones (flujos de detrito) que modifican el paisaje. Esto ocurre al estar los suelos en

condiciones de estabilidad precaria, es decir, secos, polvorientos y con escasa o ninguna cobertura vegetal que los estabilice.

De acuerdo al mismo estudio de ONERN (1972), el paisaje edáfico guarda estrecha relación con las características fisiográficas del valle. Por lo cual se han definido 6 paisajes fisiográficos que se presentan a continuación:

- a. **Llanura de inundación:** comprende las áreas de terrazas inundables. La primera está constituida por el lecho del río, así como por cauces antiguos. La segunda está constituida por las áreas ribereñas, de naturaleza generalmente pedregosa, y por todas aquellas terrazas que se encuentran a un nivel similar al del río. Estas últimas tienen por lo general texturas más finas. Algunas áreas presentan problemas de salinidad y drenaje.
- b. **Terrazas no inundables:** todas aquellas terrazas, de diferentes niveles, que no corren riesgo de inundaciones. Algunos suelos presentan problemas de salinidad y drenaje.
- c. **Llanura aluvial de piedemonte (abanicos aluviales):** incluye todos aquellos suelos ubicados en llanuras o conos de abanicos de quebradas confluyentes al valle.
- d. **Antiguos cauces:** presentan problemas de drenaje y actualmente estos suelos se encuentran sin uso.
- e. **Áreas eólicas:** suelos ubicados en la parte más baja del valle. La acción del viento ha jugado un rol muy importante en la formación de estos suelos, aunada en ciertos casos, a factores de origen aluvial. Un rasgo que caracteriza a algunos suelos es la presencia de elevadas concentraciones de sales.
- f. **Áreas montañosas:** comprende todas las áreas en altura que rodean la zona agrícola.

Por otro lado, se clasificaron los suelos que cubren el área agrícola de Nepeña en 3 clases de suelos: suelos normales (libres de problemas de salinidad y drenaje), suelos salinos (suelos con distintos grados de salinidad y condiciones de drenaje) y suelos salinos-sódicos (salinidad moderada a fuerte, con contenido de sodio alto y drenaje imperfecto).

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Mapa geomorfológico

Se elaboró un mapa geomorfológico de la zona de estudio (Fig. 5.2), donde se muestran los puntos GPS de los perfiles descritos en terreno. En él se pueden distinguir elementos como cerros isla, correspondientes a los intrusivos de Pañamarca y Cerro Blanco, que posiblemente tienen incidencia en algunas de las secuencias estratigráficas que se forman cerca de ellos.

Otros rasgos geomorfológicos son la presencia de abanicos aluviales, y conos de deyección (depósitos coluviales), que se encuentran a los pies de las quebradas.

Tanto en el mapa como en terreno se observan paleocanales del río, que actualmente se expresan como zonas deprimidas y que contienen material de granulometría relativamente más gruesa, donde en general no se observan cultivos debido al mal drenaje de los suelos.

Debido a su resolución (30m) no fue posible distinguir niveles de terrazas a través de las imágenes satelitales disponibles, ya que los desniveles son del orden de 1 a 2 metros. Por lo tanto, el relleno del valle aparenta ser una extensa llanura de inundación del río. Sin embargo, es posible diferenciar zonas más propensas a las inundaciones ya que las secuencias estratigráficas que se levantaron muestran claras diferencias en cuanto al dinamismo o a la cantidad de inundaciones que reciben.

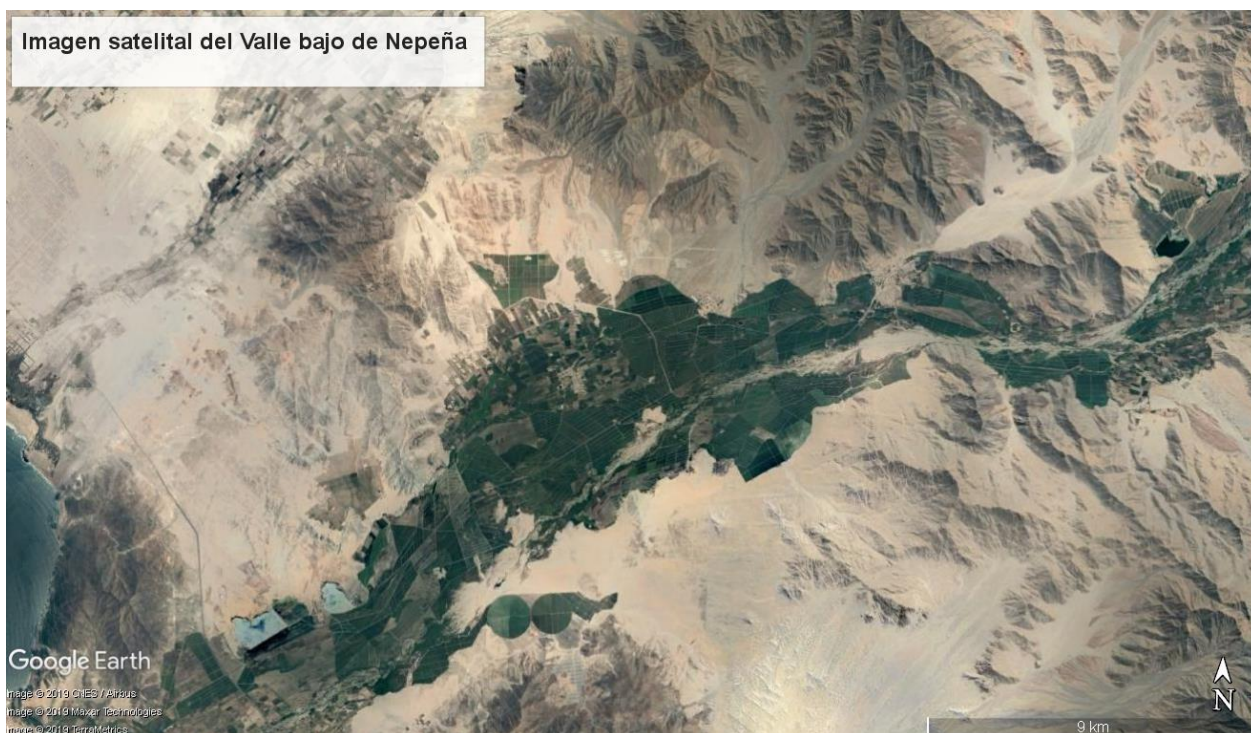


Figura 5.1: Imagen satelital del valle bajo del río Nepeña obtenida de Google Earth Pro.

## Mapa geomorfológico del Valle de Nepeña

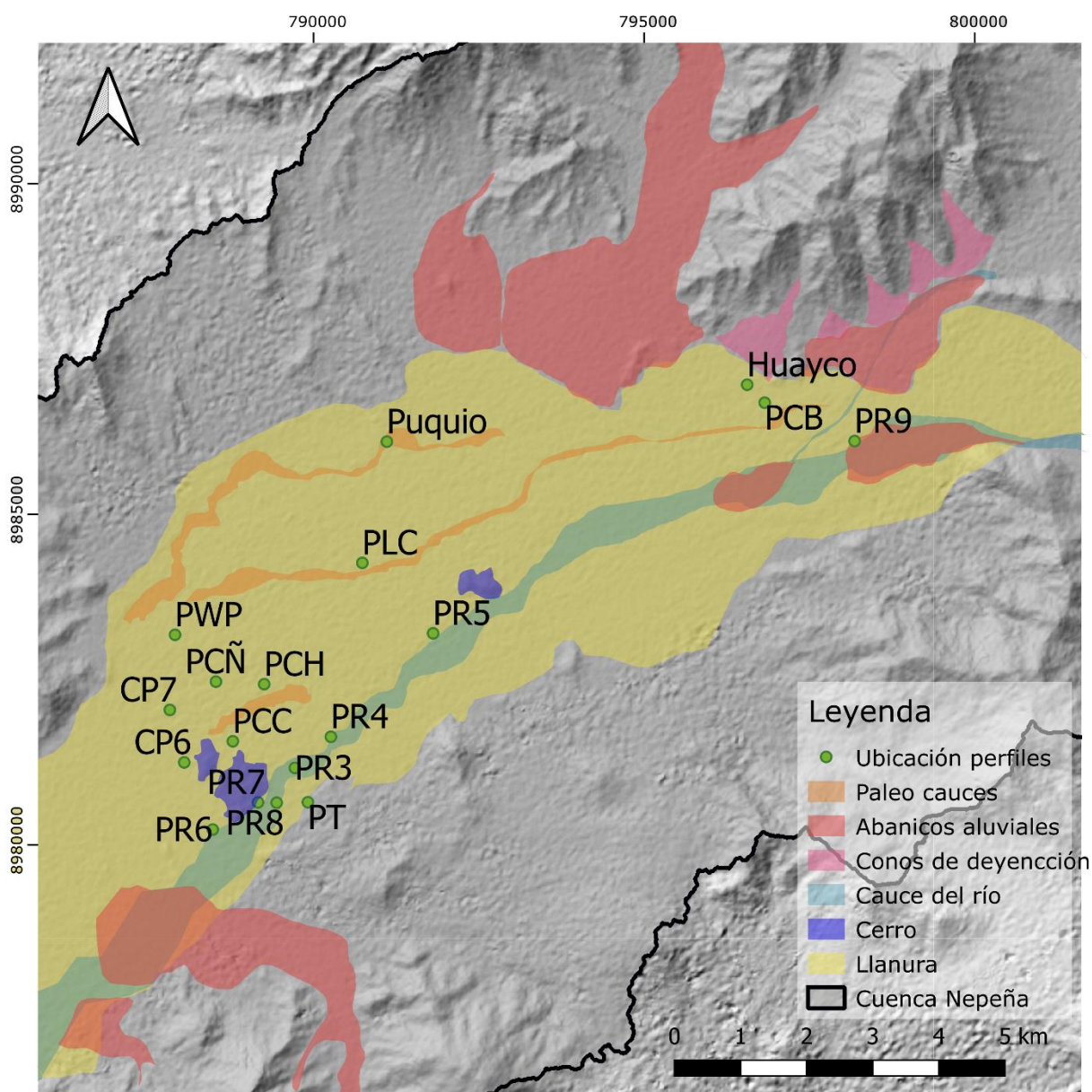


Figura 5.2: Mapa geomorfológico de la zona de estudio escala 1:90000. Los círculos verdes muestran la ubicación de los perfiles descritos en terreno. Elaboración propia.

### 5.2. Columnas

Se describieron 16 secciones estratigráficas en terreno (Fig. 5.2) que contienen información pedo-estratigráfica y lito-estratigráfica. A continuación, se presentan algunas de las más representativas o que contienen información más relevante para el análisis geomorfológico (Ver descripciones completas en anexos).

**PR6:** este perfil tiene en su base dos niveles de conglomerados o brechas matriz soportadas que se encuentran cementadas con carbonato. El primer nivel es de arena fina y limo (30%) con clastos de 1 a 30 cm de diámetro. Los clastos son subredondeados a subangulosos, poco esféricos, y tienen mala selección. El segundo, es de arena fina y limo (80%) con clastos de 1 a 5 cm de diámetro subangulosos.

Luego, se tiene una secuencia de horizontes que alcanza 1,2m de espesor y, finalmente, un horizonte A de 15cm de espesor.

Se encontraron cerámicas que podrían corresponder al periodo Moche (1500 -1000 AP) con un grado de confianza medio, ya que los fragmentos no se encuentran íntegros. El nivel 4Bwb2 que se encuentra a ~70cm de profundidad fue fechado con  $1760 \pm 15$  años.

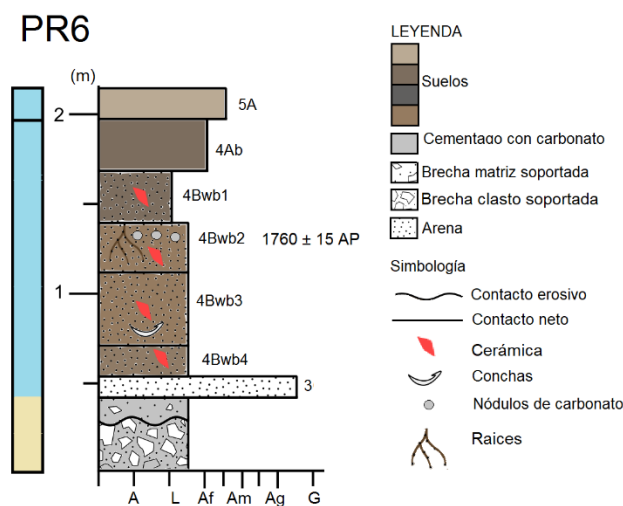


Figura 5.3: Columna y foto del perfil PR6.

**PR7:** En este perfil se utilizó el barreno y se logró penetrar hasta 3m bajo el suelo. En la base del perfil se encontró un nivel de grava monomictica de composición granítica. Luego, el resto del material que fue extraído constaba principalmente de niveles de arena, limo y arcilla sin clastos. Se encontró un horizonte de suelo (-6Ab) que fue fechado con  $8050 \pm 90$  años AP.

En cuanto a la parte que está expuesta. Se tiene en la base niveles de material fino que contienen dos secuencias de suelos. De las cuales el nivel 2Ab fue fechado con  $4160 \pm 100$  años. Luego, hay varios niveles de brechas matriz-soportadas que contienen varias

secuencias de suelos enterrados. Estos niveles tienen un alto contenido de matriz (70-80%) de limo y arena. Los clastos varían en tamaño, para cada nivel. Los primeros contienen clastos angulosos que no superan los 5cm, mientras que el nivel 11Bw tiene bloques subangulosos de ~20cm a ~30cm. La composición de los clastos es variada y también contiene bloques de adobe de origen antropogénico.

En el nivel 11Bwb1 se encontraron varias cerámicas, de la cuales dos fueron analizadas: una puede corresponder con alta probabilidad al período de tiempo entre el 1200 y 1000 AP; la otra con un grado de confianza medio porque está incompleta, puede ser posterior al 1000 AP.

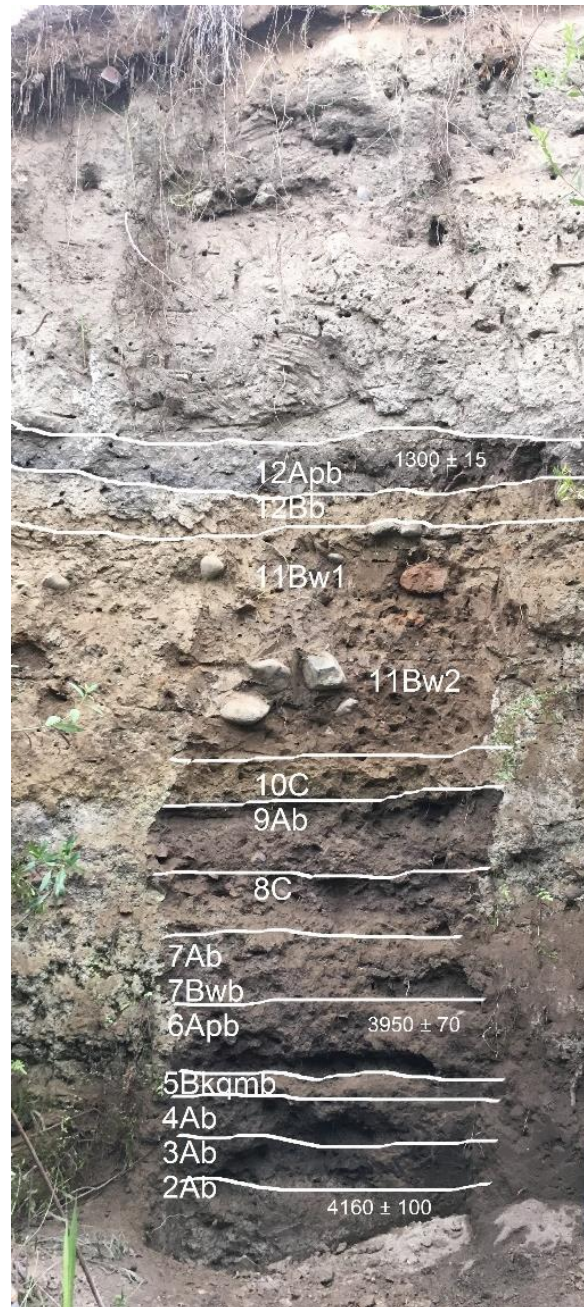


Figura 5.4: Foto del perfil PR7

# PR7

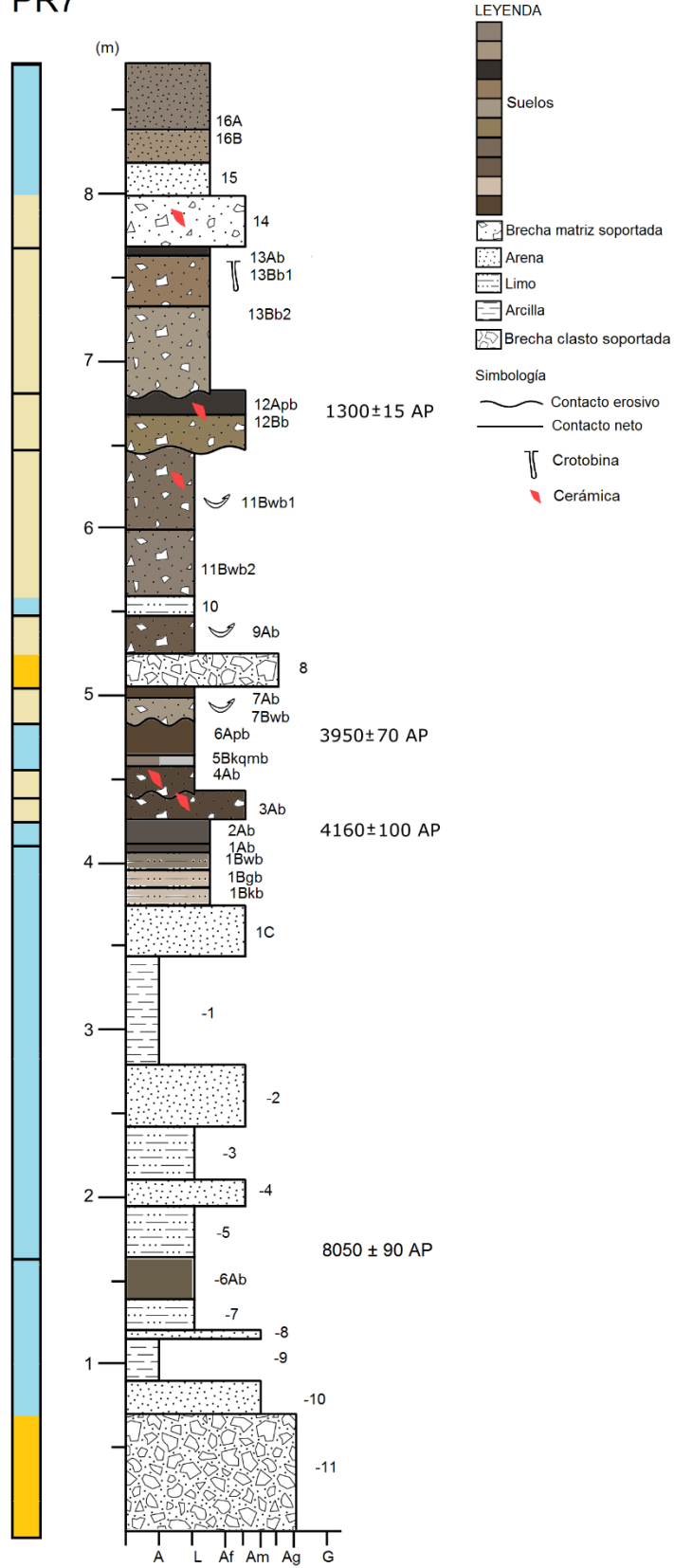


Figura 5.5: Columna del perfil PR7.

**PR3:** Este perfil muestra niveles de brechas, conglomerados, areniscas, arcilla y 5 secuencias de horizontes. Cerca de la base tiene una secuencia de horizontes 2Akb y 2Bkb de colores negro y gris, con un relativamente alto contenido de materia orgánica y el nivel 2Akb fue fechados con  $1100 \pm 15$  (a ~5m de profundidad). Luego, le sobreyace un nivel de limo arcilloso de 30cm de potencia, seguido de un nivel de arena fina (75%) con clastos anguloso y subredondeados de 1 a 3 cm. Sobre éste hay un nivel conglomerádico de 20cm de potencia y enseguida un nivel de arena masiva que contiene un horizonte A en su techo. Luego, un nivel de arena fina (80%) con lastos de 1 a 6 cm subangulosos y con mala selección. Sobre este hay una capa de arcilla de 5 cm. Luego, dos secuencias de suelo de clase textural franco arenoso. Finalmente, más de un metro de arena con algunos lentes de grava fina.

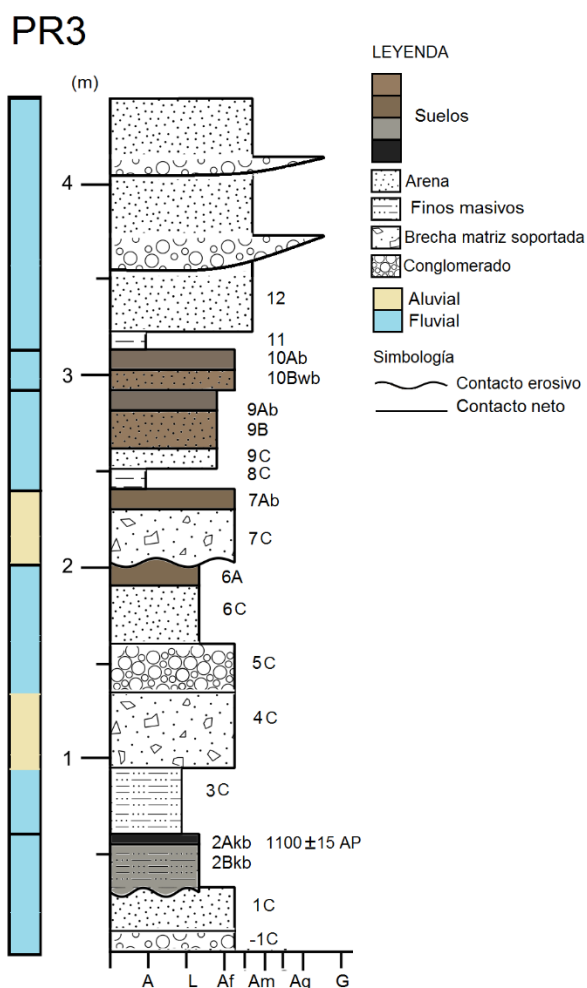


Figura 5.6: Columna del perfil PR3.

**PCH:** en este perfil se penetró cerca de un metro con el barreno, sin embargo no se encontraron horizontes de paleosuelos. En la parte expuesta del perfil se observa un depósito de arena masiva que en la base tiene un nivel de arena más gruesa. Se observa



una secuencia de suelos con varios horizontes Bw y un horizonte Oa en la superficie. Para este perfil se tiene una fecha de  $2240 \pm 15$  años a ~60cm de profundidad.

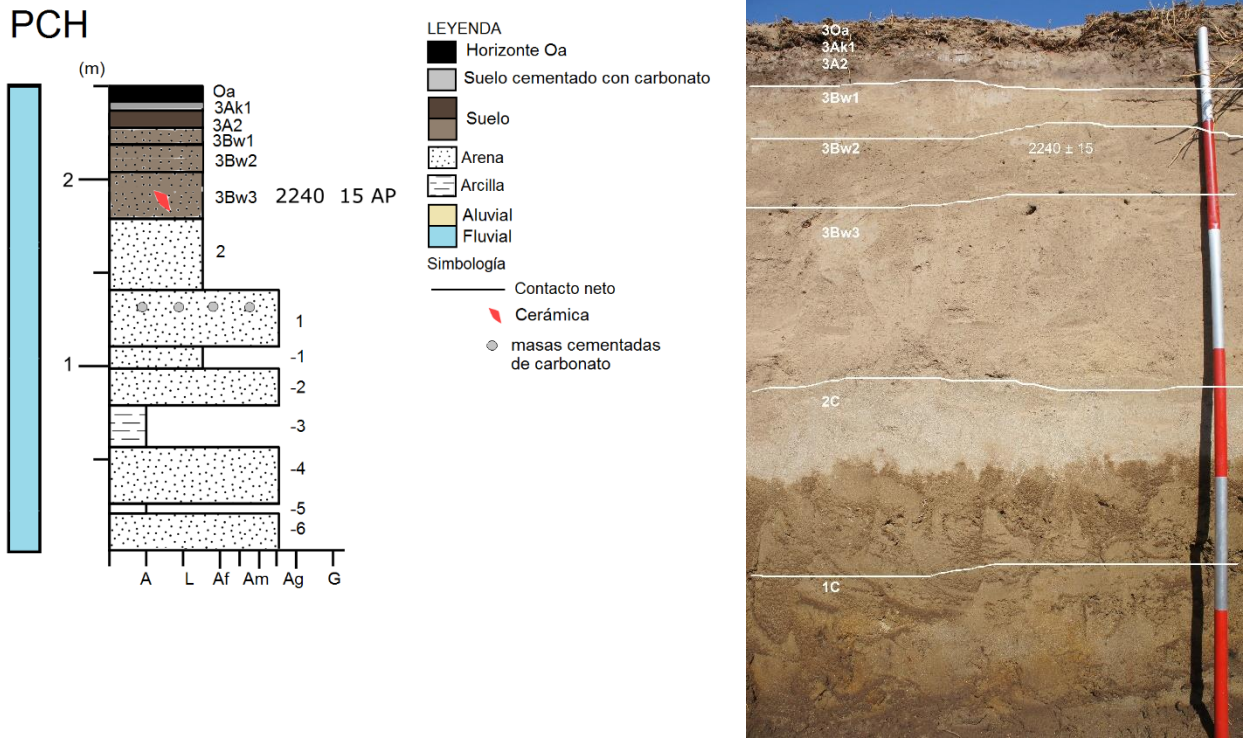


Figura 5.7: columna y foto del perfil PCH.

**CP7:** Este perfil se ubica en el Bosque de Capellanía (Fig. 5.2), que corresponde a una zona relativamente húmeda del valle. En su base tienen un nivel de brecha matriz-soportada de al menos 20cm. Sobre este nivel hay niveles de arena y limo masivos. Luego, 3 secuencias de de suelos. Para el nivel 2Ab se tiene una edad de  $525 \pm 15$  años.

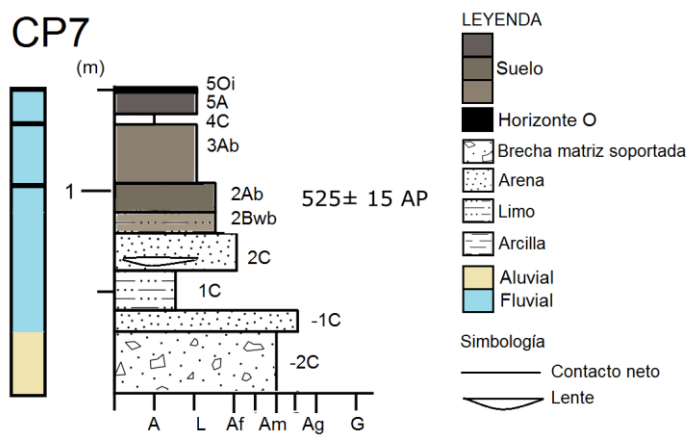


Figura 5.8: Columna del perfil CP7



Figura 5.9: Foto del perfil CP7.

**PLC:** Este perfil está compuesto por niveles de limo y arena con varias secuencias de formación de suelo. Los suelos son de colores marrón claro y oscuro. En el nivel 1Bwb se encontró una cerámica que con alta probabilidad corresponde al periodo Moche. Además, se dató se el nivel 5Ab el cual tiene  $155 \pm 20$  años, a ~50cm de profundidad.

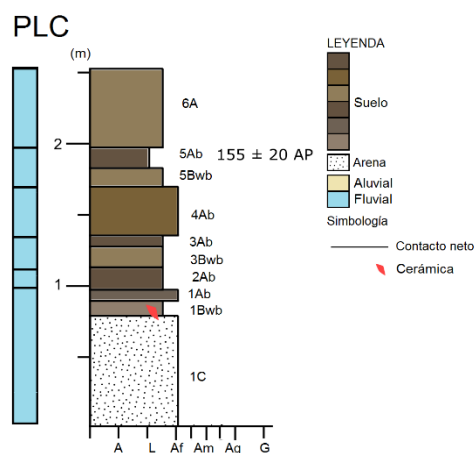
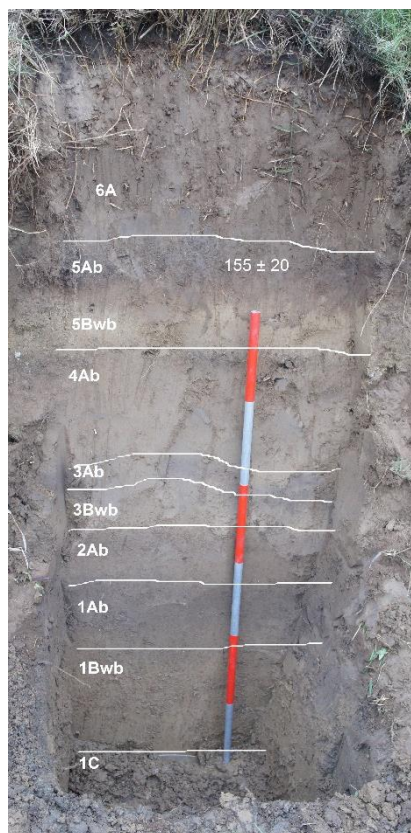


Figura 5.10: Foto y Columna del perfil PLC.

### 5.3. Diversidad de depósitos y ambientes sedimentarios

Se proponen 5 ambientes sedimentarios que interactúan entre sí para explicar el origen de estos perfiles: fluvial, aluvial, eólico, coluvial y evaporítico.

Los depósitos asociados a un ambiente fluvial incluyen facies de material fino sin estructuras que se generan por el depósito rápido de carga en suspensión, o sea, por inundaciones de planicie. También incluyen facies de areniscas lenticulares, areniscas con estratificación cruzada, facies de gravas lenticulares y facies conglomerádicas clasto-soportados que se asocian con depósitos de carga de lecho en canales de mayor energía.

En cuanto a las inundaciones de planicie, se pueden diferenciar aquellas que corresponden a crecidas del río que dejan depósitos de arcilla de pocos centímetros de aquellas que dejan depósitos de varios centímetros de arena y limo, que corresponderían a flujos hiperconcentrados.

Los depósitos asociados a un origen aluvial incluyen facies de brechas matriz-soportadas, que pueden estar intercaladas con areniscas masivas y capas de arcilla de pocos centímetros. Las facies de brechas matriz-soportadas corresponderían a depósitos de flujos de barro. Ya que en general contienen más matriz que clastos, no presentaban estructuras y tienen mala selección. El origen de estos flujos puede ser la Cordillera Negra cuando ocurren lluvias más intensas de lo normal o las quebradas de la parte baja del valle cuando llueve en el sector litoral, lo cual es menos frecuente.

En cuanto a la litología de los clastos, existe una notoria diferencia entre las rocas que afloran en la parte baja y alta del valle. En la parte baja hay principalmente rocas intrusivas, mientras que la Cordillera Negra está conformada por rocas volcánicas y volcanoclásticas (Sánchez et al. 1995; Pfiffner et al. 2013). Así, un flujo que proviene de las quebradas que se encuentran en la parte baja del valle, deberían contener un mayor porcentaje de clastos de intrusivos. Sin embargo, según lo observado en terreno, la mayoría de los depósitos presentaban clastos de rocas volcánicas y otras litologías, lo que indicaría que tienen un origen más distal, probablemente en la cordillera.

También se observó que el porcentaje de matriz en la mayoría de los casos era alto, cercano al 80%, lo cual se puede relacionar con el mecanismo de transporte. Por ejemplo, la presencia de clastos de mayor tamaño (>20cm) en algunos depósitos podría explicarse por la cohesión de las partículas (flujos cohesivos). Considerando que el sector de Pañamarca, que es donde se concentran los perfiles, está a aprox. 4 km del abanico más cercano (ver mapa Fig. 5.2), es esperable que en los depósitos observados domine el material fino.

Los depósitos asociados a un ambiente eólico en esta parte del valle son escasos o difíciles de identificar. Las facies de arena fina bien seleccionada, capas de limo masivo o los suelos que son ligeramente a moderadamente salinos, como los que se encuentran en el perfil PT (Fig. 5.2) podrían evidenciar un transporte de sedimento por acción del viento desde la costa hacia el interior (Sánchez et al. 1995). Es probable que exista un constante retrabajo de los sedimentos por acción del viento, que se ve limitado por la actividad agrícola.

Se encontraron solo dos ejemplares clasificados como facies de brecha clasto-soportada. Uno de ellos llama la atención porque contiene clastos muy angulosos cuya

fuerza no se encuentra cercana al lugar del depósito. Por lo que se le atribuye un origen antropogénico y coluvial, en el sentido de que el material fue traído a este punto por acción humana, para luego ser retrabajado por un proceso sedimentario (un pequeño derrumbe, por ejemplo) que da origen a esta capa homogénea, monomítica, de escasa matriz y clastos angulosos.

En cuanto a las facies de paleosuelos, estas se pueden diferenciar por su color, textura, contenido de materia orgánica, presencia de sales y presencia de carbonatos (Anexo 8.17). Se diferencian dos grandes grupos de acuerdo al grado de desarrollo que poseen, aquellos que poseen varios horizontes bien desarrollados y aquellos que son de poca potencia con horizontes débilmente formados. Esta diferencia se relaciona directamente con la paleotopografía, donde los primeros corresponden a suelos de terrazas y los segundos a suelos de llanura de inundación.

La diversidad de facies sedimentarias se puede sintetizar en 6 grandes grupos que se describen a continuación:

**Facies de finos masivo (Fm):** Corresponde a areniscas finas, areniscas limosas, limolitas, limo-arcillas o fangolitas masivas. Su potencia varía de 9 a 100 cm. (Fig. 5.11).

Ubicación: Todas las columnas presentan este tipo de depósitos, menos PT.

**Facies de arena (A):** Corresponde a areniscas finas, medias o gruesas. Pueden ser tabulares o lenticulares. Masivas o con estratificación cruzada (Fig. 5.12). En ocasiones aparecen intercaladas con capas finas de grava. La potencia de estos depósitos es desde 10 hasta 100 cm.

Ubicación de los depósitos masivos: PCÑ (niveles 1, 2, 4), PR4 (niveles 3, 5), PR8 (niveles 1, 3, 6, 7, 8 y 10), PWP (niveles 1 y 2), PLC (niveles 1, 3, 4 y 6), PR3 (1, 6, 9, 10 y 12), PR9 (niveles 5, 9 y 10), PR5 (nivel 4), PCB (niveles 1, 2, 3, 4 y 7), CP7 (nivel -1)

Ubicación de los depósitos lenticulares: PR9 (niveles 3, 6 y 8), PCB (nivel 5).

Ubicación del depósito estratificado: PR4 (nivel 4).

**Facies de brecha matriz-soportada (Bm):** Contienen clastos que van de 2 a 30 cm en una matriz de arena fina y/o limo. El porcentaje de matriz es de un 30% a 90% y son matriz-soportados. Los clastos son angulosos, subangulosos y subredondeados; en general no superan los 10 cm. En general son homogéneos y sin estructuras. La selección es pobre y los clastos son de litología variada, excepto en algunos casos en que se observan abundantes clastos de composición granítica. La potencia de estos niveles varía de 15 a 100 cm (Fig. 5.13 y 5.14).

Ubicación: PR3 (niveles 4 y 7), PR5 (nivel 1), PR6 (niveles 1 y 2), PR7 (niveles 3, 4, 7, 9, 11, 12, 13 y 14), PT (niveles 1 y 2), CP6 (niveles 1 y 3), PCC (niveles 1, 2 y 3), CP7 (niveles -2 y 4) y PCB (niveles 4 y 7).

**Facies de brecha clasto-soportada (Bc):** Contienen clastos angulosos que miden entre 2 cm y 5 cm. El porcentaje de matriz es bajo (<10%). Los clastos son de rocas intrusivas.

Ubicación: PR7 niveles 11 y 8.

**Facies de conglomerados clasto-soportados (C):** Corresponden a depósitos de arena gruesa o grava (<30%) con clastos redondeados y subredondeados que miden de 5 a 20

cm. Son clasto-soportados y polimícticos. La potencia de estos depósitos varía entre 20 y 100 cm.

Ubicación: PR9, PWP, CPÑ y PCB.

**Facies evaporíticas de yeso (Y):** Capa de 50 cm de color rosado claro y blanco amarillento, compuesta mayoritariamente por yeso, halita y calcita (Fig. 5.15).

Ubicación: PT (4Ay).

**Facies paleosuelos (S):** corresponden a todos los paleosuelos enterrados. La gran mayoría comprende horizontes A y B. El color es variado, hay colores Munsell marrón verdoso (oliva), marrón rojizo, marrón oscuro y tonalidades grisáceas. Hay texturas de arena fina, franco arenoso y franco arcilloso. El contenido de materia orgánica también es variable, en algunos casos bastante alto (>1%).



Figura 5.11: Ejemplos de depósitos de grano fino masivos. A la izquierda foto del perfil PCÑ y a derecha foro del perfil PCH.



Figura 5.12: Foto del perfil PR4 nivel 4. A la izquierda se puede ver estratificación cruzada en la parte inferior. A la derecha, arena media con laminación horizontal e intercalación con niveles de grava.



Figura 5.13: Foto del perfil PR7, depósitos matriz-soportados con clastos mayores a 20cm.



Figura 5.14: Foto del perfil PCC. Depósitos matriz-soportados con clastos menores a 5cm.



Figura 5.15: Fotos del perfil PT.

#### 5.4. Esquema secuencial de la formación de paleosuelos en terrazas fluviales

Una observación muy interesante que conecta elementos geomorfológicos y pedológicos es que los perfiles exhiben notorias diferencias estratigráficas de acuerdo al lugar donde se ubican, lo cual tiene incidencia en el desarrollo de los suelos. En general, las terrazas más cercanas al canal activo del río están más expuestas a los procesos aluviales y fluviales. Por ello los intervalos de estabilidad en que se desarrolla un suelo son más cortos y, por lo tanto, los suelos menos desarrollados.

En otras palabras, el suelo que se forma sobre la superficie de una terraza activa (inundable), tendrá menos tiempo de exposición que aquellos formados sobre terrazas más altas. En general, un mayor tiempo de exposición produce suelos más profundos y más ricos en materia orgánica, lo cual se refleja en el color del suelo como un valor Munsell más bajo. Aunque el contenido de materia orgánica también depende de la cercanía con el nivel freático (disponibilidad de agua) para mantener la vegetación.

Algunos perfiles muestran una mayor frecuencia de eventos, mientras que otros parecen ser más estables en el tiempo. Esto se puede estimar gracias a las fechas obtenidas, pero también se puede observar principalmente en la potencia y grado de desarrollo de los suelos. La estabilidad de algunos sectores del valle en relación a otros, puede ser consecuencia de la ubicación de los perfiles, como se menciona en el informe de ONERN (1972) donde se clasifican los suelos de acuerdo a la ubicación fisiográfica.

El esquema (Fig. 5.16) explica cómo se pueden formar algunas de las secuencias descritas en terreno. Primero, se tienen dos niveles de terrazas T1 y T2, de los cuales T1 está más cerca del nivel del río y por lo tanto representa un ambiente más inestable. En ambas terrazas se tiene un horizonte de suelo en superficie (notar que en T2 este horizonte es más grueso que en T1) (Fig. 5.16: A).

Luego de que un flujo de detrito desciende por el cauce del río, tanto el canal principal como T1 quedan cubiertos por un depósito aluvial (Fig. 5.17: B). Así el suelo que se encontraba en la superficie de T1 pasa a ser un paleosuelo enterrado (Fig. 5.16: C). Posteriormente, en un período de tiempo determinado por los factores ambientales, el río hace una nueva incisión sobre el material depositado (notar que no necesariamente coincide con el antiguo canal) y se tiene un nuevo proceso de pedogénesis sobre el depósito del flujo de detrito (Fig. 5.16: D).

A modo de ejemplo, un perfil como PCH y PR6 se encontraría sobre una superficie más estable como T2, ya que exhibe un mayor desarrollo de suelo evidenciado por varios horizontes Bw, un espesor de decenas de centímetros y la fecha de  $2240 \pm 15$  años AP muy cercana a la superficie, que indica que ha estado más bien estable en el tiempo.

Por otro lado, un perfil como PR3 y PR7, probablemente representa la zona más inestable ya que muestran niveles de material fino, depósitos de canal y depósitos aluviales. Además, contienen varias secuencias de paleosuelos que a veces son de pocos centímetros de espesor, lo cual indica que estuvieron menos tiempos expuestos a la superficie.

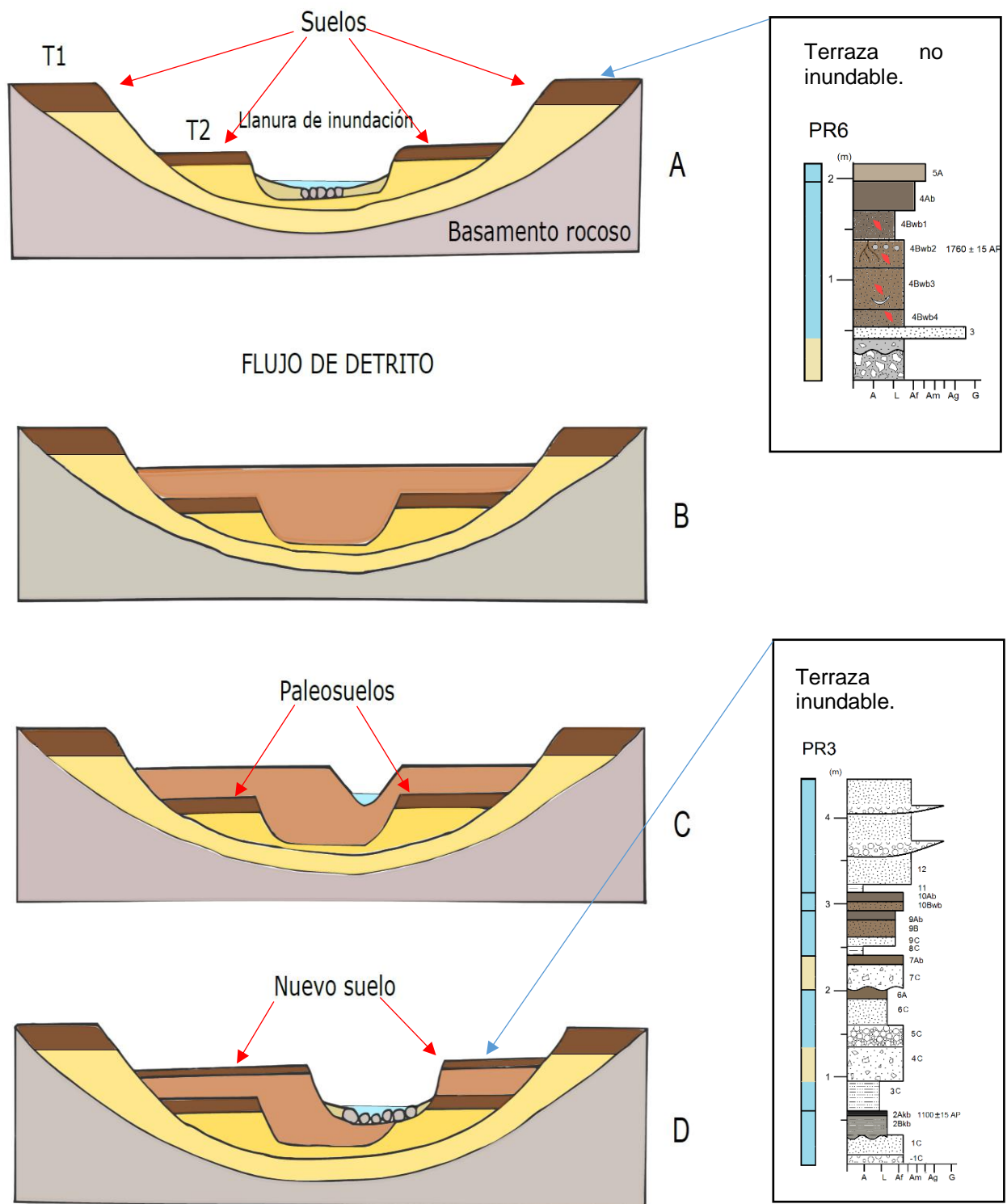


Figura 5.16: Esquema que muestra una secuencia de formación de suelos en terrazas fluviales. (A) Se tienen dos niveles de terrazas con formación de suelo. (B) La llanura de inundación es cubierta por un depósito aluvial, el nivel T1 queda enterrado. (C) Se forma una nueva incisión del río, notar los paleosuelos enterrados. (D) El nuevo canal se consolida y se tiene un nuevo nivel de suelo en las terrazas más cercanas al canal.



## 5.5. Geocronología y estratigrafía

Se tienen fechas de carbono 14 para 22 paleosuelos. Ya que los perfiles mostraban claras diferencias de temporalidad, los resultados se agruparon en 4 períodos de acuerdo con la línea de tiempo arqueológica (Tabla 4). De esta forma fue posible establecer una cronología para los depósitos aluviales encontrados en los perfiles. Esto permite inferir diferencias en cuanto a la humedad y la estabilidad de cada período.

Tabla 4: Períodos arqueológicos y perfiles asociados para analizar los resultados.

Período arqueológico	Rango de años AP	Perfiles asociados
Arcaico Temprano – Arcaico Final	10000 – 3500	PR6, PR7
Formativo Temprano – Mochica	3500 – 1000	PR6, PR7, PCC, PCH
Casma – Inca	1000 – 400	PR3, PR5, PT, CP7, PCB, CP6
Colonial – Presente	400 – 0	PLC, PWP, PR4, PR8, PR9. PCN

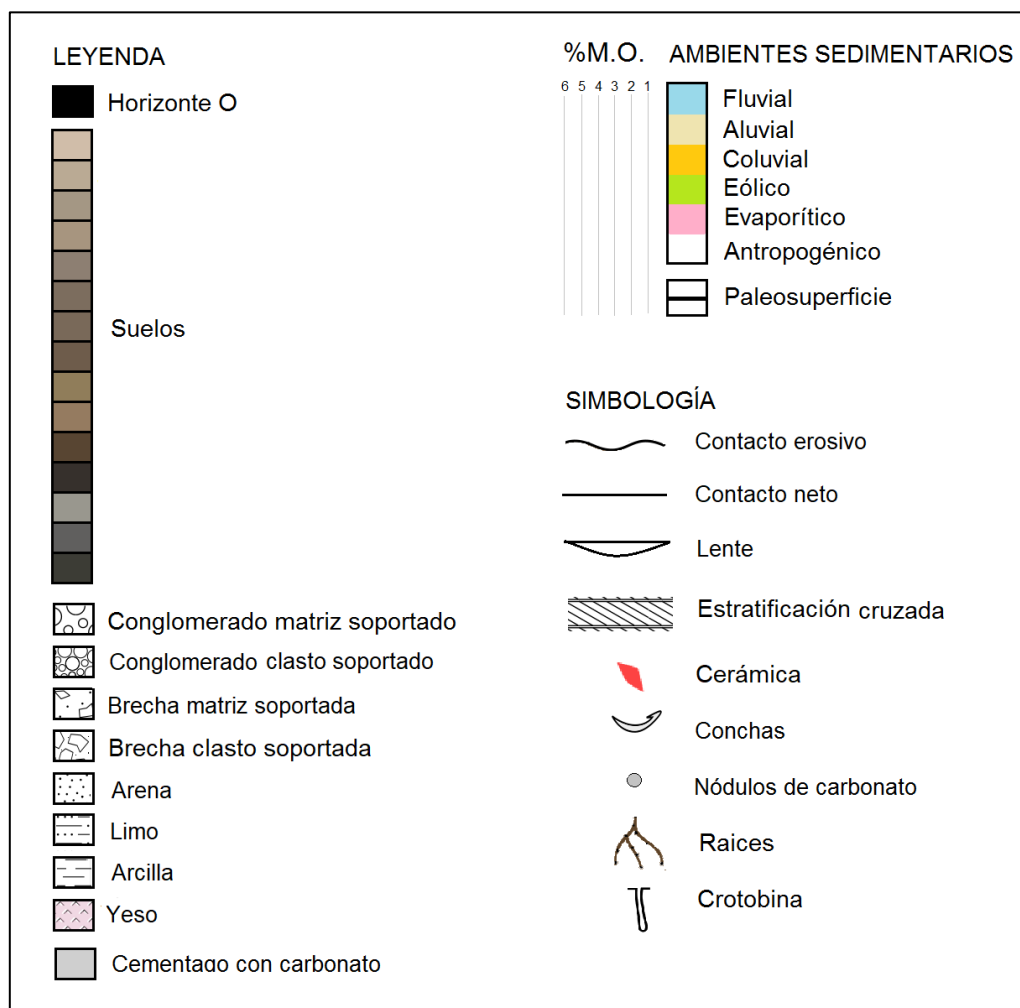


Figura 5.17: Leyenda y simbología para las figuras 5.18 a 5.22.

## **Período Arcaico Temprano – Arcaico Final, entre 10000 y 3500 AP**

Este período está representado por la parte inferior del perfil PR7 y los primeros dos niveles del perfil PR6 (Fig. 5.18). La fecha más antigua es de  $8050 \pm 90$  años AP correspondiente al paleosuelo -6Ab del perfil PR7 que se encuentra a 2m de profundidad. La fecha que le sigue es de  $4160 \pm 90$  años para el nivel 2Ab. Entre estos dos estratos hay 7 niveles que corresponden a inundaciones de planicie (Fm), lo que indicaría que hubo al menos 7 durante este periodo y que este punto se mantuvo como una terraza inundable. Es importante destacar que estas unidades fueron extraídas con barreno por lo que no es posible analizar las relaciones de contacto entre ellas y que esta interpretación podría estar sesgada.

Entre los niveles 2Ab y 6Apb, que tienen edades de  $4160 \pm 90$  y  $3950 \pm 70$  AP, hay 4 estratos, dos de brechas matriz-soportadas que se asocian a flujos de barro y dos de limo masivo que se asocian a inundaciones de planicie. Los niveles 3Ab y 4Ab que corresponden a los flujos de barro se pueden correlacionar con los niveles 1C y 2C del perfil PR6.

Por último, la unidad que sobreyace al nivel 6Apb también corresponde a un nivel de brecha matriz-soportada con formación de suelo. Este nivel se interpreta como un flujo de barro y no está acotada superiormente, pero se asume que ocurrió dentro de este período o eventualmente en el periodo siguiente. Así, en resumen, se puede decir que hay un mínimo de 10 inundaciones de planicie y 3 flujos de barro para el período Arcaico.

## **Período Formativo temprano – Mochica, entre 3500 y 1000 AP**

Este período está representado por los perfiles PR6, PR7, PCC y PCH (Fig. 5.18) que se concentran alrededor de Pañamarca. Los perfiles PR7 y PCC muestran secuencias diferentes a los perfiles PR6 y PCH. En particular, el perfil PCH tiene una sola secuencia de suelo y una fecha de  $2240 \pm 15$  AP cercana a la superficie, que se puede interpretar como que ha estado estable durante este tiempo. En cambio, en PR7 y PCC se pueden observar varios estratos con formación de suelos.

Según las fechas obtenidas en los paleosuelos, se tienen 3 eventos entre el  $2495 \pm 15$  y  $2415 \pm 20$  AP (estratos -6C y -7C, perfil PCC), 3 eventos que ocurrieron antes del  $1300 \pm 15$  AP (perfil PR7) y, finalmente, 2 que ocurrieron después del  $1300 \pm 15$  AP.

En cuanto a las cerámicas encontradas en estos perfiles, hay dos que tienen un alto grado de confiabilidad que fueron encontradas en los perfiles PR7 y PCC. La del perfil PR7 se encontró en el horizonte 11Bwb1 y tiene una asignación temporal que está entre el 1200 y 1000 AP, lo cual concuerda ligeramente con la edad del nivel de paleosuelo 12Apb que tiene  $1300 \pm 15$  años que está sobre este nivel. Por otro lado, la cerámica del perfil PCC corresponde al nivel 2Apb y tiene una asignación de 1500 a 1200 AP, lo cual sí concuerda con la edad de ese paleosuelo que es de  $1470 \pm 15$  años que corresponde al período Moche.

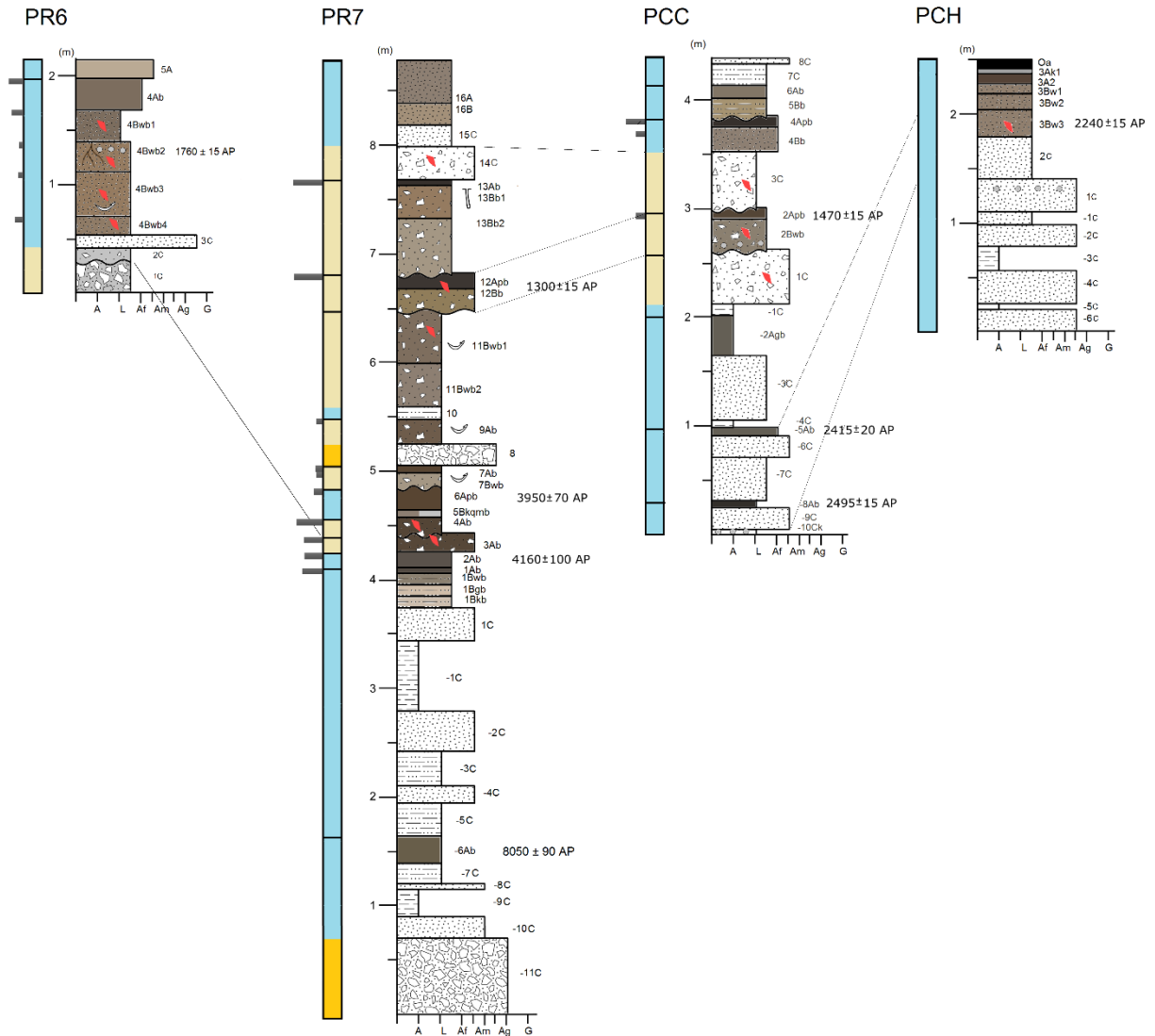


Figura 5.18: Perfiles PR6, PR7, PCC y PCH. Correlaciones para los períodos 10000 – 3500 AP y 3500 - 1000 AP.

### Período Casma – Inca, entre 1000 y 400 AP

Este período está representado por los perfiles CP7, PR3, PR5, PCB, CP6 y PT (Fig. 5.19 y 5.20). El inicio de este periodo está marcado por el la base del perfil PR3 donde está el paleosuelo 2Akb que tienen dos fechas  $1100 \pm 15$  y  $940 \pm 15$  años. La secuencia de eventos que le sigue en orden cronológico corresponde a inundación de baja energía (Fm), flujo de barro (Bm), canal de mediana energía (C) y una inundación (A). Sobre este último nivel se tiene un horizonte (6A) de poco espesor que no tiene fecha, pero se puede correlacionar con el nivel 2Ab perfil PR5 por su color, textura y relaciones de contacto. El horizonte 2Ab (PR5) tiene  $705 \pm 15$  años y el 3Ab tiene  $680 \pm 160$  años, que se puede correlacionar con el horizonte 9Ab del perfil PR3. Estas fechas se pueden usar para acotar el nivel 7C que corresponde a un flujo de barro (Bm) del perfil PR3.

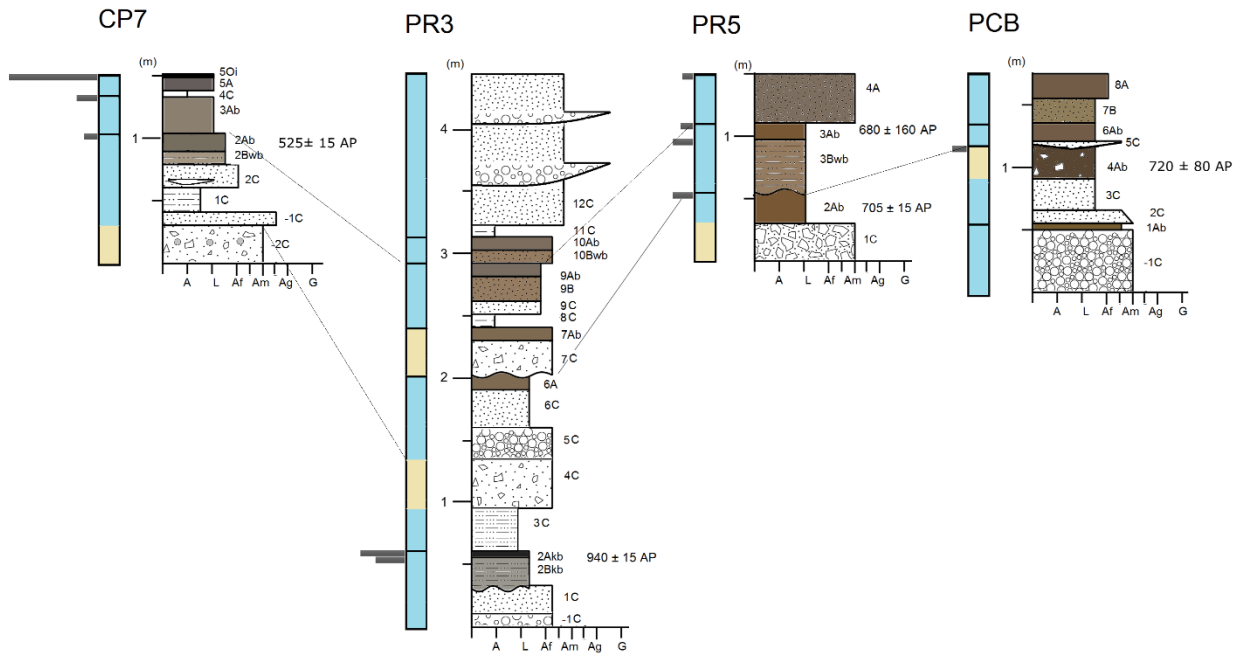


Figura 5.19: Perfiles CP7, PR3, PR5 y PCB. Correlaciones para el período 1000 - 400 AP.

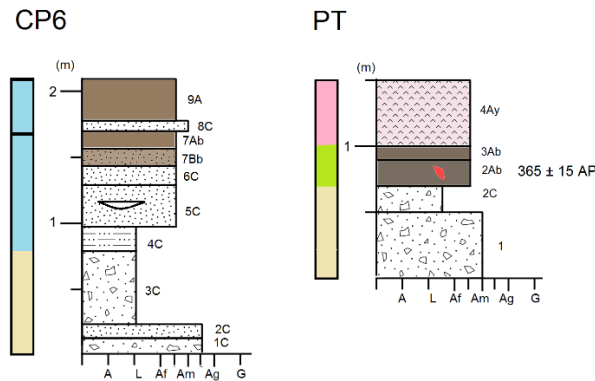


Figura 5.20: Perfiles CP6 y PT.

Continuando con la secuencia de eventos, se tiene un flujo de barro del nivel 7C (PR3), seguido de una inundación menor (Fm) y luego el nivel 9 que corresponde a una inundación de mayor energía representada por un nivel de arena y limo que se encuentra también en los perfiles PR5 (3Ab) y CP7 (2Ab). Luego, se tiene otro horizonte de suelo (10Ab y 10Bwb) y, finalmente, al menos 4 niveles de inundaciones.

En resumen, se tiene un mínimo de 9 inundaciones y 3 flujos de barro para este período.

### Período Colonial/Virreinato – Republicana/Moderna, entre 400 y 0 AP.

Este período está representado por los perfiles PLC, PWP, PR4, PR8, PR9 y PCÑ (Fig. 21 y 22). En ellos no se observan principalmente depósitos asociados a inundaciones de planicie y a otros procesos fluviales, en particular en el perfil PR4. Las

fechas obtenidas en los paleosuelos son similares. Se pueden correlacionar bien los horizontes 5Ab (PLC), 2Ab (PR4), 5Ab (PR8) y 2Ab (PWP) que tienen aprox. entre 140 y 160 años. A partir de esto, se puede observar una clara diferencia en la tasa de sedimentación entre los perfiles. Donde PR4 y PR8 aparentemente son más dinámicos y coincidentemente se encuentra más cerca del cauce actual del río.

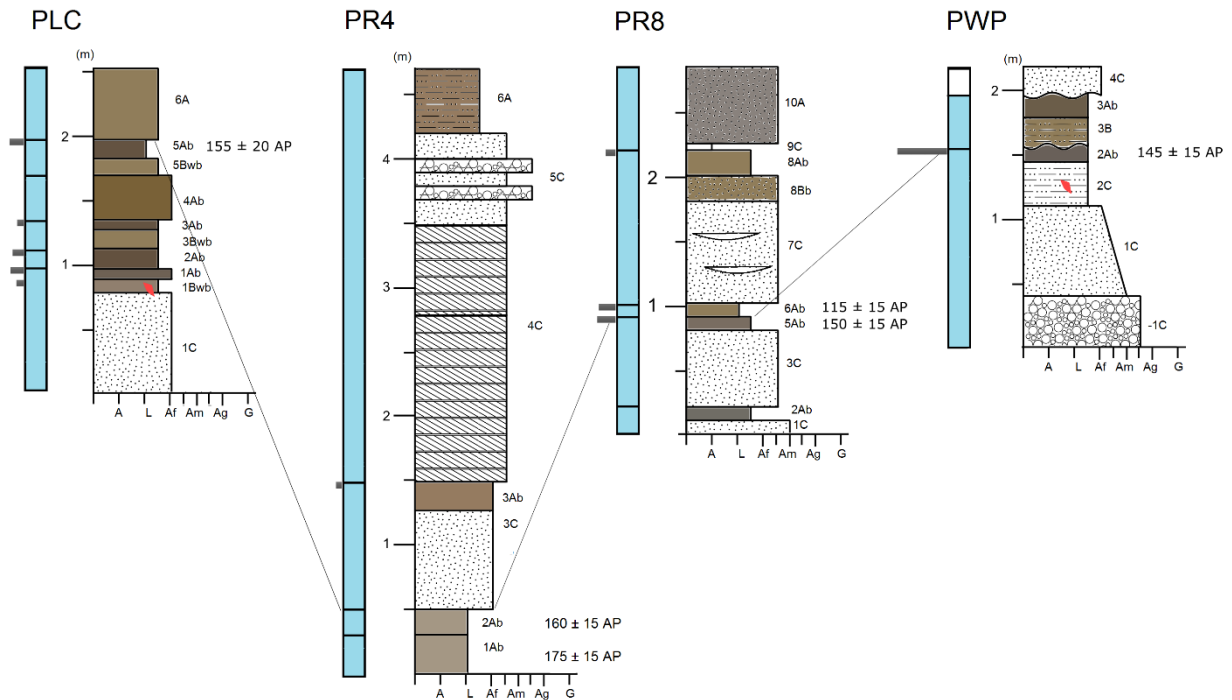


Figura 5.21: Perfiles PLC, PR4, PR8 y PWP. Correlaciones para el período 400 AP al presente.

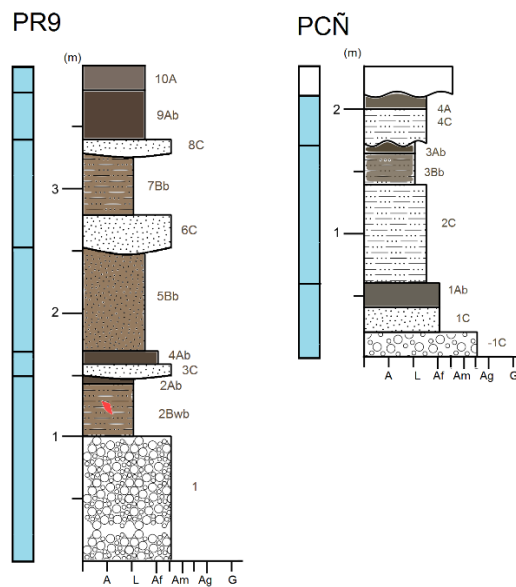


Figura 5.22: Perfiles PR9 y PCÑ.

Por otro lado, los perfiles PCL y PWP muestran una sola inundación posterior a esta fecha, lo que indica que probablemente el paleocanal que se encuentra cercano a estos puntos se secó hace algo más de 150 años. Además, entre los perfiles PLC y PWP también hay una diferencia en la cantidad de secuencias de suelo que se observan. PLC tiene varios horizontes A, mientras que PWP tiene tres niveles sin formación de suelo. Probablemente, ambos puntos representan diferentes niveles de terraza para la época en que se encontraba activo este canal, donde PLC era una terraza más alta y PWP se encontraba al nivel del río.


Se observan al menos 7 inundaciones para este período, de las cuales 4 ocurrieron en los últimos ~150 años que son las que se observan en el perfil PR8.


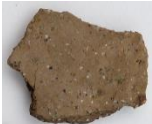





### **Cerámicas encontradas en terreno con su interpretación:**







En la tabla se muestran algunas de las cerámicas encontradas en los perfiles, se han seleccionado las que tenían mayor grado de confianza en la asignación temporal para tener una referencia de la edad de los depósitos y ver si había una relación consistente con las fechas obtenidas en los paleosuelos. La confianza será alta para una pieza que se encuentre en buen estado de preservación o que presente un rasgo muy característico de un período. Una confianza media y baja se relacionan con la mala preservación o el tamaño de la muestra.

En general se observó que las fechas no siempre coinciden. Esto puede deberse a algunos de los siguientes motivos: (1) que hayan sido enterradas por animales o personas, (2) que hayan sido retrabajadas como sedimento, o (3) que la asignación temporal esté errada. Esto último tiene relación con el grado de confiabilidad que puede ser alto, medio o bajo dependiendo de las condiciones en que se encuentre la cerámica.



*Tabla 5: Descripción e interpretación de cerámicas encontradas en los depósitos (Realizado por Hugo Ikehara).  
\*Middle horizon = 550 – 900 DC. \*Late intermediate period = 900 – 1476 DC (Rowe y Menzel 1967).*

<b>Perfil, nivel</b>	<b>Descripción</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Asignación Temporal (AP)</b>	<b>Confianza asignación temporal</b>	<b>Foto (no a escala)</b>
PCC-1C	Cocción oxidada a baja temperatura (pasta oscura), con acabado claro en superficie interna. Estrías de alisado interno. Cuello de cántaro de paredes evertidas. Inclusiones de arena mixta de muy buena selección.	Moche	1500 – 1200	Media	

Perfil, nivel	Descripción	Interpretación	Asignación Temporal (AP)	Confianza asignación temporal	Foto (no a escala)
PCC-1C	Cocción oxidada a alta temperatura y muy uniforme. Inclusiones de arena mixta de selección buena.	Post 500 DC	< 1500	Media	
PCC-1C	Cocción oxidada a baja temperatura (pasta oscura). Inclusiones de arena mixta, selección regular.	Post 1000 DC	< 1000	Media	
PCC-2Apb	Cocción oxidada, inclusiones de arena fina, mayormente de cuarzo, bien seleccionada. Fragmento de cántaro escultórico de molde con pintura blanca.	Moche	1500 - 1200	Alta	
PCC-2Apb	Cocción oxidada con inclusiones de arena fina, buena selección.	Moche	1500 - 1200	Media	
PCC-3C	Fragmentos de cuerpo y borde de tinaja. Cocción oxidante e inclusiones angulosas de cuarcita, bien seleccionado.	Post 500 DC	<1500	Media	
PT-2Ab	Cocción oxidada, temperatura media. Inclusiones de arena mixta, buena selección.	Moche a Middle Horizon*	1500-1000	Media	
PWP-1C	Cocción oxidada uniforme. Inclusiones de arena oscura, muy buena selección. Vasija cerrada de molde con decoración de círculos	Moche a Middle Horizon*	1200 – 1000	Alta	

Perfil, nivel	Descripción	Interpretación	Asignación Temporal (AP)	Confianza asignación temporal	Foto (no a escala)
PR6-5Bw1	Cocción oxidada uniforme. Inclusiones de arena mixta, muy buena selección.	Moche a Middle Horizon*	1500 – 1000	Medio	
PR6-5Bw1	Cocción oxidada uniforme. Inclusiones de arena mixta, muy buena selección.	Moche a Middle Horizon*	1500 – 1000	Medio	
PR6-5Bw1	Cocción oxidada uniforme. Inclusiones de arena mayormente de cuarzo. Muy buena selección.	Moche a Middle Horizon*	1500 – 1000	Medio	
PR6-4Bw2	Cocción oxidada, inclusiones gruesas y heterogéneas y de selección regular.	Post 1000 DC	< 1000	Baja	
PLC-1Bwb	Borde de botella o cantarito de cuello corto, paredes delgadas. Pasta fina con pocas inclusiones. Cocción uniforme reducido--> oxidado con color rojo anaranjado en superficie.	Moche o Middle Horizon*	1500 – 1000	Alta	
PR9-1Bw	Cocción oxidante uniforme. Decoración impresa de paleta.	Late Intermediate Period*	800 - 550	Alta	



Perfil, nivel	Descripción	Interpretación	Asignación Temporal (AP)	Confianza asignación temporal	Foto (no a escala)
PR7-11Bw1	Fragmento de cántaro o botella de gollete simple, con decoración escultórica de rostro. Cocción oxidante, pocas inclusiones muy finas y bien seleccionado.	Middle Horizon*	1200 – 1000	Alta	
PR7-11Bw1	Cocción oxidante incompleta, inclusiones con selección regular en pasta compacta.	Post 1000 DC	< 1000	Media	

## 5.6. Inundaciones en Nepeña durante los últimos 8000 años

A continuación, se muestra una columna (Fig. 5.23) que sintetiza el análisis geocronológico de la sección anterior. En ella se muestran todas las inundaciones asociadas a depósitos sedimentarios que fueron observados en terreno.

En resumen, para el periodo Arcaico se tiene un mínimo de 13 eventos. Para el período Formativo - Mochica, se tiene mínimo 8 eventos. Para el período Casma – Inca, mínimo 12 eventos. Para el período de la colonia hasta el presente se tienen al menos 6 eventos, 4 de las cuales ocurrieron durante los últimos ~150 años. Así se tienen mínimo 39 eventos en los últimos ~8000 años.

Los depósitos encontrados representan un mínimo de eventos ya que la información puede estar incompleta y, por lo tanto, tiene un sesgo que puede estar dado por uno o varios de los siguientes motivos: (1) la posible erosión de depósitos, (2) falta de información (fechas de paleosuelos) para establecer mejor las correlaciones, (3) que los depósitos existan, pero que no hayan sido observados en terreno.

En cuanto a las fechas que se tienen de paleosuelos, estas sirven principalmente para acotar el período en que ocurrieron los eventos, pero no representan una fecha exacta. Esto porque los suelos se forman después de que se deposita el material en un tiempo que es variable y pueden permanecer estables por largos períodos.

Durante los primeros ~4000 años se observan solo depósitos de inundación y un mínimo de 9 eventos. Sin embargo, esto no es tan confiable debido a que para esta sección en particular se tiene solo un perfil de referencia (PR7) y el sedimento se extrajo con barreno. Por otro lado, no hay desarrollo de suelo en todo ese tiempo, lo cual sugiere que hubo una constante depositación/erosión de sedimento sobre este punto (PR7) durante ese período. Esto indica que posiblemente era una terraza activa del río y quizás que el ambiente era más húmedo.

SÍNTESIS DE INUNDACIONES DESDE EL 8000 AP

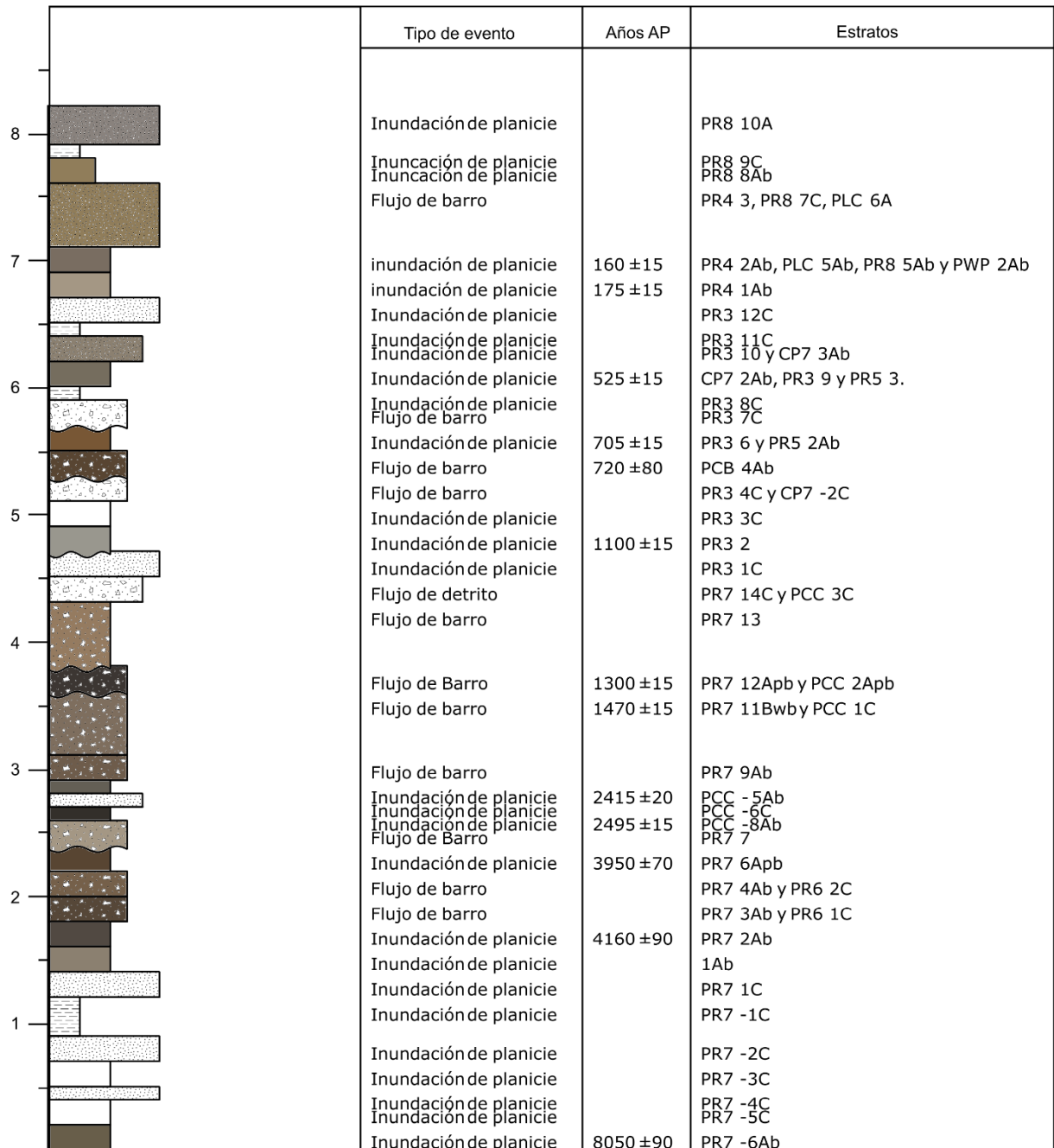


Figura 5.23: Columna que sintetiza las inundaciones y flujos de barro encontradas en terreno. Los estratos que aparecen en color indican que tuvieron formación de suelo.

Para el período entre ~4160 y ~700 AP, se observó que hay al menos 11 depósitos que contienen un mayor porcentaje de clastos en la matriz y también son de mayor potencia, por lo que se clasifican como flujos de barro y posiblemente fueron más catastróficos. Por otro lado, para el mismo período se tiene al menos 8 inundaciones de planicie. Es decir, al menos 19 eventos en ~3500 años. En contraste, para los últimos

~700 años se encontraron 11 eventos, de los cuales uno corresponde a un flujo de barro o a un evento mayor debido a la potencia del depósito.

Los eventos mayores, posiblemente se relacionan con episodios de lluvia más intensa y/o prolongada luego de un período de sequía. De esta forma, las laderas de los cerros se encontrarían más cargadas de sedimento (por la menor capacidad de transporte del río) y la cubierta vegetal disminuida, lo que afecta la estabilidad de los suelos. Además, la diferencia en la frecuencia con que ocurren los flujos de barro/detrimento podría deberse en parte a cambios en la humedad del ambiente y en el régimen del río. Estos factores podrían tener relación con la aparición del fenómeno del Niño y la Niña a mediados del Holoceno.

Los resultados obtenidos indican, se tendría a gran escala un ambiente más húmedo y estable para los primeros ~4000 años. Luego un período más impredecible con episodios de sequía y humedad para los ~3300 años siguientes. Finalmente, más húmedo y estable para los últimos ~700 años.

Se puede decir que los períodos correspondientes al Arcaico Final, la transición Gallinazo-Moche y mediados del Imperio Casma hasta el comienzo del Imperio Chimú (Fig. 5.24), fueron períodos más dinámicos en comparación con el resto, debido a la ocurrencia intermitente de eventos mayores o flujos de barro.

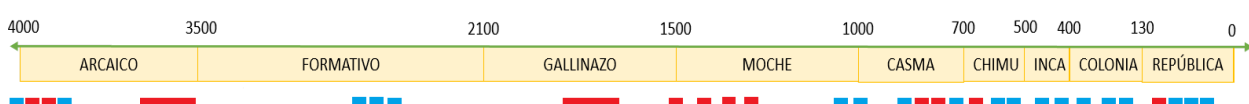


Figura 5.24: Línea de tiempo que muestra las inundaciones de los últimos 4000 años situadas en la historia arqueológica. Cada línea representa una inundación, en rojo aparecen los flujos de barro y en azul las inundaciones de planicie. El largo de cada línea indica un aproximado del rango de tiempo en que puede haber ocurrido el evento.

En cuanto a las implicancias para las personas que han habitado la zona, se puede pensar que con una mayor disponibilidad de agua la vida en el valle debe haber sido más fácil. Posiblemente, durante el Arcaico las personas aprendieron a convivir con las inundaciones menores, y es ahí cuando aparece la agricultura. Luego, el comienzo de los ciclos de años lluviosos y años secos hacia el Arcaico Final debe haber tenido un impacto en las comunidades, en sus creencias religiosas y su forma de organizarse.

No es posible establecer relaciones de estos eventos con lo que ocurrió durante el período Formativo, donde se construyen varios de los sitios como Punkurí, Cerro Blanco y Caylán. Sin embargo, podría pensarse que Punkurí, en particular, debió haber sido construido en un contexto más estable y libre de inundaciones, ya que se encuentra ubicado precisamente sobre un depósito aluvial muy próximo a una quebrada donde está muy expuesto a los flujos de barro (Fig. 5.25 y punto Hayco en el mapa de la Fig. 5.2.) y probablemente hubieran optado por otro lugar de haber tenido más experiencia con estos eventos.



*Figura 5.25: Foto del depósito sobre el cual está construido el Templo Punkurí, tomada a pocos metros de la entrada al museo.*

En contraste, la ocurrencia de varios flujos de detrito que se observa alrededor de la transición Gallinazo – Moche, coincide parcialmente con la creencia de que los Moche experimentaron los efectos de varias inundaciones catastróficas seguidas. Seguramente, la construcción de Pañamarca alrededor del 1400 AP sobre un intrusivo donde quedaba protegida de las inundaciones tiene relación con estos eventos (ver línea de tiempo. Fig. 5.24).

Entonces, se podría pensar que las personas desarrollaron algún tipo de conocimiento al respecto, o una forma de anticiparse a un año lluvioso o seco. También es posible que aprendieran a mitigar los efectos de un evento catastrófico. Por ejemplo, está el caso de Muralla Pircada, en el Valle de Chao (~8°32S), que consiste en un muro situado al este del sitio arqueológico Santa Rita B (Moche –Chimú) de 2.5km de largo, 1 a 2m de alto y 5m de ancho; que se dispone perpendicular a la dirección de drenaje del valle y se cree que fue construido para mitigar los efectos de las inundaciones (Brooks et al. 2005).

Por otro lado, el hecho de vivir en un ambiente más adverso o más inestable podría haber tenido una influencia en el grado de desarrollo logrado por esta cultura en cuando a la confección de cerámicas, construcciones y murales, como una forma de resiliencia ante la adversidad del entorno (Trever, 2017).

Finalmente, la ocurrencia de inundaciones constantes a partir del Imperio Casma podría explicar que hubiera un cambio en la organización política y quizás tener relación con la aparición de grandes imperios.

## 6. CONCLUSIONES

Se describieron 16 perfiles estratigráficos en terreno. En ellos se identificaron secuencias de paleosuelos con menor y mayor grado de desarrollo, que asociaron a sectores de terrazas inundables y no inundables respectivamente.

En cuanto al análisis sedimentológico, se determinó el origen de cada estrato y se observó que mayoritariamente se tienen depósitos fluviales y aluviales en las secuencias. Los perfiles descritos en terreno se ubican en la planicie del valle, por lo que el tipo de depósito predominante es de inundación, representados por estratos compuestos de material fino (arena, limo y arcilla) sin estructuras, que pueden presentar desarrollo de suelo. En algunos puntos también se observaron depósitos de canal (conglomerados, gravas y lentes de arena/grava) y depósitos de flujos de barro (conglomerados o brechas matriz-soportado).

Además, se diferenciaron dos principales tipos de eventos de inundación: flujos de barro y flujos hiperconcentrados. Los primeros fueron identificados como niveles de brecha matriz-soportadas con clastos de litologías y tamaños variados. Los segundos como niveles compuestos exclusivamente de material fino masivo.

Se realizó un análisis geocronológico de eventos de inundación para el Valle de Nepeña a partir de 22 fechas obtenidas con radiocarbono AMS. Se estableció que han ocurrido un mínimo de 39 eventos en los últimos 8000 años, de los cuales 12 fueron de mayor intensidad.

De acuerdo con la frecuencia de las inundaciones se determinó que el período del 8000 al 4000 AP fue más húmedo y estable geomorfológicamente. El período del 4000 al 700 fue más inestable, con 11 eventos catastróficos. Finalmente, el período de los últimos 700 años fue más húmedo y estable, con un evento catastrófico.

En cuanto a la relación de estos eventos con la historia arqueológica, se observó que hay períodos que presentan una mayor frecuencia de eventos como el Arcaico Final, Gallinazo, Moche y desde el Imperio Casma hasta el presente; aunque es posible que esta información esté sesgada debido a la posible erosión de los depósitos, a que estos no fueron observados en terreno o a que no se dataron suficientes paleosuelos. Entonces, es posible que haya más eventos de los que se identificaron.

Por último, se observó una coincidencia temporal entre los eventos catastróficos observados (flujos de barro) y el comienzo del Arcaico Final, la transición Gallinazo-Moche y los Imperios Casma y Chimú.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Anderson, D. G., Maasch, K., & Sandweiss, D. H. (Eds.). (2011). *Climate change and cultural dynamics: a global perspective on mid-Holocene transitions*. Elsevier.

Brooks, W. E., Willett, J. C., Kent, J. D., Vasquez, V., & Rosales, T. (2005). The Muralla Pircada—An ancient Andean debris flow retention dam, Santa Rita B archaeological site, Chao valley, northern Peru. *Landslides*, 2(2), 117-123.

Bussell, M. A. (1975). *The structural evolution of the Coastal Batholith in the provinces of Ancash and Lima, Central Peru* (Doctoral dissertation, University of Liverpool).

Carlotto, V., Quispe, J., Acosta, H., Rodríguez, R., Romero, D., Cerpa, L., ... & Velarde, T. (2009). Dominios geotectónicos y metalogénesis del Perú. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 103, 1-89.

Chicoine, D. (2008). Cronología y secuencias en Huambacho, valle de Nepeña, costa de Ancash. *Boletín de Arqueología PUCP*, (12), 317-347.

Chicoine, D., & Ikehara, H. (2011). Hacia una reevaluación de Salinar desde la perspectiva del valle de Nepeña, Costa de Ancash. *Andes 8: Arqueología de la Costa de Ancash*, 153-184.

Chicoine, D., & Ikehara, H. (2014). Ancient urban life at the Early Horizon center of Caylán, Peru. *Journal of Field Archaeology*, 39(4), 336-352.

Cobbing, E. J., & Pitcher, W. S. (1972). The coastal batholith of central Peru. *Journal of the Geological Society*, 128(5), 421-454.

Coira, B., Davidson, J., Mpodozis, C., & Ramos, V. (1982). Tectonic and magmatic evolution of the Andes of northern Argentina and Chile. *Earth-Science Reviews*, 18(3-4), 303-332.

Craig, A. K., & Shimada, I. (1986). El Niño flood deposits at Batán Grande, northern Peru. *Geoarchaeology*, 1(1), 29-38.

Dokuchaiev, V. (1879). Abridged historical and critical examination of the principal soil classifications existing. *Trans. Soc. Naturalists, St. Petersburg*, X.

Elera, C. G. (1993). El complejo cultural Cupisnique: antecedentes y desarrollo de su ideología religiosa. *Senri Ethnological Studies*.

Gergis, J. L., & Fowler, A. M. (2009). A history of ENSO events since AD 1525: implications for future climate change. *Climatic Change*, 92(3-4), 343-387.

Gonzalez, L., & Pfiffner, O. A. (2012). Morphologic evolution of the Central Andes of Peru. *International Journal of Earth Sciences*, 101(1), 307-321.

Haas, J., & Dillon, O. (2003). El Niño in Peru: biology and cultures over 10,000 years. *Fieldiana, Botany New Series*, 43.

Harvey, A. M. A. E., & Mather, M. Stokes (2005), *Alluvial fans: geomorphology, sedimentology, dynamics*. Geological Society of London, Special Publications, 251.

Helmer, M. (2014). The Archaeology of an Ancient Seaside Town: Performance and Community at Samanco, Nepeña Valley, Peru Volume 1 (Doctoral dissertation, University of East Anglia).

Highland, L., & Bobrowsky, P. T. (2008). The landslide handbook: a guide to understanding landslides (p. 129). Reston: US Geological Survey.

Hungr, O., Evans, S. G., & Hutchinson, I. N. (2001). A Review of the Classification of Landslides of the Flow Type. *Environmental & Engineering Geoscience*, 7(3), 221-238.

Ikehara, H., & Chicoine, D. (2011). Hacia una reevaluación de Salinar desde la perspectiva del valle de Nepeña, Costa de Ancash. *Andes 8: Arqueología de la Costa de Ancash*, 153-184.

Ikehara, Hugo. 2015 Leadership, Crisis and Political Change: The End of the Formative Period in the Nepeña Valley, Peru. Unpublished Ph.D. dissertation, Anthropology, University of Pittsburgh, Pittsburgh.

Ikehara, Hugo. 2019. Pañamarca Landscapes: The Evolution of a Peruvian Coastal Valley. Propuesta presentada a concurso Fondecyt de Investigación: Concurso de Proyectos FONDECYT de Iniciación en Investigación 2018

Isacks, B. L. (1988). Uplift of the central Andean plateau and bending of the Bolivian orocline. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 93(B4), 3211-3231.

Jenny, H. (1941). Factors of soil formation; a system of quantitative pedology (No. 631.4 J45).

Kaulicke, P. (1993). Evidencias paleoclimáticas en asentamientos del Alto Piura durante el Período Intermedio Temprano. *Bull-Inst. fr. études andinos*, 22(1), 283-311.

Keefer, D. K., Moseley, M. E., & DeFrance, S. D. (2003). A 38 000-year record of floods and debris flows in the Ilo region of southern Peru and its relation to El Niño events and great earthquakes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 194(1-3), 41-77.

Macharé, J., & Ortlieb, L. (1993). Registros del fenómeno El Niño en el Perú. *Bulletin de l'Institut Française d'Études Andines*, 22(1), 35-52.

Mpodosis, C., Kay, S. M., Ramos, V. A., & Sruoga, P. (1989). Late Paleozoic to Jurassic silicic magmatism at the Gondwana margin: Analogy to the Middle Proterozoic in North America. *Geology*, 17(4), 324-328.

Nemec, W., & Steel, R. J. (1984). Alluvial and coastal conglomerates: their significant features and some comments on gravelly mass-flow deposits (E. H. Koster & R. J. Steel, Eds.).

Nials, F. L. (1979). El Niño: the catastrophic flooding of coastal Peru. *Field Museum of Natural History Bulletin*, 50(7), 4-10.

Noller, J.St., Sowers, J.M & Lettis, W.R (2000). Quaternary Geochronology: Methods and Applications. AGU Reference Shelf Series, Vol. 4, 582 p.

Ortlieb, L. (2000). The documented historical record of El Niño events in Peru: an update of the Quinn record (sixteenth through nineteenth centuries).

Perú. (1972). *Inventario, evaluación y uso racional de los recursos naturales de la costa: Cuencas de los ríos Santa, Lacramarca y Nepeña*. Lima, Perú: República del Perú, Presidencia de la República, Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales.

Pfiffner, O. A., & Gonzalez, L. (2013). Mesozoic–Cenozoic evolution of the western margin of South America: Case study of the Peruvian Andes. *Geosciences*, 3(2), 262-310.

Quinn, W. H., Neal, V. T., & De Mayolo, S. E. A. (1987). El Niño occurrences over the past four and a half centuries. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 92(C13), 14449-14461.

Ramos, V. (1999). Plate tectonic setting of the Andean Cordillera. *Episodes*, 22, 183-190.

Ramos, V. A., & Folguera, A. (2009). Andean flat-slab subduction through time. *Geological Society, London, Special Publications*, 327(1), 31-54.

Reading, H. G. (Ed.). (2006). *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy*. John Wiley & Sons.

Reber, R., Delunel, R., Schlunegger, F., Litty, C., Madella, A., Akçar, N., & Christl, M. (2017). Environmental controls on <sup>10</sup>Be-based catchment-averaged denudation rates along the western margin of the Peruvian Andes. *Terra nova*, 29(5), 282-293.

Rengifo, C. (2014). *Moche social boundaries and settlement dynamics at Cerro Castillo (c. AD 600-1000), Nepeña Valley, Peru Volume 1 (Doctoral dissertation, University of East Anglia)*.

Rollins, H. B., Richardson III, J. B., & Sandweiss, D. H. (1986). The birth of El Niño: geoarchaeological evidence and implications. *Geoarchaeology*, 1(1), 3-15.

Ruddiman, W. F. (2001). *Earth's Climate: past and future*. Macmillan.

Salazar, S., González, L. H., & Arias, L. A. (2008). Litoestratigrafía y pedoestratigrafía de los depósitos recientes en el Altiplano de Santa Rosa de Osos (ASRO). *Boletín de Ciencias de la Tierra*, (23), 21-32.

Samaniego, L. (2012). *Arte Mural de Punkuri*. Investigaciones Sociales.

Sánchez Fernández, A. W., Molina Galdos, O., & Gutiérrez Abanto, R. (1995). Geología de los cuadrángulos de Chimbote, Casma y Culebras 19-f, 19-g, 20-g–[Boletín A 59].

Sandweiss, D. H., Maasch, K. A., Burger, R. L., Richardson III, J. B., Rollins, H. B., & Clement, A. (2001). Variation in Holocene El Niño frequencies: Climate records and cultural consequences in ancient Peru. *Geology*, 29(7), 603-606.

Sandweiss, D. H. (2003). Terminal Pleistocene through Mid-Holocene archaeological sites as paleoclimatic archives for the Peruvian coast. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 194(1-3), 23-40.

Schaetzl, R. J., & Anderson, S. (2005). *Soils: genesis and geomorphology*. Cambridge university press.

Schumm, S. A. (1985). Patterns of alluvial rivers. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 13(1), 5-27.



- Shibata, K. (2014). Centros de “Reorganización costeña” durante el Período Formativo Tardío: Un ensayo sobre la competencia faccional en el valle bajo de Nepeña, costa nor-central peruana. *Senri Ethnological Studies*, 89, 245-260.
- Shimada, I., Schaaf, C. B., Thompson, L. G., & Mosley-Thompson, E. (1991). Cultural impacts of severe droughts in the prehistoric Andes: Application of a 1,500-year ice core precipitation record. *World Archaeology*, 22(3), 247-270.
- Shimada, I., & Maguiña, A. (1994). Nueva visión sobre la cultura Gallinazo y su relación con la cultura Moche. *Moche: Propuestas y Perspectivas*, 31-58.
- Shimada, I. (1994). *Pampa Grande and the Mochica culture*. University of Texas Press.
- Soil Science Division Staff. 2017. *Soil survey manual*. C. Ditzler, K. Scheffe, and H.C. Monger (eds.). USDA Handbook 18. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Sumner, M. E. (Ed.). (1999). *Handbook of soil science*. CRC press.
- Trever, L., Velásquez, J. G., Rodríguez, R. T., & Surette, F. (2013). A Moche feathered shield from the painted temples of Pañamarca, Peru. *Ñawpa Pacha*, 33(1), 103-118.
- Trever, L. (2017). *Pañamarca Collections Storage Management Project*.
- Uceda, S., Ricardo Morales, G., & José Canziani, A. (1993). María Montoya V. “Investigaciones sobre la arquitectura y relieves policromos en la Huaca de la Luna, valle de Moche. *Moche: propuestas y perspectivas: actas del Primer Coloquio sobre la Cultura Moche, Trujillo, 12 al 16 de abril de*, 251-303.
- Vargas, G., Ortlieb, L., & Rutllant, J. (2000). Aluviones históricos en Antofagasta y su relación con eventos El Niño/Oscilación del Sur. *Revista geológica de Chile*, 27(2), 157-176.
- Vargas, G., Rutllant, J., & Ortlieb, L. (2006). ENSO tropical–extratropical climate teleconnections and mechanisms for Holocene debris flows along the hyperarid coast of western South America (17–24 S). *Earth and Planetary Science Letters*, 249(3-4), 467-483.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes. *Special report*, 176, 11-33.
- Villacorta, S. P., Evans, K. G., De Torres, T. J., Llorente, M., & Prendes, N. (2019). Geomorphological evolution of the Rimac River’s alluvial fan, Lima, Peru. *Geosciences Journal*, 23(3), 409-424.
- Wells, L. E. (1987). An alluvial record of El Niño events from northern coastal Peru. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 92(C13), 14463-14470.
- Wells, L. E. (1988). Holocene climate and El Niño history as recorded in the sediments of northern coastal Peru [abstract, table, and references].
- Wells, L. E. (1990). Holocene history of the El Niño phenomenon as recorded in flood sediments of northern coastal Peru. *Geology*, 18(11), 1134-1137.
- Wells, L. E., & Noller, J. S. (1999). Holocene coevolution of the physical landscape and human settlement in northern coastal Peru. *Geoarchaeology*, 14(8), 755-789.

Zomer, R. J., Trabucco, A., Bossio, D. A., & Verchot, L. V. (2008). Climate change mitigation: A spatial analysis of global land suitability for clean development mechanism afforestation and reforestation. *Agriculture, ecosystems & environment*, 126(1-2), 67-80.

## 8. ANEXOS

Para todas los anexos 8.1 a 8.16: C=conglomerado, A=arena, Ae=arena estratificada, Bm=brecha matriz-soportada, Bc=brecha clasto-soportada, G=grava, Y=Yeso, S=suelo y Sb=suelo formado en una brecha.

### 8.1. PERFIL DE RÍO 3 (PR3)

UTM: 17 L / 789718 E / 8981165 S

Tabla 5: Descripción del perfil PR3

N° nivel	Potencia (cm)	Horizonte	Descripción	Edad <sup>14</sup> C (años AP)	Facies	Ambiente
-1	10	-1C	Base desconocida. Arena con clastos de ~10cm redondeados.		C	Fluvial
1	23	1C	Arena fina masiva.		A	
2	20	2Bkb	Franco limoso, 5Y 5/1, efervescente.		S	
	5	2Akb	Franco, 5Y 5/1, efervescente.	1100 ± 15 940 ± 15		
3	34	3C	Limo arcilloso masivo		F	Aluvial
4	40	4C	Arena fina con arcilla con 15% de clastos subredondeados de 1 a 3 cm, polimíctico.		Bm	
5	25	5C	Capa de arena (30%) con clastos de 2 a 10cm, redondeados. Clastosoportada.		C	
6	40	6C	Arena fina y limo masivo		A	Fluvial
	15	6Ab	Franco. 10YR 4/3		S	
7	20	7C	Matriz de arena fina (85%). Clastos de 1 a 6 cm, son subangulosos. Matriz-soportado, polimíctico y mala selección.		Bm	Aluvial
	15	7Ab	Arena. 10YR 4/3		S	
8	10	8C	Arcilla blanquecina		F	Fluvial
9	10	9C	Arena fina masiva		A	
	15	9Bwb	Arena. 10YR 4/4		S	
	10	9Ab	Arena. 10YR 3/2			
10	10	10Bwb	Arena. 10YR 4/4		S	
	10	10Ab	Arena. 10YR 3/3			
11	9	11C	Arcilla blanquecina		F	
12	130	12C	Intercalación de arena y niveles lenticulares de grava y arena gruesa. Los lentes miden 30 x100 y 10x100 cm.		A	
Total:	451					



Figura 8.1: Foto superior PR3



Figura 8.2: Foto inferior PR3

## 8.2. PERFIL DE RÍO 4 (PR4)

UTM: 17 L / 790263 E / 8981635 S

Tabla 6: Descripción del perfil PR4

N° nivel	Potencia (cm)	Horizonte	Descripción	Edad <sup>14</sup> C (años AP)	Facies	Ambiente
1	30	1Ab	Limo. 10YR 5/3	175 ± 15	S	Fluvial
2	20	2Ab	Limo. 10YR 5/3	160 ± 15	S	
3	77	3C	Arena fina masiva bien seleccionada		A	
	23	3Ab	Arena. 10YR 5/3		S	
4	310	4C	200cm de arena fina con estratificación cruzada. Luego, 20 cm de arena gruesa con laminación horizontal. Luego, una intercalación de arena y grava de 30cm, las capas tienen 5 cm.		A Ae G	
5	20	5C	Arena masiva		A	
6	50	6A	Franco 10YR 3/3		F	
Total:	530					

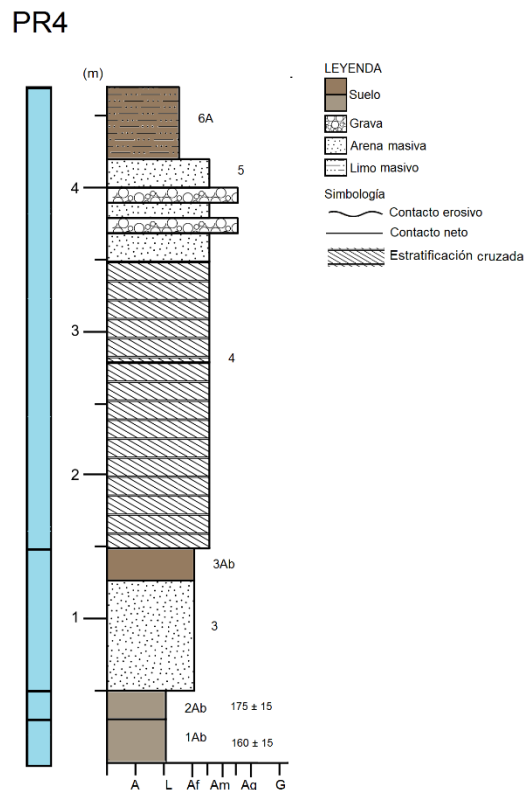


Figura 8.3: Foto y columna del perfil PR4.

### 8.3. PERFIL DE RÍO 5 (PR5)

UTM: 17 L / 791810 E / 8983200 S

Tabla 7: Descripción del perfil PR5.

N° nivel	Potencia (cm)	Horizonte	Descripción	Edad <sup>14</sup> C (años AP)	Facies	Ambiente
1	30	1C	Arena (50%) con clastos de 1 a 20 cm. Clastos subangulosos y subredondeados. Clasto-soportado. Mala selección.		Bc	Aluvial
2	25	2Ab	Franco. 10YR 4/4	705 ± 15	S	Fluvial
3	42	3Bwb	Franco limoso. 10YR 4/4		S	
	13	3Ab	Franco arenoso. 10YR 4/4	680 ± 160		
4	40	4A	Franco arenoso. 10YR 3/3. Contiene clastos subangulosos de diámetro entre 2 y 4 cm.		S	Aluvial
Total:	150					

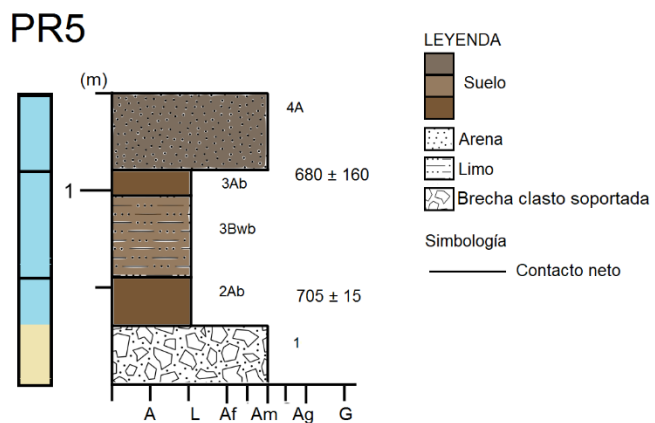


Figura 8.4: Foto y columna del perfil PR5.

## 8.4. PERFIL DE RIO 6 (PR6)

UTM: 17 L / 788476 E / 8980232 S

Tabla 8: Descripción del perfil PR6.

N° nivel	Potencia (cm)	Horizonte	Descripción	Edad <sup>14</sup> C (años AP)	Facies	Ambiente
1	30	1C	Arena fina y limo (30%) con clastos de 1 a 30 cm de diámetro. Los clastos son subredondeados a subangulosos, poco esféricos. Mala selección. Cementado con carbonato.		Bc	Aluvial
2	12	2C	Arena fina y limo (80%) con clastos de 1 a 5 cm de diámetro subangulosos. Cementados con carbonato.		Bm	
3	12	3C	Arena y grava		A	Fluvial
4	17	4Bkb <sub>4</sub>	Franco arenoso. 10YR 4/3.		S	
	41	4Bwb <sub>3</sub>	Franco arenoso. 10YR 4/4			
	28	4Bwb <sub>2</sub>	Franco arenoso. 10YR 4/4. Nódulos de carbonato.	1865 ± 15 1795 ± 20 1760 ± 15		
	29	4Bwb <sub>1</sub>	Franco			
6	23	5Ab	Franco arenoso. 10YR 3/3		S	
7	17	6A	Arena. 10YR 6/3.		S	
Total	209					

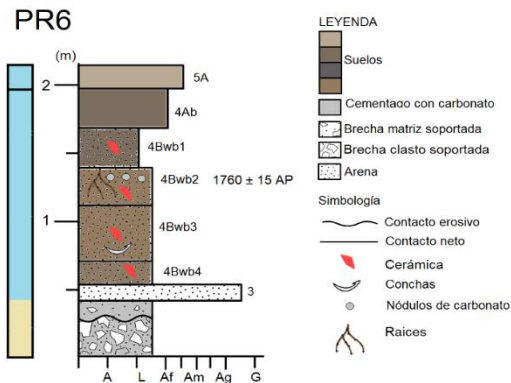


Figura 8.5: Columna y foto del perfil PR6

## 8.5. PERFIL DE RIO 7 (PR7)

UTM: 17 L / 789160 E / 8980643 S

Tabla 9: Descripción del perfil PR7

N° nivel	Potencia (cm)	Horizonte	Descripción	Edad <sup>14</sup> C (años AP)	Facies	Ambiente
-11	70	-11C	Clastos de ~5cm de granito muy meteorizados y arena de composición granítica.		Bc	Coluvial
-10	20	-10C	Arena		A	Fluvial
-9	25	-9C	Arcilla		F	
-8	5	-8C	Arena		A	
-7	18	-7C	Limo		F	
-6	25	-6Ab	Franco. 5Y 4/2	8050 ± 90	S	
-5	30	-5C	Limo		F	
-4	16	-4C	Arena		A	
-3	32	-3C	Limo arcilloso		F	
-2	27	-2C	Arena fina		A	
-1	65	-1C	Arcilla		F	
1	65	1C,	Arena fina y limo arcilloso. Masas cementadas de carbonato.		A	
	10	1Bkb	Franco. 10 YR 7/2. Masas cementadas de carbonato		S	
	10	1Bgb	Franco. 10YR 7/2.		S	
	10	1Bwb	Franco. 10YR 7/3. Hierro precipitado. Ferragilán. Manganeseo. Efervescente.		S	
	5	1Ab	Franco arenoso. 2.5Y 4/2. Masas de manganeso cubiertas con carbonato.		S	
2	15	2Ab	Franco arenoso. 10YR 3/1. Biotita y manganeso	4160 ± 100	F	Aluvial
3	17	3Ab	Arena fina (40%) con clastos angulosos de 1 a 10 cm. Matriz-soportado, polimíctico, mala selección.		Sb	
4	15	4Ab	Franco arenoso (30%) clastos angulosos de 5 cm de diámetro. Matriz-soportado		Sb	
5	7	5Bkqmb	Limo 10YR 4/2. Cementado con carbonato y sílice. Conchas marinas.		S	Fluvial
6	23	6Apb	Franco arenoso. 10YR 5/3.	3950 ± 70	F	
7	8	7Bwb	Franco arenoso. 10YR 5/3. Limo (80%) clastos angulosos de granito de 2 a 5 cm de diámetro.		Sb	Aluvial
	12	7Ab	Franco arenoso. 10YR 3/3		S	
8	20	8C	Arena (<10%) y clastos subangulosos de 10 a 15 cm de diámetro. Clasto-soportada. Se observan dos litologías predominantes: roca máfica de textura afanítica con silicificación y óxidos de hierro; y roca granítica meteorizada.		Bc	Coluvial
9	23	9Ab	Franco arenoso. 10YR 4/2. Limo (80%) con clastos de 1 cm a 10 cm de diámetro subangulosos. Fragmentos		Sb	Aluvial



N° nivel	Potencia (cm)	Horizonte	Descripción	Edad <sup>14</sup> C (años AP)	Facies	Ambiente
			de concha. Matriz-soportado. Mala selección.			
10	12	10C	Limo masivo		F	Fluvial
11	50	11Bwb2,	10YR 4/3. Limo (60%), clastos subredondeados y subangulosos de 1 a 30 cm. Matriz-soportado, polimíctico, mala selección. Trozos de adobe y cerámica.		Sb	Aluvial
	60	11Bwb1	10YR 5/3. Bloques alineados en el techo.		Sb	
12	18	12Bb	2.5Y 4/4. Arena fina con clastos subangulosos de 5 cm (<15%).		Sb	
	15	12Apb	Franco arenoso. 10YR 2.5/1.	1300 ± 15	S	
13	50	13Bb2,	10YR 5/3. Arena fina limosa (80%) con clastos angulosos de 2 a 10 cm polimíctico.		Sb	
	30	13Bb1,	10YR 5/3. Arena fina limosa (80%) con clastos angulosos de 2 a 10 cm polimíctico.		Sb	
	5	13Ab	Franco arenoso. 10YR 4/4		S	
14	30	14C	Arena fina (80%) con clastos subangulosos de 1 a 5 cm.		Bm	
15	15	15 C	Limo y arena fina masiva		F	Fluvial
16	20	16B	Franco arenoso. 10YR 5/4		S	
	40	16A	Franco. 10YR 5/3		S	
Total:	893					



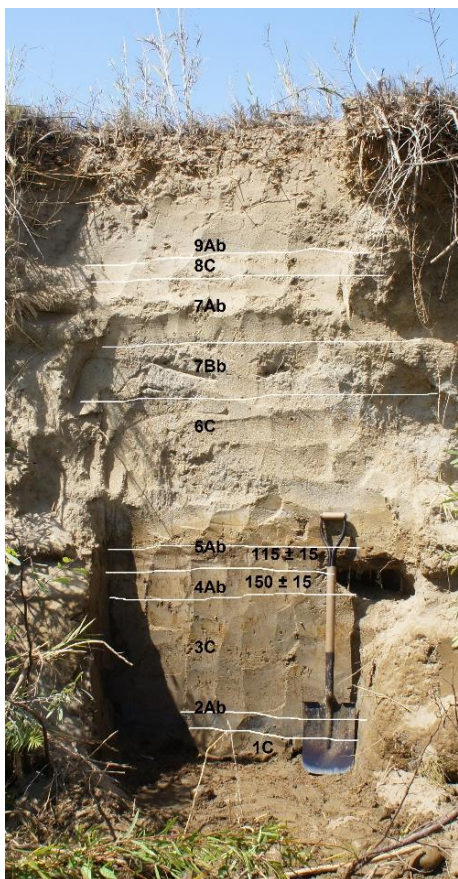
Figura 8.6: Foto del perfil PR7.

## 8.6. PERFIL DE RÍO 8 (PR8)

UTM: 17 L / 789443 E / 8980638 S

Tabla 10: Descripción del perfil PR8

N° nivel	Potencia (cm)	Horizonte	Descripción	Edad <sup>14</sup> C (años AP)	Facies	Ambiente
1	10	1C	Arena con abundantes micas (biotita).		A	Fluvial: Llanura de inundación
2	10	2Ab	Franco. 5Y 3/1		S	
3	60	3C	Arena fina masiva		A	
4	10	4Ab	Franco arenoso. 10YR 3/2	150 ± 15	S	
5	10	5Ab	Franco limoso 2.5 4/4	115 ± 15	S	
6	80	6C	Arena fina con lentes de limo.		A	
7	20	7Bb,	Arena fina.		S	
	20	7Ab	Franco arenoso. 2.5Y 4/4			
8	5	8C	Arcilla		F	
9	60	9A	Franco arenoso		A	
Total:	285					



PR8

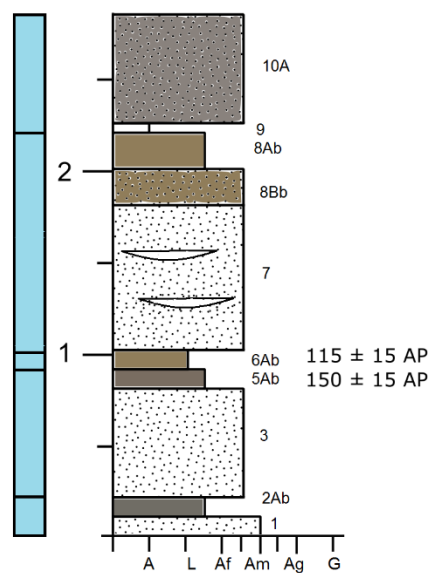


Figura 8.7: Foto y columna del perfil PR8.

## 8.7. PERFIL DE RÍO 9 (PR9)

UTM: 17 L / 798186 E / 8986109 S

Tabla 11: Descripción del perfil PR9

N° nivel	Potencia (cm)	Horizontes	Descripción	Facies	Ambiente
1	100	1C	Arena con bloques de 5 cm hasta 60 cm. Redondeados y subredondeados. Clasto-soportada.	C	Fluvial
2	42	2Bwb	Franco. 10YR 4/4	S	
	1	2Ab	Franco. 10YR 4/3		
3	10	3C	(lente) Arena poco consolidada	A	
4	10	4Ab	Arena fina. 10YR 3/2	S	
5	80	5Bb	Arena. 10YR 4/4	S	
6	30	6C	(lente) Arena poco consolidada.	A	
7	50	7Bb	Limo. 10YR 4/4	S	
8	10	8C	(lente) arena poco consolidada irregular	A	
9	40	9Ab	Limo. 7.5YR 3/2	S	
10	20	10A	Limo. 10YR 3/3	S	
Total:	393				

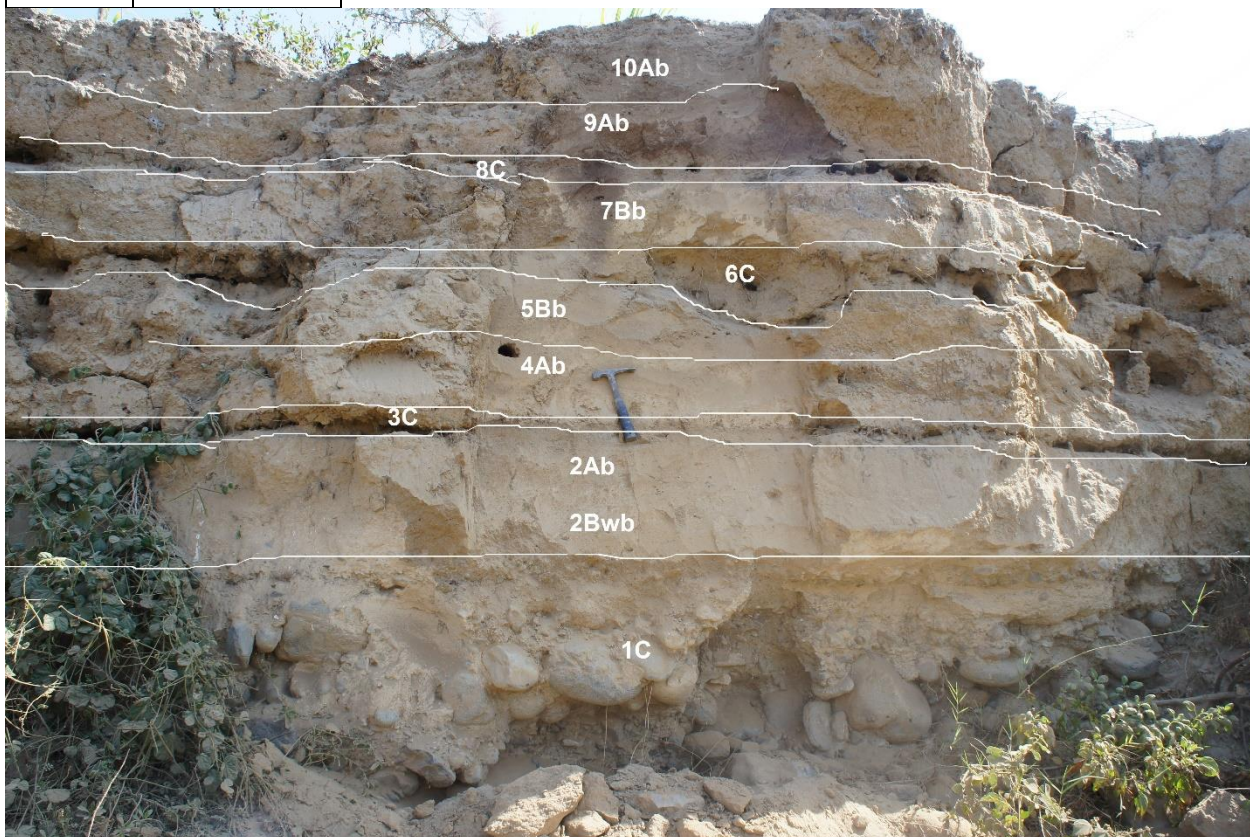


Figura 8.8: Foto del perfil PR9.

## 8.8. PERFIL TROPAK (PT)

UTM: 17 L / 789915 E / 8980645 S

Tabla 12: Descripción del perfil PT

N° nivel	Potencia (cm)	Horizonte	Descripción	Edad <sup>14</sup> C (años AP)	Facies	Ambiente
1	50	1C	Arena media (70%). Clastos, angulosos de aprox. 1 cm y composición granítica. Matriz-soportado, mala selección.		Bm	Aluvial
2	20	2C	Arena fina y limo (70%), matriz-soportada con clastos angulosos de granito de 1 a 8 cm de diámetro.		Bm	
	20	2Ab	Arena franca. 10YR 3/2	365 ± 15	S	
3	10	3Ab	Arena franca. 10YR 3/3		S	Eólico
4	50	4Ay	Yeso, halita y calcita.		Y	Evaporítico
Total:	150					

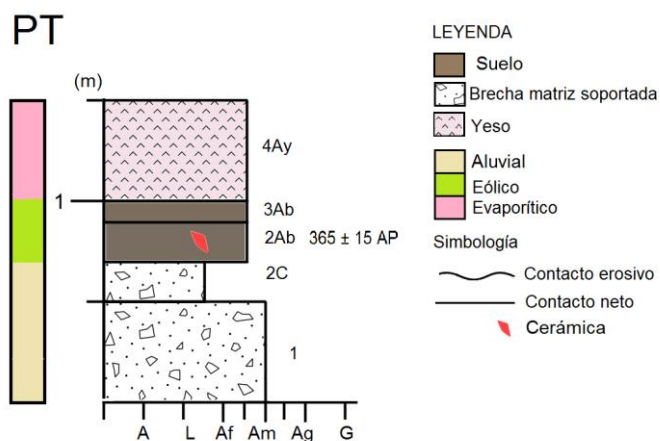


Figura 8.9: Foto y columna del perfil PT

## 8.9. PERFIL CAÑA CASTILLA (PCC)

UTM: 17 L / 788780 E / 8981567 S

Tabla 13: Descripción del perfil PCC

N° nivel	Potencia (cm)	Horizonte	Descripción	Edad <sup>14</sup> C (años AP)	Facies	Ambiente
-10	5	-10C <sub>k</sub>	Limo. Nódulos de carbonato.		F	Fluvial
-9	20	-9C	Arena fina.		A	
-8	7	-8Ab	Franco. 5YR 2.5/2	2495 ± 15	S	
-7	48	-7C	Arena limosa.		F	
-6	20	-6C	Arena fina.		A	
-5	8	-5Ab	Arena. 5Y 2.5/1	2415 ± 20	S	
-4	7	-4C	Arcilla.		F	
-3	63	-3C	Arena limosa.		F	
-2	37	-2Agb	Arcilla. 5Y 4/1.		S	
-1	10	-1C	Arcilla.		F	
1	50	1C	Arena (80%) con clastos subangulosos de 2 a 10 cm. Matriz-soportado, mala selección, polimíctico.		Bm	Aluvial
2	28	2Bwb	Arena limosa (85%) con clastos subangulosos de 1 a 10 cm de diámetro. Matriz-soportado. Masas de carbonato cementadas.		S	
	10	2Apb	Franco arenoso. 10YR 3/2	1470 ± 15		
3	61	3C	Limo (80%) con clastos subangulosos de 1 a 20 cm de diámetro. Matriz-soportado, mala selección.		Bm	
4	23	4Bb	Franco arenosos. 10YR 4/2		S	Fluvial
	10	4Apb	Franco arenoso. 10YR 2.5/1			
5	16	5Bb	Franco. 2.5Y 5/4.		S	
	12	5Ab	Franco. 2.5Y 5/0. Clastos ~2cm y cerámica			
6	20	6C	Limo arenoso		F	
7	10	7C	Arena fina.		-	
Total:	447					

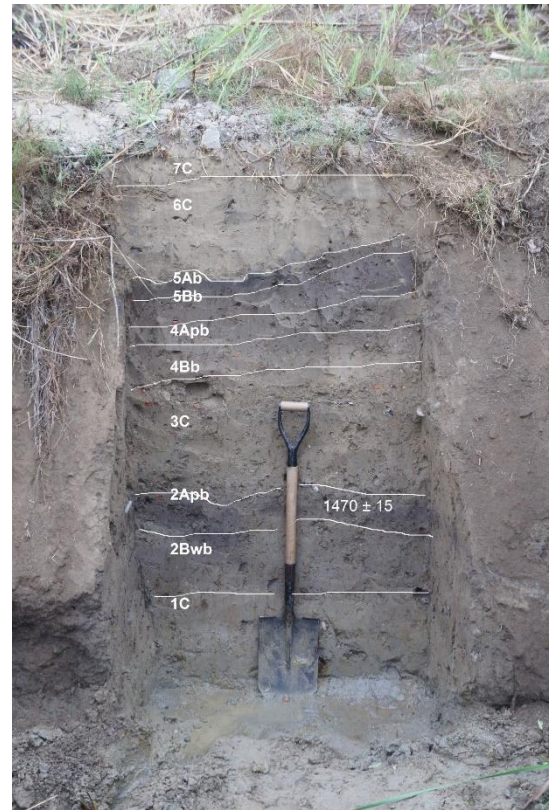
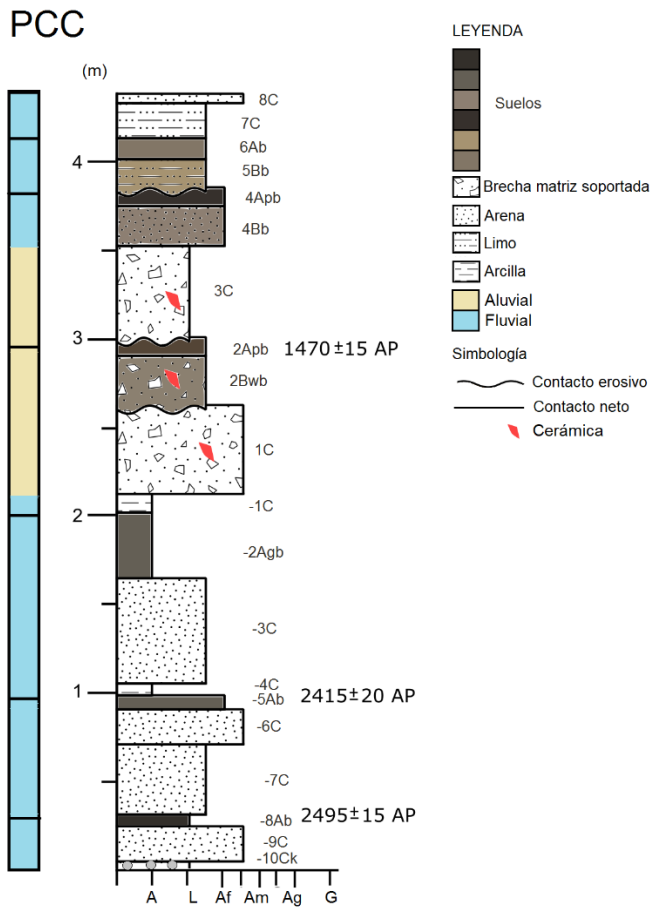


Figura 8.10: Columna y foto del perfil PCC.

## 8.10. PERFIL CHOLOQUITO (PCH)

UTM: 17 L / 789254 E / 8982431 S

Tabla 14: Descripción del perfil PCH

N° nivel	Potencia (cm)	Horizontes	Descripción	Edad <sup>14</sup> C (años AP)	Facies	Ambiente
-6	20	(-6C)	Arena gruesa		A	Fluvial
-5	2	(-5C)	Arcilla		F	
-4	30	(-4C)	Arena gruesa		A	
-3	23	(-3C)	Arcilla		F	
-2	20	(-2C)	Arena gruesa		A	
-1	12	(-1C)	Arena fina limosa		F	
1	30	1C	Arena gruesa masiva		A	
2	40	2C	Arena fina limosa masiva		F	
3	38	3Bw <sub>3</sub>	Franco. 10YR 4/3. Fragmentos de concha y cerámica.		S	
	16	3Bw <sub>2</sub>	Franco. 10YR 4/3	2240 ± 15		
	9	3Bw <sub>1</sub>	Franco. 10YR 4/2			
	9	3A <sub>2</sub>	Franco. 7.5YR 3/2			
	2	3Ak <sub>1</sub>	Franco			
	10	3Oa	Materia orgánica			
Total:	261					

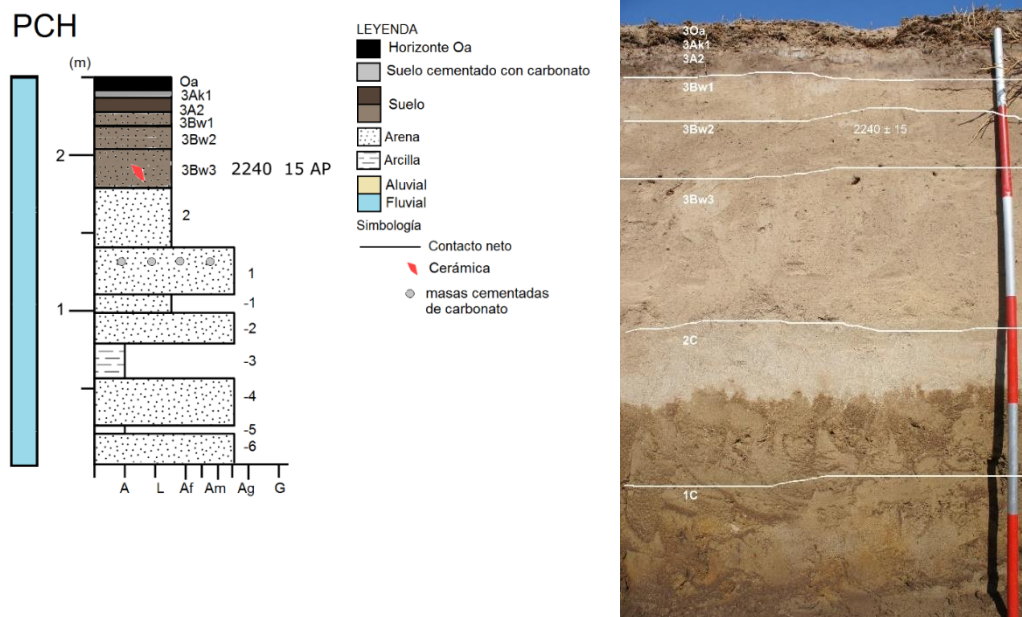


Figura 8.11: Columna y foto del perfil PCH.



## 8.11. PERFIL LA CAMPIRANA (PLC)

UTM: 17 L / 790739 E / 8984266 S

Tabla 15: Descripción del perfil PLC

N° nivel	Potencia (cm)	Horizontes	Descripción	Edad <sup>14</sup> C (años AP)	Facies	Ambiente
1	75	1C	Arena limosa		F	Fluvial
	9	1Bwb	Franco. 10YR 4/3		S	
	8	1Ab	Franco arenoso. 10YR 3/2			
2	16	2Ab	Franco. 10YR 3/3		S	
3	14	3Bwb,	Franco. 2.5Y 4/4		S	
	8	3Ab	Franco. 10YR 3/3			
4	34	4Ab	Franco arenoso. 2.5Y 4/4		S	
5	13	5Bwb,	Franco. 2.5Y 4/4		S	
	15	5Ab	Franco limoso. 10YR 3/3	155 ± 20		
6	55	6A	Franco. 10YR 3/3		S	
Total:	250					

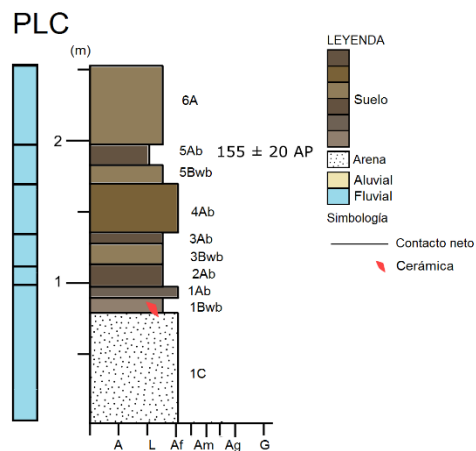
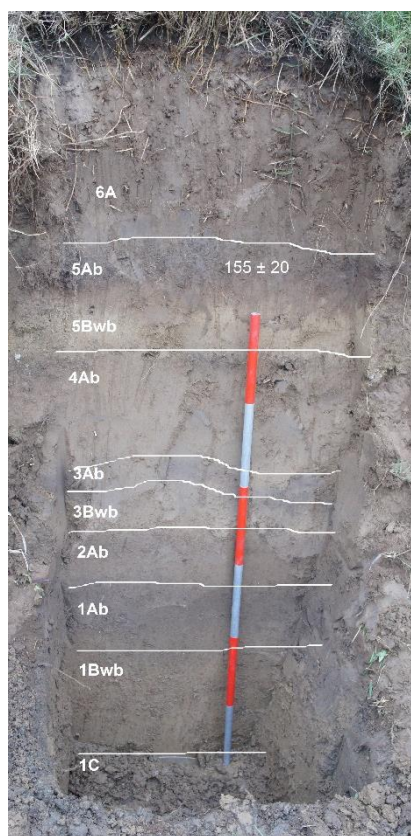


Figura 8.12: Foto y columna del perfil PLC.

## 8.12. PERFIL HUACA DE PIEDRA (PWP)

UTM: 17 L / 787905 E / 8983178 S

Tabla 16: Descripción del perfil PWP

N° nivel	Potencia (cm)	Horizontes	Descripción	Edad <sup>14</sup> C (años AP)	Facies	Ambiente
-1	40	(-1C)	Arena gruesa (50%) con clastos de 5 a 15 cm subredondeados. Clasto-soportado.		C	Fluvial
1	75	1C	Arena gruesa (90%) con clastos subredondeados de 2 a 3 cm más abundantes hacia la base más hacia la base. Grano decreciente hacia el techo.		Ac	
2	35	2C	Limo arenoso		F	
	20	2Ab	Franco. 10YR 4/1	145 ± 15	S	
3	20	3B	Franco. 2.5Y 4/4		S	
	20	3Ab	Franco. 2.5Y 4/2			
	20	4C	Arena fina		A	Antropogénico
Total:	215					

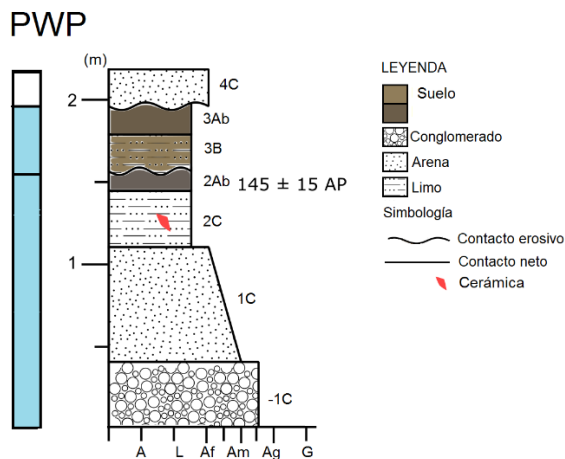


Figura 8.13: Columna y foto del perfil PWP.

### 8.13. PERFIL CAÑAVERAL (PCÑ)

UTM: 17 L / 788524 E / 8982469 S

Tabla 17: Descripción del perfil PCÑ

N° nivel	Potencia (cm)	Horizonte	Descripción	Facies	Ambiente
-1	20	-1C	Arena, grava y bloques redondeados.	C	Fluvial
1	20	1C	Arena limosa masiva.	A	
	22	1Ab	Areno francoso con arcilla. 5Y 4/1.	S	
2	81	2C	Limo arenoso masivo.	A	
3	25	3Bb	Franco. 2.5Y 4/2	S	
	10	3Ab	Franco. 2.5Y 3/2	S	
4	25	4C	Limo arenoso masivo.	A	
	15	4A	Franco arenoso. 2.5Y 3/2	S	
5	20	5C	Arena fina	A	Antropogénico
Total:	238				

PCÑ

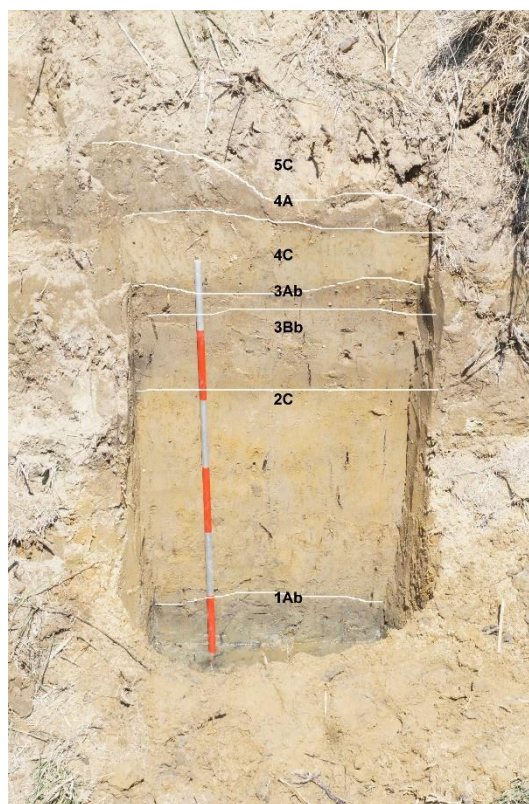
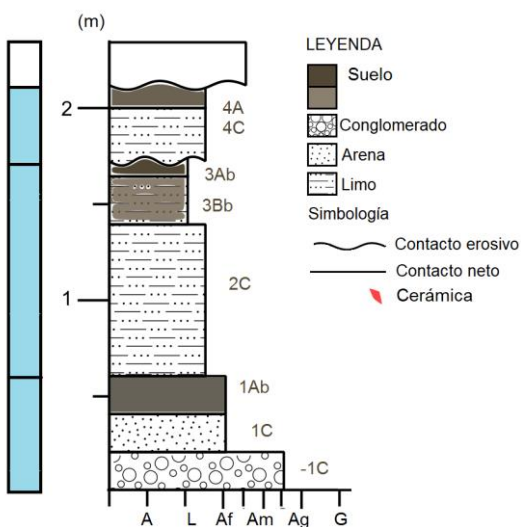


Figura 8.14: Columna y foto del perfil PCÑ.

## 8.14. PERFIL LA CHIMBA (PCB)

UTM: 17 L / 796826 E / 8986689 S

Tabla 18: Descripción del perfil PCB.

N° nivel	Potencia (cm)	Horizontes	Descripción	Edad <sup>14</sup> C (años AP)	Facies	Ambiente
-1	50	-1C	Arena media con bloques de 10 a 30 cm redondeados. Clasto-soportado.		Cc	Fluvial
1	5	1Ab	Arena. 2.5Y 4/4		S	
2	10	2C	Arena con gradación normal.		A	
3	25	3C	Arena limosa masiva.		F	
4	25	4Ab	Franco. 10YR 3/3. Clastos de 10 a 30 cm subredondeados.	720 ± 80	S	Aluvial
5	10	5C	Arena y clastos de ~ 5 cm. (Lenticular.)		Ac	Fluvial
6	15	6Ab	Franco. 10YR 4/3		S	
7	20	7B	Franco. 2.5Y 4/4.		S	
8	10	8A	Franco arenoso. 10YR 4/3. Clastos de 1 a 4 cm, subangulosos.			
Total:	155					

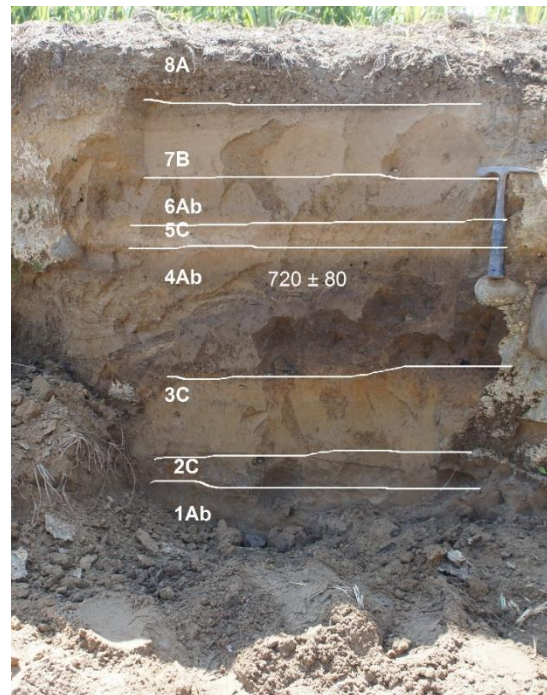
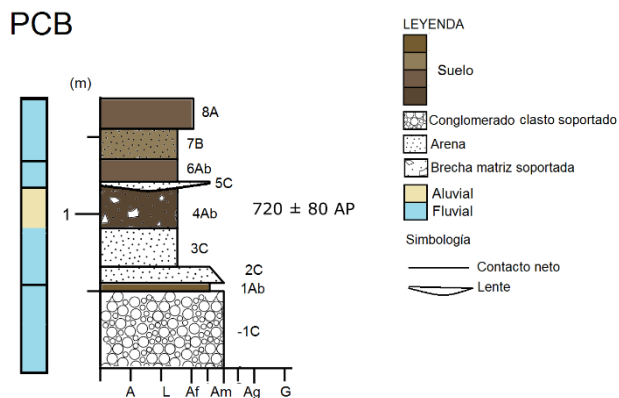


Figura 8.15: Columna y foto del perfil PCB.

## 8.15. PERFIL BOSQUE DE CAPELLANIA (CP7)

UTM: 17 L / 787827 E / 8982042 S

Tabla 19: Descripción del perfil CP7.

N° nivel	Potencia (cm)	Horizontes	Descripción	Edad <sup>14</sup> C (años AP)	Facies	Ambiente
-2	30	-2C	Arena (80%) con clastos de 2 a 7 cm subangulosos y de baja esfericidad.		Bm	Aluvial
-1	10	-1C	Arena gruesa masiva		A	Fluvial
1	10	1C	Limo arcilloso masivo		F	
2	18	2C,	Arena fina limosa masiva. Lente de arena 10x20 cm		A	
	10	2Bwb	Franco. 2.5Y 4.5/3	525 ± 15	S	
	17	2Ab	Franco. 2.5Y 3/2		S	Aluvial
3	29	3Ab	Franco. 2.5Y 4/2		S	Fluvial
4	5	4C	Arcilla		F	
5	8	5A	Franco limoso. 10YR 3/3		S	
	2	5Oi	5YR 2.5/1			
Total:	147					



Figura 8.16: Foto CP7

## 8.16. PERFIL CP6

UTM: 17 L / 788017 E / 8980500 S

Tabla 20: Descripción del perfil CP6.

N° nivel	Potencia (cm)	Horizontes	Descripción	Facies	Ambiente
1	12	1C	Arena gruesa (40%) con clastos de 1-15 cm subangulosos a subredondeados.	Bm	Aluvial
2	10	2C	Arena gruesa masiva.	A	Fluvial
3	56	3C	Limo con clastos subangulosos (<5%)	Bm	Aluvial
4	19	4C	Limo masivo.	F	Fluvial
5	32	5C	Arena fina masiva con fragmentos de conchas marinas. Lente de 8 x 40 cm de limo.	A	
6	15	6C	Arena fina masiva con buena selección, poco consolidada.	A	
7	13	7Bb,	Arena fina masiva con buena selección.	S	
	13	7Ab	Arena		
8	8	8C	Arena media masiva	A	
9	32	9A	Arena	S	
Total:	210				



### CP6

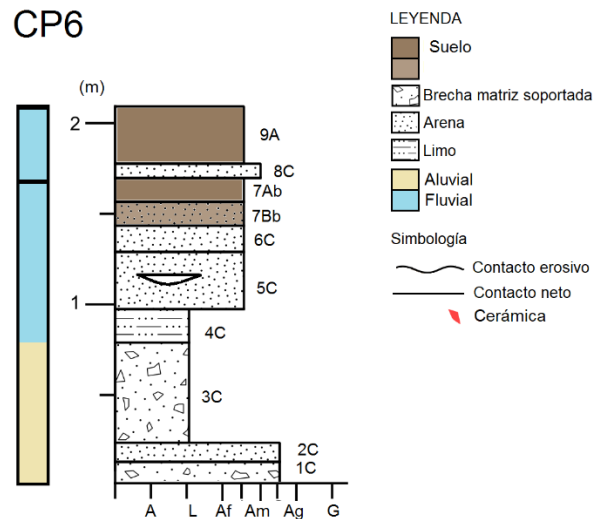


Figura 8.17: Foto y perfil CP6.

## 8.17. Análisis de suelos

Tabla 21: Referencia para definir las clases de salinidad según USDA (SSDS, 2017).

Clase de salinidad	Conductividad eléctrica (dS/m)
No salino	<2
Salinidad muy ligera	2 a <4
Salinidad ligera	4 a <8
Salinidad moderada	8 a <16
Salinidad fuerte	>=16

Tabla 22: Resultados de análisis de suelos para algunos horizontes.

Perfil	Horizonte	Color Húmedo	Clase textural	CE (dS/m)	% CaCO <sub>3</sub>	% M.O.
PR3	2Bkb	5Y 5/1	Franco limoso	2,43	28,63	2,16
PR3	2Akb	5Y 5/1	Franco	1,92	18,42	3,26
PR4	3Ab	10YR 4/4	Franco limoso	0,45	0,35	0,40
PR5	2Ab	10YR 4/4	Franco	0,48	0,25	1,52
PR5	3Bwb	10YR 4/4	Franco limoso	1,72	0,12	1,48
PR5	3Ab	10YR 4/4	Franco arenoso	3,80	0,12	0,93
PR5	4A	10YR 3/3	Franco arenoso	2,24	0,37	0,80
PR6	4Bk <sub>4</sub>	10YR 4/3	Franco arenoso	0,24	12,73	0,83
PR6	4Bw <sub>3</sub>	10YR 4/4	Franco arenoso	0,24	9,38	0,53
PR6	4Bw <sub>2</sub>	10YR 4/4	Franco arenoso	0,41	4,19	0,40
PR6	4Bw <sub>1</sub>	10YR 3/3	Franco	0,35	6,70	1,27
PR6	4A	10YR 3/3	Franco arenoso	0,60	4,19	1,64
PR7	1Ab	2.5Y 4/2	Franco arenoso	0,70	28,30	2,38
PR7	2Ab	10YR 3/1	Franco arenoso	0,53	25,12	2,10
PR7	3Ab	10YR 3/2		0,78	34,83	2,16
PR7	4Ab	10YR 3/2	Franco arenoso	0,65	31,98	3,00
PR7	6Apb	10YR 5/3	Franco arenoso	0,48	36,84	0,96
PR7	7Bwb	10YR 5/3	Franco arenoso	0,53	21,10	0,68
PR7	7Ab	10YR 3/3	Franco arenoso	0,50	19,59	0,80
PR7	9Ab	10YR 4/2	Franco arenoso	0,35	10,88	0,71
PR7	12Apb	10YR 2.5/1	Franco arenoso	0,74	5,11	3,27
PR7	13Ab	10YR 2.5/1	Franco arenoso	2,58	5,19	3,41
PR8	5Ab	10YR 3/2	Franco arenoso	2,69	0,84	1,31
PR8	6Ab	2.5 4/4	Franco limoso	2,92	2,34	1,20
PR8	8Ab	2.5Y 4/4	Franco arenoso	3,05	1,42	0,69
PT	2Ab	10YR 3/2	Arena franca	11,62	6,70	0,65
CP7	2Ab	2.5Y 3/2	Franco	1,96	7,87	0,98
CP7	3Ab	2.5Y 4/2	Franco	2,04	5,02	1,52
CP7	5A	10YR 3/3	Franco limoso	3,48	1,43	6,53
PCC	2Apb	10YR 3/2	Franco arenoso	0,74	5,11	1,05
PCC	4Bb	10YR 4/2	Franco arenoso	0,87	6,03	1,02
PCC	4Apb	10YR 2.5/1	Franco arenoso	1,84	7,70	2,18
PLC	1Bwb	10YR 4/3	Franco	0,39	2,09	0,54
PLC	1Ab	10YR 3/2	Franco arenoso	0,28	0,18	0,94
PLC	2Ab	10YR 3/3	Franco	0,28	0,35	0,80
PLC	3Ab	10YR 3/3	Franco	0,29	0,35	0,49
PLC	5Ab	10YR 3/3		2,26	1,26	1,02
PWP	2Ab	10YR 4/1	Franco limoso	3,43	1,64	3,56
PCB	4Ab	10YR 3/3	Franco	0,46	0,40	1,09