

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL AGRÍCOLA DE PALEOSUELOS EN
EL VALLE BAJO DE NEPEÑA, REGIÓN ANCASH, PERÚ**

DIEGO IGNACIO CÉSPEDES SILVA

Santiago, Chile

2022

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL AGRÍCOLA DE PALEOSUELOS EN
EL VALLE BAJO DE NEPEÑA, REGIÓN ANCASH, PERÚ**
**DETERMINATION OF THE AGRICULTURAL POTENTIAL OF PALEOSOLS
AT LOWER NEPEÑA VALLEY, ANCASH REGION, PERU**

DIEGO IGNACIO CÉSPEDES SILVA

Santiago, Chile

2022

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL AGRÍCOLA DE PALEOSUELOS EN
EL VALLE BAJO DE NEPEÑA, REGIÓN ANCASH, PERÚ**

Memoria para optar al Título Profesional de:
Ingeniero Agrónomo

DIEGO IGNACIO CÉSPEDES SIVA

Profesores Guías

Calificaciones

Sr. Profesor Marco Pfeiffer.
Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Dr.



5,5

Sr. Profesor Hugo Ikehara
Arqueólogo, M.A. Dr.



5,5

Profesores Evaluadores

Sr. Profesor Manuel Casanova
Ingeniero Agrónomo, M.Sc.



5,0

Sr. Thomas Fichet L.
Ingeniero Agrónomo, Dr.



4,0

Santiago, Chile

2022

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, doy las gracias a mis padres, responsables de mi formación como persona y los logros en mi vida, mi familia y mi polola, sin su apoyo y amor incondicional hubiera sido un camino triste y aun complejo; Agradezco también al profesor Marcos, por su paciencia y disponibilidad durante este largo proceso, siempre apoyando.

Me agradezco a mí mismo, por haber logrado cumplir mi memoria, pese a los difíciles momentos vividos en este proceso.

Por último, agradecer a mi tata. Aunque no alcanzaste a estar en este momento, te pude decir cuánto te amo y lo agradecido que estoy por darme los valores fundamentales de la vida, el apego al campo y una familia rodeada de amor.

ÍNDICE

RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
INTRODUCCIÓN.....	9
Objetivo general.....	11
Objetivos específicos.....	11
MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
Área de estudio.....	12
Método.....	13
Selección de los horizontes de paleosuelos y definición de paleopedones.....	15
Evaluación de la calidad de los paleosuelos en base a propiedades físicas y químicas.....	17
Clase de Capacidad de Uso de los paleosuelos y otras categorías asociadas.....	20
Evaluación de la calidad de los paleosuelos en base a cultivos tradicionales de la zona.....	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
Paleopedones.....	23
Valores Q_H de horizontes maestros sin análisis de laboratorio.....	24
Valores de calidad de horizontes con análisis de laboratorio.....	25
Valores de calidad de los paleopedones.....	31
Clases de capacidad de uso.....	33
Cultivos y adaptabilidad de paleopedones.....	35
CONCLUSIONES.....	38
BIBLIOGRAFÍA.....	39
ANEXOS.....	43
APÉNDICES.....	48

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Perfiles utilizados en el estudio y los horizontes sometidos a análisis de laboratorio.....	13
Cuadro 2. Perfiles de suelo evaluados y sus periodos arqueológicos para analizar los resultados.....	14
Cuadro 3. Valores de ponderación de cada parámetro de la ecuación Q de calidad de suelo.....	17
Cuadro 4. Valores de calidad para los índices del suelo.....	18
Cuadro 5. Valores de los parámetros qwe, qwt, qrd y qspg, del horizonte 7Ab del perfil CP6.....	18
Cuadro 6. Valores Q_H de los horizontes del paleopedón 1 y QP_1 , en el perfil CP6.....	19
Cuadro 7. Cultivos adaptados por periodo arqueológico.....	22
Cuadro 8. Paleopedones definidos y sus características generales.....	23
Cuadro 9. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil CP6.....	25
Cuadro 10. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil CP6.....	25
Cuadro 11. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil CP6.....	26
Cuadro 12. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil CP6.....	26
Cuadro 13. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil CP6.....	26
Cuadro 14. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil CP6.....	27
Cuadro 15. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil CP6.....	28
Cuadro 16. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil CP6.....	28
Cuadro 17. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil CP6.....	28
Cuadro 18. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil CP6.....	29
Cuadro 19. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil CP6.....	29
Cuadro 20. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil CP6.....	30
Cuadro 21. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil PWP.....	31
Cuadro 22. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil PCB.....	31
Cuadro 23. Pendientes de todos los perfiles evaluados.....	33
Cuadro 24. Cultivos adaptados por periodo arqueológico.....	36

Índice de figuras

Figura 1. Imagen satelital Landsat del valle de Nepeña, con las ubicaciones de los 20 perfiles considerados.	13
Figura 2. Representación gráfica de pedón y perfil de suelo.....	15
Figura 3. Perfil PR5 con sus dos paleopedones (rojo y verde).	16
Figura 4. Fragmento del perfil PR7 con dos paleopedones (rojo y verde).....	16
Figura 5. Resultados de los valores de calidad (QP_n) de los 16 paleopedones determinados.....	31
Figura 6: Clases de capacidad de uso de cada paleopedón (identificado numéricamente), subdivididas en categorías de calidad alta, media y baja.	33
Figura 7. Representación gráfica de la adaptabilidad de los cultivos en base a los paleopedones.	35

RESUMEN

Los paleosuelos guardan información valiosa sobre los sistemas agrícolas existentes en tiempos remotos. Actualmente, existe poca información sobre el potencial productivo de los paleosuelos disponibles para las culturas que ocuparon la costa norte del Perú. La zona de estudio tiene lugar en el valle de Nepeña, zona caracterizada por escasas precipitaciones, suelos salinos o salino sódicos, con problemas de drenaje. Esta investigación tiene como principal objetivo, determinar el potencial agrícola de unidades de suelo antiguas, definidas como paleopedones. Los paleopedones se definieron a partir de 20 perfiles estratigráficos, con una base de datos físico químicos de 50 horizontes. Correspondieron a los periodos Arcaico temprano– Arcaico final, Formativo temprano – Mochica, Casma – Inca y Colonial – Presente. Se aplicaron tres criterios de evaluación de paleopedones: (1) índice de calidad de suelo, (2) clases de capacidad de uso y (3) adaptabilidad en base a 13 cultivos tradicionales de la costa norte peruana y 5 cultivos comunes. En los criterios 2 y 3 se consideraron paleopedones con más del 50% de cobertura de datos de laboratorio. Se determinaron 64 paleopedones, el valor de calidad máximo lo obtuvo P₁₁, QP₁₁ = 2,26 en el perfil PR7, el valor mínimo P₆ QP₆ = 0,46 en el perfil PCB. En total 13 paleopedones clasificados en la categoría CCU III y 4 con CCU IV. Se determinaron categorías medias y bajas para la mayoría de los paleopedones, debido a que los paleopedones son alcalinos y moderadamente alcalinos, con problemas de CaCO₃, baja fertilidad y contenido de MO medio, y en algunos casos salinos. En cambio, los cultivos exigieron buenas condiciones de drenaje, fertilidad media – alta, suelos francos con texturas finas a gruesas, ácidos a ligeramente alcalinos, no toleran problemas de salinidad, sodicidad y carbonatos. Los mejores resultados los obtuvo la caña de azúcar, en la época C – P. Los paleopedones con cultivos mejor adaptados correspondieron a la época Ca – I y C – P. Es importante dar énfasis en los estudios de paleosuelos, ya que en ellos se encuentra información prehistórica muy valiosa, la cual puede aportar información que ayude a comprender los sistemas agrícolas aplicados por las diferentes culturas locales.

Palabras clave: Perú, Nepeña, paleosuelo, potencial agrícola, agricultura.

ABSTRACT

Paleosols contain valuable information about the agricultural systems that existed in ancient times. Currently, there is little information on the productive potential of the paleosols available to the cultures that occupied the north coast of Peru. The study area is located in the Nepeña valley, an area characterized by low rainfall, saline or sodium saline soils, with drainage problems. The main objective of this research is to determine the agricultural potential of ancient soil units, defined as paleopedones. Paleopedones were defined from 20 stratigraphic profiles, with a physical-chemical database of 50 horizons. They corresponded to the Early Archaic - Late Archaic, Early Formative - Mochica, Casma - Inca and Colonial - Present periods. Three paleopedon evaluation criteria were applied: (1) soil quality index, (2) use capacity classes and (3) adaptability based on 13 traditional crops from the Peruvian north coast and 5 common crops. In criteria 2 and 3, paleopedons with more than 50% coverage of laboratory data were considered. 64 paleopedons were determined, the maximum quality value was P11, QP11 = 2.26 in PR7 profile, the minimum value P6 QP6 = 0.46 in PCB profile. In total, 13 paleopedons were classified in the CCU III category and 4 in the CCU IV category. Medium and low categories were determined for most of the paleopedons, because the paleopedons are alkaline and moderately alkaline, with CaCO₃ problems, low fertility and medium OM content, and in some cases saline. On the other hand, the crops required good drainage conditions, medium to high fertility, loamy soils with fine to coarse textures, acid to slightly alkaline, little tolerance to salinity, sodicity and carbonate problems. The best results were obtained with sugar cane, in the C - P period. The paleopedones with better adapted crops corresponded to the Ca - I and C - P periods. It is important to highlight the studies of paleosols, since they contain very valuable prehistoric information, which can provide data to help understand the agricultural systems applied by different local cultures.

Keywords: Peru, Nepeña, paleosoil, agricultural potential, agriculture.

INTRODUCCIÓN

En la costa occidental de América del Sur se encuentra un largo y extenso desierto (Sabogal, 1975), en su conjunto se le denomina diagonal árida (De Martonee, 1935). Se extiende desde Ecuador hasta la costa atlántica de la Patagonia y está caracterizada por tener una precipitación anual menor de 500 mm (Mancini *et al*, 2001). Esta macro región fisiográfica abarca la Costa Norte del Perú.

En la Costa Norte del Perú se ubica la cuenca del río Nepeña, sus coordenadas geográficas están comprendidas entre los paralelos 8° 49' y 9° 19' Latitud Sur y Meridianos 77° 50' y 78° 41' Longitud Oeste (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú [MIDAGRI], 2009). 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 Chimú. La parte alta de la cordillera recibe 586 mm de precipitaciones anuales, en contraste Nepeña (valle bajo) recibe un promedio de 22 mm anuales (Concha, 2020).

Gracias a la presencia del río Nepeña, el valle bajo ha sido ocupado por sus primeros habitantes hace más de diez mil años (Samaniego, 2011), es por esto que posee una rica historia arqueológica, de la cual se puede inferir la actividad agrícola y las técnicas empleadas (Jiménez y Chávez, 2013). Abarcaría desde la adopción del culto panregional Cupisnique/Chavin (3000-2500 AP), la formación de locales cacicazgos (2500-1500 AP), la adopción o imposición del Estado Moche (1500-1100 AP), la formación de las entidades políticas de Casma (1100-800 AP), y la posterior conquista del valle por parte de los Chimú, Imperios Inca y Español (Ikehara, 2019).

La principal característica de las áreas cultivadas en el valle, es que se encuentran ubicadas en zonas climáticas en donde la precipitación es poco frecuente (Weatherspark, 2018). Los cultivos adaptables a esta zona corresponden principalmente a caña de azúcar, algodón, maíz, leguminosas comestibles, papas, vid, frutales de carozo, cítricos, piña, banano y papaya (ONERN, 1967).

Por otra parte, las características de los suelos en el valle bajo de Nepeña han ido variando, a causa de fenómenos naturales ocurridos a lo largo del Holoceno, marcados por eventos geológicos causadas por el fenómeno “El Niño”. Se ha registrado un mínimo de 39 eventos de inundación durante los últimos 8000 años. Las inundaciones han provocado el cubrimiento de los suelos por sedimentos, dando origen a paleosuelos o suelos fósiles, los cuales constituyen un registro de las diferentes épocas en el valle (Concha, 2020).

Un paleosuelo corresponde a un suelo que se 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. Esta definición incluye no solo a los suelos enterrados o fósiles, sino también a los suelos relictos que comenzaron su desarrollo bajo condiciones distintas a las actuales, pero que continúan evolucionando hoy en día (Altunar, 2011).

Los estudios sobre los paleosuelos constituyen una de las mayores componentes de las investigaciones sobre los cambios tanto ambientales como climáticos, y sobre el desarrollo sustentable de la sociedad en un amplio intervalo de escalas espaciales y temporales (Urrutia *et al.*, 2002). Es por esto que se utilizan como herramientas eficientes para la reconstrucción paleo ambiental y la evaluación de los periodos de estabilidad e inestabilidad del paisaje (Castañeda *et al.*, 2002).

De esta manera, a través del estudio de paleosuelos es posible llegar a conocer de forma general, los cambios climáticos del pasado a partir de la relación de cierto tipo de indicadores, lo que se conoce como memoria de suelo, la cual se refiere al conjunto de características físicas (estructura, poros, horizontes, tamaño de partículas, textura, entre otros), químicas (tipo de materia orgánica y composición química total) y mineralógicas (fracción gruesa y fina)” (Targulian y Goryachkin, 2004). Su clasificación se realiza por métodos edafológicos y es frecuente que contengan depósitos de fauna, flora o restos arqueológicos, siendo así de gran utilidad para el establecimiento de una cronología relativa (Altunar, 2011).

En general, se necesita realizar un estudio profundo para poder obtener información particular respecto a paleosuelos. Para los estudios mencionados, se debe considerar la necesidad fundamental de combinar métodos de campo y laboratorio. Los métodos de laboratorio más usuales son los que se emplean para determinar las siguientes propiedades: granulometría, contenido de carbón de calcio, composición mineralógica y meteorización de minerales livianos y pesados. Existen además otros análisis tales como los intercambios de cationes, nutrientes, sales solubles, composición química total, variación de pH, etc, los cuales son absolutamente esenciales para el reconocimiento y estudio de paleosuelos (Altunar, 2011).

El presente trabajo se llevó a cabo bajo un contexto de estudio arqueológico, contribuyendo conocimiento de la cultura local e información de paleosuelos. Principalmente, se enfoca en determinar el potencial agrícola de unidades de suelo antiguas definidas como paleopedones, relacionando el potencial obtenido con la agricultura de las culturas locales en el Holoceno. Se consideraron cultivos locales y los análisis de laboratorio de horizontes genéticos correspondientes a 20 perfiles ubicados en el valle bajo de Nepeña.

Objetivo general

Evaluar el potencial agrícola de paleopedones en distintas zonas del valle bajo de Nepeña, con respecto a distintos cultivos locales en distintas épocas del Holoceno.

Objetivos específicos

- Definir paleopedones en 20 perfiles de suelo del valle bajo de Nepeña.
- Evaluar las propiedades físico-químicas de los paleopedones, y su potencial agrícola mediante el uso de índices de calidad físicos y químicos.
- Evaluar el potencial agrícola de los paleopedones definidos, mediante la asignación de las Clases de Capacidad de Uso.
- Determinar el potencial agrícola de cada paleopedón analizado en base a los requerimientos de 13 cultivos locales y 5 cultivos comunes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para todo el trabajo se consideraron las siguientes abreviaturas:

Conductividad eléctrica (CE)
 Materia orgánica (MO)
 Carbonato de calcio (CaCO_3)
 Capacidad de intercambio catiónico (CIC)
 Saturación de bases (SB)
 Capacidad de campo (CC)
 Punto de marchitez (PM)
 Agua aprovechable (AA)
 Clases de capacidad de uso (CCU)
 Periodo arqueológico (PA)
 Antes del presente (AP)
 Arcaico Temprano – Arcaico Final (AT – AF)
 Formativo Temprano – Mochica (FT – M)
 Casma – Inca (Ca – I)
 Colonial – Presente (C – P)

Los conceptos utilizados fueron extraídos del Soil Survey Manual (Ditzler *et al.*, 2017):

Suelo: cuerpo natural compuesto de sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que se encuentra en la superficie terrestre, ocupa espacio y se caracteriza por uno o ambos de los siguientes: horizontes, o capas, que se distinguen del material inicial como resultado de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia o la capacidad de sustentar plantas enraizadas en un ambiente natural.

Perfil: Un perfil de suelo es más pequeño que un pedón. Está expuesto por un corte vertical bidimensional a través del suelo. Comúnmente se concibe como un plano en ángulo recto con la superficie del suelo. El ancho de un perfil varía desde unos pocos decímetros hasta varios metros o más.

Horizonte: Un horizonte del suelo es una capa, aproximadamente paralela a la superficie del suelo, que se distingue de las capas adyacentes por un conjunto distintivo de propiedades producidas por los procesos de formación del suelo (es decir, pedogénesis).

Área de estudio

La zona de estudio se ubica en el valle bajo de Nepeña, 416 km al norte de Lima, entre los paralelos $8^{\circ} 49'$ y $9^{\circ} 19'$ Latitud Sur y Meridianos $77^{\circ} 50'$ y $78^{\circ} 41'$ Longitud Oeste (MIDAGRI, 2009), Provincia del Santa, Región Ancash, Perú. El área de estudio corresponde a los alrededores del complejo arqueológico de Pañamarca, un centro político de la sociedad Moche en el valle entre los siglos VI y X (Trever, 2017).

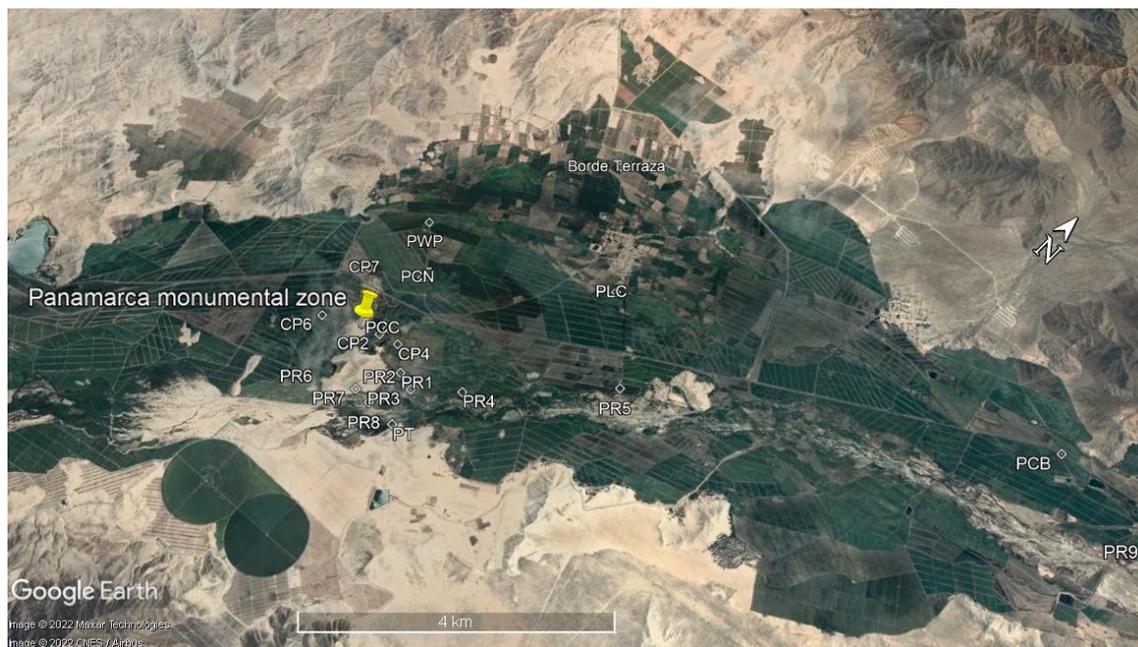


Figura 1. Imagen satelital Landsat del valle de Nepeña, con las ubicaciones de los 20 perfiles considerados.

Fuente: Google Earth Pro (2020).

Método

Los análisis de la investigación se realizaron en base a 20 perfiles pedoestratigráficos (Anexo 1) ubicados en la planicie del valle de Nepeña (Figura 1), fueron extraídos de los estudios de Ikehara (2019), Pfeiffer (2018) y Concha (2020). Los perfiles presentaron análisis de laboratorio en algunos horizontes. En total, se obtuvieron 50 muestras de suelo sometidas a laboratorio, correspondientes a 50 horizontes genéticos, descritas en el Anexo 2.

Cuadro 1. Perfiles utilizados en el estudio y los horizontes sometidos a análisis de laboratorio.

Unidad (perfil)	Horizontes genéticos					
PR1	5Ab	6Apb	9Ab	10Ab		
PR2						
PR3	2Akb	2Bkb				
PR4	3Ab					
PR5	2Ab	3Ab	3Bwb	4A		
PR6	4Ab	4Bwb	4Bwb2	4Bwb3	4Bkb4	
PR7	1Ab	2Ab	3Ab	4Ab	6Apb	7Bwb
	7Ab	9Ab	12Ap	13Bb1	13Ab	
PT	2Ab					
PR8	4Ab	5Ab	7Ab			
PR9						
PCC	2Apb	4Apb	4Bb			
PWP	2Ab					

PCB	4Ab					
CP2						
CP4						
PCÑ						
BT						
CP6	7Ab	5C	4C	3C		
CP7	5A	3Ab	2Ab	2Bwb		
PLC	4Ab	5Ab	1Ab	1Bwb	2Ab	3Ab

Los análisis de laboratorio incluyeron resultados de caracterización completa:

- Químicos: CE (dS m^{-1}), pH_{agua} (1:1), MO (%), P (ppm), K(ppm), CaCO_3 (%), CIC ($\text{cmol}_{(+)} \text{kg}^{-1}$) y SB (%).
- Físicos: textura (%), densidad aparente y constantes hídricas CC (%) y PM (%).

CC y PM se utilizaron para determinar el AA aplicado en la metodología.

Todos los análisis (Anexo II) fueron realizados en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF-UNALM), Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Con los horizontes evaluados en laboratorio, se evaluó el potencial agrícola de cada paleopedón definido más adelante, bajo un valor de calidad cuantitativo “QP_n” (Apéndice I).

Se consideró que la calidad del suelo puede ser física, química o biológica, tomando en cuenta todos los índices de suelo obtenidos en laboratorio. De esta manera, se logró integrar a los resultados los análisis enfocados en cultivos locales, determinando que paleopedón se adapta mejor a cierto cultivo específico.

Se incluyeron los periodos arqueológicos de cada perfil en base a las dataciones de sus paleosuelos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Perfiles de suelo evaluados y sus periodos arqueológicos para analizar los resultados.

Periodo arqueológico (PA)	Rango de años AP	Perfiles asociados
AT – AF	10000 - 3500	PR6, PR7, BT
FT - M	3500 - 1000	PR6, PR7, PCC, PCH, CP4, PR2, BT, CP3, CP1
Ca - I	1000 - 400	PR1, PR5, PR3, CP6, CP7, PT, PCB, PR2
C - P	400 – 0	PR1, PR4, PR8, PR9, PLC, PWP, PCÑ, CP2, BT

Fuente: Ikehara (2019), Pfeifer (2018) y Concha (2020).

1. Selección de los horizontes de paleosuelos y definición de paleopedones.

Se consideró un pedón como un cuerpo de suelo tridimensional que tiene suficiente área (aproximadamente de 1 a 10 m²) y profundidad (hasta 200 cm) para ser utilizado en la descripción del arreglo interno de los horizontes (Ditzler *et al*, 2017).

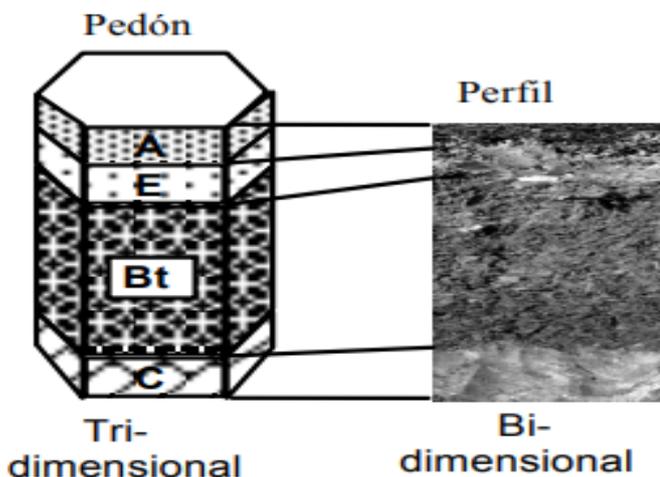


Figura 2. Representación gráfica de pedón y perfil de suelo.

Fuente: (Casanova *et al*, 2004).

Para optimizar los análisis, se subdividieron los perfiles de suelo en paleopedones. Se consideró una profundidad estándar de 1,5 m, en función a la profundidad efectiva de raíces de los cultivos y dentro de la medida determinada por el Soil Survey Manual (Ditzler *et al*, 2017).

Para identificar un paleopedón, se definió el criterio de origen basado en Schaetzl y Anderson (2005), describiendo un paleosuelo enterrado de la misma manera que un suelo activo, utilizando el sufijo b (de buried en inglés). Por ende, un paleopedón se originó desde un horizonte Ab (Figura 2).

La profundidad de un paleopedón, se determinó en función de la profundidad del último horizonte que contenga, ya que se consideró 30 cm como máximo sobre o bajo la profundidad estándar (1,5 m). Esto se aplicó, ya que se consideró la profundidad total del último horizonte para el análisis de calidad de suelo.

Los paleopedones incluyeron al horizonte C, a otro paleopedón y a paleosuelos de distintas edades, estando en el mismo perfil (Figura 2 y 3).

PR5

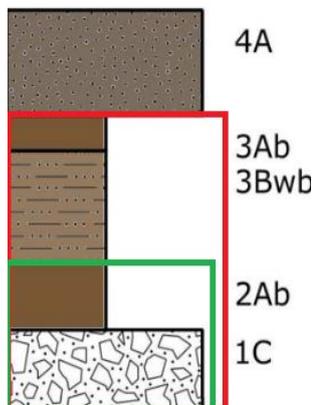


Figura 3. Perfil PR5 con sus dos paleopedones (rojo y verde).
Fuente: Elaboración propia en base al Anexo I.

Solo en el caso en que se encontró un horizonte Ab sobre un conglomerado, clastos o a escasos centímetros del material parental (Figura 3), no se aplicó el criterio de medida estándar de 1,5 m, determinando un paleopedón poco profundo o sómero.

Por ejemplo: en el perfil PR5 (Figura 3) se determinaron dos paleopedones consecutivos, desde la superficie hasta la base: el primero en rojo (3Ab - 1C) de 110 cm, el segundo verde (2Ab - 1C) de 55 cm. El primer paleopedón incluyó el horizonte 2Ab, correspondiente a otra época de exposición. El segundo paleopedón se definió como somero, originado sobre clastos.

En el caso de que dos horizontes Ab se encuentren continuos uno sobre otro, sin diferencias significativas de edad y propiedades edafológicas; Ejemplo: 3Ab - 4Ab (Figura 3), se despreció un nuevo paleopedón desde el origen del último horizonte Ab, despreciando paleopedones sin diferencias significativas.

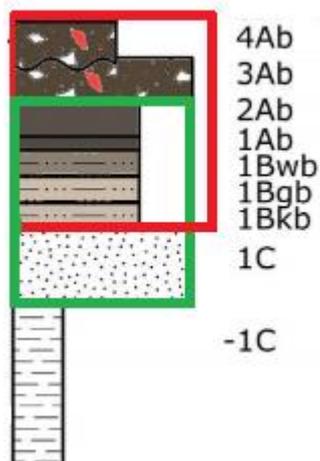


Figura 4. Fragmento del perfil PR7 con dos paleopedones (rojo y verde).
Fuente: Elaboración propia en base al Anexo I.

De esta manera, cada perfil de suelo fue subdividido en paleopedones, enumerados en orden sucesivo desde la superficie hasta la base del perfil. Se incluyó la profundidad de cada paleopedón y los rangos de horizontes que abarcaron.

Por último, se determinó un valor de cobertura de muestras para cada paleopedón:

$$C (\%) = \left(\frac{\text{muestras con análisis de laboratorio}}{\text{muestras de campo totales}} \right) \times 100$$

2. Evaluación de la calidad de los paleosuelos en base a propiedades físicas y químicas

Se determinó un índice de calidad cuantitativo teniendo como referencia la metodología propuesta por Karlen y Stott (1994), la cual fue modificada para los objetivos de este trabajo. Se consideraron indicadores físicos, tales como textura, agua aprovechable, densidad aparente y porosidad. En cuanto a indicadores químicos, se consideraron: disponibilidad de nutrientes K y P, SB, CIC, PSI, CaCO₃, pH y CE.

El modelo original de Karlen y Stott (1994) presentó una metodología enfocada principalmente a la erosión del suelo como factor de calidad (Anexo III). En este trabajo se tomó en cuenta el potencial agrícola como indicador principal.

Los valores de calidad se determinaron bajo la ecuación:

$$Q = qwe(wt) + qwt (wt) + qrd (wt) + qspg (wt)$$

Donde:

Q = calidad de suelo

qwe = capacidad del suelo para permitir la entrada de agua

qwt = ponderación a la habilidad del suelo para la absorción y transporte de agua

qrd = capacidad del suelo para resistir la degradación

qspg = capacidad para sustentar el crecimiento vegetal

wt = factor de ponderación

A cada factor wt de la ecuación se le asignó un valor fijo de ponderación (Cuadro 3), en función de la importancia de los parámetros qwe, qwt, qrd y qspg, ante el indicador principal (potencial agrícola).

Cuadro 3. Valores de ponderación de cada parámetro de la ecuación Q de calidad de suelo.

Parámetro de ecuación Q	Ponderación (wt)
qwe	0,2
qwt	0,2
qrd	0,1
qspg	0,5

Al asignar valores fijos a cada factor wt, la ecuación Q se definió de la siguiente manera:

$$Q = [qwe (0,2)) + (qwt (0,2)) + (qrd (0,1)) + (qspg (0,5)]$$

A continuación, se definieron los índices de calidad que satisfacen las condiciones de suelo para qwe, qwt, qrd y qspg:

qwe = textura, porosidad.

qwt = textura, porosidad, AA.

qrd = textura, MO, pH_{agua}, CE.

qspg = SB, PSI, pH_{agua}, CE, K, P, textura, MO, CaCO₃.

Para dar sentido a los resultados, se determinaron valores cuantitativos a cada índice de suelo de cada parámetro, en función de categorías edafológicas (Anexo V), en donde el valor de cada índice representó la calidad de suelo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Valores de calidad para los índices del suelo.

Calidad de suelo	Valor
Óptima	0,5
Media	0,3
Baja	0,1

En el caso del AA, hubo una excepción en cuanto a los valores de calidad, ya que se aplicaron cuatro: óptima (0,5), media (0,3), baja (0,2) y deficiente (0,1).

Teniendo en cuenta el valor real de los índices de calidad de cada parámetro (Anexo II), se definió un valor de calidad de qwe, qwt, qrd y qspg.

Por ejemplo: A continuación, se exponen los valores de los índices de calidad y de los parámetros de la ecuación Q del horizonte 7Ab, del perfil CP6 (Apéndice I):

qwe = textura (0,1) + porosidad (0,1) = 0,2

qwt = textura (0,1) + porosidad (0,1) + AA (0,1) = 0,3

qrd = textura (0,1) + M.O (0,1) + pH (0,1) + CE (0,5) = 0,8

qspg = SB (0,3) + PSI (0,3) + pH (0,1) + CE (0,5) + P (0,1) + K (0,5) + textura (0,1) + M.O (0,1) + CaCO₃ (0,5) = 2,5

Cuadro 5. Valores de los parámetros qwe, qwt, qrd y qspg, del horizonte 7Ab del perfil CP6.

Perfil	Horizonte	qwe	qwt	qrd	qspg
CP6	7Ab	0,2	0,3	0,8	2,5

Al tener valores definidos para cada factor wt y un método para obtener los valores de los parámetros de la ecuación Q, se determinó un valor de calidad para cada horizonte, considerando los códigos de cada horizonte, profundidad del horizonte y paleopedón (Apéndice I).

El valor Q obtenido de cada horizonte, se normalizó en función de un factor que abarcó la profundidad del horizonte y el paleopedón, obteniendo Q_H. De esta forma, se evitaron

valores heterogéneos entre paleopedones que están condicionados por el error que genera la profundidad de cada paleopedón en cada perfil.

$$\text{Por ende: } Q_H = Q \times \left(\frac{\text{profundidad del horizonte}}{\text{profundidad del paleopedón}} \right)$$

Como no se contó con muestras de laboratorio para todos los horizontes, se determinaron valores Q_H a los horizontes O, A, B y C que no tuvieron datos de laboratorio, tomando el valor Q_H promedio obtenido de cada horizonte maestro.

Luego, se obtuvo un valor de calidad para cada paleopedón, definido como QP_n , correspondiente a la sumatoria de los valores Q_H que abarca dicho paleopedón.

Ejemplo:

Profundidad total del perfil= 210 cm, profundidad total del paleopedón= 148 cm.

$$Q_{7Ab} = 1,33 / 13 \text{ cm}$$

$$Q_{7Bb} = 1,78 / 13 \text{ cm}$$

$$Q_{6C} = 1,55 / 15 \text{ cm}$$

$$Q_{5C} = 1,67 / 32 \text{ cm}$$

$$Q_{4C} = 1,35 / 19 \text{ cm}$$

$$Q_{3C} = 1,57 / 56 \text{ cm}$$

$$QP_1 = 1,33 \times (13/148) + 1,78 \times (13/148) + 1,55 \times (15/148) + 1,67 \times (32/148) + 1,35 \times (19/148) + 1,57 \times (56/148) = 1,96$$

$$QP_1 = 1,96$$

De esta manera: $QP_n = Q_{H1} + Q_{H2} + Q_{H3} + \dots + Q_{Hn}$

Cuadro 6. Valores Q_H de los horizontes del paleopedón 1 y QP_1 , en el perfil CP6.

Perfil	Horizonte	Profundidad (cm)	Q_H	QP_1
CP6	7Ab	13	0,15	1,96
	7Bb	13	0,15	
	6C	15	0,15	
	5C	32	0,47	
	4C	19	0,24	
	3C	56	0,79	

Se consideraron las siguientes categorías de profundidad para los paleopedones evaluados: profundos (>1 m), poco profundos (>0,25 m – 1 m) y sómeros (< 0,25 m).

Finalmente, se completó una base de datos con los valores QP_n de cada paleopedón (Apéndice II).

3. Clase de Capacidad de Uso de los paleosuelos y otras categorías asociadas.

Se consideraron los paleopedones con C (%) > 50.

Se definieron y asignaron CCU a cada paleopedón, abarcando las clases I a VII en función de las propiedades de calidad de suelo evaluadas (Anexo II), facilitando la determinación de potenciales agrícolas y limitaciones de uso. A cada paleopedón se le aplicó la metodología de CCU descrita en el manual “Land Capability Classification” (Klingebiel y Montgomery, 1961).

Se hizo un análisis tomando en cuenta el paleopedón completo y sus horizontes.

La determinación de CCU se desarrolló por medio de la siguiente secuencia de criterios: (1) profundidad de suelo, (2) pendiente, (3) características fisicoquímicas.

El criterio 1 se llevó a cabo por la información recopilada (Apéndice II).

Para el criterio 2 se realizó el análisis en Google Earth Pro, donde se definieron las pendientes en sentido del río Nepeña, determinando el nivel de inclinación en la zona de los perfiles. Estas rectas abarcaron una longitud de 3,5 m.

En total se determinó una recta para cada perfil.

Para el criterio 3, se definieron las CCU correspondientes de cada paleopedón en función de los datos de laboratorio obtenidos (Anexo II), asociando los datos obtenidos en laboratorio con las descripciones definidas por Klingebiel y Montgomery (1961).

En el caso de la erosión, se consideró como limitante en base a la textura, en donde suelos de clase textural limosa y arenosa fina son más susceptibles a la degradación.

4. Evaluación de la calidad de los paleosuelos en base a cultivos tradicionales de la zona.

Se consideraron los paleopedones con C (%) > 50.

Se evaluó la calidad de los paleopedones en base a los requerimientos de suelo y clima de diferentes cultivos. Para los análisis se consideraron los periodos arqueológicos del Cuadro 2.

La lista de cultivos (Anexo IV) incluyó especies extraídas desde los sitios arqueológicos: Huaca Prieta (Towle, 1961), Las Haldas (Pozorski y Pozorski, 1987), Pampas de las Llamas (Pozorski y Pozorski, 1987), Tortugas (Pozorski y Pozorski, 1987), Gramalote (Pozorski y Pozorski, 1979), Huambacho (Chicoine, 2006), San Diego (Pozorski y Pozorski, 1987) y Pampa Rosario (Pozorski y Pozorski, 1987).

Las especies fueron abreviadas en base al nombre común: **(p)** *Solanum tuberosum* (papa), **(ct)** *Ipomoea batatas* (camote), **(y)** *Manihot esculenta* (yuca o mandioca), **(fp)** *Phaseolus vulgaris* (frijol poroto), **(pll)** *Phaseolus lunatus* (pallar), **(m)** *Arachis hypogaea* (maní),

(**cñ**) *Saccharum officinarum* (Caña de azúcar), (**mg**) *Mangifera indica* (Mango), (**g**) *Campomanesia lineatifolia* (Guayaba), (**l**) *Pouteria lucuma* (lúcuma), (**mz**) *Zea mays* (maíz), (**al**) *G. barbadense* L. (algodón), (**ol**) *Olea europaea* (Olivo).

Se agregaron 5 cultivos extras: (**ra**) *Beta vulgaris* (remolacha azucarera), (**t**) *Lycopersicon esculentum* (tomate), (**tb**) *Nicotiana tabacum* (tabaco) y *Triticum aestivum* (**tr**) (trigo harinero) y (**av**) *Pisum sativum* (arveja).

Se evaluó la adaptabilidad de los paleopedones en función de los requerimientos de suelo de los cultivos (Torrellas, 1974; Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador [MAG], 1991; Mora, 2002; Del Castillo, 2006; Bueno y Oviedo, 2014; Aguilar, 2017; Pino *et al*, 2017; Food and Agricultural Organization [FAO], 2018; Deras, 2020; FAO, 2021).

Para evaluar la aptitud agrícola de cada paleopedón para cada cultivo, se asignaron categorías segmentadas en: apto, medio y bajo. Para ello se consideraron los siguientes criterios de evaluación: profundidad, CCU, textura, salinidad, pH_{agua}, MO, CaCO₃ y PSI.

Se definieron tres categorías de evaluación:

- 1) Apto (a): Cumple con todos los requisitos descritos o al menos el 70%. El cultivo produce buenos rendimientos.
- 2) Medio (m): Cumple con el 50% de los requisitos. Se puede cultivar obteniendo rendimientos irregulares.
- 3) Bajo (b): Cumple con menos del 30% de los requisitos. Se puede cultivar obteniendo rendimientos bajos, o las condiciones no son apropiadas para el crecimiento del cultivo.

En el caso de que los criterios de toxicidad por pH, CaCO₃ o CE sean más relevantes que los demás índices de calidad evaluados, se determinó como un cultivo de aptitud baja (b), ya que los cultivos no toleran estas condiciones para su crecimiento y desarrollo.

Por ejemplo:

Si un paleopedón con problemas severos de salinidad satisface otros requerimientos para el cultivo de fréjol, pero este no crece en condiciones salinas, se determinó como no apto (b).

Al obtener las categorías de aptitud agrícola de los paleopedones y su datación cronológica, los cultivos se clasificaron en función de los periodos arqueológicos a los cuales se adaptaron y la cultura local de aquella época (Cuadro 7). Como requisito se consideró que el cultivo haya existido en ese momento.

Por ejemplo: Si el cultivo de fréjol se adapta a P₁ correspondiente al periodo Casma – Inca, se puede concluir que pudo haber sido aprovechado por la cultura Casma o Imperio Inca, considerando ese paleopedón expuesto en aquella época.

Cuadro 7. Cultivos adaptados por periodo arqueológico.

PA	Rango de años AP	Cultivos	Cultura local
AT - AF	10000 - 3500		Cupisnique/Chavín
FT - M	3500 - 1000		Mochica
Ca - I	1000 - 400		Imperio Inca
C - P	400 - 0		Imperio español

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se utilizaron las abreviaturas: Horizonte (H), textura (T) y porosidad (Po).

Antes de interpretar los resultados, se determinaron:

a. Paleopedones.

En total se determinaron 64 paleopedones (Cuadro 8), tomando como referencia los perfiles del Anexo I.

Cuadro 8. Paleopedones definidos y sus características generales.

Perfil	P _n	Rango de Horizontes	Profundidad (cm)	C (%)
CP6	1	7Ab – 3C	148	66
CP7	2	3Ab - -2C	124	42*
	3	2Ab - -2C	95	32
	4	6Ab - -1C	140	14
PCB	5	4Ab - -1C	115	0
	6	1Ab - -1C	55	0
	7	5Ab – 2Bwb	160	41
PCC	8	4Apb – 2Bwb	132	60
	9	2Apb – 2Agb	135	20
	10	2Agb - - 6C	135	0
	11	5Ab - -10Ck	108	0
	12	-8Ab – 10Ck	32	0
PCÑ	13	4Ab – 2C	156	0
	14	3Ab – 1C	158	0
	15	1Ab - -1C	62	0
PLC	16	5Ab - 1Bwb	117	75
	17	4Ab – 1C	164	71
	18	3Ab – 1C	130	66
	19	2Ab – 1C	108	75
PR3	20	10Ab – 6C	155	0
	21	9Ab – 5C	160	0
	22	7Ab – 4C	155	0
	23	6Ab – 3C	154	0
	24	2Abk - -1C	58	50
PR4	25	3Ab – 1Ab	150	25
	26	2Ab – 1Ab	50	0
PR5	27	3Ab – 1C	110	75
	28	2Ab – 1C	55	50
PR6	29	5Ab – 3C	150	83
PR7	30	13Ab - 11Bw1	178	50
	31	12Apb - 9Ab	178	33
	32	9Ab – 1Ab	145	80
	33	7Ab - 1Bkb	132	63
	34	6Apb – 1C	177	50

	35	4Ab - 1C	147	50
	36	2Ab - -1C	180	28
	37	6Ab - -11C	163	0
PR8	38	7Ab - 4Ab	140	60
	39	5Ab - 1C	100	20
	40	4Ab - 1C	90	22
PR9	41	9Ab - 6C	130	0
	42	4Ab - 1C	163	0
	43	2Ab - 1C	143	0
PT	44	2Ab - 3Ab	100	25
PWP	45	3Ab - 1C	170	20
	46	2Ab - 1C	170	25
PRI	47	5Ab - 9C2	146	37
	48	6Apb - 9C3	162	28
	49	9Ab - 10Ab	153	40
	50	10Ab - 12C	83	25
CP2	51	Ab - 5Ck	54	0
	52	4Apb - 5Ck	23	0
	53	5Ab - 5Ck	13	0
CP4	54	3Apb - 3C4	152	0
PR2	55	2Apb - 4C	144	0
	56	4Apb - 6Apb	158	0
	57	5Ab - 6C	171	0
	58	6Apb - 6C	112	0
BT	59	Ab/Bwb - 8Bwb1	143	0
	60	Ab - 8Bwb2	133	0
	61	6Abp - 9Apb	159	0
	62	8Apb - 10Ab	156	0
	63	9Apb - 11Ab	139	0
	64	10Ab - 11Ab	47	0

Los paleopedones con mayor cantidad de datos de laboratorio fueron P₂₉, con 5 muestras y P₃₂ con 8 muestras en total.

Para la determinación de CCU y adaptación de cultivos se consideraron los perfiles:

PR3, PR5, PR6, PR7, PLC, PCC, CP6, CP7 y PR8. Estos presentaron paleopedones con valores C (%) > 50. P₂ en el perfil CP7 se consideró como caso exclusivo (*), si bien presentó un valor C < 50%, los horizontes analizados correspondieron a los primeros 56 cm desde el origen del paleopedón (horizonte 3Ab), considerándolo en los resultados.

b. Valores Q_H de horizontes maestros sin análisis de laboratorio.

Horizonte A= 2,07

Horizonte B= 2,12

Horizonte C, limo, arcilla, arena = 1,87 / pedregoso = 1,2 / gravas = 0,3

c. Valores de calidad de horizontes con análisis de laboratorio.

Las características de los perfiles fueron determinadas por Concha (2020).

A continuación, se describen los valores de calidad de los índices de suelo.

PERFIL CP6 (Casma – Inca)

El perfil en general presentó horizontes compuestos de arena gruesa y fina, limo y clastos, problemas de alcalinidad y deficiencias de nutrientes, además de tener problemas por CaCO_3 .

Cuadro 9. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil CP6.

H	T	Po	CE	pH _{agua}	MO	P	K	CaCO ₃	SB	PSI	AA
7Ab	0,1	0,1	0,5	0,1	0,1	0,1	0,5	0,5	0,3	0,3	0,1
5C	0,5	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	0,3	0,3	0,3	0,5	0,1
4C	0,5	0,5	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,5	0,1
3C	0,5	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,5	0,1

7Ab se definió como alcalino, de textura arena franca, sin problemas de salinidad ni CaCO_3 , presentó textura arenosa, niveles medios de PSI y deficiencias de P, K, MO y AA.

5C se definió como moderadamente alcalino, de textura franca, sin problemas de salinidad y PSI, presentó niveles medios de K, MO, CaCO_3 y SB, además deficiencias de P y AA.

4C se definió como moderadamente alcalino, de textura franca arenosa, sin problemas de salinidad y PSI, con deficiencias de MO, AA, P y K, con problemas de CaCO_3 .

3C se definió como moderadamente alcalino, sin problemas de salinidad, de textura franca, presentó deficiencias de P y AA, con problemas de CaCO_3 y niveles medios de MO, K y SB

PERFIL CP7 (Casma – Inca)

Se ubica en el Bosque de Capellanía, en una zona relativamente húmeda del valle. En su base (-2C) tiene un nivel de brecha matriz soportada de al menos 20cm, el cual forma parte de P2 y P3. En general está conformado por horizontes arenosos y limosos masivos. El horizonte 2Ab tiene una edad de 525 ± 15 años.

El perfil en general presentó horizontes alcalinos y ligeramente alcalinos, con niveles medios de salinidad, sodicidad y nutrientes, con problemas de CaCO_3 .

Cuadro 10. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil CP7.

H	T	Po	CE	pH _{agua}	MO	P	K	CaCO ₃	SB	PSI	AA
5A	0,5	0,5	0,3	0,1	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,1
5Ab	0,5	0,5	0,3	0,1	0,3	0,1	0,5	0,1	0,3	0,3	0,1

2Ab	0,5	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	0,5	0,1	0,3	0,3	0,1
2Bwb	0,5	0,5	0,3	0,1	0,3	0,1	0,5	0,1	0,3	0,3	0,1

5A se definió como moderadamente alcalino, de textura franco limoso, con buenos niveles de P y K, niveles medios de salinidad, SB, CaCO₃ y PSI.

Los horizontes 5Ab, 2Ab y 2Bwb se evaluaron con los mismos valores de calidad. Se definieron como alcalinos, de texturas francas, con niveles medios de salinidad, con problemas de CaCO₃, PSI, MO y SB, buen nivel de K y deficiencias de P y AA.

PERFIL PCC (Formativo Temprano – Mochica)

Cuadro 11. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil PCC.

H	T	Po	CE	pH _{agua}	MO	P	K	CaCO ₃	SB	PSI	AA
4Apb	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1
4Bb	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1
2Apb	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1

4Apb se definió como ligeramente alcalino, de textura franca, sin problemas de salinidad, presentó buen nivel de MO, K y PSI, niveles medios de P y SB, deficiencias de AA y problemas por CaCO₃.

4ABb y 2Apb se evaluaron con los mismos valores de calidad. Se definieron como ligeramente alcalinos, de texturas francas, sin problemas de salinidad, presentaron buen nivel de K y PSI, niveles medios de MO, P y SB, deficiencias de AA y problemas por CaCO₃.

PERFIL PT (Casma – Inca)

Cuadro 12. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil PT.

H	T	Po	CE	pH _{agua}	MO	P	K	CaCO ₃	SB	PSI	AA
2Ab	0,1	0,1	0,1	0,3	0,5	0,5	0,1	0,1	0,3	0,5	0,1

2Ab se definió como ligeramente alcalino, de textura arenosa, salino, con problemas de CaCO₃, presentó buen nivel de MO, P y PSI, niveles medios de SB, deficiencias de K y AA.

PERFIL PLC (Colonial – Presente)

Está compuesto por horizontes limosos y arenosos, con varias secuencias de formación de suelo. Los suelos son de colores marrón claro y oscuro. El horizonte 5Ab (origen de P9) tiene 155 ± 20 años, a 50 cm de profundidad. Se destacó el horizonte 1Bwb, donde se encontró una cerámica con alta probabilidad de corresponder al periodo Moche.

Cuadro 13. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil PLC.

H	T	Po	CE	pH _{agua}	MO	P	K	CaCO ₃	SB	PSI	AA
5Ab	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,1	0,5	0,3	0,3	0,5	0,1
4Ab	0,5	0,5	0,5	0,1	0,1	0,1	0,5	0,5	0,3	0,5	0,1

3Ab	0,5	0,5	0,5	0,1	0,1	0,1	0,3	0,5	0,3	0,5	0,1
2Ab	0,5	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	0,1	0,5	0,3	0,5	0,1
1Ab	0,5	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	0,3	0,5	0,3	0,5	0,1
1Bwb	0,5	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	0,5	0,3	0,3	0,5	0,1

5Ab se definió como ligeramente alcalino, de textura franca, con salinidad media, ni CaCO₃, presentó buen nivel de K y PSI, niveles medios de MO, SB y CaCO₃, y deficiencias de P y AA.

4Ab se definió como moderadamente alcalino, de textura franca, sin problemas de salinidad ni CaCO₃, presentó buen nivel de K y PSI, niveles medios SB y deficiencias de P, MO y AA.

3Ab se definió como moderadamente alcalino, de textura franca, sin problemas de salinidad ni CaCO₃, presentó buen nivel de K y PSI, niveles medios de K y SB, y deficiencias de MO, P y AA.

2Ab se definió como moderadamente alcalino, de textura franca, sin problemas de salinidad ni CaCO₃, presentó buen nivel de PSI, niveles medios de SB y MO, y deficiencias de P, K y AA.

1Ab se definió como moderadamente alcalino, de textura franca, sin problemas de salinidad ni CaCO₃, presentó buen nivel de PSI, niveles medios de MO, K y SB, y deficiencias de P y AA.

1Bwb se definió como moderadamente alcalino, de textura franca, sin problemas de salinidad, de textura franca, presentó buen nivel de K y PSI, niveles medios de CaCO₃, MO y SB, y deficiencias de P y AA.

PERFIL PR1 (Casma – Inca / Colonial – Presente)

Posee una secuencia paleosuelos que arrojaron edades que van desde 1295 AP hasta 270 AP. Además, contiene estratos con características que reflejan aguas subterráneas poco profundas (yeso y masas carbonatadas) y de arado (horizontes Apb).

Cuadro 14. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil PR1.

H	T	Po	CE	pH _{agua}	MO	P	K	CaCO ₃	SB	PSI	AA
5Ab	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,1	0,3	0,3	0,3	0,5	0,1
6Apb	0,5	0,5	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,5	0,1
9Ab	0,1	0,1	0,5	0,3	0,1	0,1	0,5	0,5	0,3	0,5	0,1
10Ab	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,3	0,5	0,1

5Ab se definió como ligeramente alcalino, de textura franca, no salino, presentó buen nivel de PSI, niveles medios de MO, K, CaCO₃ y SB, y deficiencias de P y AA.

6Apb se definió como moderadamente alcalino, de textura franca, no salino, con problemas de CaCO₃, presentó buen nivel de PSI, niveles medios de SB y deficiencias de MO, P, K y AA.

9Ab se definió como moderadamente alcalino, de textura arenosa, no salino, sin problemas de CaCO_3 , presentó buen nivel de K y PSI, niveles medios SB, y deficiencias de MO, P y AA.

10 Ab se definió como ligeramente alcalino de textura franca, presentó buen nivel de PSI, con problemas de CaCO_3 , niveles medios de salinidad, MO, P y SB, y deficiencias de P y AA.

PERFIL PR3 (Casma – Inca)

Cerca de la base tiene una secuencia de horizontes 2Abk y 2Bkb de colores negro y gris, con un alto contenido de materia orgánica, los cuales formaron parte de P_8 . Se destacó el horizonte 2Abk datado en 1100 ± 15 años a 5 m de profundidad. Junto al perfil PR7, representaron la zona más inestable, ya que muestran horizontes 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.

Cuadro 15. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil PR3.

H	T	Po	CE	pH _{agua}	MO	P	K	CaCO ₃	SB	PSI	AA
2Abk	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5	0,1	0,3	0,1	0,3	0,5	0,1
2Bkb	0,5	0,5	0,3	0,5	0,5	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1

2Abk se definió como ligeramente alcalino, de textura franca, no salino, con problemas de CaCO_3 , presentó buen nivel de MO y PSI, niveles medios de K y SB, y deficiencias de P y AA.

2Bkb se definió como neutro, de textura franca, ligeramente salino, con problemas de CaCO_3 , presentó buen nivel de MO, PSI y K, niveles medios de SB y P, y deficiencias de AA.

PERFIL PR4 (Colonial – Presente)

Cuadro 16. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil PR4.

H	T	Po	CE	pH _{agua}	MO	P	K	CaCO ₃	SB	PSI	AA
3Ab	0,5	0,5	0,5	0,3	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,5	0,1

3Ab se definió como ligeramente alcalino, de textura franca, presento buen nivel de PSI, niveles medios de K, SB y CaCO_3 , y deficiencias de MO, P y AA.

PERFIL PR5 (Casma – Inca)

Cuadro 17. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil PR5.

H	T	Po	CE	pH _{agua}	MO	P	K	CaCO ₃	SB	PSI	AA
4A	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,5	0,3	0,5	0,1
3Ab	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,5	0,3	0,5	0,1
4Bwb	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,1	0,3	0,5	0,3	0,5	0,1

2Ab	0,5	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	0,1	0,5	0,3	0,5	0,1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Los horizontes 4A, 4Bwb y 2Ab se evaluaron con los mismos valores de calidad. Se definieron como ligeramente alcalinos, de texturas francas, con salinidad media, sin problemas de CaCO₃, presentaron buen nivel de PSI, niveles medios de MO y SB, y deficiencias P, K y AA.

3Ab se definió como ligeramente alcalino, de textura franca, con salinidad media, sin problemas de CaCO₃, presentó buen nivel de PSI, niveles medios de MO y SB, y deficiencias P, K y AA.

PERFIL PR6 (Formativo Temprano – Mochica)

Cuadro 18. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil PR6.

H	T	Po	CE	pH _{agua}	MO	P	K	CaCO ₃	SB	PSI	AA
5Ab	0,5	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	0,3	0,3	0,3	0,5	0,1
4Bw1	0,5	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,3	0,5	0,1
4Bw2	0,5	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	0,3	0,3	0,3	0,5	0,1
4Bw3	0,5	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,5	0,1
4Bkb4	0,5	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,5	0,1

5Ab y 4Bw2 se evaluaron con los mismos valores de calidad. Se definieron como moderadamente alcalinos, de texturas francas, sin problemas de salinidad, presentaron buen nivel de PSI, niveles medios de MO, K, CaCO₃ y SB, y deficiencias de P y AA

4Bw1 se definió como moderadamente alcalino, de textura franca, no salino, con problemas de CaCO₃, presentó buen nivel de PSI, niveles medios de MO y SB, y deficiencias de P, K y AA.

4Bw3 y 4Bkb4 se evaluaron con los mismos valores de calidad. Se definieron como alcalinos, no salinos, con problemas de CaCO₃ de textura franca, presentaron buen nivel de PSI, niveles medios de MO, K y SB, y deficiencias de P y AA.

PERFIL PR7 (Arcaico Temprano – Arcaico Final / Formativo Temprano - Mochica)

En general se conforma de horizontes arenosos, limosos y arcillosos sin clastos. La mayoría de los paleosuelos son de alto contenido matriz (70- 80%) de limo y arena.

Cuadro 19. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil PR7.

H	T	Po	CE	pH _{agua}	MO	P	K	CaCO ₃	SB	PSI	AA
13Ab	0,5	0,5	0,3	0,1	0,3	0,5	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1
13Bb1	0,5	0,5	0,3	0,1	0,5	0,5	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1
12Apb	0,5	0,5	0,5	0,1	0,5	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1
9Ab	0,5	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1
7Ab	0,5	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1
7Bw	0,5	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1
6Apb	0,5	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1
4Ab	0,5	0,5	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1

3Ab	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5	0,1	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1
2Ab	0,5	0,5	0,5	0,1	0,5	0,1	0,3	0,1	0,3	0,5	0,1
1Ab	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1

13Ab se definió como moderadamente alcalino, de textura franca, sin problemas, ligeramente salino, con problemas de CaCO₃, presentó buen nivel de P, K y PSI, niveles medios de MO y SB, y deficiencias de AA.

13Bw1 se definió como moderadamente alcalino, de textura franca, ligeramente salino, con problemas de CaCO₃, presentó buen nivel de P, K, MO y PSI, niveles medios de SB y deficiencias de AA.

12Apb se definió como moderadamente alcalino, de textura franca, no salino, con problemas de CaCO₃, presentó buen nivel de PSI, MO y K, niveles medios de P y SB, y deficiencias de AA.

Los horizontes 9Ab, 7Ab, 7Bw y 6Apb se evaluaron bajo los mismos valores de calidad. Se definieron como moderadamente alcalinos, no salinos, de texturas francas, con problemas de CaCO₃, presentaron buenos niveles de PSI y K, niveles medios de SB y MO, y deficiencias de P y AA.

4Ab se definió como moderadamente alcalino, de textura franca, no salino, con problemas de CaCO₃, presentó buen nivel de PSI, MO y K, niveles medios de SB, y deficiencias de P y AA.

3Ab se definió como ligeramente alcalino, de textura franca, no salino, con problemas de CaCO₃, presentó buen nivel de PSI, MO y K, niveles medios de SB, y deficiencias de P y AA.

2Ab se definió como moderadamente alcalino, de textura franca, no salino, con problemas de CaCO₃, presentó buen nivel de MO y PSI, niveles medios de SB y K, y deficiencias de P y AA.

1Ab se definió como ligeramente alcalino, de textura franca, no salino, con problemas de CaCO₃, presentó buen nivel de PSI, K y MO, niveles medios de SB y P, y deficiencias de AA.

Los niveles más bajos los obtuvo AA, solo el perfil PLC no presentó problemas por CaCO₃. En general todos con baja fertilidad.

PERFIL PR8 (Colonial – Presente)

Cuadro 20. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil PR8.

H	T	Po	CE	pH _{agua}	MO	P	K	CaCO ₃	SB	PSI	AA
7Ab	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,1	0,5	0,3	0,3	0,5	0,1
5Ab	0,5	0,5	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,3	0,3	0,5	0,1
4Ab	0,5	0,5	0,3	0,1	0,3	0,1	0,1	0,5	0,3	0,5	0,1

7Ab se definió como ligeramente alcalino, de textura franca, presentó buen nivel de K y PSI, niveles medios de salinidad, MO, CaCO₃ y SB, y deficiencias de P, K y AA.

5Ab se definió como moderadamente alcalino, de textura franca, presentó buen nivel de PSI, niveles medios de salinidad, MO, K, CaCO₃ y SB, y deficiencias de P y AA.

4Ab se definió como moderadamente alcalino, de textura franca, presentó buen nivel de PSI, sin problemas de CaCO₃, niveles medios de salinidad, MO y SB, y deficiencias de P, K y AA.

PERFIL PWP (Colonial – Presente)

Cuadro 21. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil PWP.

H	T	Po	CE	pH _{agua}	MO	P	K	CaCO ₃	SB	PSI	AA
2Ab	0,5	0,5	0,3	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0,5	0,1

2Ab se definió como ligeramente alcalino, de textura franca, presento buen nivel de MO, K y PSI, niveles medios de salinidad, P, CaCO₃ y SB, y deficiencias de AA.

PERFIL PCB (Casma – Inca)

Cuadro 22. Índices de suelo con sus valores de calidad, en el perfil PCB.

H	T	Po	CE	pH _{agua}	MO	P	K	CaCO ₃	SB	PSI	AA
4Ab	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,3	0,5	0,1

4Ab se definió como ligeramente alcalino, de textura franca, no salino, sin problemas de CaCO₃, presentó buen nivel de K y PSI, niveles medios de MO, P y SB, y deficiencias de AA.

1. Valores de calidad de los paleopedones (QP_n).

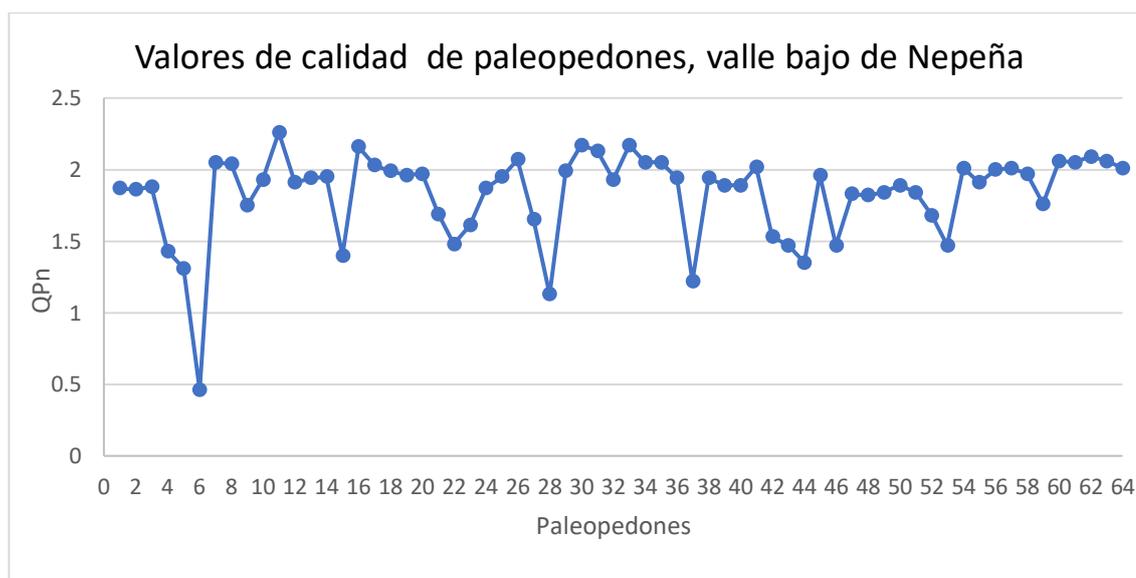


Figura 5: Resultados de los valores de calidad (QP_n) de los 16 paleopedones determinados.

En base a la Figura 5 se determinaron:

- Valor promedio $QP_n = 1,82$.
- P_{11} obtuvo el valor máximo, $QP_{11} = 2,26$.
- El valor mínimo lo obtuvo P_6 , igual a $QP_6 = 0,46$
- Paleopedones con valores de calidad sobre el promedio: $P_1, P_2, P_3, P_7, P_8, P_{10}, P_{11}, P_{12}, P_{13}, P_{14}, P_{16}, P_{17}, P_{18}, P_{19}, P_{20}, P_{24}, P_{25}, P_{26}, P_{29}, P_{30}, P_{31}, P_{32}, P_{33}, P_{34}, P_{35}, P_{36}, P_{38}, P_{39}, P_{40}, P_{41}, P_{45}, P_{47}, P_{49}, P_{50}, P_{51}, P_{54}, P_{55}, P_{56}, P_{57}, P_{58}, P_{60}, P_{61}, P_{62}, P_{63}$ y P_{64} .
- Paleopedones con valores de calidad bajo el promedio: $P_4, P_5, P_6, P_9, P_{15}, P_{21}, P_{22}, P_{23}, P_{27}, P_{28}, P_{37}, P_{42}, P_{43}, P_{44}, P_{46}, P_{52}, P_{53}$ y P_{59} .

P_{11} no presentó análisis de laboratorio, se definió como profundo, lo que significó que su valor de calidad lo determinó el número de horizontes y su profundidad. Abarcó 2 horizontes Ab y 4 horizontes C.

P_6 no presentó análisis de laboratorio, se definió como poco profundo, compuesto por dos horizontes. El horizonte 1Ab de 5 cm de profundidad, se expuso sobre un conglomerado de clastos de 50 cm (-1C).

En cuanto a paleopedones con alta cobertura de análisis, se destacaron P_{30} y P_{33} . Se definieron como profundos, moderadamente alcalinos, no salinos, con niveles medios y altos de MO, buen nivel de K y P en los primeros 3 horizontes. Presentaron problemas por $CaCO_3$. Los horizontes que abarcaron en su mayoría presentaron análisis de laboratorio, además de tratarse de horizontes A y B. Se determinaron con valores de calidad altos.

Los factores que influyeron en que un paleopedón sea de buena o mala calidad, lo definieron las características físico químicas de los horizontes que lo componen, ya que a menor valor de calidad menor es la magnitud de QP_n . Otro factor fue la profundidad de los horizontes, a mayor profundidad, mayor QP_n . Además, se consideró la distribución de horizontes maestros sin análisis de laboratorio, ya que los horizontes A y B presentan los valores promedios más altos, mientras que C el más bajo.

En general, los valores de calidad obtenidos fueron bajos, representando las malas características de fertilidad y el deficiente drenaje, por lo general se presenta simultáneamente en la parte baja de los valles costeros, constituyendo serios problemas de saneamiento agrícola (ONERN, 1967). Se debe considerar la inclusión de horizontes C en la mayoría de paleopedones.

A modo de ejemplo: P_{37} abarcó 6 horizontes, aun así, obtuvo un valor de calidad bajo, debido a que presentó 1 horizonte Ab y 5 horizontes C.

Se obtuvieron valores QP_n altos correspondientes a paleopedones sin análisis de laboratorio, debido a que abarcaron horizontes A y B en su mayoría.

También agregar que el depósito predominante en el valle es de inundación, representado 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), 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). Es por esto que se destaca la actividad agrícola, donde las civilizaciones precolombinas lograron conquistar algo más del 5% del área total para la agricultura, generando terrenos cultivados (Sabogal, 1975).

Es esencial el número y calidad de datos obtenidos en laboratorio, ya que, si bien se determinaron valores de calidad para todos los paleopedones, existen características que no conocemos y que influyen en los valores QP_n . De todas maneras, se logró dar un acercamiento a los suelos pasados del valle bajo de Nepeña mediante métodos cuantitativos.

2. Clases de capacidad de uso (CCU).

Cuadro 23. Pendientes de los perfiles evaluados.

Pendiente	Perfiles	Inclinación promedio (%)
Recta		
m1	PR3	0
m2	PR5	0
m3	PR6	0
m4	PR7	0
m5	PR8	0
m6	PLC	0
m7	PCC	0
m8	CP6	0
m9	CP7	0

Ningún perfil incluyó pendientes considerables, por lo que no hubo limitaciones por este factor.

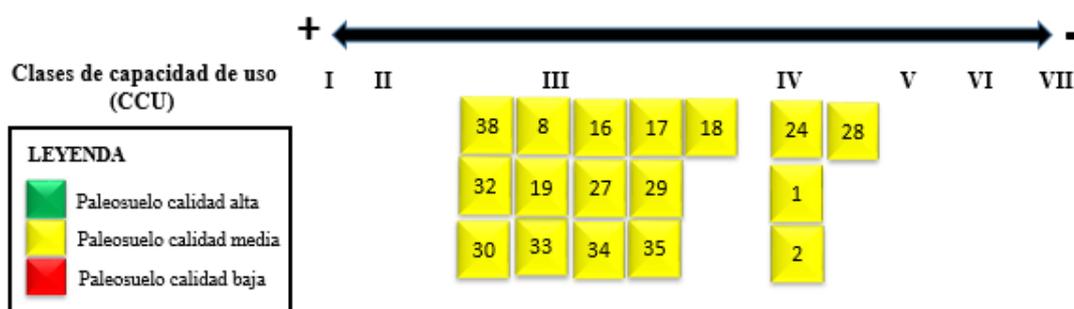


Figura 6: Clases de capacidad de uso de cada paleopedón (identificado numéricamente), subdivididas en categorías de calidad alta, media y baja.

Los perfiles seleccionados se asociaron a sectores de terrazas inundables y no inundables. En relación a las terrazas inundables, algunas áreas presentan problemas de salinidad y drenaje. Mientras que, en las terrazas no inundables, se presentan los mismos problemas (Concha, 2020).

Los paleopedones que abarcaron CCU III se caracterizaron por ser profundos, no salinos o salinidad media, tener cantidades bajas o medias de fertilidad, la mayoría con deficiencias de P y MO, además de destacar las limitaciones por CaCO_3 en niveles medios y bajos.

Los paleopedones que abarcaron CCU IV se caracterizaron por ser profundos o poco profundos, salinos o con salinidad media, con baja fertilidad y limitaciones altas de CaCO_3 .

P₁₆, P₁₇, P₁₈, P₁₉ y P₂₇ no presentaron limitaciones por CaCO_3 . Aunque P₂₈ tampoco presentó limitaciones, no se incluyó en las CCU III por ser poco profundo.

Las características descritas por Kliengebiel y Montgomey (1961) coinciden con las CCU determinadas. En general poseen mal drenaje, baja fertilidad que no se corrige fácilmente, salinidad media y sodio moderados o severo, además de frecuentes desbordamientos acompañados de daños severos a los cultivos, humedad excesiva con peligro continuo de anegamiento después del drenaje.

Las CCU definidas coinciden con los cuatro tipos de suelos de la costa peruana, descritos por ONERN (1967): (1) Tierras arables, aptas para cultivos intensivos y otros usos. (2) Tierras no arables, aptas solo para cultivos permanentes. (3) Tierras no arables, de carácter marginal para fines de cultivos agrícolas, relegados para ganadería extensiva y forestales. (4) Tierras no apropiadas para propósitos agropecuarias ni silvicultura. Los tipos 2 y 3 coinciden con las CCU de los paleopedones. Aunque los suelos no presentaron problemas de pendientes, ONERN (1967) los definió como suelos superficiales muy gravosos o pedregosos, con problemas de salinidad o alcalinidad, entre otros problemas, lo cual abarca las CCU III y IV. Estos paleopedones son aptos para cultivos seleccionados, limitando el uso y la adaptabilidad.

Los resultados de CCU fueron semejantes con los valores de calidad obtenidos, ya que en ambos métodos se obtuvieron resultados que representaron las limitaciones de los suelos en el valle

Los principios de los resultados (Kliengebiel y Montgomey, 1961) se lograron aplicar, ya que se evaluaron una cantidad de índices de calidad considerables para realizar una interpretación de calidad. De esta manera, se pudo saber qué tipo de suelos estamos observando, y como las culturas antiguas podían o ejercían la agricultura bajo suelos de calidad media baja. Vale decir que no todos los suelos del valle de Nepeña y la costa norte peruana poseen estas características, las zonas mapeadas para este estudio se llevaron a cabo en zonas deficientes de fertilidad (Concha, 2020).

Como aporte, se sugirió contar con mayores datos de suelo asociados a las CCU para obtener datos más precisos, por ejemplo: contar con datos de limitaciones por erosión, factores climáticos, entre otros.

2. Cultivos y adaptabilidad de paleopedones.

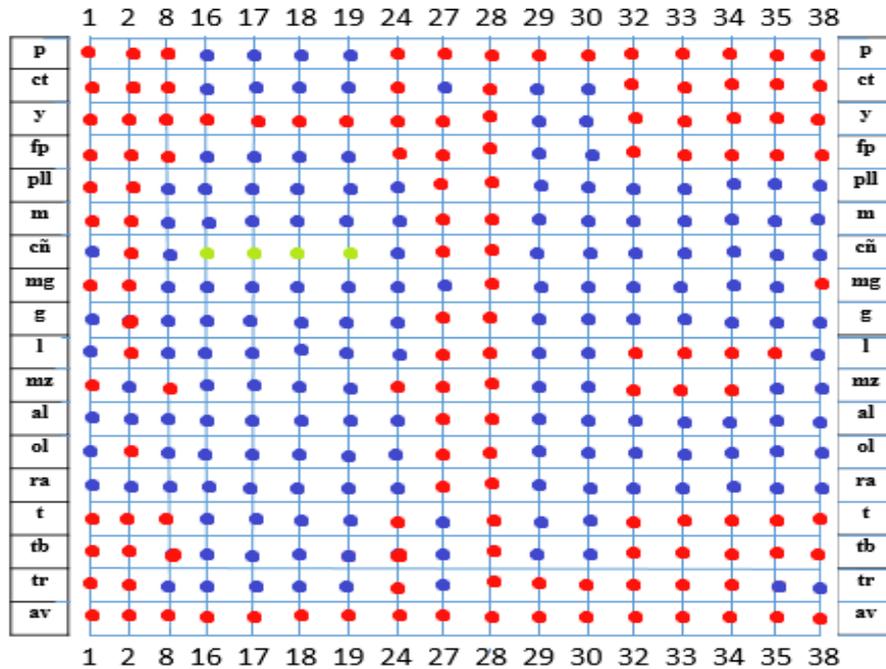


Figura 7. Representación gráfica de la adaptabilidad de los cultivos en base a los paleopedones.

Nota. La aptitud agrícola de cada paleosuelo se dividió en tres categorías: alta (verde), media (azul) y baja (rojo).

P₂₈ no se adaptó a ningún cultivo, debido a su poca profundidad, solo abarcó al horizonte 2Ab y un horizonte C pedregoso de 30 cm. Además, el horizonte 2Ab presentó baja fertilidad.

En relación a los requerimientos de los cultivos, exigieron buenas condiciones de drenaje, fertilidad media – alta, suelos francos con texturas finas a gruesas, ácidos a ligeramente alcalinos, con baja salinidad, no toleran problemas de salinidad, sodicidad y carbonatos.

No hubo paleopedones que satisficieran los requerimientos de la arveja, ya que la mayoría de los paleopedones presentaron mal drenaje, baja MO y problemas de carbonatos difíciles de corregir.

Los mejores resultados los obtuvo la caña de azúcar en P₁₆, P₁₇, P₁₈ y P₁₉, los cuales no presentaron problemas por CaCO₃, sodicidad y salinidad. Solo tuvieron niveles bajos de MO y P. Estos 4 paleopedones tuvieron adaptaciones estables a los cultivos, de niveles medios. Solo se determinaron aptitudes bajas para el cultivo de arveja y yuca.

El algodón y la remolacha azucarera fueron los cultivos mejor adaptados, solo P₂₇ y P₂₈ presentaron baja adaptabilidad.

Se consideró la información entregada por ONERN (1967), donde afirmó que los suelos cultivados en la costa presentan variables contenidos de sales debido a la ausencia de

lluvia, lo cual impide la lixiviación de dichas sales y el origen marino de algunos suelos, son las causas de contenido relativamente altos en cationes alcalinos. Las malas características de la salinidad de los suelos y su deficiente drenaje limitan el uso de los cultivos seleccionados.

Por otra parte, se determinaron los cultivos mejor adaptados por PA en el Cuadro 9. Estos cultivos se caracterizaron por tener mayor tolerancia a las condiciones salino – sódicas, textura, drenaje, fertilidad, y condiciones de pH.

Cuadro 24. Cultivos adaptados por periodo arqueológico.

PA	Rango de años AP	Cultivos	Cultura local
AT - AF	10000 - 3500	pll m al ct mz	Cupisnique/Chavin
FT – M	3500 - 1000	pll m l al	Mochica
Ca - I	1000 - 400	pll m al l t g mz p fp	Imperio Inca
C - P	400 - 0	ra al ol g > cñ mg ct > p y fp t tb	Imperio español

El imperio español obtuvo más acceso a cultivos, debido a la introducción de nuevos cultivos en esa época, como la remolacha azucarera, el olivo, la caña de azúcar, el mango y el tabaco.

El imperio Inca tuvo disponibilidad de paleopedones adaptados al maíz, pallar, maní, algodón, lúcuma, tomate, guayaba, maíz, papa y frejol poroto .

La cultura Mochica obtuvo menos cultivos adaptables, esto debido quizá a que los paleopedones P₈ y P₂₉ presentaron limitaciones de pH y CaCO₃. Otra posibilidad es que entre la transición Cupisnique/Chavin a Mochica, ocurrieron inundaciones que sellaron el suelo, originando un suelo menos fértil que el anterior, lo cual pudo haber repercutido en las características de los paleopedones.

En el Cuadro 24 se representa la repetición de cultivos en paleopedones de distintas etapas del holoceno. Al tener cultivos que se adaptaron a paleopedones de diferentes épocas, estuvieron expuestos a los sistemas de cultivos entre culturas, o a nuevas técnicas de cultivos adaptadas a las condiciones del suelo de esa época. Por ejemplo, en el periodo Cupisnique hay paleopedones que cumplen con los requerimientos para cultivar pallar, al igual que en el periodo posterior Mochica.

Se debió considerar que no se obtuvieron los suficientes datos de laboratorio para la mayoría de los paleopedones evaluados. La metodología fue aplicable en base a los requisitos e información obtenida, ya que los datos existentes son suficientes para hacer una interpretación aceptable en paleopedones con C (%) > 50.

Para generar mayor información valiosa, se debió haber contado con análisis de laboratorio para todos los horizontes de los perfiles, teniendo mayor claridad de la adaptabilidad de los paleopedones.

CONCLUSIONES

En esta investigación se logró determinar el potencial agrícola de 64 paleosuelos en el valle bajo de Nepeña, con respecto a 18 cultivos en cuatro épocas del Holoceno.

Se definieron 17 paleopedones con una cobertura de datos de laboratorio mayor al 50% ($C > 50\%$). En su mayoría los paleopedones definidos abarcaron horizontes arados y han sido originados por inundaciones en el valle.

Si bien el modelo de Karlen y Stott (1994) no se integra en su totalidad, la ecuación Q fue suficiente para obtener datos cuantitativos. En base a los estudios que se tomaron como referencia, los resultados de este estudio presentaron semejanzas, ya que en su mayoría se trata de suelos salino sódicos, de fertilidad media baja sin problemas de drenaje, pero que requieren de un manejo tecnificado para lograr rendimientos estables. Los resultados de valores de calidad reflejaron CCU III y IV, reflejando las limitaciones mencionadas.

Por último, se logró determinar el potencial agrícola de los paleopedones respecto a 18 cultivos seleccionados. En este punto, la debilidad asociada a la falta de información tiene mayor relevancia que en las metodologías anteriores, ya que, si bien se tiene información de los requerimientos edafológicos de los cultivos, para evaluar su rendimiento en los paleopedones se necesitan mayores muestras de laboratorio. Los mejores resultados los obtuvo la caña de azúcar, en la época C – P. Los paleopedones con mayores cultivos adaptados correspondieron a la época Ca – I y C – P.

Es importante dar énfasis en los horizontes enterrados relacionados al arado, ya que en ellos se encuentra información prehistórica muy valiosa, la cual puede aportar información que ayude a comprender los sistemas agrícolas aplicados por las diferentes culturas locales. Por otra parte, al verificar en los resultados las actividades antropogénicas relacionadas a la agricultura, se puede comprender la interacción cultura – paisaje, concluyendo que el paisaje del valle de Nepeña ha cambiado por los distintos eventos geológicos y las distintas actividades agrícolas a lo largo del holoceno. Como los Imperios Español e Inca abarcaron los paleopedones que adaptaron más cultivos, se puede pensar que el mayor asentamiento de campos agrícolas y cambios en el paisaje fue en esa época. En el caso de las culturas Cupisnique, Chavín y Moche, la falta de cultivos adaptables se puede deber también a la falta de datos de laboratorio de los horizontes pertenecientes a esa época, o a la regularidad de eventos naturales entre el 4000 al 400 AP, donde se registraron 11 eventos catastróficos, limitando las actividades agrícolas y las condiciones de suelo.

La falta de información asociada a los análisis físico químicos de suelo determina la calidad de los resultados, es por esto que se debe aumentar el apoyo y los estudios asociados a paleopedones. Además, se puede aportar a este estudio información respecto a las actividades agrícolas de las culturas locales.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, E. (2017). Manual del cultivo de yuca (*Manihot esculenta Crantz*). INTA. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10918.pdf>. Consultado el: 10 de mayo de 2021.
- Altunar, J. (2011). El estudio de paleosuelos: un indicador para interpretar los cambios ambientales. [Monografía Pregrado Ing. Agrícola y Ambiental. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Ciencias del Suelo]. Consultado el: 5 de mayo de 2022.
- Bueno, L. y Oviedo, A. (2014). Requerimientos de suelo. Plantación de olivo. Centro Regional Mendoza. INTA. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tpm-inta_manual_plantacion_olivo.pdf. Consultado el: 20 de mayo de 2021.
- Casanova, M., Vera, W., Luzio, W. y Salazar, O. (2004). Edafología: Guía de clases prácticas. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Ingeniería y Suelos. Consultado el: 10 de mayo de 2021.
- Castañeda, J., Sedov, E., Rebolledo, S. y Castro, J. (2002). El desarrollo de los paleosuelos como índice de la estabilidad del paisaje. Un ejemplo del centro de México. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018846112002000100003. Consultado el: 5 de marzo de 2022.
- Concha, J. (2020). Reconstrucción paleo ambiental del Valle de Nepeña, región de Ancash, Perú. [Tesis Pregrado Geología. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas]. Consultado el: 8 de mayo de 2022
- Chicoine, D. (2006). Early Horizon Architecture at Huambacho, Nepeña Valley, Peru. *Revista Journal of Field Archaeology* 31(1): 1-22.
- De Martonne, E. (1935). Problème des Régions Arides Sud-américaines. *Revista Annales de Géographie* 44(247): 1-27.
- Del Castillo, R. (2006). Estudio técnico de la producción de harina de lúcuma en la sierra de Piura. [Tesis para optar el título de Licenciado en Ingeniería Industrial y de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura] Disponible en <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1486>. Consultado el: 3 de Julio de 2021.
- Deras, H. (2020). Guía técnica: El cultivo del Maíz. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. IICA. Disponible en <http://repiica.iica.int/docs/b3469e/b3469e.pdf>. Consultado el: 3 de marzo de 2022.
- Ditzler, C, Scheffe, K. y Monger, H.C. (Eds.). (2017). Soil survey manual: Soil Science Division Staff. USDA Handbook 18. Recuperado de:

- https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/soils/ref/?cid=nrcs142p2_054262. Consultado el: 5 de mayo de 2022.
- FAO. (2018). Legumbres. Pequeñas semillas, grandes soluciones. Disponible en <http://www.fao.org/3/ca2597es/CA2597ES.pdf>. Consultado el: 17 de julio de 2021.
 - FAO. (2021, abril). Tierra y Agua: Información de cultivos. Disponible en <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/tomato/en/>.
 - Ikehara, H. (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. Consultado el: 15 de abril de 2020.
 - Jiménez, A. y Chávez, M. (2013). Nepeña, historia y tradiciones. Universidad Nacional Federico Villarreal. Disponible en https://issuu.com/jesumaza/docs/vcnh_jimenez_y_chavez. Consultado el: 9 de junio de 2020.
 - Karlen, D. L. y Stott, D. E. (1994). A Framework for Evaluating Physical and Chemical Indicators of Soil Quality. Consultado el: 15 de abril de 2020.
 - Klingebiel, A. y Montgomery, P. (1961). Land-capability classification. Soil Conservation Service, U.S. Dept. of Agriculture. Disponible en: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052290.pdf. Consultado el: 5 de abril de 2020.
 - MAG. (1991). Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658.pdf>. Consultado el: 6 de junio del 2021.
 - Mancini, M., Paez, M., Prieto, A., Stutz, S. y Vilanova, I. (2001). Variabilidad climática y de la vegetación en la Diagonal Árida durante el Holoceno temprano y medio (32° - 52° S, Argentina). Congreso Nacional de Arqueología Argentina. Consultado el: 7 de marzo de 2022.
 - MIDAGRI. (2009). Estudio Hidrológico de la cuenca del río Nepeña. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12543/3863>. Consultado el: 5 de mayo de 2020.
 - Mora, J., Gamboa, J. y Elizondo, R. (2002). Guía para el cultivo del mango. INTA. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f01-8004.pdf>. Consultado el: 5 de mayo de 2021.
 - ONERN. (1967). Reseña sobre los suelos, capacidad de uso y agricultura del desierto costero peruano. Disponible en <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/1060>. Consultado el: 5 de mayo de 2020.

- ONERN. (1972). Inventario, evaluación y uso racional de los recursos naturales de la costa. ONERN. Consultado el: 6 de mayo de 2020.
- Pino, M., Saavedra, J., Álvarez, F., Gutiérrez, R., Hernández, C. y Zamora, O. (2017). Camote: Materia prima para colorantes. INIA. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/4674/NR40586.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consultado el: 7 de julio de 2021.
- Pozorski, S y Pozorski, T. (1979). An Early Subsistence Exchange System in the Moche Valley, Peru. *Journal of Field Archaeology*,6(4): 413-432. Disponible en: <https://doi.org/10.1179/009346979791489023>. Consultado el: 8 de agosto de 2021.
- Pozorski, S y Pozorski, T. (1987). Early Settlement and Subsistence in the Casma Valley, Peru. University of Iowa Press. Consultado el: 8 de agosto de 2021.
- Pfeiffer, M. (2018). Paisajes de Pañamarca Stratigraphy: Field Campaign Report. Consultado el: 15 de abril de 2020.
- Sabogal, J. (1975). La agricultura tradicional en el desierto - Costa Norte del Perú. *Revista INDIANA* 3: 267-269. Disponible en: <https://doi.org/10.18441/ind.v3i0.267-286>. Consultado el: 7 de junio de 2020.
- Samaniego, L. (Eds.). (2011). Punkurí y el valle de Nepeña: Arqueología de la Costa de Ancash. Institut français d'études andines. Disponible en: <https://books.openedition.org/ifea/7363?lang=es>. Consultado el: 20 de mayo de 2020.
- Schaetzl, R. J., & Anderson, S. (2005). Soils: genesis and geomorphologys. Cambridge university press. Consultado el: 5 de marzo de 2022.
- Targulian, V. y Goryachkin, S. (2004). "Soil Memory: Types of records, carriers, hierarchy and diversity". *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 1: 1-8. Consultado el: 10 de marzo de 2022.
- Torrellas, J. (1974). Cultivo de la guayaba: Hojas divulgadoras. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1974_14.pdf. Consultado el: 21 de Julio de 2021.
- Trever, L. (Eds.). (2017). The Archaeology of Mural Painting at Pañamarca. Disponible en: https://www.academia.edu/38382356/The_Archaeology_of_Mural_Painting_at_Pa%C3%B1amarca_Peru. Consultado el: 26 de junio de 2020.
- Towle, M. (1961). The ethnobotany of Pre-columbian Peru. Wenner-Gren Foundation for Anthropological Research, INC, Nueva York. Consultado el: 7 de octubre de 2021.
- Urrutia, J., Solleiro, E., Sedov, S. y Gama, J. (2002). La investigación internacional sobre paleopedología: una visión desde México durante el VI International Symposium and Field Workshop on Paleopedology. *GEOS, Unión Geofísica Mexicana*. (22) 1: 66-68. Disponible en <https://www.ugm.org.mx/publicaciones/geos/pdf/geos02-1/Urrutia02->

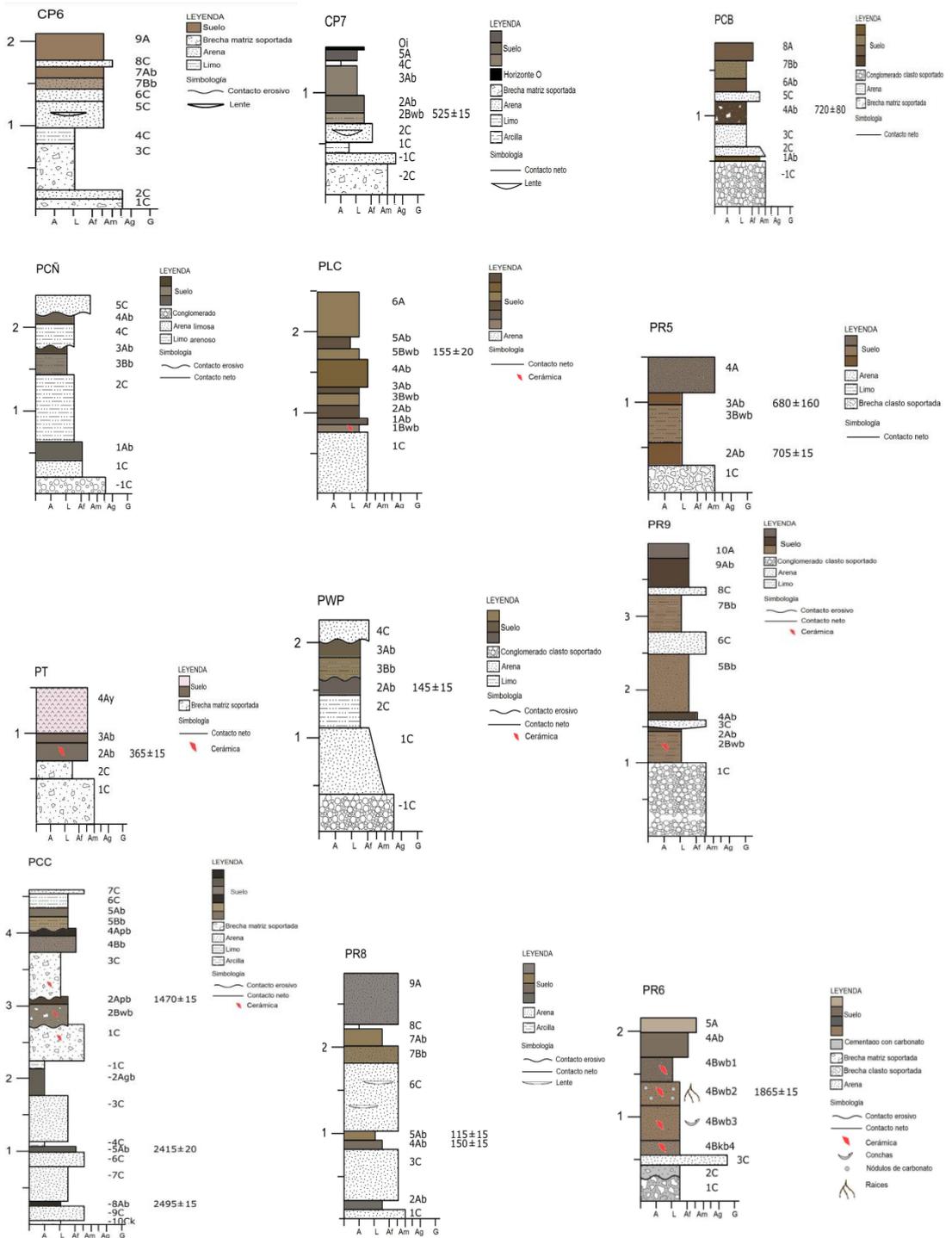
1.pdf. Consultado el: 5 de marzo de 2022.

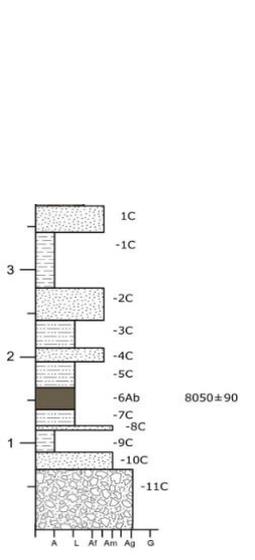
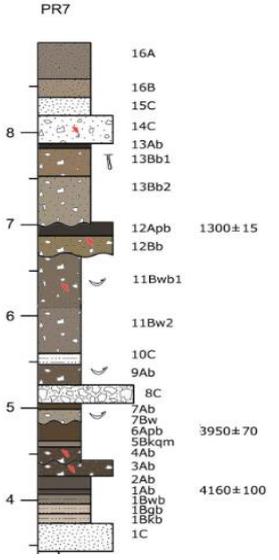
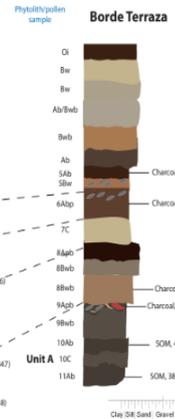
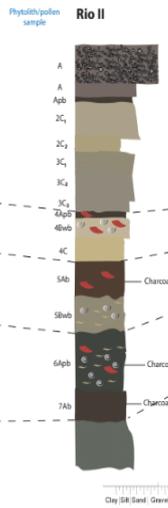
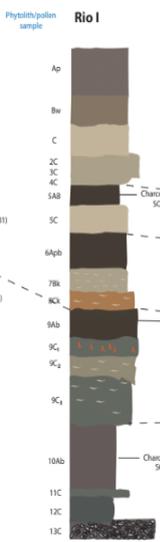
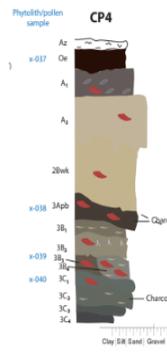
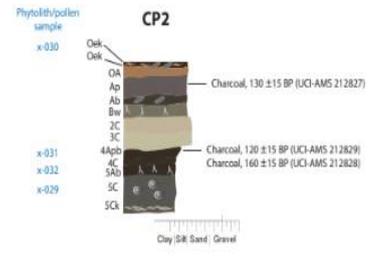
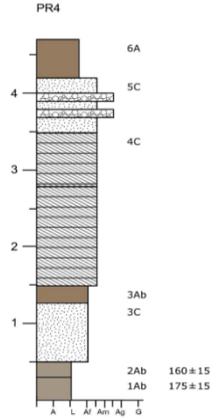
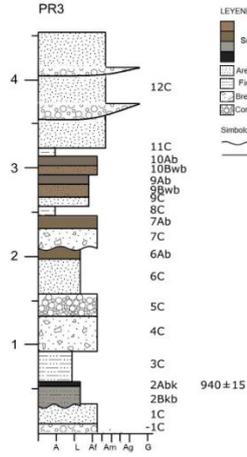
- Weatherspark. (2022, abril). El clima y el tiempo promedio en todo el año en Nepeña. Disponible en <https://es.weatherspark.com/y/19900/Clima-promedio-en-Nepe%C3%B1a-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>.

ANEXOS Y/O APÉNDICES

ANEXO I

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS PERFILES





ANEXO II

DATOS FISICOQUIMICOS DE LOS HORIZONTES EVALUADOS POR PFEIIFER (2018), IKEHARA (2019) Y CONCHA (2020).

Número de muestra	Lab.	Unidad	FINAL CODE	OLD CODE	CE			Análisis Mecánico				pH	M.O.	P	K	CaCO ₃	Cationes Cambiables					Ca	Pm
					dS / m	Arena	Limo	Arcilla	Textura	Relación	%						ppm	ppm	%	total	Ca ⁺⁺		
#					Relación 1:1	%	%	%			%	ppm	ppm	%	total	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na	K ⁺	Al ⁺⁺⁺ +H ⁺	%	%	
15298	PR3	2Ab	2Ab	132		30,72	47,04	22,24	Franco	7,82	3,26	4,19	95,00	18,42	17,08	14,63	1,88	0,37	0,20	-	21,62	11,97	
15299	PR3	2Bkb	2Bkb	2,43		36,72	58,90	4,38	Franco limoso	6,70	2,16	17,49	153,80	28,63	14,89	13,22	1,32	0,20	0,15	-	15,11	7,87	
15300	PR4	3Ab	3Ab	0,45		24,72	67,75	7,53	Franco limoso	7,95	0,40	5,02	108,00	0,35	12,51	11,31	0,94	0,10	0,16	-	17,78	9,55	
15301	PR5	2Ab	2Ab	0,48		38,72	48,82	12,46	Franco	8,03	1,52	1,79	71,40	0,25	14,47	12,21	1,92	0,21	0,14	-	17,40	9,31	
15302	PR5	3Ab	3Ab	3,80		54,72	36,75	8,53	Franco arenoso	7,77	0,93	2,53	76,80	0,12	11,41	9,71	1,30	0,23	0,17	-	13,93	7,13	
15303	PR5	3Bwb	3Bwb	1,72		36,72	51,42	11,86	Franco limoso	7,82	1,48	2,16	85,40	0,12	13,46	11,64	1,50	0,18	0,14	-	17,49	9,37	
15304	PR5	4A	4A	2,24		50,72	21,90	7,38	Franco arenoso	7,86	0,80	1,79	68,00	0,37	11,94	10,09	0,82	0,27	0,16	-	11,94	5,50	
15305	PR6	4Ab	4Ab	0,60		32,72	35,04	12,24	Franco arenoso	8,11	1,64	2,90	111,00	4,19	11,95	9,35	1,59	0,21	0,20	-	15,38	8,05	
15306	PR6	4Bwb1	Bw1	0,35	50	72	35,68	13,60	Franco	8,33	1,27	1,33	70,40	6,70	13,63	11,56	1,72	0,19	0,16	-	16,09	8,49	
15307	PR6	4Bwb2	Bw2	0,41	56	72	29,68	13,60	Franco arenoso	8,40	0,40	1,33	84,80	4,19	11,66	9,90	1,46	0,16	0,15	-	15,26	7,97	
15308	PR6	4Bwb3	Bw3	0,24	66	72	21,82	11,46	Franco	8,52	0,53	1,70	85,80	9,38	11,74	10,20	1,15	0,24	0,15	-	13,19	6,67	
15309	PR6	?	Bk	0,24	62	72	25,48	11,80	Franco arenoso	8,43	0,83	0,96	89,60	12,73	13,92	12,04	1,62	0,16	0,10	-	13,85	7,08	
15310	PR7	1Ab	1Ab	0,70	54	72	31,68	13,60	Franco arenoso	7,66	2,38	8,17	174,60	28,30	13,66	10,18	2,82	0,38	0,29	-	15,54	8,14	
15311	PR7	2Ab	2Ab	0,53	64	72	24,82	10,46	Franco arenoso	8,32	2,10	4,84	106,00	25,12	13,27	10,02	2,82	0,28	0,16	-	13,15	6,64	
15312	PR7	3Ab	3Ab	0,78	68	72	29,75	9,53	Franco arenoso	7,76	2,16	6,95	149,20	34,63	11,97	9,15	2,40	0,25	0,17	-	13,41	6,90	
15313	PR7	4Ab	4Ab	0,65	59	72	28,70	13,08	Franco arenoso	8,28	3,00	5,12	170,60	31,96	12,61	9,12	2,88	0,31	0,29	-	14,89	7,73	
15314	PR7	6Apb	6Apb	0,48	56	72	36,04	7,24	Franco arenoso	8,29	0,96	6,78	107,20	36,84	11,25	8,26	2,47	0,29	0,24	-	13,24	6,70	
15315	PR7	7Bwb	7B	0,53	62	72	30,97	6,31	Franco arenoso	8,08	0,68	3,82	182,60	21,10	10,92	8,05	2,43	0,17	0,26	-	12,11	5,99	
15316	PR7	7Ab	7Ab	0,50	66	72	26,68	6,60	Franco arenoso	8,03	0,80	3,27	242,00	19,59	11,67	8,15	2,83	0,24	0,45	-	11,64	5,70	
15317	PR7	9Ab	9Ab	0,35	70	72	23,82	5,46	Franco arenoso	8,42	0,71	4,01	179,40	10,88	12,25	8,50	3,22	0,21	0,32	-	10,72	5,12	
15318	PR7	12Apb	12Apb	0,74	54	72	41,68	3,60	Franco arenoso	8,27	3,27	10,57	390,00	5,11	11,09	7,97	2,12	0,23	0,77	-	12,36	6,14	
15319	PR7	13Ab	13Ab	2,58	66	72	29,68	3,60	Franco arenoso	8,06	3,41	32,46	492,00	5,19	12,39	8,20	2,75	0,45	0,99	-	10,69	5,10	
15320	PR7	14Ab	14Ab	2,35	68	72	27,82	3,46	Franco arenoso	8,14	1,78	36,25	452,00	7,37	10,88	7,98	1,72	0,39	0,79	-	10,37	4,89	
15321	PT	2Ab	A2	11,62	84	94	10,61	4,46	Arena Franca	8,18	0,65	40,77	876,00	6,70	9,94	7,05	0,77	0,44	1,69	-	8,43	3,88	
15322	PR8	5Ab	5Ab	2,69	50	72	44,82	4,46	Franco arenoso	7,70	1,31	2,44	78,20	0,84	9,94	7,85	1,43	0,37	0,20	-	13,19	6,66	
15323	PR8	6Ab	6Ab	2,32	40	72	53,68	5,60	Franco limoso	7,55	1,20	2,90	89,40	2,34	10,85	8,70	1,65	0,31	0,18	-	14,94	7,77	
15324	PR8	8Ab	8Ab	3,05	54	65	39,75	5,80	Franco arenoso	8,25	0,69	1,51	148,40	1,42	9,88	8,10	1,30	0,24	0,24	-	13,00	6,55	
15325	PCC	2Apb	2Apb	0,74	62	58	31,82	5,60	Franco arenoso	7,91	1,05	16,94	159,80	5,11	11,27	9,20	1,53	0,25	0,29	-	11,90	5,86	
15326	PCC	3Ab	3Ab	1,84	58	58	33,82	7,60	Franco arenoso	7,98	2,18	11,31	390,00	7,70	12,63	9,85	1,78	0,31	0,69	-	13,09	6,61	
15327	PCC	?	3Bb	0,87	62	58	27,37	3,46	Franco arenoso	7,90	1,02	11,77	216,00	6,03	11,21	9,31	1,42	0,16	0,32	-	13,13	6,63	
15328	PWP	2Ab	2Ab	3,43	24	14	70,38	5,48	Franco limoso	7,21	3,56	9,83	220,00	1,84	11,95	9,80	1,68	0,19	0,30	-	17,21	9,19	
15329	PCB	4Ab	4Ab	0,46	40	36	45,56	14,08	Franco	7,68	1,09	3,55	129,00	0,40	16,04	14,10	1,46	0,21	0,27	-	17,69	9,49	
15330	CP7	?	1Ab	3,48	36	36	56,42	7,22	Franco limoso	8,23	6,53	46,91	540,00	1,43	10,99	8,12	1,83	0,33	0,71	-	16,06	8,47	
15331	CP7	?	3Ab	2,04	38	22	42,63	19,15	Franco	8,67	1,52	3,45	468,00	5,02	14,75	11,20	2,43	0,39	0,73	-	19,60	10,69	
15332	CP7	?	4A	1,96	48	00	34,85	17,15	Franco	8,79	0,98	2,81	278,00	7,87	13,12	9,20	2,80	0,57	0,55	-	17,60	9,44	
15333	CP7	?	5B	3,32	44	22	41,70	14,08	Franco	8,22	0,51	4,10	182,80	5,19	12,15	9,68	1,93	0,29	0,25	-	17,15	9,16	
15334	CP6		Locus	0,24	80	22	12,70	7,08	Arena Franca	8,67	0,29	1,70	177,00	0,88	6,20	4,50	1,17	0,27	0,26	-	9,92	4,61	
15335	CP6		Locus	0,40	44	22	44,63	11,15	Franco	8,38	0,58	3,73	110,40	4,52	13,51	11,70	1,48	0,13	0,19	-	16,22	8,57	
15336	CP6		Locus	0,39	58	22	28,63	13,15	Franco arenoso	8,29	0,36	3,55	75,80	5,19	14,17	12,15	1,68	0,18	0,15	-	14,91	7,75	
15337	CP6		Locus	0,36	50	22	32,30	17,48	Franco	8,30	0,54	4,84	106,00	7,87	15,23	13,08	1,83	0,16	0,16	-	17,40	9,31	
15338	PLC	1Ab	1Ab	0,28	60	00	27,70	12,30	Franco arenoso	8,12	0,94	2,81	88,40	0,18	9,59	6,13	1,00	0,25	0,22	-	14,39	7,42	
15339	PLC	1Bwb	1Bwb	0,39	51	00	33,70	15,30	Franco	8,04	0,54	5,39	152,20	2,09	14,80	13,32	1,80	0,23	0,25	-	16,60	8,81	
15340	PLC	2Ab	2Ab	0,28	51	00	37,70	11,30	Franco	8,13	0,80	2,07	77,60	0,35	12,58	10,96	1,23	0,20	0,19	-	15,32	8,01	
15341	PLC	3Ab	3Ab	0,23	51	00	41,70	7,30	Franco	8,25	0,49	2,53	82,80	0,35	10,57	9,45	0,88	0,11	0,12	-	14,05	7,21	
15342	PLC	4Ab	4Ab	0,42	67	36	30,44	2,20	Franco arenoso	8,09	0,35	6,41	147,00	0,37	11,77	10,31	1,06	0,19	0,22	-	10,16	4,76	
15343	PLC	5Ab	5Ab	2,26	49	36	48,44	2,20	Franco arenoso	7,91	1,02	3,18	124,00	1,26	10,74	8,56	1,78	0,16	0,24	-	12,66	6,33	
15344	PR1	5Ab	H7	0,68	42	36	51,44	6,20	Franco limoso	8,23	1,85	5,30	348,00	4,35	13,25	10,20	2,16	0,30	0,58	-	14,90	7,74	
15345	PR1	6Apb	H9	0,51	60	36	33,44	6,20	Franco arenoso	8,54	0,30	2,72	97,00	7,37	11,92	9,56	2,01	0,18	0,17	-	12,40	6,17	
15346	PR1	9Ab	H2	0,76	88	36	3,44	2,20	Arena	8,11	0,18	2,72	64,00	0,84	5,78	4,18	1,23	0,24	0,15	-	7,24	2,93	
15347	PR1	9Ab	R12	0,74	82	36	15,44	2,20	Arena Franca	8,23	0,16	4,10	59,20	1,76	9,02	7,19	1,57	0,14	0,13	-	8,07	3,45	
15348	PR1	10Ab	H16	2,74	58	36	41,44	0,20	Franco arenoso	7,94	1,74	8,63	70,40	21,94	10,28	8,15	1,91	0,12	0,10	-	10,77	5,15	

Número Muestra			D.A.	Número Muestra			D.A.
Lab	Unidad/Old Co	g/cc		Lab	Unidad/Old Co	g/cc	
#				#			
2641	PR3, 2Ab	1,31		2668	PCC, 2Apb	1,52	
2642	PR3, 2Bkb	1,32		2669	PCC, 3Apb	1,31	
2643	PR4, 3Ab	1,34		2670	PCC, 3Bb	1,40	
2644	PR5, 2Ab	1,26		2671	Pw/P, 2Ab	1,23	
2645	PR5, 3Ab	1,36		2672	PCB, 4Ab	1,62	
2646	PR5, 3Bwb	1,26		2673	CP7, 1Ab	1,15	
2647	PR5, 4A	1,55		2674	CP7, 3Ab	1,46	
2648	PR6, A	1,40		2675	CP7, 4A	1,53	
2649	PR6, Bw1	1,43		2676	CP7, 5B	1,51	
2650	PR6, Bw2	1,58		2677	CP6, Locus3	1,57	
2651	PR6, Bw3	1,43		2678	CP6, Locus6	1,35	
2652	PR6, Bk	1,40		2679	CP6, Locus8	1,57	
2653	PR7, 1Ab	1,38		2680	CP6, Locus8A	1,85	
2654	PR7, 2Ab	1,42		2681	PLC, 1Ab	1,44	
2655	PR7, 3Ab	1,35		2682	PLC, 1Bwb	1,49	

ANEXO III

METODOLOGIA DE KARLEN Y STOTT (1994), PARA ASIGNAR VALORES CUANTITATIVOS A LOS INDICES DE CALIDAD DEL SUELO

Table 4-1. Soil quality functions and indicators related to erosion by water.

Function	Weight	Indicator					
		Level I	Weight	Level II	Weight	Level III	Weight
Accommodate water entry	0.50	Infiltration rate	1.0	Surface crust	0.20	Texture	0.50
						Thickness	0.20
						Strength	0.20
						Formation rate	0.10
						Surface roughness	0.20
						Crop residue cover	0.50
Facilitate water transfer and absorption	0.10	Hydraulic conductivity	0.60	Soil texture	0.50	Plant roots	0.40
						Capillary water content	0.30
						Bulk density	0.20
						Earthworms	0.60
						Porosity	0.15
						Macropores	0.25
Resist degradation	0.35	Aggregate stability	0.80	Mineralogy	0.20	Physical bonding	0.50
						Chemical bonding	0.50
						Soil carbohydrates	0.35
						Labile organic C	0.60
						Microbial biomass	0.30
						Recalcitrant organic C	0.40
Sustain plant growth	0.05	Rooting depth	0.25	Restrictive layer depth	0.70	Fungal hyphae	0.50
						Texture	0.30
						PAWC†	0.70
						Drainage	0.20
						Organic C	0.10
						pH	0.15
						Organic C	0.25
						Macronutrients	0.40
						N	0.50
						P	0.25
						K	0.25
						Ca, Mg, S	0.10
						B, Cu, Fe, Mn, Zn	0.10
						Salinity	0.50
						Heavy metals	0.15
Organics‡	0.25						
Radioactive	0.10						
Chemical barriers	0.10	Heat transfer capacity	0.05	Available cations	0.15	Bacteria	0.20
						Shear strength	0.10
						Soil texture	0.05
						Soil carbohydrates	0.35
						Microbial biomass	0.30
						Recalcitrant organic C	0.40

ANEXO IV

TABLA DE CULTIVOS DE LA COSTA NORTE PERUANA POR IKEHARA (2019)

Table 1

SCIENTIFIC NOMENCLATURE	PERIOD =		LA	EF/MF	EF/MF	EF/MF	EF/MF	MF	LF/FF	LF/FF	LF/FF	LF/FF
	5000- 4000 BP	3500- 2800 BP	3500- 2800 BP	3500- 2800 BP	3500- 2800 BP	3500- 2800 BP	3200-2800 BP	2800-2100 BP	2800- 2100 BP	2800- 2100 BP	2800- 2100 BP	
	Huaca Prieta	Las Haldas	Pampa de las Llamas	Tortugas	Gramalote	Huaca Prieta	Huambacho	Las Haldas	San Diego	Pampa Rosario		
<i>Cucurbita ficifolia</i>	x				4?	x	?	1				
<i>Cucurbita maxima</i>			3	3	4?		?	1	2	2		
<i>Cucurbita maschata</i>	x				4?	x	?					
<i>Salanum tuberosum</i>		2	3	2								
<i>Ipomoea batatas</i>			3	2								
<i>Canna edulis</i>	x		3					2	3	2		
<i>Manihot esculenta</i>			3	2		x	1	2	3	2		
<i>Pachyrhizus sp.</i>				2								
<i>Lepidium sp.</i>												
<i>Phaseolus vulgaris</i>		3	1	1	2		1	2	2	4		
<i>Phaseolus lunatus</i>	x	1	2	3					3	4		
<i>Canavalia sp.</i>	x		1					1	1	2		
<i>Arachis hypogaea</i>		3	4	4	2	x	1	3	4	4		
Zea mays					1	x (*)	4	3	4	4		
<i>Pouteria lucuma</i>	x	4	3	4	3		1	2	1	1		
<i>Psidium guajava</i>			2	1					2	3		
<i>Inga feuillei</i>		1	1			x			?	1		
<i>Bunchosia armeniaca</i>	x	1	1		?				1	4		
<i>Persea americana</i>			2	1	2	x	2	1	1	3		
<i>Capsicum sp.</i>	x	1		3	2			2	3	3		
(Marine algae)		x		4	x			4				
<i>Gossypium barbadense</i>	x	4	4	4	x	x	1	3	4	4		
<i>Lagenaria siceraria</i>	x	4	3	4	x	4	4	3	4	4		
<i>Prosopis chilensis</i>					x							
<i>Gynerium sagittatum</i>					x		1					
<i>Tillandsia sp.</i>		x			x							
<i>Scirpus sp.</i>	x				x							
<i>Cyperus sp.</i>	x											
<i>Sapindus saponaria</i>							1					
Type of remains	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a		
Source	A	B	B	B	C	A	D	B	B	B		

Note: Numbers indicate abundance: (1) Sporadic finding, (2) Rare, (3) Moderate-abundant, (4) Very abundant-High frequencies, (x) present without reference about frequency, (*) stratigraphic problems. Period: (LA) Late Archaic, (EF) Early Formative, (MF) Middle Formative, (LF) Late Formative, (FF) Final Formative. Type of remains: (a) Macroremains, (b) Starch grains, (c) Phytoliths. Sources: (A) Towle 1961; (B) Pozorski and Pozorski 1987; (C) Pozorski and Pozorski 1979; (D) Chicoine 2006a, 2006b.

APÉNDICE I

CATEGORIAS DE LOS ÍNDICES DE CALIDAD DE SUELOS Y SUS VALORES DE CALIDAD.

K (ppm)	Categoría	Valor de calidad
<50	Muy bajo	0,1
50 – 80	Bajo	0,1
80 – 120	Medio	0,3
120– 240	Alto	0,5
>240	Muy alto	0,5

P (ppm)	Categoría	Valor de calidad
<3	Deficiente	0,1
4 – 7	Bajo	0,1
8 – 15	Medio	0,3
16 – 18	Medio alto	0,3
18 – 35	Alto	0,5
>36	Muy alto	0,5

Saturación Básica (%)	Categoría	Valor de calidad
0 – 20	Muy baja	0,1
20 – 40	Baja	0,1
40 – 60	Moderada	0,3
60 – 80	Alta	0,5
>80	Muy alta	0,5

CaCO ₃ (%)	Categoría	Valor de calidad
<0,5	No calcáreo	0,5
0,5 – 1	Muy ligeramente calcáreo	0,5
1 – 2	Ligeramente calcáreo	0,3
2 – 5	Moderadamente calcáreo	0,3
5 – 10	Calcáreo	0,1
>10	Altamente calcáreo	0,1

pH	Categoría	Valor de calidad
3,5 – 5,5	Fuertemente ácido – ácido	0,1
5,6 – 6,4	Ligeramente ácido	0,3
6,5 – 7,4	Neutro	0,5
7,5 – 7,9	Ligeramente alcalino	0,3
8 – 8,4	Moderadamente alcalino	0,1
>8,5	Alcalino	0,1

Textura	Porosidad (%)	Valor de calidad
Arenoso	38	0,1
Areno franco	40	0,3
Franco arenoso	43	0,5

Franco	47	0,5
Franco arcilloso	49	0,5
Arcillo arenoso	51	0,3
Arcilloso	53	0,1
Arcilloso limoso	54	0,1

PSI (%)	Categoría	Valor de calidad
<2	No sódico	0,5
5 – 15	Sódico	0,1
>16	Extremadamente sódico	0,1

Materia orgánica (%)	Categoría	Valor de calidad
<0,5	Bajo	0,1
0,5 – 2	Medio	0,3
>2	Alto	0,5

CE (dS m ⁻¹)	Categoría	Valor de calidad
<2	No salino	0,5
2 – 4	Ligeramente salino	0,3
4 – 8	Salino	0,1
8 – 16	Muy salino	0,1
>16	Extremadamente salino	0,1

AA (%)	Categoría	Valor de calidad
>30	Óptima	0,5
20 - 30	media	0,3
8 - 20	baja	0,2
<8	deficiente	0,1

APÉNDICE II

BASE DE DATOS DE LOS VALORES DE CALIDAD Q_H

Y (0.1 < 0.3 < 0.5)											et				Calidad de suelo			Horizonte			Perfil
Textura	Porosidad	CE	pH	M.O	P	K	CaCO ₃	SB	PSI	AA	qce	qet	qrd	qspg	Q	Código	Profundidad (cm)	Horizonte	Horizonte	Perfil	
	0.1	0.1	0.5	0.1	0.1	0.1	0.5	0.5	0.3	0.3	0.2	0.3	0.8	2.5	1.43	1A	32	0	0.08923281	CP6	
															2.12	1A	13	0	0.13238895		
															1.87	1C	15	0	0.13257423		
	0.5	0.5	0.5	0.1	0.3	0.1	0.3	0.3	0.3	0.5	1	1.1	1.4	2.9	2.01	1A	32	0	0.30628574		
	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.5	1	1.1	1.2	2.3	1.69	1A	19	0	0.18264742		
	0.5	0.5	0.5	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.5	1	1.1	1.4	2.7	1.91	1A	56	0	0.50533333		
															1.87	1C	19	0	0.08504719		
															1.2	1C	12	0	0.06957429		
	0.5	0.5	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.1	1	1.1	1.6	3.5	2.33	1A	8	0	0.14100719	CP7	
															1.87	1C	5	0	0.06726167		
	0.5	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0.5	0.1	0.3	0.1	1	1.1	1.2	2.5	1.79	1A	29	0	0.17345237		
	0.5	0.5	0.5	0.1	0.3	0.1	0.5	0.1	0.3	0.1	1	1.1	1.4	2.7	1.91	1A	17	0	0.23397122		
	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.1	0.5	0.1	0.3	0.1	1	1.1	1.4	2.7	1.91	1A	19	0	0.137410072		
															1.87	1C	18	0	0.24218823		
															1.87	1C	10	0	0.134532374		
															1.2	1C	30	0	0.25892806		
	0.5	0.5	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.1	1	1.1	1.6	3.5	2.33	1A	8	0	0.14100719	PCC	
															2.12	5Bb	12	0	0.05528485		
															2.12	5Bb	15	0	0.07454545		
	0.5	0.5	0.5	0.3	0.5	0.3	0.5	0.1	0.3	0.5	1	1.1	1.8	3.5	2.35	4Ab	10	0	0.05848352		
	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.5	0.1	0.3	0.5	1	1.1	1.6	3.3	2.23	4Eb	23	0	0.102725275		
															1.2	1A	19	0	0.163671921		
	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.5	0.1	0.3	0.5	1	1.1	1.6	3.3	2.23	2Ab	19	0	0.04848889		
															1.76	2BAb	28	0	0.189538482		
															1.2	1C	50	0	0.13188132		
															1.87	1C	10	0	0.04938891		
															1.75	2AbH	23	0	0.16237882		
															1.87	3C	63	0	0.258323077		
															1.87	4C	7	0	0.028788231		
															1.75	5Ab	8	0	0.03078231		
															1.87	6C	29	0	0.020197882		
															1.87	7C	49	0	0.197214725		
															1.75	8Ab	7	0	0.028323077		
															1.87	3C	20	0	0.082197892		
															1.87	3BAb	5	0	0.025454545		
	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.1	0.5	0.3	0.3	0.5	1	1.1	1.4	3.1	2.11	5A	55	0	0.575454545	PLC	
															2.12	3BAb	15	0	0.10578947		
	0.5	0.5	0.5	0.3	0.1	0.1	0.5	0.5	0.3	0.5	1	1.1	1.4	3.3	2.21	4Ab	24	0	0.10453826		
	0.5	0.5	0.5	0.3	0.1	0.1	0.3	0.5	0.3	0.5	1	1.1	1.4	3.1	2.11	3Ab	8	0	0.06340891		
															2.12	3BAb	14	0	0.12018143		
	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.1	0.1	0.5	0.3	0.5	1	1.1	1.6	3.1	2.13	2Ab	16	0	0.107197109		
	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.1	0.3	0.5	0.3	0.5	1	1.1	1.6	3.3	2.23	1Ab	5	0	0.072125721		
	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.1	0.5	0.3	0.3	0.5	1	1.1	1.6	3.3	2.23	1BvB	9	0	0.081859561		
															1.87	1C	75	0	0.567813785		
	0.3	0.3	0.5	0.3	0.5	0.1	0.3	0.1	0.3	0.5	0.6	0.7	1.6	2.9	1.87	2Abk	5	0	0.02073707	PH3	
	0.5	0.5	0.3	0.3	0.5	0.3	0.5	0.1	0.3	0.5	1	1.1	1.6	3.3	2.23	2Bkb	20	0	0.098891353		
															1.87	1C	10	0	0.09538554		
															1.2	1C	10	0	0.026076731		
	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.5	0.3	0.5	1	1.1	1.4	2.9	2.01	4A	40	0	0.536	PH5	
	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.5	0.3	0.5	1	1.1	1.4	2.9	2.01	3Ab	19	0	0.1742	150	
	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.1	0.3	0.5	0.3	0.5	1	1.1	1.6	3.3	2.23	3BvB	42	0	0.244		
	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.1	0.1	0.5	0.3	0.5	1	1.1	1.6	3.1	2.13	2Ab	25	0	0.385		
															0.3	1C	30	0	0.06		
	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.1	0.3	0.3	0.3	0.5	1	1.1	1.6	3.1	2.13	5A	17	0	0.23440591	PH6	
	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.1	0.1	0.3	0.3	0.5	1	1.1	1.6	2.7	1.93	4Bv1	29	0	0.26778943	203	
	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.1	0.1	0.3	0.3	0.5	1	1.1	1.6	3.1	2.13	4Bv2	28	0	0.28538852		
	0.5	0.5	0.5	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.5	1	1.1	1.4	2.7	1.91	4BvB3	41	0	0.374888895		
	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.5	1	1.1	1.6	2.9	2.03	4Bv1+1	17	0	0.18510267		
															1.87	1C	12	0	0.107388421		
															2C	12	0	0	0		
															3C	30	0	0	0		
	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.1	0.3	0.5	1	1.1	1.4	3.3	2.21	13Ab	36	0	0.01207037	PR7	
	0.5	0.5	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.1	0.3	0.5	1	1.1	1.6	3.5	2.33	13Bv1	39	0	0.079434791		
															0	0	0	0.15468481			
	0.5	0.5	0.5	0.3	0.5	0.3	0.5	0.1	0.3	0.5	1	1.1	1.8	3.5	2.35	12Ab	15	0	0.03238893		
															2.12	12B	18	0	0.041588627		
															2.12	12Bv1	80	0	0.139526352		
															2.12	12Bv2	50	0	0.10549481		
															1.87	10C	12	0	0.024444444		
	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.1	0.5	0.1	0.5	0.5	1	1.1	1.6	3.3	2.23	3Ab	23	0	0.05587146		
	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.1	0.5	0.1	0.5	0.5	1	1.1	1.6	3.3	2.23	7Ab	20	0	0.04825948		
	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.1	0.5	0.1	0.5	0.5	1	1.1	1.6	3.3	2.23	7Bv	9	0	0.18433591		
	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.5	1	1.1	1.6	2.9	2.03	6Ab	23	0	0.050889586		
	0.5	0.5	0.5	0.3	0																

Textura	Porosidad	CE	pH	MO	P	K	CaCO3	SB	PSI	AA	qwe	qwt	qrd	qspg	Q	Código	Profundidad	Horizonte	Perfil	
																2,07	5A	60	0,435789474	
																1,87	8C	5	0,03280708	
																1,99	7Ab	20	0,039649123	PB8
																2,12	7Bb	20	0,14877163	
																1,87	8C	80	0,024912281	
																2,01	5Ab	10	0,070526316	
																2,01	4Ab	10	0,070526316	
																1,87	3C	60	0,39384411	
																2,07	2Ab	10	0,072631579	
																1,87	1C	10	0,065614035	