Universidad de la República

Facultad de Ciencias

Centro Universitario Regional Este – sede Rocha

PEDECIBA Geociencias

Tesis de Maestría

PALEOCLIMAS, PALEOAMBIENTES, OCUPACIONES HUMANAS E IMPACTO RECIENTE EN LA CUENCA DE LA LAGUNA NEGRA, SE DE URUGUAY

Holoceno medio, superior y la gran aceleración

Autor: Lic. ALFONSO RAÚL MACHADO ARNAUD

Directora: Dra. Laura del Puerto García

Codirector: Dr. José María López Mazz

Montevideo – Uruguay

Agosto 2024

PÁGINA DE APROBACIÓN

Profesor guía:

Tribunal:

Fecha:

Calificación:

Autores:

Quiero dedicar este trabajo a mis hijas, Cecilia, Inahé, Julia y Regina.

A mi señora, Elisa.

A mi tía Coca y en ella a toda mi familia.

A la memoria de mis padres Maruja y Marrón; en ellos también a la memoria de nuestros ancestros los pueblos originarios de América.

AGRADECIMIENTOS

Son muchos los actores que han confluido para contribuir con esta Tesis de maestría, desde diferentes lugares, que involucran tanto lo académico como lo humano. El recorrido fue arduo, donde se presentaron diferentes problemáticas que pudimos ir superando poco a poco, con esfuerzo y perseverancia. Así, quiero agradecer a las instituciones y personas que han hecho posible el desarrollo de esta investigación desde su comienzo.

La Universidad de la República me ha cobijado desde el año 1998 a la fecha y en diferentes lugares que van desde el desempeño funcional y de investigación, el estudio de grado y posgrado, así como en el cogobierno, por lo que soy muy agradecido y trato de devolver en esta obra, un poquito de todo lo recibido. Asimismo, extiendo el agradecimiento al Centro Universitario Regional Este Sede Rocha que me recibió tantas veces en sus instalaciones; a la CSIC, por haber confiado en nosotros para el desempeño del proyecto de Iniciación. A PEDECIBA Geociencias Facultad de Ciencias, por haberme dado la oportunidad de integrar e integrarme. El desarrollo de las Geociencias lo entendemos como integral de una variedad disciplinar que incluye, sin lugar a dudas, la determinante humana; muchas gracias a los compañeros y compañeras y a los docentes del Programa que creyeron en la integración y especialmente a Analía por todo el apoyo de comienzo a fin. Al Museo Nacional de Antropología MEC por permitirme rápidamente acceder a la colección de referencia.

Las personas que han colaborado en esta aventura son muchas, en primer lugar, quiero agradecer a mi tutora Laura del Puerto por embarcarse y navegar junto a mí en este desafío que es para nosotros salir de nuestra “zona de confort” de las humanidades. Muchas gracias por haberme ayudado en las diferentes instancias, académicas, logísticas y humanas. Asimismo, a mi cotutor José López Mazz, muchas gracias por guiarme en lo arqueológico y darme una perspectiva científica global que incluye al ser humano siempre en un contexto histórico que integra diferentes

aspectos culturales locales. Asimismo, a Felipe García-Rodríguez quien me apoyo en el comienzo del camino, dirigiendo la propuesta e integrándome al equipo de trabajo desde el primer momento con quienes compartí mis primeras experiencias de muestreos y submuestreos de fondo.

No puedo dejar de mencionar otros investigadores e investigadoras con quienes compartí diferentes etapas e instancias de la maestría. En este punto quiero dejar en el recuerdo de Gabi un reconocimiento al piso 11 de Facultad de Ciencias, con quienes hemos compartido trabajo, investigación, camaradería, amistades, asados y feijoadas. Especialmente a Irina, quien me brindó su confianza y compañerismo además de aprendizajes en el laboratorio, así como en la cotidiana vida. Del mismo modo quiero agradecer a Gustavo Piñeiro y a Leticia Chiglino por la orientación en la mineralogía de microscopio. Asimismo, a Carola Castiñeira por el apoyo y orientación en mineralogía por DRX. A Adriana Blasi por la orientación en granulometría. A Alejandra Leal por la realización de los análisis de microcarbones que culmina siendo de los resultados más novedosos del trabajo. A Diego Hernández por sus aportes desde el conocimiento de la historicidad de las canalizaciones de la región.

A Cristian Favier-Dubois debo agradecerle el haberse interesado en la temática desde el trabajo de grado, acercándose al territorio, así como por haberme incentivado a tomar el camino de las Geociencias de cara a fortalecer la Geoarqueología local. A Moira Sotelo debo las reflexiones de conversas arqueológicas que han servido a antecedentes y resultados de la tesis. Asimismo, otros investigadores con los que he realizado consultas calificadas y a quienes estoy también muy agradecido son Carlos Marín, Juan Martín Dabezies, Camila Gianotti quienes tienen y han compartido importantes conocimiento antropológico e histórico de la zona de estudio. A Hugo Inda por los aportes conceptuales y de antecedentes, así como por las fotografías del primer núcleo. A Alejandro Ferrari y Noelia Bortolotto por compartir sus conocimientos sobre materiales arqueológicos como las piedras con hoyuelos.

Asimismo, a Elisa Mañana por sus clases de apoyo en cálculo matemático que hicieron que pudiéramos avanzar en la carrera. Del mismo modo, por el apoyo en la paginación de este documento final de tesis.

Muchas gracias también a la familia Arrarte de la Estancia La Rosada, quienes siempre nos han apoyado y difundido nuestro trabajo, demostrando una sensibilidad que vincula la producción con la preservación.

TABLA DE CONTENIDOS

Contenidos

Página de aprobación II

Agradecimientos IV

Tabla de contenidos VII

Resumen X

Tabla de cuadros XII

Tabla de Figuras XIV

Tabla de abreviaturas XIX

Introducción 1

1. Marco teórico 8

1.1. Geociencias: naturaleza y cultura 8
1.2. Las variaciones climáticas 9
1. 3. Geoarqueología: una Arqueología de la Tierra 11
1.4. El Antropoceno: ¿cuándo comenzó el período humano? 13
2. Justificación y antecedentes 19

2.1. Cambios climáticos y sociedades humanas 19
2.2. Paleoclimas y paleoambientes en el SE de Uruguay (Cuenca de la Laguna Negra) 20
2.3. Caracterización de la zona de estudio 27
2.3.1. Geología 28
2.3.2. Pedología 31
2.3.3. Geomorfología 34
2.3.4. Vegetación y unidades ambientales 36
2.3.5. Clima 40
2.4. Procesos de ocupación humana y antropización del paisaje 42
2.4.1. Atlántico sur 42
2.4.3. Cuenca de la Laguna Negra 43
2.4.4. Períodos recientes y la creciente antropización del medio 52

3. Objetivos e hipótesis 57

4. Metodología 58

4.1. Método: abordaje multi-indicador como estrategia de Investigación en tierras bajas del este uruguayo 58
4.2. Muestreos 64
4.3. Caracterización preliminar y submuestreos 65
4.4. Geocronología a partir del radiocarbono 67
4.5. Granulometría 67
4.6. Geoquímica: contenido de materia orgánica sedimentaria, Carbonatos, pH 68
4.7. Mineralogía 68
4.7.1. Difracción de Rayos X 68
4.7.2. Microscopía petrográfica 70
4.8. Análisis micropaleobotánicos 71
4.8.1. Concentración de microrrestos orgánicos y análisis de microcarbones . 71
4.9. Procesamiento, análisis y representación de la información 76
5. Resultados 79

5.1. Las Maravillas *Core* 1 79
5.1.1. Caracterización preliminar (descripción ocular) 79
5.2.2. Geocronología 80
5.2.3. Granulometría 81
5.2.4. Geoquímica: contenido de materia orgánica sedimentaria, carbonatos y pH 85
5.2.5. Mineralogía 86
5.2.6. Análisis micropaleobotánicos 88
5.3. Las Maravillas *Core* 2 95
5.3.1. Descripción Ocular 95
5.3.2. Granulometría 95
5.3.3. Concentraciones de materia orgánica y carbonatos cálcicos 99
5.3.4. Concentración biosilícea 100
5.3.5. Mineralogía petrográfica óptica 101
5.4. Las Maravillas *Core* 3 103
5.4.1. Descripción ocular 103
5.4.2. Granulometría 103
5.4.3. Concentración de materia orgánica sedimentaria y carbonatos 107
5.4.4. Concentración biosilícea 107
5.5. Integración de los núcleos 1, 2, 3 obtenidos del Bañado Las Maravillas (LMC1, LMC2, LMC3) 108

6. Discusión 110

6.1. Muestreos 110

6.2. Reconstrucción paleoambiental y paleoclimática: interpretación del registro 111

6.2. Integración con los antecedentes de reconstrucciones paleoclimáticas y paleoambientales locales 115

6.3. Arqueología, paleoambientes, paleoclimas y tiempos modernos 119

7. Conclusiones 127

8. Perspectivas 135

BIBLIOGRAFÍA 137

ANEXOS 156

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza una reconstrucción paleoambiental y paleoclimática de los últimos 6000 años en la cuenca de la Laguna Negra, este atlántico de Uruguay, y se analiza su interrelación con las ocupaciones humanas registradas ampliamente en los antecedentes del área. Para ello, se estudiaron los cambios ambientales y su impacto sobre las poblaciones humanas que habitaron la región, con énfasis en la cultura arqueológica conocida como “constructores de cerritos”, así como el impacto de las respuestas que estas poblaciones pudieron tener sobre los ecosistemas. La investigación combinó datos paleoambientales y paleoclimáticos genuinos (generados en el marco de esta tesis) con antecedentes arqueológicos e históricos, para centrarse en la interrelación ambiente/cultura de períodos prehispánicos, coloniales, y poscoloniales hasta la actualidad. El objetivo general es comprender la interrelación humano-ambiental durante el Holoceno medio y superior en la zona de estudio, mediante la reconstrucción de las condiciones y cambios paleoambientales y paleoclimáticos en el entorno del sitio arqueológico Los Indios. La metodología plantea el estudio paleolimnológico en base al análisis de indicadores climático-ambientales en secuencias sedimentarias de testigos (núcleos o *core*) de fondo del bañado Las Maravillas. Sobre estas secuencias se realizaron análisis micropaleobotánicos (biosílice, microcarbones), geoquímicos (radiocarbono, materia orgánica, carbonatos, pH), granulométricos y mineralógicos (sedimentos clásticos). A partir de los resultados obtenidos del análisis biosilíceo, se interpreta una sucesión de paleoclimas caracterizada por un aumento de la temperatura desde condiciones templadas a frías en el Holoceno medio, hasta las condiciones subtropicales actuales a partir del Holoceno superior. A partir del tercer milenio antes del presente el registro de microcarbones indica el inicio de incendios recurrentes de pastizales, que son interpretados como manejo de los campos por parte de las culturas arqueológicas. Estas prácticas de uso del fuego intensificaron con el paso del tiempo, llegando su registro hasta la actualidad. Los fechados radiocarbónicos son coherentes con la secuencia indicando tasas de depositación que se aceleran después del tercer milenio antes del presente, donde se interpreta una mayor cobertura vegetal con el incremento del tiempo, de acuerdo con los tenores de materia orgánica y de biosílice. A su vez, los depósitos son de sedimentos finos (limosos), pobremente seleccionados, correspondientes a procesos de suspensión pelágica que pudieron alternarse

con períodos subaéreos. La mineralogía está compuesta principalmente por cuarzos (policristalinos, ondulante, entre otros) y feldespatos (potásicos, plagioclasas) en todas las fracciones analizadas, así como accesorios (circón, anfibol, ilmenita-magnetita, esfeno, entre otros), mientras que en argilominerales están presentes illita en todo el perfil, así como caolinita y vermiculita en los estratos inferiores. La intersección de estos registros hace inferir la presencia de ambientes acuáticos lénticos continentales que podrían intercalarse con episodios subaéreos con formación/erosión de suelos a lo largo del tiempo. En concordancia con estos cambios en el ambiente circundante, el sitio arqueológico Los Indios fue abandonado durante el periodo ~7800-3000 años cal. AP. Este abandono se interpreta como respuesta a una disminución de la oferta de recursos del ambiente, donde dominaron las zonas anegadizas de muy baja productividad primaria. Posteriormente, durante el Holoceno superior se registra un aumento notorio de la productividad primaria y la cobertura vegetal, con formación de bañados (turberas), favoreciendo la reocupación del sitio y la intensificación de las prácticas de subsistencia. Según los antecedentes, las culturas prehispánicas mantuvieron economías de caza-recolección con manejo del cultivo durante al menos tres milenios. Luego de la colonización europea imperialista y posterior cambio en los sistemas productivos al capitalismo, se detecta una gran aceleración en los procesos de deterioro de la biodiversidad, así como de la resiliencia de los ambientes típicos de tierras bajas inundables.

Palabras clave: Geoarqueología; Paleolimnología; Micropaleobotánica; Cambios hidroclimáticos; Antropoceno; Pueblos originarios.

TABLA DE CUADROS

Cuadro 1: Análisis realizados en lost res núcleos de fondo del bañado Las Maravillas (LMC1, 2 y 3. Tex: textura; LOI: Los On Ignition (tenores de materia orgánica y carbonatos); Bios: biosílice; MicC: microcarbones; 13C: carbono 13; 14C: carbono 14; DRX: Difracción de Rayos X; MinO: mineralogía óptica. Se indica el extremo inferior de cada intervalo analizado. Los intervalos sin analizar fueron descartados del cuadro. 6

Cuadro 2: Estadística climatológica para Rocha (1961-1990) (IDR 2010). 41

Cuadro 3: Grupos taxonómicos identificados, número total de fragmentos óseos por taxón (NISP) y porcentaje sobre el total de la muestra. Sitio Arqueológico “Los Indios” excavaciones I y II. Tomado de Moreno (2003: 79). 44

Cuadro 4 Cronología arqueológica del sitio Rincón de Los Indios: (López Mazz 2001; López Mazz et al. 2009a; 2009b). *La fecha de 4500 AP es estimada (López Mazz com. pers. 2023). 48

Cuadro 5: LMC1 fechados 14C (Laboratorio de Radiocarbono de la Universidad de Arizona). *OxCal. V4 3.2 Bronck Ramsey (2017); r5; ShCal13 Athmospheric curve (Hong et al. 2013). 81

Cuadro 6: LMC1 parámetros estadísticos según Folk y Ward (1957), realizados con el programa Gradistat, de acuerdo con los resultados granulométricos realizados con equipo un láser en el Laboratorio de Sedimentos de la Universidad de Santa Rosa - La Pampa. UMS: unimodal mal seleccionado; LG: limo grueso; LM: limo medio; LF: limo fino; Asim: asimétrica; Sim: simétrica; Meso: mesocúrtica; Lepto: leptocúrtica. 81

Cuadro 7: LMC1 sistemas depositacionales según diagrama de Passega (1957; 1964). FR: fuera de rango. 85

Cuadro 8: LMC1 mineralogía según la difracción de rayos X. 87

Cuadro 9: LMC2 parámetros estadísticos obtenidos con el programa Gradistat 8.0 a partir de los datos granulométricos aportados por el equipo láser en el Laboratorio de Sedimentos de la Universidad de Santa Rosa - La Pampa. Siglas del cuadro: UMS - unimodal mal seleccionada; LF – limo fino; LM – limo medio; LG – limo grueso; Mal S – mal seleccionado; Sim – simétrico; Asim – asimétrico; Meso – Mesocúrtico. 98

Cuadro 10: LM LC2 Ambiente depositacional según diagrama de Passega (1957; 1964). FR: fuera del rango. 99

Cuadro 11: LMC3 parámetros estadísticos obtenidos con el programa Gradistat 8.0 a partir de los datos granulométricos aportados por el equipo láser en el Laboratorio de Sedimentos de la Universidad de Santa Rosa - La Pampa. Siglas del cuadro: UMS - unimodal mal seleccionada; LF – limo fino; LM – limo medio; LG – limo grueso; Mal S – mal seleccionado; Sim – simétrico; Asim – asimétrico; Meso – Mesocúrtico. 106

Cuadro 12: Sistemas de depsitación y paleoambiente según Passega (1957; 1964). 107

Cuadro 13: Adaptado de Clemente-Conte y López Mazz (2022); López Mazz y Castiñeira (2001); (Sotelo y López Mazz 2015), López Mazz et al (2017); López Mazz et al. (2010); Moreno (2003); Pintos (2000). 122

TABLA DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación geográfica de la zona de estudio, cuenca de la Laguna Negra. R: ruta nacional; ☆: sitio arqueológico Los Indios y zona de muestreos paleolimnológicos. 2

Figura 2: Puntos de muestreos paleolimnológicos de antecedentes (LP: Laguna de Peña; LN: Laguna Negra) y del presente trabajo (LM: Las Maravillas. Acercamiento: celeste LMC1; azul LMC2; rosa LMC3; amarillo LMC4; ☆: conjuntos de Cerritos de indios, sitio Los Indios). 21

Figura 3: Modelo de evolución ambiental e interacciones humano-ambientales para el Holoceno medio y tardío en el este de Uruguay. 23

Figura 4: Mapa geológico del área de estudio (Preciozzi *et al*. 1985; modificado por Loureiro *et al*. 2016 y en el presente trabajo). Verde: Triásico. Cretácico Inferior; Basaltos mezosoicos indiferenciados.....31

Figura 5: Suelos de la zona y sitio arqueológico Los Indios: 2.11ª Brunosoles Subéutricos Háplicos; 2.12 Brunosoles Subéutricos Háplicos y Típicos; 2.21 Brunosoles Lúvicos y Argisoles Subéutricos Melánicos Abrúpticos; 3.13 Histosoles, Gley húmicos con turba; 3. .15 Gleysoles Háplicos Melánicos; 3.41 Planosoles Éutricos Melánicos y Brunosoles Éutricos Lúvicos; 3.31 Gleysoles Háplicos Melánicos y Gleysoles Lúvicos Melánicos Típico; 3.51 Halomórficos, Planosoles Subéutricos Ócricos, Gley húmicos; 3.54 Planosoles Subéutricos Melánicos; 10.7 Brunosoles Subéutricos Lúvico y Argisoles Subéutricos Melánicos Abrúpticos. Tomado de: Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca/Dirección

General de Recursos Naturales/CONEAT (1979) https://dgrn.mgap.gub.uy/js/visores/dgrn/#.....32
Figura 6: Evolución holocena de la Laguna Negra, según Inda (2009).....35
Figura 7: Mapa de biomas de la región que comprende la cuenca de la Laguna Negra (https://uruguay.mapbiomas.org/). ☆ Sitio arqueológico Los Indios. Polígono verde indica el Área protegida Cerro Verde (https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/area-manejo-habitats-yo-especies-cerro-verde-islas-coronilla-rocha).....37
Figura 8: Sierra La Blanqueada afloramiento rocoso formación Santa Teresa.....38
Figura 9: Palmares en planicies medias.....39
Figura 10: A y C bañado Las Maravillas; B y D borde del bañado Las Maravillas; E pastizales en planicies medias inundables y bosque serrano (Potrero Grande).....39
Figura 11: Litoral lacustre, Laguna Negra. A- Playas abiertas; B- Punto duro rocoso alto con bosque; C- Playa: berma, médano y bosque (arenas gruesas a medias; D- Litoral sobre roca y suelo somero.....40
Figura 12: Localización de los sitios arqueológicos de la cuenca de la Laguna Negra. Naranja: cerritos de indios (Holoceno superior; Rojo: cerritos de indios sin georreferenciación de campo; Celeste: sitios con ergología temprana (paleoindio); Violeta: excavación V del sitio Los Indios (Holoceno inferior); Amarillo: Excavación I ELN, ergología correspondiente a la cultura de constructores de cerritos; M: muestreos, bañado las Maravillas. Datos recolectados e integrados a partir de Gianotti (2015); LAPPU-CURE (2023); LAG-CURE (2023); PTEU-FHCE (2011).....46
Figura 13: Sistema de drenaje endorreico natural, modificado a través de un entramado de canales artificiales para descargar en el océano. Datos

tomados de IDUy https://visualizador.ide.uy/ideuy/core/load_public_project/GeoportalINE/# 54
Figura 14: Cultivo de arroz, manejo del agua por medio de canalizaciones (azul). Imagen satelital https://visualizador.ide.uy/ideuy/core/load_public_project/GeoportalINE/# 55
Figura 15: Península Oeste del rincón de Los Indios, cerritos de indios en plantación de soja. Imagen satelital IDUy https://visualizador.ide.uy/ideuy/core/load_public_project/GeoportalINE/# 55
Figura 16: Obra actual. Plan de regulación de bañados de Rocha. MTOP – DNH. 56
Figura 17: Clasificación de fitolitos de gramíneas. fitolitos pooides (festucoides), Clase 1; fitolitos cloridoides, clase 2; fitolitos panicoides, Clase 3; Fitolitos alargados, Clase 4; Fitolitos en forma de abanico, Clase 5; Fitolitos en forma de punta, Clase 6. Tomado de Twiss (1992: 115). 61
Figura 18: Sitio arqueológico Los Indios, sector de muestreos y tipos de muestreadores empleados. A- muestreador de acero con pistón; B sonda rusa; C- muestreador de PVC con pistón. 65
Figura 19: Perfiles sedimentarios de los núcleos 1, 2 y 3. 66
Figura 20: Ubicación de los muestreos para DRX.....69
Figura 21: Fotos de microcarbones LMC1 observados bajo microscopio. Izq: 100x; der: 400x. 72
Figura 22: Preparados de biosílice 600X. SF: silicofitolitos; D: valvas de diatomeas; C: cistos de crisofitas.....74

Figura 23: cartilla comparativa, colección de referencia de silicofitolitos. (del Puerto 2015). 75
Figura 24: LMC1 perfil sedimentario por UE. 80
Figura 25: LMC1 distribución vertical de abundancia relativa de las distintas subpoblaciones granulométrica. 82
Figura 26: triángulo de clasificación textural según Folk et al. (1970). 83
Figura 27:LMC1, polígono de frecuencia de acuerdo con la granulometría. 84
Figura 28: LMC1 distribución vertical del contenido de MOS y carbonatos, estimada por pérdida de peso por ignición. pH. 86
Figura 29: LMC1 identificación de granos minerales de arena. IM – Ilmenita magnetita; Q – Cuarzo; Pg – Plagioclasa; Ep – Epidoto; Kf – Feldespato potásico. 88
Figura 30: LMC1 distribución vertical de la abundancia de microcarbones presentes en la muestra y edades basadas en la tasa de depositación respecto a la profundidad y los fechados radiocarbónicos calibrados. 89
Figura 31: LMC1, abundancia relativa de los indicadores paleomicrobiosilíceos y los índices inferidos. Los años son calibrados a partir de ^{14}C con OxCal. V4 3.2 Ramsey (2017); r5; ShCal13 Athmospheric curve (Hong et al. 2013). Las planillas de construcción de la presente figura pueden verse en Machado y del Puerto (2024) 90
Figura 32: LMC2 distribución vertical de abundancias relativas de las distintas subpoblaciones granulométricas. 96
Figura 33: LMC2 clasificación textural (Folk y Ward et al. 1970).....97
Figura 34: LMC2 polígono de frecuencia de las subpoblaciones granulométricas..98
Figura 35: LMC2 Distribución vertical del contenido de MOS, estimada por pérdida de peso por ignición. 100
Figura 36: LMC2 concentración biosilícea. 101

Figura 37: Mineralogía. LMC2 intervalo de tamaño 125-150 um. Qo: cuarzo ondulante; Qm: cuarzo microcristalino; Qp: cuarzo policristalino; Kf: feldespato potásico; Pg: plagioclasas; Op: opacos; Anf: anfibol; Gr: granate; Zr: circón; Sph: esfeno; Cal: calcedonia 102
Figura 38: LMC2 mineralogía >500µm. Q: cuarzo; Kf: feldespato potásico; Fl: feldespato (plagioclasas) 103
Figura 39: LMC3 distribución vertical de abundancia relativa de las distintas subpoblaciones granulométricas. 104
Figura 40: LMC3 clasificación textural según Folk et al. (1970). 105
Figura 41: LMC3 polígono de frecuencia de las subpoblaciones granulométricas. 105
Figura 42: LMC3 Distribución vertical del contenido de materia orgánica sedimentaria (MOS y carbonatos), estimada por pérdida de peso por ignición. 107
Figura 43: LMC3 concentración biosilícea. 108
Figura 44: Correlación cronoestratigráfica de los tres testigos (LMC1, LMC2, LMC3) y principales escenarios climáticos y ambientales inferidos. 111
Figura 45: Comparación entre los núcleos de las secuencias de LN y LM. Los datos para la construcción del cuadro para LN fueron tomados de del Puerto (2011: 139). La cronología fue calibrada con OxCal. V4 3.2 Ramsey (2017); r5; ShCal13 Athmospheric curve (Hong et al. 2013). La columna geocronológica del medio del gráfico es calculada aproximadamente según los datos calibrados de LN y LM, a una tasa depositacional sedimentaria constante. 116

TABLA DE ABREVIATURAS

ACM	Anomalía Climática Medieval
CMNU	Convención Marco de las Naciones Unidas
CRALM	Comisión de Rescate Arqueológico de la Laguna Merín
DDT	Departamento de Desarrollo Tecnológico
DINARP	Dirección Nacional de Relaciones Públicas
DNH – MOP	Dirección de Hidrografía del Ministerio de Obras Públicas
ENSO	El Niño Oscilación del Sur
EPSS	*Eijkelkamp Piston Sampler Set*
Fm	Formación Geológica
IH	Indide de humedad
IPCC	Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
IT	Índices de Temperatura
IT	Indice de temperatura
Lab. M	Laboratorio de Micropaleobotánica
LAG	Laboratorio de Arqueología y Geocencias
LAPPU	Laboratorio de Arqueología Patrimonio y Paisaje del Uruguay
LN	Núcleo Laguna Negra
LP	Núcleo Laguna de Peña
MNA	Museo Nacional de Antropología
MOS	Materia Orgánica Sedimentaria
MPVC	Muestreador de Policloruro de Vinilo
MTH	Máximo Transgresivo Holoceno
OC	Optimo Climático

PEH	Pequeña Edad de Hielo
PTEU	Poblamiento Temprano del Este del Uruguay
RS	*Rusian D-Sampler*
SBPS	Suite Peraluminosa Sierra de la Blanqueada
SGMU	Servicio Geográfico Militar Uruguayo
SNAP	Sistema de Áreas Protegidas de Uruguay
STCS	Suite Calco-alcalina Santa Teresa
UdelaR	Universidad de la República
UE	Unidad/es Estratigráfica/s
UMG	Último Máximo Glacial
UNCIEP	Unidad de Ciencias y Epigénesis
ZAB	Zonas de Asociación Biosilícea

INTRODUCCIÓN

La evolución climática y ambiental es un tema de interés creciente para la investigación, particularmente a partir del desarrollo de las Geociencias y el estudio de indicadores paleoclimáticos y paleoambientales registrados en secuencias estratigráficas de sistemas geo-ambientales alrededor del globo. La evaluación de la dinámica y variabilidad naturales de los factores climáticos y ambientales en escalas temporales de mediano y largo plazo requiere una perspectiva que contemple, además de una mayor cantidad de datos crono-ambientales, una línea de evidencia multi-indicador independiente (Birks *et al.* 2010). Esta información, junto a los datos instrumentales actuales, sirve para dimensionar la variabilidad natural de los sistemas y así contribuir a modelar escenarios de cambio futuro (Olfield y Alverson 2003). Asimismo, es importante conocer las respuestas humanas ante los cambios ambientales acaecidos en el pasado, así como sus repercusiones sobre el entorno biofísico y social, para contar con mayores posibilidades de adaptación socioambiental exitosa (Scheffer *et al.* 2002). En este sentido, estudiar el pasado es una suerte de post-dicción que, junto al conocimiento del presente, permite identificar trayectorias, tendencias y estados alternativos de los sistemas socioecológicos, lo cual es clave para diseñar estrategias de manejo y gestión exitosas para escenarios futuros.

El presente trabajo de tesis aborda una reconstrucción paleoambiental y paleoclimática a partir de los análisis realizados sobre sedimentos de núcleos de fondo del bañado Las Maravillas, con la finalidad de investigar la interacción humano-ambiental durante el Holoceno medio y superior en la cuenca de la Laguna Negra (Este atlántico de Uruguay) (Figura 1). Para ello, la información generada es analizada y correlacionada con los antecedentes paleoambientales, paleoclimáticos y arqueológicos de la zona, principalmente aquellos provenientes del sitio Los Indios (ver: Figura 1). Si bien se reconocen antecedentes geológicos y ambientales desde hace más de cinco décadas (Goso 1968; 1985b; Falco 1995; Sombroeck *et al.* 1969; Céspedes 1995; Montaña y Bossi 1995; entre otros), el desarrollo de estudios paleolimnológicos específicos que han abordado la evolución de esos ambientes desde

el final del Pleistoceno, con mayor detalle en el Holoceno, es más reciente (Blasi *et al.* 2005; Bracco *et al.* 2005; del Puerto *et al.* 2006; 2011; García-Rodríguez *et al.* 2002; 2004a; 2004b; entre otros). De esta forma, se han identificado para la región eventos climático-ambientales de la historia reciente de la Tierra conocidos a nivel global tales como: el Optimo Climático (OC), el Máximo Transgresivo Holoceno (MTH), la Anomalía Climática Medieval (ACM), la Pequeña Edad de Hielo (PEH), así como las principales respuestas culturales desarrolladas (del Puerto *et al.* 2011; 2013; García-Rodríguez *et al.* 2010; Bracco *et al.* 2011a; 2011b; 2014; Inda 2011; entre otros).



Figura 1: Ubicación geográfica de la zona de estudio, cuenca de la Laguna Negra. R: ruta nacional; ☆: sitio arqueológico Los Indios y zona de muestreos paleolimnológicos.

Según Gornitz (2009), los sitios arqueológicos son reservorios de información del pasado, no solo de las culturas generadoras del registro sino también de los paleoambientes y los paleoclimas existentes durante su formación, así como de la relación que los humanos tenían con el entorno. En este contexto, el área de estudio abordada en esta tesis (la cuenca de la Laguna Negra y el sitio Los Indios, en particular) brinda un marco para profundizar en el conocimiento de las dinámicas ambientales pasadas y de las influencias mutuas con las poblaciones humanas que ocuparon la región desde el Holoceno inferior. Los antecedentes sugieren una estrecha relación entre la variabilidad climática y ambiental holocena y los patrones de ocupación humana del espacio, sobre todo por parte de culturas con subsistencias

estrechamente vinculadas a los ambientes de humedal como los “constructores de cerritos”, a quienes se les reconoce una intensa ocupación a partir de *circa* 5000 años AP en la zona de India Muerta y de *circa* 3500 años AP en la zona de estudio y laguas costeras (Bracco 2006; Bracco *et al.* 2000; 2005; 2011b; del Puerto *et al.* 2006; 2011; 2013; Inda 2009; 2011; Inda *et al.* 2011; López Mazz 1992; 1995a; 1995b; 2001; López Mazz y Bracco 1992; 1994; López Mazz y Gianotti 2001; López Mazz y Pintos 2000; 2001entre otros).

El principal problema por resolver es la interpretación de las condiciones culturales y ambientales para el entorno del sitio arqueológico Los Indios durante el Holoceno medio y superior, así como sus relaciones con los procesos de formación de sitio arqueológico existentes. Es de particular interés el análisis de la evolución del paisaje y el ambiente en función de los resultados paleobotánicos, relacionados crono estratigráficamente a las ocupaciones humanas. Más específicamente, el sitio arqueológico contó con ocupaciones humanas previas y posteriores al Holoceno medio, pero no se han registrado hasta el momento ocupaciones correspondientes a este período (López Mazz 2001; López Mazz 2013; López Mazz *et al.* 2009a; 2009b; entre otros). Si bien este aspecto no ha sido abordado hasta el momento por las investigaciones, aquí presentamos una propuesta que describe paleoambiental y paleoclimáticamente este período de silencio arqueológico del sitio, esperando que los resultados arrojen nuevo conocimiento.

Los registros paleoambientales desde el Holoceno medio a partir de núcleos en Laguna Negra (LN) y Laguna de Peña (LP), muestran que la variabilidad ambiental a través del tiempo está intrínsecamente vinculada a los cambios culturales en términos de antropización del paisaje (Blasi *et al.* 2005; del Puerto *et al.* 2011; 2013; del Puerto 2015; Inda 2011). Las culturas que habitaron la zona se registran desde el Holoceno inferior, pero con mayor presencia, visibilidad e intensidad en las ocupaciones desde el Holoceno superior, con la manifestación cultural de los cerritos de indios. En la cuenca de la Laguna Negra, los cerritos de indios se distribuyen principalmente en zonas altas y terrazas medias de las sierras de La Blanqueada, Los Difuntos, Potrero Grande, Potrerillo, así como en planicies bajas inundables (Gianotti 2015; López Batista 2018; López Mazz 2001; López Mazz y Pintos 2000).

Se trata de un área con grandes valores patrimoniales ambientales y arqueológicos (biológicos, geológicos, culturales) que, si bien fue propuesta como integrante del Sistema de Áreas Protegidas de Uruguay (SNAP), contando con un proyecto declarado de interés por la Comisión Nacional del Uruguay para la UNESCO/MVOTMA-SNAP/dICYT – MEC en 2010, no se encuentra en la actualidad en la lista de áreas protegidas (https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/nuestras-areas-protegidas). No obstante, el polígono correspondiente al Área Protegida Cerro Verde incluye el cuerpo de agua de la Laguna Negra, pero no así los ambientes terrestres y anegadizos aledaños con la excepción de pequeñas zonas en Potrerillo y Sta Teresa (https://uruguay.mapbiomas.org). En cualquier caso, el área no se halla exenta de amenazas y de impactos directos producto de cambios en el uso del suelo, las obras de regulación hídrica, los incendios, en definitiva, las prácticas poco sustentables de manejo de los humedales. Según Ghione (2020) y de acuerdo con el análisis de los sistemas de turberas de Laguna Negra, "... la principal amenaza que enfrentan los valores ambientales son los drenajes que se han realizado con fines agropecuarios" (Ghione 2020: 13). En el mismo sentido, Kruk *et al.* (2022) manifiestan que estos cambios comenzaron a principios del siglo XX con una fuerte transformación de los suelos para la producción agrícola, reemplazando los humedales naturales principalmente por el cultivo de arroz (Kruk *et al.* 2022). Por ello, la investigación abordada en esta tesis cobra especial valor, no solo como testimonio de los cambios culturales y ambientales en profundidad temporal, sino también para el reconocimiento, puesta en valor y conservación de estos paisajes bioculturales en tanto producto de la coevolución e interrelación entre los seres humanos y los ambientes a través del tiempo.

Una motivación adicional para el presente trabajo deriva de la realización de investigaciones previas vinculadas al sitio arqueológico Los Indios, que dieron lugar a monografías académicas, así como a publicaciones locales e internacionales (López Mazz *et al.* 2010a; 2010b; 2011a; 2011b; 2011c; 2013; Machado 2009; 2012; 2014; 2023a; Machado *et al.* 2019) y presentaciones en eventos científicos locales e internacionales. A partir de estos trabajos previos se generaron nuevas interrogantes que motivaron la formulación del proyecto para la presente Tesis de Maestría, principalmente respecto a las dinámicas ambientales y su posible correlación con las dinámicas de ocupación y abandono del sitio.

El objetivo general de este estudio es la interpretación de las relaciones culturales y ambientales para el entorno del sitio arqueológico Los Indios y sus relaciones con los procesos de formación de sitio existentes. En este sentido, se destaca la posibilidad de estudiar las sucesivas ocupaciones y abandonos del sitio, en función del correlato paleoambiental y paleoclimático generado a partir de comenzado el Holoceno medio, planteando como hipótesis general que el sitio ha sido ocupado de acuerdo a sus condiciones ambientales.

La metodología utilizada se centró en el estudio de múltiples indicadores (sedimentológicos, geoquímicos y biológicos) con sensibilidad para reconstruir los cambios en la vegetación, el clima y el ambiente, a partir de su recuperación y análisis en tres testigos (LMC1, 2 y 3) obtenidos con diferentes sistemas de extracción de núcleos inalterados de sedimentación en el ambiente del humedal inmediato al sitio arqueológico Los Indios (Las Maravillas), ubicado al N de la cuenca de la Laguna Negra. En la siguiente etapa de reconocimiento, descripción y submuestreos, se detectó una mayor profundidad y compactación en LMC1 que en LMC2 y de éste que en LMC3, lo cual determinó en parte la estrategia de análisis del conjunto. Al ser LMC1 el núcleo de mayor profundidad, fue seleccionado para la realización de la mayor cantidad de análisis (Cuadro 1). Los resultados son discutidos en base a una revisión bibliográfica realizada con los antecedentes arqueológicos y paleoambientales para la zona, intentando correlacionar los cambios culturales con los climático-ambientales.

Prof. cm	LMC1	LMC2	LMC3
1	Tex, Bios (conc – ZAB), MicC, pH	Tex, Bios (conc)	Tex, Bios (conc)
2	LOI	LOI	LOI
4	LOI, pH	LOI	LOI
5	Tex, Bios (conc – ZAB), MicC	Tex, Bios (conc)	Tex, Bios (conc)
6	LOI, pH	LOI, MinO	LOI
8	DRX, LOI	LOI	LOI
9	MicC, Bios (conc – ZAB)	Bios (conc)	Bios (conc)
10	LOI, pH	LOI, MinO	LOI
11	^{13}C, ^{14}C, Tex, MinO	Tex	Tex
12	^{13}C, ^{14}C, LOI	LOI	LOI
13	Bios (conc – ZAB), MicC	Bios (conc)	Bios (conc)
14	LOI	LOI	LOI
16	Tex. LOI, pH	Tex, LOI, MinO	Tex, LOI
17	Bios (conc – ZAB), MicC	Bios (conc)	Bios (conc)
18	LOI	LOI	LOI

20	Tex, LOI, pH	Tex, MinO, LOI	Tex, LOI
21	Bios (conc – ZAB), MicC	Bios (conc)	Bios (conc)
22	LOI	LOI	LOI
24	^{13}C, ^{14}C, LOI, pH	LOI	LOI
25	Tex, Bios (conc – ZAB), MicC	Tex, Bios (conc)	Tex, Bios (conc)
26	LOI	LOI, MinO	LOI
27	Tex	Tex	Tex
28	LOI, pH	LOI	LOI
29	Bios (conc – ZAB), MicC	Bios (conc)	Bios (conc)
30	LOI	LOI, MinO	LOI
31	Tex	Tex	Tex
32	LOI, pH	LOI	LOI
33	MinO, Bios (conc – ZAB), MicC	Bios (conc)	Bios (conc)
34	LOI	LOI, MinO	LOI
36	Tex, LOI, pH	Tex, LOI	Tex, LOI
37	Bios (conc – ZAB), MicC	Bios (conc)	Bios (conc)
38	LOI	LOI	LOI
40	MinO, LOI, pH	MinO, LOI	LOI
41	Tex, Bios (conc – ZAB), MicC	Tex, Bios (conc)	Tex, Bios (conc)
42	LOI	LOI	LOI
44	LOI, pH	LOI	LOI
45	Bios (conc – ZAB), MicC	Bios (conc)	Bios (conc)
46	LOI	LOI, MinO	LOI
47	Tex, DRX, pH	Tex	Tex
48	LOI	LOI	LOI, Bios (conc)
49	MinO, Bios (conc – ZAB), MicC	Bios (conc)	
50	LOI	LOI, MinO	
51	Tex	Tex	
52	LOI, DRX, pH	LOI	
53	Bios (conc – ZAB), MicC	Bios (conc)	
54	LOI	LOI	
55	MinO		
56	Tex, LOI, pH	Tex, LOI, MinO	
57	Tex, Bios (conc – ZAB), MicC	Tex, Bios (conc)	
58	LOI	LOI	
59	^{13}C, ^{14}C		
60	OI, pH		
61	Bios (conc – ZAB)		

Cuadro 1: Análisis realizados en los tres núcleos de fondo del bañado Las Maravillas (LMC1, 2 y 3). Tex: textura; LOI: *Los On Ignition* (tenores de materia orgánica y carbonatos); Bios: biosílice (concentración y Zona de Asociación Biosilícea); MicC: microcarbones; 13C: carbono 13; 14C: carbono 14; DRX: Difracción de Rayos X; MinO: mineralogía óptica. Se indica el extremo inferior de cada intervalo analizado. Los intervalos sin analizar fueron descartados del cuadro.

En el primer capítulo se presenta el marco teórico geocientífico encausando el trabajo en la Geoarqueología, vinculando corrientes como la Arqueología Procesual y la Ecología Histórica como principales referencias, con especial atención en la discusión acerca de la denominación del Antropoceno y las diferentes hipótesis de su origen. En el capítulo segundo se atienden la justificación y los antecedentes arqueológicos, paleoambientales y paleoclimáticos de la zona de estudio. En el capítulo tercero se desarrollan los objetivos generales y específicos, así como las hipótesis de trabajo. En el cuarto capítulo se explica la metodología paleolimnológica

para la reconstrucción paleoambiental y paleoclimática. En el capítulo quinto se muestran los resultados del trabajo, mientras en el sexto, se desarrolla la discusión, de los paleoambientes y paleoclimas inferidos con los antecedentes locales y modelos regionales para, por último, analizar la relación entre los cambios culturales con los paleoclimáticos y paleoambientales en los períodos de ocupación humana de la zona de estudio. Luego en el capítulo séptimo se exponen las conclusiones generales y en el octavo las perspectivas del trabajo de tesis.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Geociencias: naturaleza y cultura

Las Geociencias constituyen un valioso conjunto de conocimientos teóricos y prácticos fundamentales para estudiar y monitorear las causas, los efectos y la evolución de los fenómenos tanto naturales como provocados por el ser humano (antropogénicos) que suceden en la Tierra (Rovere *et al.* 2021). Los cambios antropogénicos globales son un gran desafío para la humanidad, siendo las Geociencias fundamentales para comprender la dinámica del planeta a fin de identificar las soluciones socialmente aceptables y ecológicamente sostenibles, en línea con los principios y valores de la Geoética. Por medio de la interdisciplina geocientífica entonces, se estudian tópicos que refieren al conocimiento del geo-sistema global, así como de sus recursos naturales, terrestres, hídricos o atmosféricos, y se analizan las distintas interrelaciones de esos subsistemas con la actividad cultural. Estos conocimientos se prestan para, poder elaborar y colaborar en proyectos de prevención y mitigación de riesgos naturales y antrópicos; caracterizar y diagnosticar la evolución de ambientes litorales y marinos; analizar modelos de procesos geodinámicos; abordar problemas de variabilidad y cambio climático; realizar estudios en investigación paleontológica; realizar trabajos de prospección, investigación y evaluación de recursos geológicos; entre otros (https://www.pedeciba.edu.uy/es/area/geociencias/).

Para abordar un tema de las características del presente trabajo y contribuir a una mayor comprensión de las interrelaciones de la cultura con el ambiente a través del tiempo, es preciso trascender las fronteras disciplinares y las dicotomías modernistas naturaleza/cultura y ciencia/sociedad (Descola y Pálsson 2001). En este sentido, se pueden incorporar en las investigaciones estrategias y metodologías interdisciplinarias como las que caracterizan a las Geociencias (Gornitz 2009). La interrelación humano-ambiental es inherentemente compleja, debido a que tiene lugar en múltiples y variables escalas espaciotemporales. Pero sin dudas, un mejor entendimiento de las principales variables y de los mayores forzantes a lo largo de la historia humana, brinda mayores herramientas hacia una sustentabilidad ecológica y

social (Capra 1996; Westley *et al.* 2002). Por otra parte, no es menor la importancia de conocer las respuestas humanas ante cambios climáticos y ambientales de grandes escalas temporales, así como la posibilidad de discriminar la influencia de la variabilidad climática natural versus el impacto antrópico sobre cambios ambientales en curso. Conocer la variabilidad natural de los sistemas, el impacto de los cambios ambientales sobre las poblaciones y el impacto humano sobre los ecosistemas, constituyen aspectos fundamentales para entender mejor el presente y desarrollar mejores herramientas de adaptación exitosa futura (Barreto 2005).

1.2. Las variaciones climáticas

Se considera que el clima es la estadística del tiempo atmosférico en un intervalo de 30 años, con patrones conocidos de variación en temperatura, humedad, presión atmosférica, viento, precipitación, partículas atmosféricas y otras variables meteorológicas en una región dada (Hartmann 1994). Estos patrones de variación presentan cambios significativos, que generan adaptaciones ambientales con diferentes tipos y tiempos de respuestas ecológicas. Las sociedades humanas a su vez se ven inmersas en estas dinámicas, participando de diferentes formas por medio de adaptaciones culturales, las cuales juegan un rol importante en el sistema ecológico-humano. La variabilidad del clima se expresa en cambios climáticos de diferentes escalas y de muy variadas causas.

Se entiende por cambio climático a las variaciones de los patrones meteorológicos de temperatura, humedad, presión, viento y precipitaciones, que ocurren en la atmósfera terrestre, en determinado período de tiempo (Crowley y North 1988). Para dar respuesta a sus causas, a principios del siglo XX las series de Milankovitch proponían cambios en el clima regidos por cambios en la excentricidad, la oblicuidad y la precesión de la órbita terrestre (Milankovitch 1920). Estas series consideraban el problema de la cantidad de calor recibida por unidad de área en un planeta girando carente de atmósfera con una distancia y una dirección fijas al sol, teniendo en cuenta la órbita elíptica y la oblicuidad de la eclíptica para determinar la radiación constante día a día, en particular, la cantidad de calor recibida en cada estación del año (Daniell 1923). La excentricidad de la órbita de la Tierra cambia en ciclos de 100.000 a 400.000 años, donde las órbitas más elípticas serían las responsables de

los grandes ciclos glaciares. La variabilidad en la oblicuidad o inclinación del eje de la Tierra cumple ciclos de 41.000 años y se relacionan a estacionalidades más marcadas cuanto mayor es el grado de inclinación. Por último, la precesión u oblicuidad de la órbita de la Tierra regula la posición de solsticios y equinoccios influyendo en la extensión y rigurosidad de las estaciones, en ciclos de 23.000 años.

No obstante, las series de Milancovich no explican todos los cambios ocurridos; hay que considerar otros factores de cambio climático, de menor escala, pero no por eso menos influyentes en el transcurso de la humanidad. Existen eventos de actividad solar y circulación termohalina de los mares, que provocan ciclos fríos (Heinrich) y cálidos (Dansgaard-Oechger) cada 1460 años. El Niño Oscilación del Sur (ENSO) es un patrón climático relacionado a una oscilación de los parámetros meteorológicos del Océano Pacífico ecuatorial, que dura entre 2 y 7 años en ciclos marcadamente húmedos o secos. También son conocidos más factores, de muy variadas duraciones temporales como las variaciones en la actividad solar (Ribas 2006), los vulcanismos (Casas 1998), incluso biomas presentes en la tropósfera (De León-Rodríguez *et al.* 2012).

No obstante, el más reciente agente de cambio climático en la historia de la Tierra es la humanidad (ver: 1. 4.). Es tan relevante en la agenda geopolítica y científica, que se ha acuñado la terminología “cambio climático”, para hacer referencia exclusivamente al origen antrópico del mismo por parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas (CMNU), sin tener en cuenta la gran mayoría de cambios climáticos y ambientales que ha habido a lo largo de la historia de la Tierra. Asimismo, esta idea de los cambios antropogénicos se reafirma con la existencia del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), que se especializa en el calentamiento global a causa del aumento de emisiones culturales de gases de efecto invernadero (IPCC 2023).

1. 3. Geoarqueología: una Arqueología de la Tierra

Bajo las premisas interdisciplinarias de las Geociencias, la Geoarqueología brinda un marco teórico-metodológico propicio para abordar el estudio de las interrelaciones humano-ambientales con profundidad temporal y a distintas escalas espaciales. Según Butzer (1989), los estudios geoarqueológicos incluyen la aplicación de conceptos y métodos de las Geociencias a la investigación arqueológica, utilizando técnicas y enfoques de la Geomorfología (origen y morfología del relieve), la Sedimentología (características y formación de depósitos sedimentarios), la Pedología (formación y morfología del suelo), la Estratigrafía (secuencia y correlación de sedimentos y suelos), la Geocronología (el estudio del tiempo en una secuencia estratigráfica), entre otras, para investigar e interpretar los sedimentos, los suelos y los accidentes geográficos vinculados a los sitios arqueológicos (Butzer 1989). De esta manera incorpora y produce información vinculada a los campos de las disciplinas mencionadas. Esta información contribuye a la Arqueología a comprender la interacción de los seres humanos con su entorno biogeofísico, así como a distinguir y explicar los procesos de formación de sitio en el contexto arqueológico (Waters 1996). De esta forma, como señala Favier Dubois (2001), "el interés por el desarrollo [...] de esta disciplina [la Geoarqueología] está dado por su potencial en mejorar el sustento de la interpretación arqueológica" (Favier Dubois 2001: 9). En este sentido, son varios los ejemplos recientes en los cuales el perfil de estudio geoarqueológico ha sido determinante en la investigación para poder concluir en interpretaciones de interrelación cultural y ambiental, que con la utilización solamente del registro estrictamente arqueológico hubiera sido imposible (Ej. Borrero *et al.* 2013; Bracco *et al.* 2019; Castiñeira *et al.* 2015; del Puerto *et al.* 2011; Favier Dubois 2019; López y Realpe 2015; Rubin de Rubin *et al.* 2019; entre otros). Asimismo, los sitios arqueológicos son reservorios de información valiosa, no solo para interpretar las culturas del pasado, sino también para reconstruir las condiciones ambientales y la relación que los humanos tenían con el entorno. Para las Geociencias, los estudios geoarqueológicos presentan un interés singular pues contextualizan en sus periodificaciones, con mayor precisión, problemas comunes como: el cambio climático y las adaptaciones ambientales/culturales (Machado 2014).

En el sentido de Favier Dubois (2015), las continuidades y discontinuidades estratigráficas que evidencian la evolución del paisaje en términos de erosiones, acreciones y estabilidades, no pueden quedar al margen de cualquier investigación arqueológica. Comprender estos aspectos puede colaborar con la interpretación en términos de uso y abandono de los sitios/espacios, aprovisionamiento de materias primas, gestión de los recursos y territorialidad, entre otros.

Si bien la Arqueología ha sido asistida desde sus inicios por estudios geológicos (estratigráficos y sedimentológicos principalmente) para la caracterización de los sitios (Renfrew 1976), existen diferencias epistemológicas que han evolucionado desde la asistencia aislada e independiente (multidisciplinaria), al diálogo permanente en todas las etapas de la investigación (interdisciplinaria). Para que este quiebre entre multi e interdisciplinariedad fuera posible ha sido fundamental el desarrollo de la Arqueología Procesual a partir de la década de 1970, cuando comenzaron a tomar relevancia los estudios geoarqueológicos a la vez que acompañaban una apertura científica a los estudios heurísticos. Por ejemplo, Odum (1969) definía el ecosistema como una comunidad de organismos en un área determinada en interacción con el medio ambiente físico, de forma que el flujo de energía posibilite una clara definición de las cadenas alimenticias, la diversidad biótica, así como del intercambio de materiales entre los organismos vivos y el medio físico del sistema (Odum 1969). Con el desarrollo de la Ecología los estudios paleoclimáticos y paleoambientales comenzaron a relacionarse a períodos culturales, así como a procesos tafonómicos que dan cuenta, entre otras cosas, de los procesos de formación de sitio arqueológico (Shiffer 1972).

De esta manera la Geoarqueología se fue consolidando como el estudio arqueológico mediante la utilización de métodos y conceptos de las Geociencias, donde se hace fundamental la distinción entre la técnica y la finalidad, ya que las técnicas de otras disciplinas aportan datos para la comprensión del contexto arqueológico (Butzer 1989). Por ello, los objetivos de la investigación geoarqueológica están desde el principio enmarcados arqueológicamente, como, por ejemplo: caracterizar los atributos de la matriz del sitio para identificar los procesos de formación de este, permitir la reconstrucción del paisaje antiguo alrededor del sitio arqueológico, e identificar los efectos de los procesos ambientales y culturales (Waters 1996). En este

contexto, se propone el estudio de las interacciones sociedad/ambiente desde el concepto sistémico del ecosistema humano, manejando el espacio como un elemento sincrónico y el tiempo como un indicador dinámico de los procesos ecológicos humanos (Butzer 1989).

1.4. El Antropoceno: ¿cuándo comenzó el período humano?

En las últimas décadas, la antigua discusión antropológica de la dicotomía entre naturaleza y cultura ha perdido relevancia ante las teorías integristas (Descola y Pálson 2001; Ingold 2001). Un buen ejemplo es el que presenta el programa de investigación de la Ecología Histórica. Esta corriente considera la interrelación ambiente-cultura como un todo articulado en donde ambos juegan roles importantes en el sistema general (Baleé y Erickson 2006). De esta forma, se ha establecido que la relación entre naturaleza y cultura es una interacción, y no dos planos opuestos donde una mantiene una jerarquía sobre la otra. La Ecología Histórica trata sobre la comprensión de las dimensiones temporales y espaciales en las relaciones de las sociedades humanas con los entornos locales y globales y los efectos acumulativos de estas relaciones (Baleé y Erickson 2006).

Con el avance de las corrientes geocientíficas entonces, se han discutido los alcances temporales y espaciales de estas interrelaciones, al punto de proponer un nuevo período geológico a partir de la influencia humana. Algunos autores consideran al actual período geológico, desde que el impacto de las actividades humanas provoca variaciones en el sistema ambiental que modifican el rango y la escala de variación naturales, como el Antropoceno (Crutzen y Stoermer 2000; Crutzen 2002). Desde que se acuñó este término para definir un nuevo intervalo de tiempo, se suscitó un profundo y persistente debate respecto a la cronología, las causas, los indicadores y las principales consecuencias de este nuevo escenario (Bradje y Erlandson 2013), así como en relación a sus connotaciones filosóficas y políticas (Lewis y Maslin 2015; Chernilo 2017).

El término Antropoceno ha adquirido un rol central en el discurso moderno, dando lugar a distintos tipos de narrativas (Crumley 2015). Desde las ciencias

naturales, se ha hecho énfasis en su definición como época geológica (Lewis y Maslin 2015; Zalasiewicz *et al.* 2015), en su condición de catástrofe ecológica y en la identificación de los "*tipping points*" que llevaron de un hipotético estado inicial de "equilibrio natural" a un escenario final de cambios antrópicos irreversibles y descontrolados (Laparidou y Rosen 2016). Estas perspectivas han tenido eco en interesantes debates en el ámbito filosófico y político, con visiones contrastantes como las del ecomodernismo y ecomarxismo (Autin 2016; Crumley 2015) y propuestas de re-definición de los derechos humanos y del sistema político global (Dalby 2016). En el marco de las ciencias sociales y las humanidades, también ha habido múltiples enfoques y discursos, donde se conceptualiza en tanto expresión de la modernidad (Autin 2016), como fin distópico de la humanidad (Chernilo 2017) o como revelación acerca de la humanidad desde perspectivas posmodernas/post-natura (Latour 2014).

Según (Crutzen 2002), el comienzo de este período se dio con la revolución industrial mediante un importante cambio en la composición atmosférica que favorece el efecto invernadero:

> *"The Anthropocene could be said to have started in the late eighteenth century, when analyses of air trapped in polar ice showed the beginning of growing global concentrations of carbon dioxide and methane"* (Crutzen 2002: 27).

No obstante, otras corrientes buscan una señal global que indique una ruptura entre los sedimentos de dos capas geológicas como por ejemplo la presencia de carbón antrópico o elementos radiactivos registrados en estratigrafías marinas remotas a causa de los eventos nucleares del siglo XX (Price *et al.* 2011; UNESCO 2023; Zalasiewicz *et al.* 2011). En este sentido, Steffen *et al.* (2015) plantean 12 indicadores que muestran una "gran aceleración" a partir de 1950, entre los que se encuentran la demografía (general y urbana), el uso de materias primas energéticas, del agua, de los fertilizantes, la producción de papel, entre otros. Los autores plantean que, para ese período, "hay evidencia clara de cambios fundamentales en el estado y funcionamiento del Sistema Tierra que están más allá del rango de variabilidad del Holoceno y son impulsados por actividades humanas" (Steffen *et al.* 2015: 1).

Pero en qué momento tuvo inicio el período Antropoceno, es una discusión actual que comenzó cuando, también basado en indicadores atmosféricos, Ruddiman (2003) propuso la teoría de un Antropoceno Antiguo o Paleo Antropoceno. Según esta teoría, los humanos comenzaron a generar un impacto global significativo en el clima y en los ecosistemas de la Tierra hace *circa* 8000 años AP, debido a las intensas actividades agrícolas. Ruddiman (2003) afirma que los gases de efecto invernadero generados por las prácticas agrarias, que incluyeron la desforestación de gran parte de los bosques de Europa, impidieron el comienzo de una nueva glaciación (Ruddiman 2003). No obstante, Certini y Scalenghe (2011) sostienen que, para el mencionado período correspondiente al Holoceno inferior (según: Walker *et al.* 2018)[1], las sociedades humanas en todo el mundo tenían una baja demografía que no pudo haber generado significativos cambios ambientales debido a la producción de alimentos y que esto no sucedería sino hasta entrado el Holoceno medio después de *circa* 4000 años AP. De aquí en más, se han propuesto diferentes edades antropocenas, con fechas de inicio disímiles que responden a diferentes criterios de estratotipo. Es decir que a la propuesta del Antropoceno temprano o antiguo que hace referencia al comienzo de la agricultura en la Tierra (Rudiman 2003), se han sumado fechas que difieren desde el *circa* 13.000 años AP con la colonización del Amazonas (Roosevelt 2013), los *circa* 5000/4000 años AP con el desarrollo de la agricultura a nivel global (Certini y Scalenghe 2011; Roosevelt 2013), o períodos más recientes como por ejemplo el 1610 AD asociado a la conquista de América y el descenso poblacional del continente (Lewis y Maslin 2015), o fines del siglo XVII debido a la revolución industrial y la máquina de vapor (Cruzen 2002), 1950 AD “la gran aceleración” mencionada (Steffen *et al.* 2015), o 1964 AD debido al pico de radiocarbono atmosférico (Lewis y Maslin 2015). Para el caso del sudeste de Uruguay, los estudios más recientes, realizados por inda (2016), si bien identifican diferentes períodos de relación humana con el ambiente desde *circa* 2500 años AP, reconoce a la década de 1890 AD como el inicio del Antropoceno en el sentido de que los impactos antrópicos llevaron a los sistemas ambientales “más allá del rango de su variabilidad natural” (Inda 2016: 11), coincidiendo con la propuesta

[1] En el presente trabajo se utiliza la clasificación del período Holoceno avalada por la *Subcommission on Quaternary Stratigraphy,* la *International Commission on Stratigraphy* y *el Executive Committee of the International Union of Geological Sciences*, presentados por Walker *et al*. (2018).

global basada en estudios de la composición atmosférica planteados por Crutzen y Stroemer (2000).

Es así como actualmente existe un *corpus* de conocimiento al respecto, que integra una gran cantidad de ejemplos en diferentes regiones y ambientes, dando cuenta de cambios ambientales antropogénicos de alcance global, medidos en dimensiones diferentes a las atmosférica y estratigráfica estrictamente (ej. Certini y Scalenghe 2011; Bortolotto *et al.* 2021; Roosevelt 2013; del Puerto *et al.* 2023; Rivas *et al.* 2023; entre otros). Un cambio en la composición de la atmósfera a nivel global, o bien una ruptura en la estratigrafía más remota del planeta, si son originados antropogénicamente, pueden ser claros indicadores de un período humano en la historia geoambiental de la Tierra. Sin embargo, otros determinantes ambientales como los suelos y su vegetación, los cuerpos de agua, los sistemas de drenajes, entre otros, estuvieron influenciados por el uso que los seres humanos hicieron de ellos, desde tiempos muy remotos y por escalas prolongadas que abarcaron miles de años. En este sentido, existen trabajos de diferentes escalas espaciotemporales capaces de demostrar la participación humana en la formación de suelos (antrosoles), así como de paisajes y ambientes fuertemente antropizados (ej. Certini y Scalenghe 2011; Bortolotto *et al.* 2021; Roosevelt 2013; del Puerto *et al.* 2023; Rivas *et al.* 2023; Neves *et al.* 2004; entre otros). Para este indicador (el suelos) es bien representativa la expresión de *terras pretas* conocidas también como *terra preta de indio* o *terra preta arqueológica* que muestran el impacto humano a gran escala en la cuenca del río Amazonas (Clement *et al.* 2015; Neves *et al.* 2004; entre otros). Este tipo de suelos, además de ser el producto de la actividad humana, se prestan para su reutilización agraria en el sentido que son mucho más fértiles que los suelos naturales circundantes de la región Amazónica que son ácidos, con baja capacidad de intercambio catiónico y baja fertilidad (Pinheiro Ruivo *et al.* 2013).

Dentro de los elementos de la biósfera más utilizados para determinar la existencia del Antropoceno se encuentran los suelos. Según Certini y Scalenghe (2011), la pedosfera cubre la mayor parte de la Tierra libre de hielo en el mundo, conserva información de su historia climática y geoquímica, tiene características capaces de perdurar por siglos o milenios, incluso entre ellas las de origen antrópico (Certini y Scalenghe 2011; Pinheiro Ruivo *et al.* 2013; Neves *et al.* 2004). Este tipo de

antropización ha estado muy vinculada a la construcción de miles de estructuras monticulares generadas por depósitos antrópicos en las tierras bajas del cono sur americano a partir de *circa* 5000 años AP con una intensificación en el Holoceno superior (ej. Castiñeira *et al.* 2015; del Puerto 2015; del Puerto *et al.* 2023; Gianotti 2015; López Mazz 2001; Bracco *et al.* 2000; entre otros). Estos montículos fueron generados mediante la acumulación de sedimentos antropogénicos compuestos de tierra, desechos orgánicos perecederos y otros desechos domésticos, como cerámica, piedra, restos faunísticos y botánicos carbonizados, incluidos en ocasiones entierros humanos (Castiñeira *et al.* 2015; Bracco 2015; del Puerto *et al.* 2023; López Mazz *et al.* 2022). Esto ha generado con el paso del tiempo, miles de "parches" de suelo antropogénico de características particulares (profundos, bien drenados, de textura gruesa, con altos valores de pH, Materia Orgánica Sedimentaria -MOS- y fósforo disponible con respecto a los suelos circundantes), que además albergan miles de bosques de comunidades vegetales leñosas particulares en un entorno de extensas praderas (del Puerto *et al.* 2023). Estos parches ambientales de origen antrópico han brindado durante milenios, espacios propicios para el sustento humano proveyendo de sombra, fertilidad para el cultivo, áreas no inundables, disponibilidad de especies vegetales y animales de uso cultural, ritualidad y reproducción social, entre otros, por medio de la modificación de un extenso ambiente de praderas en llanuras en muchos casos anegables.

Las múltiples esferas de análisis y discusión han llevado a reconocer que el Antropoceno representa un salto conceptual en términos de Filosofía, Antropología, Historia y Geopolítica y que pueden existir distintas concepciones del término, más allá de su definición formal como época geológica según normas estratigráficas (Lewis y Maslin 2015). Si bien recientemente fue rechazado el hecho de incluir esta nueva época geológica humana en la cronoestratigrafía global (https://elpais.com/ciencia/2024-03-08/la-guerra-del-antropoceno-asi-fue-la-explosiva-votacion-que-decidio-no-cambiar-la-epoca-geologica-del-planeta.html), trascendiendo esa multiplicidad de acepciones, se encuentra el reconocimiento de la importancia de entender los efectos de la interrelación de los seres humanos con el sistema terrestre y el gran desafío de cambiar los hábitos de una sociedad global (Autin 2016).

En ese contexto, cada vez son más fuertes los argumentos en pro de hacer énfasis en los procesos detrás de los efectos visibles, que solo pueden ser entendidos desde una perspectiva de profundidad temporal y enfoque interdisciplinario (Laparidou y Rosen 2015). Esta conceptualización procesualista se sustenta en la existencia de un *continuum* de modificaciones de larga data, una suerte de estado de transición permanente de las sociedades en su relación con el ambiente, relación en la que ambas partes cambian a través de complejos procesos de retroalimentación (Chin *et al.* 2016). Bajo esta perspectiva, la era moderna no es única en términos de los procesos humanos, sino en el grado de sus impactos. Los humanos siempre alteraron sus ambientes como forma de adaptarse a los mismos, empleando soluciones flexibles y novedosas para sobrevivir y prosperar (Certini y Scalenghe 2011). Este comportamiento ha sido clave también para el éxito o fracaso de aquellas especies cuyos hábitats han sido creados, expandidos o negativamente impactados por el accionar humano (Laparidou y Rosen 2015).

A través del análisis profundo de estos sistemas dinámicos como ciclos completos, es posible acceder a las “lecciones del pasado” y asociar meta-narrativas de riesgo, vulnerabilidad, flexibilidad y resiliencia (Crumley 2015). Ello implica considerar múltiples escalas temporales y espaciales, para construir líneas de base y protocolos para políticas y acciones efectivas a futuro, en aras de la conservación, el manejo y/o la restauración (Bradje y Erlandson 2013). La combinación de distintas escalas espaciales permite vincular fenómenos planetarios con prácticas locales, rescatando desde la historia regional aquellos ajustes exitosos de adaptación a circunstancias cambiantes que pueden ofrecer alternativas viables ante desafíos contemporáneos similares.

2. JUSTIFICACIÓN Y ANTECEDENTES

2.1. Cambios climáticos y sociedades humanas

La información proveniente de los estudios sobre la variabilidad climática y ambiental, junto a los datos instrumentales actuales, sirve para dimensionar la variabilidad natural de los sistemas y así contribuir a modelar escenarios de cambio futuro (Olfield y Alverson 2003). En este contexto, es importante conocer las respuestas humanas ante los cambios ambientales acaecidos en el pasado, así como sus repercusiones sobre el entorno biofísico y social, para contar con un mayor abanico de posibilidades de adaptación socioambiental exitosa (Scheffer *et al.* 2002).

Si bien el determinismo climático/ambiental ha estado apoyado por varios autores que han señalado "relaciones aparentes entre el ascenso y la caída de las civilizaciones antiguas y el cambio climático", los cambios en esas sociedades también podrían haber sido instigados por la interacción de una serie de otros factores, incluida la "inestabilidad económica y/o política, las enfermedades, las migraciones humanas, las guerras, las innovaciones culturales y la degradación ambiental, lo que pudo haber estado sólo indirectamente relacionado con el clima" (Gornitz 2009: 6). No obstante, un creciente conjunto de evidencia apoya la idea de una relación entre las rápidas alteraciones en los patrones de asentamiento y el crecimiento o el abandono de los sitios arqueológicos (Gornitz 2009).

El presente trabajo estudia, parte de la historia precolombina de América, por lo que se consideran el entorno de al menos los últimos 20.000 años. El último máximo glaciar, ocurrido entre 23.000 y 18.000 años AP, abrió el camino a un calentamiento global que se hizo más evidente a partir de *circa* 11.700 años AP (Walker *et al.* 2018). Con ello ocurrió el cambio del Pleistoceno (*circa* 2.580.000 – 11.700 años AP) al Holoceno (*circa* 11.700 años AP – actual) (Anderson *et al.* 2007; Gornitz 2009). En algunas regiones, este importante cambio climático coincidió con una transición

desde el estilo de vida cazador recolector a la adopción de la agricultura, los asentamientos permanentes y los inicios de la civilización. Estos cambios culturales implicaron, a su vez, una intensificación del impacto humano sobre los ambientes, con el desarrollo de agroecosistemas y de prácticas más intensivas de manejo y gestión del medio y los recursos (Roosevelt 2013; Certini y Scalenghe 2011; entre otros).

2.2. Paleoclimas y paleoambientes en el SE de Uruguay (Cuenca de la Laguna Negra)

En la región Este de Uruguay se han realizado investigaciones paleolimnológicas en el sector comprendido entre la Laguna del Sauce y la Laguna Negra cubriendo aproximadamente 200km de costa oceánica. El registro alcanza el séptimo milenio antes del presente. Esta zona está dominada por ambientes de tierras bajas donde se localizan lagunas costeras, bañados y planicies anegadizas, propicios para realizar reconstrucciones paleoclimáticas y paleoambientales. En el marco del curso PEDECIBA Geociencias “Control de errores” (2022) se realizó una compilación de gran parte de los datos numéricos de estas investigaciones, en el marco conceptual de la Ciencia Abierta el cual incluye la publicación abierta de los datos (Machado 2023b).

En la cuenca de la Laguna Negra se han realizado cuatro perforaciones (LN1, 2, 3, 4) en el bañado Sta. Teresa y dos en la Laguna de Peña (LP1, 2) previas a las realizadas en el presente trabajo (Figura 2), cuyos resultados sirvieron a la conformación de trabajos de tesis (del Puerto 2009, 2015; Inda 2009), así como a publicaciones académicas (Blasi *et al.* 2005; Bracco *et al.* 2005; 2011b; 2014; Cuña-Rodríguez *et al.* 2018; del Puerto *et al.* 2008; 2011; 2013; García-Rodríguez *et al.* 2010). Actualmente existen nueve testigos de fondos de bañados y lagunas analizados para la cuenca de la Laguna Negra, que cubren al menos los últimos *circa* ^{14}C 5000 AP.

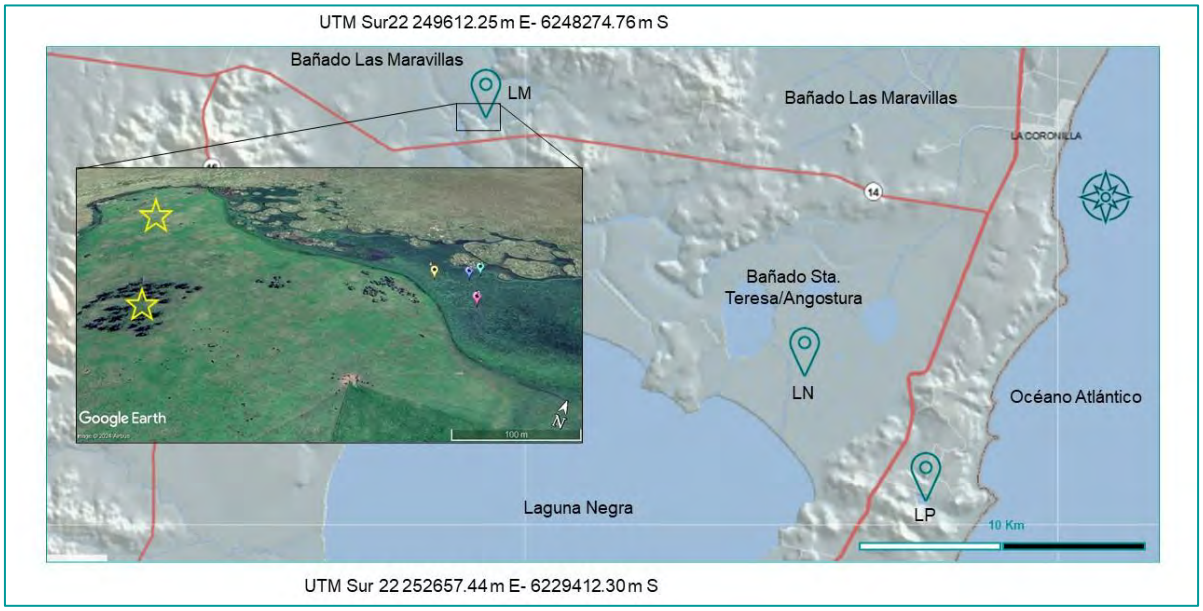


Figura 2: Puntos de muestreos paleolimnológicos de antecedentes (LP: Laguna de Peña; LN: Laguna Negra) y del presente trabajo (LM: Las Maravillas. Acercamiento: celeste LMC1; azul LMC2; rosa LMC3; amarillo LMC4; ☆ : conjuntos de Cerritos de indios, sitio Los Indios).

Para el comienzo del Holoceno medio (8200 AP) son reconocidos estratos interpretados como pertenecientes a un ambiente de pantano salobre sin vegetación o con un muy bajo estado trófico y que presentan fauna oceánica retransportada (Blasi *et al.* 2005; Inda 2011). Para ese período también se propone el punto de máximo calor alcanzado en el Holoceno, coincidiendo con las propuestas globales para el OC (del Puerto *et al.* 2011). En el sitio arqueológico Los Indios existe un horizonte eluvial de suelo descrito por Machado *et al.* (2019), en el que se conservan materiales arqueológicos correspondientes a una ocupación arcaica ubicada entre *circa* ^{14}C 8900 y 7100 años AP (López Mazz *et al.* 2009a; 2009b). Se entiende que el proceso eluvial del suelo es posterior a esta ocupación y que se debe a largos períodos de encharcamiento del suelo (Machado *et al.* 2019).

Para el período correspondiente al Holoceno medio y superior existen modelos propuesto por del Puerto (2009; 2015) que contemplan las variaciones climáticas, los cambios ambientales, así como la dinámica de cambios y respuestas culturales y naturales (Figura 3). En general, coinciden los diferentes autores en que, a partir de *circa* ^{14}C 6000 – 4500 años AP existió un cambio desde el clima cálido que había caracterizado al Holoceno inferior y el comienzo del Holoceno medio, hacia un clima templado, pero más seco y frío que su período precedente y con una marcada

estacionalidad (del Puerto *et al.* 2011). Durante este período surgió entre las sociedades de la zona de India Muerta, la práctica de construcción de túmulos conocidos como “cerritos de indios”, que representan una de las mayores modificaciones antrópicas de las tierras bajas durante la época precolombina (Bracco 2006; del Puerto *et al.* 2011; López Mazz y Bracco 1994; López Mazz 2001; López Mazz y Gianotti 2001; Gianotti 2015; Gianotti *et al.* 2009; Inda *et al.* 2011).

El vínculo entre esta manifestación cultural -los constructores de cerritos- y las áreas de humedal ha sido abordado desde los inicios de las investigaciones arqueológicas en la región hasta la actualidad (Ej. Bracco *et al.* 2000; Bracco y López Mazz 1992; Bracco 2006; del Puerto *et al.* 2013; López Mazz 1992; 1995a; 1995b; 2001; 2013; López Mazz y Bracco 1994; López Mazz *et al.* 2022; entre otros). Fue así como las investigaciones paleoambientales se centraron en los factores que han dado origen y desarrollo a los humedales: cambios en el nivel del mar, clima e hidrología. De este modo se ha descrito al MTH que dio lugar a la Fm. Villa Soriano (Preciozzi *et al.* 1985) cuando el mar alcanzó aproximadamente 4msnm sobre el nivel actual, en el período comprendido entre *circa* 5500 – 5000 años AP (Bracco y Ures 1998; Bracco *et al.* 2011a; 2014; Martínez y Rojas 2011; 2013). En general se atribuye el origen de los humedales y lagunas costeras a este período, por conexiones con el Océano Atlántico, así como su consolidación vinculada al posterior Holoceno tardío con la separación de los cuerpos de agua costeros del océano y la correspondiente respuesta ambiental en la dulceacuificación de los mismos (Bracco *et al.* 2005; del Puerto *et al.* 2011; Inda 2011; entre otros).

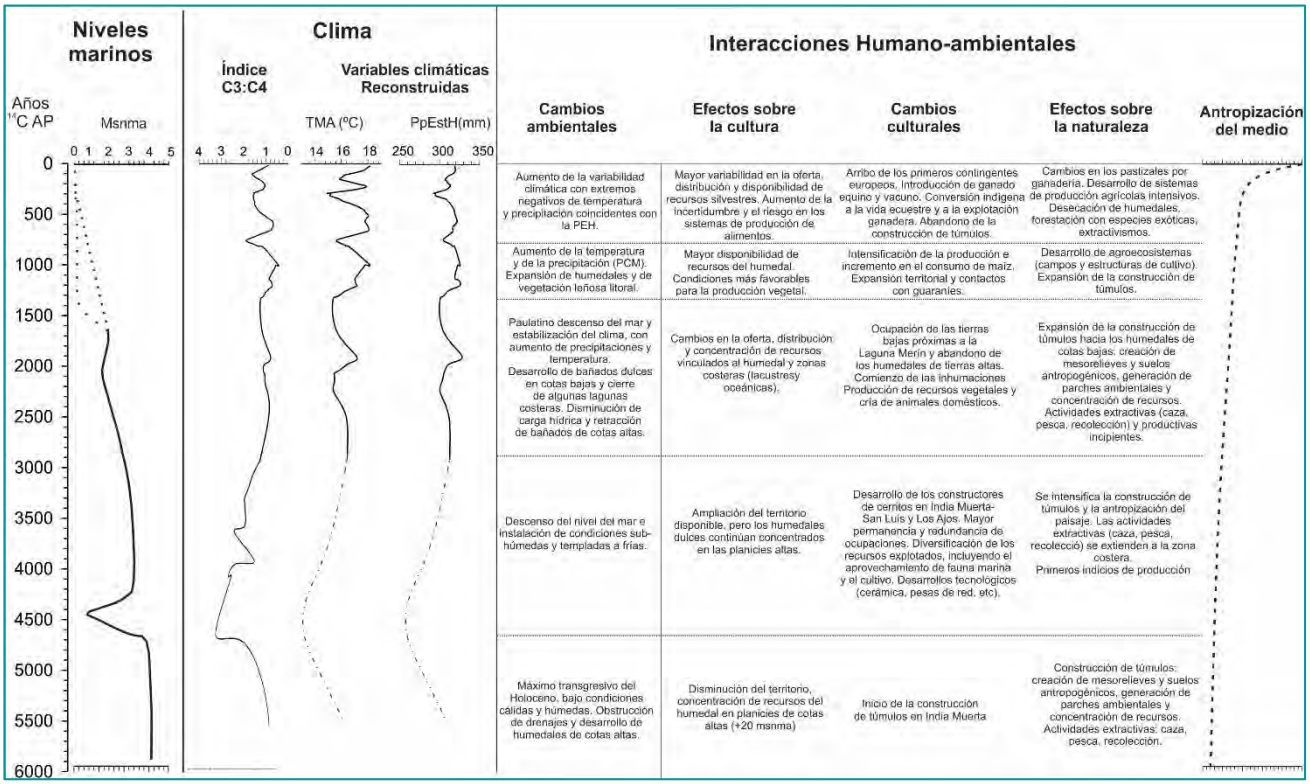


Figura 3: Modelo de evolución ambiental e interacciones humano-ambientales para el Holoceno medio y tardío en el este de Uruguay.

El desmejoramiento ambiental del Holoceno medio habría generado un contexto que incentivó los ajustes sociales en las estrategias de gestión que involucraron el descenso en la movilidad social y económica como respuesta logística que aumentó el control sobre las zonas de concentración de recursos (más circunscriptas y afectadas por las condiciones climáticas) (López Mazz *et al.* 2022). Este período se caracterizó por asentamientos humanos que fueron parte de una nueva estrategia económica que incluyó la pesca y la horticultura (del Puerto 2015; Iriarte 2006; López Mazz *et al.* 2022).

El registro obtenido a partir de núcleos extraídos en el bañado de Sta. Teresa se caracteriza por una Unidad Estratigráfica (UE) basal representada por fangos compactos (base) y limos arenosos bioclásticos sueltos, de color gris oscuro a gris claro y estratificación horizontal muy delgada con especies de gasterópodos y moluscos de agua dulce y salobre y diatomeas de *taxas* colonizadoras de ambientes marino salobre (Blasi *et al.* 2005; del Puerto *et al.* 2011; García-Rodríguez *et al.* 2010; Inda 2011). Para este período se propone la conexión marina que dio origen al cuerpo de agua que actualmente conocemos como Laguna Negra. Esta conexión habría

ingresado por la zona del actual canal Andreoni en La Coronilla durante el MTH y posteriormente al retirarse debido al descenso del nivel del mar, el cuerpo de agua comenzó un proceso de transformación que implicó la desconexión marina, cambiando de un sistema conectado al mar a uno cerrado que transitó un gradiente de salinidad decreciente hasta su dulceacuificación durante el Holoceno superior (Bracco *et al.* 2005; del Puerto *et al.* 2011; García Rodríguez *et al.* 2010; Inda 2011). Desde el Holoceno medio se identifica una serie de subambientes ácueos de depositación de baja energía que variaron de eurihalinos a mixohalinos y dulceacuícolas con el paso del tiempo (Blasi *et al.* 2005; García-Rodríguez *et al.* 2010), lo que estaría indicando la desconexión marina correspondiente a la regresión del Océano Atlántico posterior a *circa* ^{14}C 5200 años AP (Bracco *et al.* 2011a). Asimismo, algunos autores han propuesto que esta dulceacuificación del cuerpo de agua estuvo fuertemente influenciada desde el Holoceno superior por la captura del A° India Muerta por el río Cebollatí (Bracco *et al.* 2012). Existen diferentes propuestas para describir la conexión marina del Holoceno que sucedió como resultado del aumento en los niveles relativos del mar descrito a diferentes escalas ampliamente en la bibliografía (Angulo y Lessa 1997; Bracco *et al.* 2011; 2014; García-Rodríguez *et al.* 2010; Isla 1989; Martin y Suguio 1992; Martínez y Rojas 2011). Pero el hecho de que este evento transgresivo haya podido conectar a la Laguna Negra con el Océano Atlántico tiene diferentes interpretaciones en cuanto a la ubicación de dicha conexión. Por un lado, Bracco *et al.* (2005) proponen una conexión alejada, a través del canal San Gonzalo al norte de la Laguna Merín (Bracco *et al.* 2005). Pero por otro lado Inda (2011) y Blasi *et al.* (2005) indican una conexión holocena ubicada aproximadamente donde se encuentra el canal Andreoni.

El material silicoclástico de esta UE correspondiente a la regresión marina del Holoceno, está representado principalmente por granos de cuarzo límpidos traslúcidos, muy redondeados y de feldespato en menor proporción. Se observaron algunos intraclastos pelíticos, turbosos y trizas de vidrio volcánico. La fracción arcilla presentó predominio de illlita sobre clorita-caolinita, abundante cuarzo y en menor proporción feldespatos (Blasi *et al.* 2005; Bracco *et al.* 2005; del Puerto 2009; García-Rodríguez *et al.* 2010; del Puerto *et al.* 2011). Para el final de este período (*circa* ^{14}C 5300 - 5000 años AP) se ha propuesto un aumento en la frecuencia de los vientos de

componente suroeste, a partir de la presencia de depósitos de vidrio volcánico de origen andino (Blasi *et al.* 2005; del Puerto 2009; del Puerto *et al.* 2011).

Para este período las condiciones fueron templadas a frías y sub-húmedas o marcadamente estacionales en las precipitaciones (Blasi *et al.* 2005; Bracco *et al.* 2005; del Puerto 2009; del Puerto *et al.* 2011; García-Rodríguez *et al.* 2010), con presencia de comunidades halófitas previo a *circa* ^{14}C 3500 años AP, con condiciones mixohalinas (García-Rodríguez *et al.* 2010).

En el Holoceno superior, el clima comenzó a estabilizarse, instaurándose condiciones similares a las actuales hacia *circa* ^{14}C 2000 años AP (del Puerto 2015). El modelo propuesto por la autora sostiene un paulatino descenso del nivel del mar y estabilización del clima, con un aumento en las precipitaciones y la temperatura. Asimismo, se dio el desarrollo de humedales de agua dulce de cotas bajas, como parte del proceso de cierre de algunas lagunas costeras que se habrían conectado al Océano Atlántico durante el MTH. Esta configuración obtuvo como resultado la disminución de la carga hídrica con la consiguiente retracción de los bañados de cotas altas en la cuenca de los cursos fluviales Cebollatí - India Muerta (Bracco *et al.* 2012). Estos cambios causaron efectos sobre la cultura como las modificaciones en la oferta, distribución y concentración de recursos costeros. Los cambios culturales observados a través de los antecedentes arqueológicos muestran la ocupación de las tierras bajas próximas a la Laguna Merín. En este período también se da el comienzo de las inhumaciones, así como la producción de recursos vegetales (del Puerto 2015: 215) y la cría de animales domésticos (López Mazz y Castiñeira 2001). Todas estas variaciones culturales produjeron a su vez cambios en la naturaleza con una fuerte antropización del medio como la expansión de la construcción de montículos hacia los humedales de cotas bajas con la consiguiente creación de microrrelieves y suelos antropogénicos, la generación de parches ambientales, así como la concentración de recursos. Se incrementaron las actividades extractivas (caza, pesca, recolección) y productivas incipientes (del Puerto 2015), mientras el aprovisionamiento de materias primas líticas para la confección de herramientas se hizo exclusivamente local (Gascue *et al.* 2009).

Para este período el registro de los núcleos del Bañado de Sta. Teresa muestra una sucesión de UE, con alternancia de capas que culminan con el desarrollo de una turbera, con variaciones en la textura, de matriz limosa con trazas de granos arenosos de cuarzo límpido redondeado y mica, con clorita como argilomineral predominante y caolinita, cuarzo, feldespato en baja proporción (Bracco *et al.* 2005; del Puerto *et al.* 2011). Los taxones de diatomeas establecen al menos tres zonas de asociación comenzando por una salobre-dulceacuícola, seguida por una exclusivamente dulceacuícola y por último otra dulceacuícola con dominio de *Aulacoseira ambigua* (García-Rodríguez *et al.* 2010; Inda 2011). El clima inferido a partir del análisis de silicofitolitos indica condiciones más cálidas que las precedentes (del Puerto *et al.* 2011). Asimismo, el análisis de polen evidencia comunidades macrófitas emergentes de agua dulce y aumento en el estado trófico del cuerpo de agua (García-Rodríguez *et al.* 2010). Estos indicadores para este período son coherentes con la formación de sistemas de turberas que se han desarrollado hasta la actualidad (Falco 1995; Ghione 2020; 2021; Goso 1968; 1985a). Estos ambientes comenzaron a estudiarse con fines productivos de acuerdo a la posible extracción como recursos minerales energéticos, por parte del Estado, a finales del siglo XIX según Goso (1985a). Pero no fue sino hasta 1968 que se pudo sondear la cantidad y la calidad del recurso proveniente de las turberas del bañado Sta. Teresa. En dicho estudio, Goso (1968; 1985a) reporta una potencia máxima de 4m para estos depósitos que se corresponden con la formación de grandes cantidades de masa vegetal. Falco (1995) amplió la cantidad de sondeos, consiguiendo profundidades mayores a los 4m en el sector de La Angostura. El área total de turberas linderas a la Laguna Negra, identificada en 2020 se ajustó a 9.513 hectáreas, de las cuales 4.829 hectáreas se encuentran en estado de conservación bueno y regular (Ghione 2020; 2021). Actualmente, se puede constatar *in situ* que se han drenado vastas áreas de humedal, con el consiguiente efecto de desecación, compactación y pérdida de biomasa vegetal. Esto se traduce en un deterioro de la turbera y de sus servicios ecosistémicos.

La turbera captura carbono y es una zona *buffer* para los impactos ambientales mediante la capacidad de filtración de agua, de retención o enlentecimiento de flujo (mitigación de inundaciones), además de albergar una gran biodiversidad que incluye especies endémicas (Falco 1995; Ghione 2020; 2021). Asimismo, las turberas son potenciales contenedores de vestigios arqueológicos que dan cuenta de

ocupaciones humanas antiguas con una gran cantidad de información debido a su ambiente reductor, favoreciendo una muy buena conservación de los materiales orgánicos que son los más deteriorados en los sitios más comunes (Hazell *et al.* 2022). El acceso a información de esta calidad no tiene precedentes en Uruguay, es decir que para sitios antiguos la mayor parte de la información artefactual, constructiva, entre otros, está siendo invisibilizada por el deterioro que generan los suelos superficiales con presencia de agentes como el oxígeno y los microorganismos.

Asimismo, esta situación de deterioro de las turberas también es perjudicial al ambiente atmosférico de acuerdo con la alta emisión de gases (CO_2) que puede generar si es removida. En este escenario se torna trascendente comprender mejor cuál es el origen y la sucesión ecológica y ambiental de estos sistemas, para poder aportar a su manejo y conservación.

Estudios recientes en Laguna de Peña han ampliado la resolución de este último período Holoceno, identificando tres subperíodos diferenciados entre sí por variables físicas, geoquímicas y biológicas para la zona de estudio (del Puerto *et al.* 2013). Condiciones oligotróficas son inferidas para el lapso *circa* ^{14}C 2500 – 800 años AP, en un cuerpo de agua léntico con alternancia de pulsos de mayor energía (del Puerto *et al.* 2013). Asimismo, los índices paleoclimáticos indican condiciones húmedas templadas-cálidas asociadas al ACM (del Puerto *et al.* 2013). Un segundo período comenzó hace *circa* ^{14}C 750 años AP con Índices de Temperatura (IT) más altos lo que indica un descenso en la media anual, un pasaje a un climas poco más seco y frío (del Puerto *et al.* 2013). Por último, el período más reciente incluye el intervalo existente entre mediados del siglo XVIII y principios del XIX. En ese momento se registró un descenso de la temperatura y la humedad que se extendió hasta el presente, y donde se caracterizó principalmente por una alta variabilidad, con tres fases secas/frías que alcanzan sus máximos en 1300, 1600 y 1900 AD siendo sus características y cronología coincidente con la PEH.

2.3. Caracterización de la zona de estudio

2.3.1. *Geología*

La exhumación regional del escudo precámbrico uruguayo, durante el Permo-Triásico expuso gran parte de la porción norte del zócalo continental, y el sur posteriormente fue afectado por la apertura del Océano Atlántico Sur durante el Mesozoico (Hueck *et al.* 2017a; 2017b). El basamento de la zona de estudio es denominado Complejo Cerro Olivo (Masquelin *et al.* 2001) y consiste en granitoides de diferente composición, gneises graníticos y migmatitas, intercalados con rocas máficas, rocas calcosilicatadas, y cuarcitas (Figura 4).

El Grupo Rocha Complejo Granitico Santa Teresa (Cámbrico) está ubicado en la región oriental del Departamento de Rocha y es una de las mayores intrusiones magmáticas del Uruguay. Su extensión alcanza aproximadamente 800 km^2 de área expuesta, invadiendo la secuencia metamórfica de bajo grado del Grupo Rocha (Hasui *et al.* 1975). Se reconocen doce facies graníticas diferentes que fueron agrupadas en dos suites magmáticas denominadas, respectivamente, como Suite Calco-alcalina Santa Teresa (STCS) y Suite Peraluminosa Sierra de la Blanqueada (SBPS). Esta última se encuentra al Oeste de la cuenca y presenta seis facies graníticas, inequigranulares y porfirograníticas, de composición monzo y sieno graníticas con muscovita, turmalina, ilmenita y monacita como principales accesorios (Muzio y Artur 1999). Por su parte el STCS se localiza principalmente a lo largo de la costa atlántica, al Este de la cuenca de estudio y consiste principalmente en granitos porfídicos gris-rosados, según la nomenclatura IUGS (Streckeisen 1976), con megacristales de microclina euédricos a subédricos de hasta 10 cm con inclusiones minerales (biotita, cuarzo o plagioclasa). Los principales minerales accesorios son apatito, circón, alanita, esfena y magnetita. También están presentes minerales secundarios como clorita, sericita y turmalina (Muzio y Artur 1999).

La Fm. Arequita (Cretácico) está compuesta por rocas hipoabisales y efusivas ácidas con estructuras en derrames y filones, donde los términos efusivos son predominantemente riolíticos, de textura porfirítica y matriz afanítica a holocristalina, con fenocristales de cuarzo y sanidina de color rojizo. Asimismo, subordinadamente aparecen dacitas y traquitas de texturas porfiríticas; las primeras a cuarzo-oligoclasa, las

segundas a ortosa-albita. Las estructuras más frecuentes son fluidales (Prezzioci *et al.* 1985).

La Fm. Puerto Gómez (Cretácico) está constituida por basaltos de textura vesicular con relleno de zeolita, calcita, anhidrita y yeso, que indican derrames subacuáticos en medios lacustres. Las andesitas son de textura porfirítica y matriz afanítica con fenocristales de andesina y augita con cierta proporción de cuarzo en los intersticios de los fenocristales de feldespato (Bossi *et al.* 1998).

La sedimentación cenozoica (Cuaternario) está representada por las formaciones (Fm): Chuy, Libertad, Dolores (Pleistoceno Superior) y Villa Soriano (Holoceno). La Fm. Chuy, está compuesta por sedimentos arenosos, arcillo-arenosos, finos a medios de color blanco amarillento a rojizo, de sedimentación marina litoral, donde alternan desde pelitas hasta areniscas gruesas (Bossi y Navarro 1988; Bossi *et al.* 1998; Preciozzi *et al.* 1985). Es el resultado de las regresiones del pleistoceno final, eventos de los que surge como geoforma la cuchilla de la Angostura. Los datos presentados por Castiglioni *et al.* (2022) muestran grandes variaciones seculares consistentes con MIS 1 a 7, que estarían representando a la Fm Chuy en localidad de La Paloma (Rocha). La composición es de arenas medias a gruesas, feldespáticas, de regular selección, color gris. Arenas medias muscovíticas, con óxido de hierro, de tonalidades ocráceas. Litologías arcillo arenosas y arcillo gravillosas, de mineralogía cuarzosa, fósilíferas, con escaso óxido de hierro, arcillas verdes arenosas y/o limosas, ocasionalmente fósilíferas, con concreciones de óxido de hierro (Preciozzi *et al.* 1985).

La Fm Libertad (Pleistoceno) se caracteriza por lodolitas y loess con porcentaje variable de arenas y arcillas. Es común la presencia de concreciones de forma variable de carbonato de calcio. Las lodolitas son de color pardo a pardo rojizo. El ambiente de sedimentación es continental peridesértico con períodos de mayor humedad que permiten acumulación de material fino por transporte eólico y su removilización junto a los mantos de alteración por escurrimiento, deslizamientos en masa y solifluxión (Preciozzi *et al.* 1985). La mineralogía de estos detritos es fundamentalmente cuarzosa y feldespática. Dentro de estas litologías texturalmente los términos

dominantes son limo arcillo arenoso, y limo arcilloso. Otra litología presente, aunque menos frecuente es el loess. El carbonato de calcio está presente en forma pulverulenta, en concreciones y en pequeños lentes. En términos generales los porcentajes de carbonato son del orden del 2 al 4%. Otra característica menos conspicua son pequeñas concreciones de óxido de hierro y rosetas de yeso (Preciozzi *et al.* 1985).

La Fm. Dolores (Pleistoceno) (Goso 1970), está integrada por depósitos arcillo-limosos y limo-arcillosos, formando lodolitas y areniscas arcillosas muy finas, con contenidos variables de arena y gravilla flotante, de matriz masiva con un grado de compactación variable en función del tenor de arcilla. El carbonato de calcio está presente y se encuentra distribuido de forma dispersa, pulvurulento o concrecional. Sus colores pardos, subordinadamente gris y gris verdoso, de sedimentación continental relacionada a fenómenos eólicos de sedimentos finos (loess) provenientes de las zonas áridas de la pampa Argentina al SW de Uruguay, así como a fenómenos de coluviación con formación de flujos de barro, que se re-depositan en las zonas topográficamente más bajas (Bossi *et al.* 1998; Goso 1970; Preciozzi *et al.* 1985).

La Fm Villa Soriano (Holoceno medio) se encuentra compuesta por sedimentos arenosos a gravillosos, con lechos intercalados de cantos, arcillas y limos; se le reconoce una gran variabilidad textural, pero con predominio de las fracciones limo, arcilla y arena muy fina, aunque ocurren en forma subordinada las fracciones arenosas media y gruesa y ocasionalmente las gravillas y cantos (Goso 1970; Preciozzi *et al.* 1985; Spoturno *et al.* 2012). Las fracciones arenosas, tienen composición cuarzosa, son blanco amarillentas, con escasa a nula matriz arcillosa; en las fracciones arena fina y media se observan concentraciones locales de minerales densos; las fracciones de cantos y bloques tienen un amplio predominio de fracciones silíceas (pegmatitas, aplitas y otros líticos graníticos) (Spotuno *et al.* 2012). Es muy frecuente en lentes arenosos encontrar una variedad de fósiles marinos y estuarinos (Bivalvia, Gastrópoda, Poliplacophora, Scaphopoda, Cnidarios, Bryozoos, Anélidos, Crustáceos, Ostrácodos, Cirrípodos, Decápodos, Equinodermos, Foraminíferos y restos de peces) (Spotuno *et al.* 2012). Las arenas finas y medias son de regular a buena selección en general bien rodadas, de mineralogía cuarzosa, localmente apreciables cantidades de feldespato, los colores son pardo, rojizo, blanco amarillento, gris y gris verdoso (Preciozzi *et al.* 1985). La formación es reconocida como una unidad de

mapeo con amplia distribución en las regiones costeras, que desarrolla sus cotas entre los –15 y +7 msnm, en el departamento de Maldonado (Spoturno *et al.* 2012). Es una formación que dada la consecución de estratos de arena con más o menos arcillas y la presencia de especies de agua salobre, es asociada a la regresión marina posterior al MTH, ocurrido durante el Holoceno inferior y medio (*circa* 11.000 – 5500 años ^{14}C AP) (Bossi y Ortiz 2011; Bracco y Ures 1998; Bracco *et al.* 2011a; García Rodríguez *et al.* 2011*;* Martínez y Rojas 2011; entre otros), aunque Spoturno *et al.* (2012), presentan edades que van desde *circa* 30.000 hasta 1500 años ^{14}C AP.

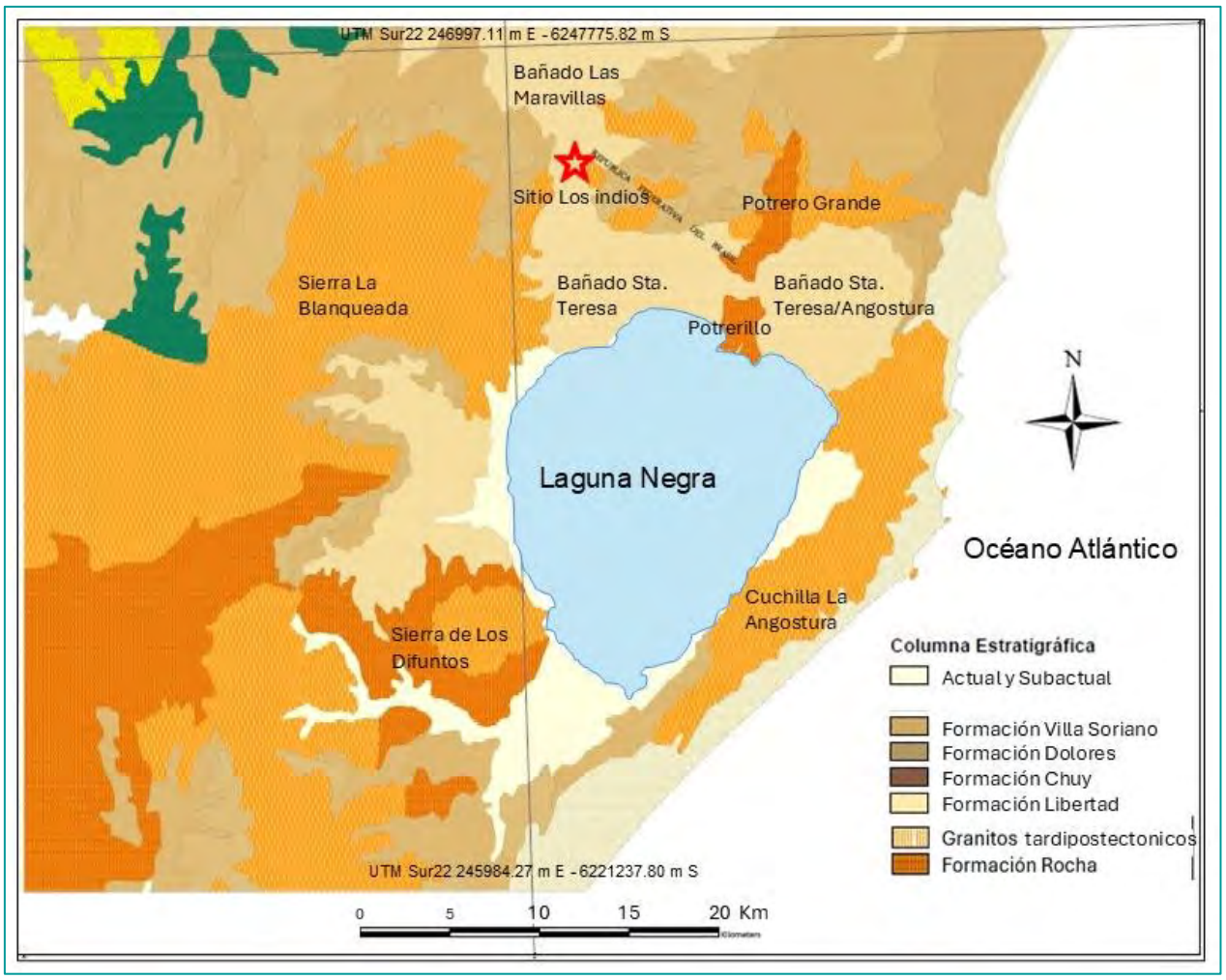


Figura 4: Mapa geológico del área de estudio (Preciozzi *et al*. 1985; modificado por Loureiro *et al*. 2016 y en el presente trabajo). Verde: Triásico. Cretácico Inferior; Basaltos mezosoicos indiferenciados.

2.3.2. *Pedología*

Las zonas de mayor altura de las cuencas de las lagunas Negra y Merín presentan suelos bien drenados, mientras las parte medias y bajas están dominadas por suelos hidromórficos (Sombroek *et al.* 1969). Los brunosoles son los suelos

zonales en la mayor parte del país y dominantes en las partes altas de la cuenca, en tanto en las zonas planas medias y bajas predominan los gleysoles (Altamirano *et al.* 1976)[2]. Una exhaustiva revisión de los caracteres generales y génesis de los suelos de la región es realizada en Sombroek *et al.* (1969).

El entorno particular del sitio arqueológico Los Indios se encuentra en el contacto entre los dos conjuntos de suelos mencionados (Figura 5) presentando suelos bien drenados en las zonas altas e hidromórficos en las planicies bajas, caracterizados por el dominio de gleysoles e histosoles. Estos suelos en general carecen de horizonte argilúvico y presentan un horizonte hístico de menos de 30cm de espesor,

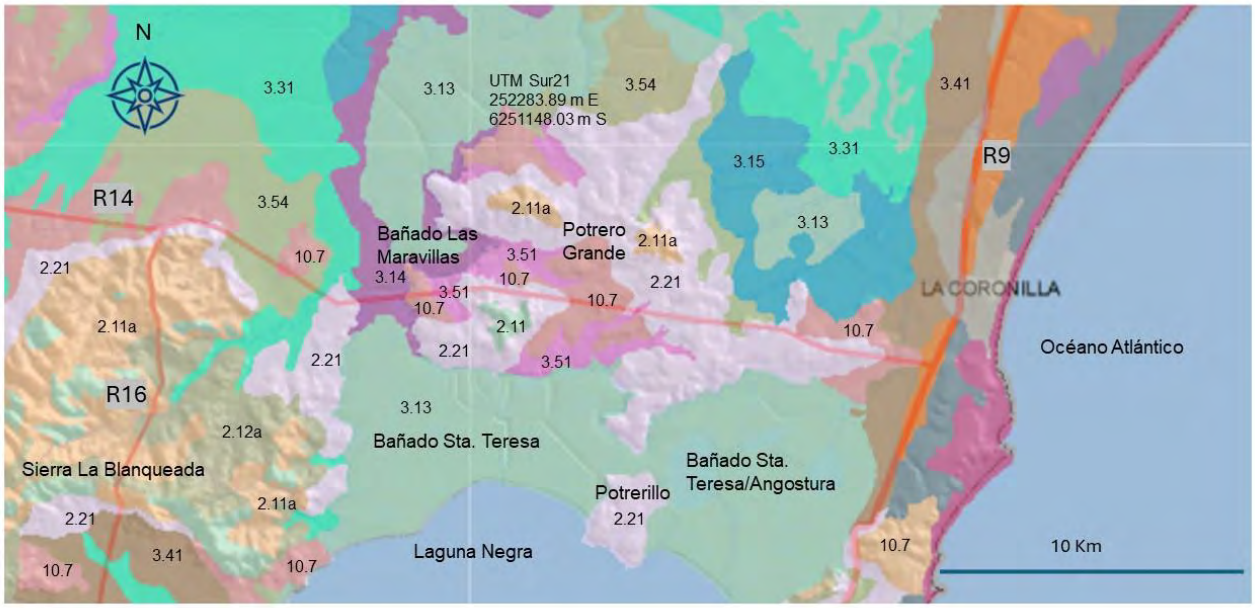


Figura 5: Suelos de la zona y sitio arqueológico Los Indios: 2.11ª Brunosoles Subéutricos Háplicos; 2.12 Brunosoles Subéutricos Háplicos y Típicos; 2.21 Brunosoles Lúvicos y Argisoles Subéutricos Melánicos Abrúpticos; 3.13 Histosoles, Gley húmicos con turba; 3. .15 Gleysoles Háplicos Melánicos; 3.41 Planosoles Éutricos Melánicos y Brunosoles Éutricos Lúvicos; 3.31 Gleysoles Háplicos Melánicos y Gleysoles Lúvicos Melánicos Típico; 3.51 Halomórficos, Planosoles Subéutricos Ócricos, Gley húmicos; 3.54 Planosoles Subéutricos Melánicos; 10.7 Brunosoles Subéutricos Lúvico y Argisoles Subéutricos Melánicos Abrúpticos. Tomado de: Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca/Dirección General de Recursos Naturales/CONEAT (1979) https://dgrn.mgap.gub.uy/js/visores/dgrn/#

según Altamirano *et al.* (1976). Sin embargo, han sido descritos en la cuenca suelos con potentes horizontes turbosos que llegan a varios metros de espesor (Goso 1968;

[2] La clasificación de suelos utilizada es la de Altamirano *et al.* (1976), que está basada en la clasificación americana de Baldwin, Kellogg y Thorp (1938) revisada posteriormente (Thorp y Smith, 1949).

1985a). La presencia de suelos alcalinos es constante en las porciones medias de las llanuras altas, lejos de los cursos de agua lo que es tempranamente interpretado por Sombroek *et al.* (1969) como el resultado de la presencia de condiciones marinas proximales en la zona.

La figura 5 representa los grupos de suelos de la zona siendo el 3.14 correspondiente a los bañados de arroyos y las llanuras bajas lagunares que permanecen inundadas la mayor parte del año, pero que se secan parcialmente en verano. Los suelos son profundos, pobre a muy pobremente drenados, clasificados como Gleysoles Haplicos Melanicos, de texturas generalmente limosas o limo arcillosas (Gley húmicos). Pueden existir horizontes orgánicos de poco espesor. El material madre está constituido por sedimentos finos recientes. La zona identificada como 3.51 comprende las planicies alcalinas, con meso y microrrelieve que bordean las lomadas continentales, así como las áreas alcalinas en el de las llanuras. Los suelos dominantes son suelos halomorficos; Solods Ocricos, Solonetz Solodizados Ocricos y Solonetz de texturas limosas. Los suelos halomorficos ocupan aproximadamente un 50% de la asociación. Asociados a estos se encuentran Planosoles Subeutricos Ocricos, de texturas limosas y francas, y ademas Gleysoles Luvicos Melanicos Tipicos, francos (Gley humicos). A su vez, la zona identificada como 10.7 corresponde a las unidades 1M y 2M del levantamiento de la cuenca de la Laguna Merín y comprende lomadas suaves y fuertes, localizadas entre las colinas cristalinas y la planicie alta de la región. El material madre es una lodolita limo arcillosa que recubre con espesores variables el basamento cristalino. El relieve es ondulado suave a ondulado, con interfluvios ligeramente convexos o aplanados y laderas ligeramente convexas con pendientes de alrededor del 2%. Los suelos dominantes son Brunosoles Subeutricos Luvicos (Praderas Pardas) y Argisoles Subeutricos Melanicos Abrupticos (Praderas Planosolicas), de color pardo oscuro, textura franca a franco limosa, fertilidad media y drenaje moderadamente bueno a algo imperfecto. Los Brunosoles ocupan las laderas ligeramente convexas, mientras que los Argisoles ocurren en las mismas posiciones o en los interfluvios ligeramente convexos. En los interfluvios aplanados a veces con ojos de agua, se localizan Planosoles Subeutricos Melanicos, de color pardo oscuro, textura franca y drenaje imperfecto. El material madre está constituido por lodolitas limo arcillosas pertenecientes a la Fm Dolores (Altamirano 1976; Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca/Dirección General de Recursos Naturales/CONEAT 1979).

2.3.3. *Geomorfología*

El origen de la fosa geológica que da lugar a la cuenca de la Laguna Merín se remonta a la distención tectónica de Gondwana y posteriormente fue colmatada de sedimentos e intrusiones magmáticas, así como modelada por la dinámica oceánica durante millones de años, derivando en el sistema de lagos, lagunas y charcas que se extiende por el litoral atlántico desde el sureste brasilero hasta el centro sur uruguayo. Este sistema tuvo orígenes diferenciales durante el final del Cuaternario, en ensenadas o partes terminales de las planicies de inundación de los ríos, relacionados a la costa atlántica (Montaña y Bossi 1995; Panario y Gutiérrez 2011).

El origen y la evolución de la Laguna Negra tiene diferentes interpretaciones, que pueden ser complementarias en el sentido que se trata de un proceso geomorfológico antiguo que se ha modificado y reactivado a lo largo del tiempo según los pulsos de los niveles relativos del mar durante el Pleistoceno final y el Holoceno. Por un lado, Panario y Gutiérrez (2011), proponen un origen a causa de los últimos eventos transgresivos del Pleistoceno final (Panario y Gutiérrez 2011). Por otro lado, otros autores basados en evidencia paleolimnológica, proponen un proceso similar pero más reciente, durante el MTH donde la transgresión marina habría ingresado por el sector de La Coronilla hace *circa* ^{14}C 5500/5000 AP (Blasi *et al.* 2005; del Puerto *et al.* 2011; Inda 2011: Figura 6). Asimismo, una teoría complementaria es la de la captura del A° India Muerta por el Aº Cebollatí durante el Holoceno tardío. Este hecho referido por Montaña y Bossi (1995), es retomado por Bracco *et al.* (2012) quienes lo proponen como uno de los factores de mayor incidencia en las transformaciones ocurridas en los sistemas hídricos de los humedales de Rocha (Montaña y Bossi 1995; Bracco *et al.* 2012). Según Bracco *et al.* (2012), “el surgimiento de la Laguna Negra como cuerpo de agua dulce, sería otra de las consecuencias de estos cambios” (Bracco *et al.* 2012: 4).

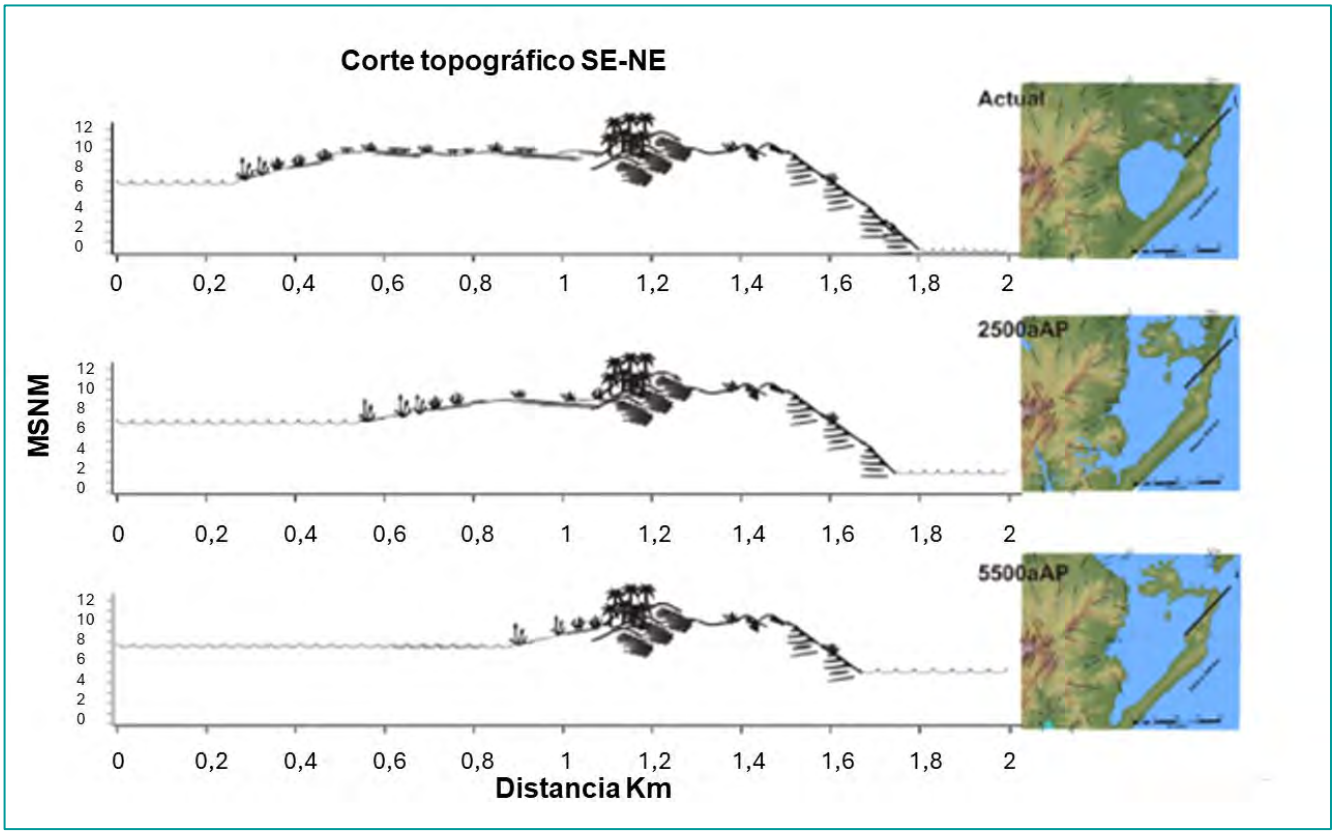


Figura 6: Evolución holocena de la Laguna Negra, según Inda (2009).

El sistema orográfico de la cuenca de la Laguna Negra genera una topografía con interfluvios al norte y noroeste en la zona conocida como Potrero Grande de Santa Teresa, al este y sur con la Cuchilla La Angostura, al suroeste en la Sierra Los Difuntos, al oeste en la Sierra Bella Vista y al noroeste en la Sierra La Blanqueada. Las altitudes mayores alcanzan los 170msnm y se puede apreciar en estas estribaciones, un sistema de caminos que hace posible el tránsito regional, donde las zonas lacustres y anegadizas dominan el territorio.

Actualmente, el cuerpo de agua, mermado por las canalizaciones existentes, está limitada por las coordenadas UTM Sur 22:

- 245521,95 – 6231278,46 al Oeste
- 260737,62 – 6234319,34 al Este
- 250553,66 – 6221643,18 al Sur
- 252016,59 - 6238947,22 al Norte

Asimismo, su diámetro mayor es de aproximadamente 17,7Km y el menor de 13,15Km. Las altitudes más representadas en la línea de costa se encuentran entre 7,8msnm y 8,5msnm según la cartografía del Servicio Geográfico Militar Uruguayo (SGMU). Según Machado (2023a), para la década del 2010 se intentaba mantener el nivel de agua en 8msnm aproximadamente, mediante el control por medio de la esclusa que allí funciona en el sector Noreste (Potrerillo). La misma está instalada desde 1975 y desagota en el canal Andreoni, drenando éste aguas de los humedales de Rocha hacia el Océano Atlántico. La profundidad mayor de la laguna se encuentra en una zona ubicada a aproximadamente 1700m de la costa SE con 3,8 – 3,6 metros de profundidad sobre una cota del pelo de agua de 8,2msnm según batimetría realizada por la Dirección de Hidrografía del Ministerio de Obras Públicas en 1941 (DNH – MOP 1941) y corroborado por el Servicio de Oceanografía e Hidrografía de la Armada Nacional en 1975 (SOHAN 1975), previo a la apertura de la exclusa (Machado 2023a).

2.3.4. *Vegetación y unidades ambientales*

La vegetación de la cuenca está compuesta por bosques serranos en las partes altas; praderas en las planicies medias, bañados en planicies bajas, así como palmares en planicies medias y bajas, destacándose los más densos de la región (Montaña y Bossi 1995). Esta configuración está representada en el mapa de biomas de Uruguay, mediante zonas que indican la vegetación natural leñosa que comprende bosque serranos y palmares, la vegetación natural herbácea que comprende los humedales (pantanos) y los pastizales inundables, los cuerpos de agua, así como las zonas antropizadas recientemente (agricultura, silvicultura, zonas sin vegetación) (Figura 7).

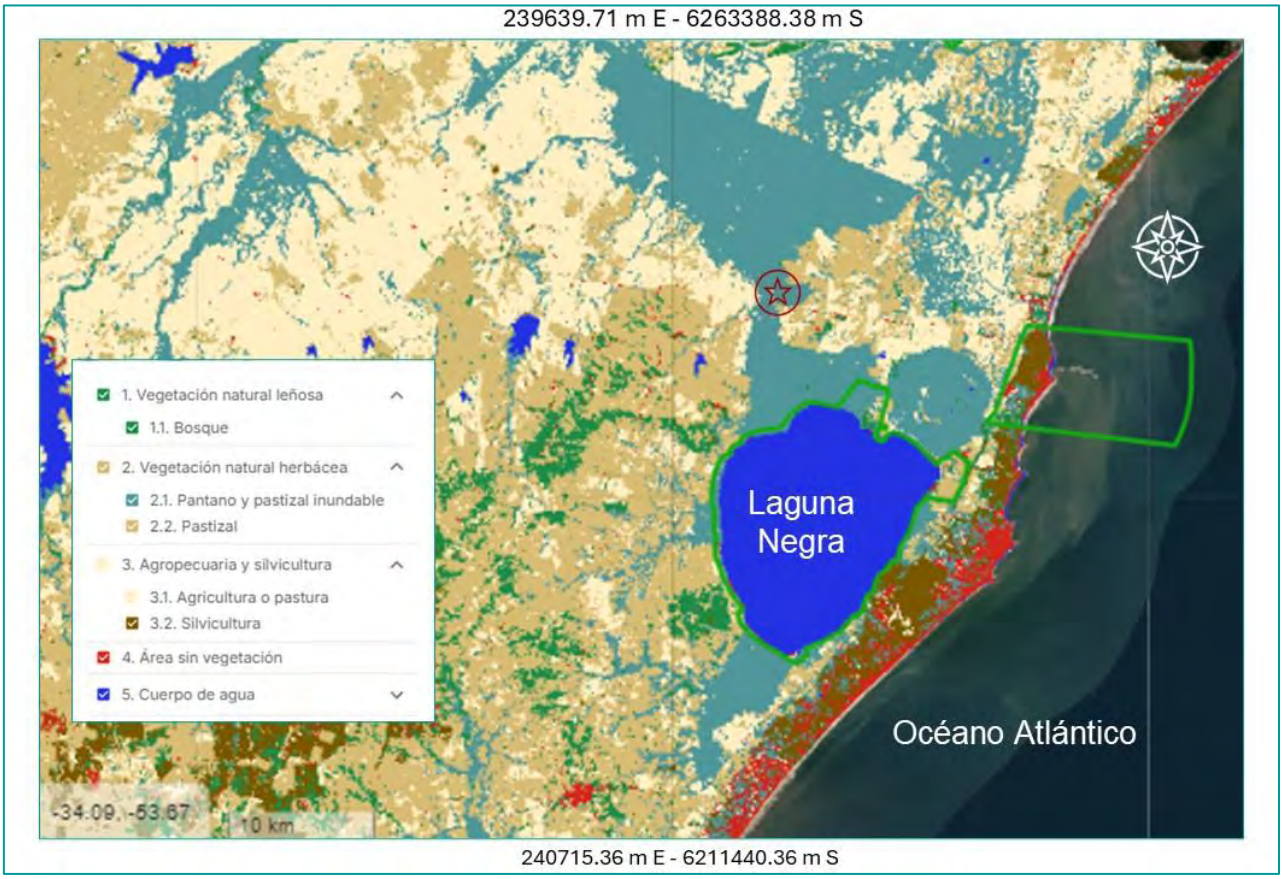


Figura 7: Mapa de biomas de la región que comprende la cuenca de la Laguna Negra (https://uruguay.mapbiomas.org/). ✪ Sitio arqueológico Los Indios. Polígono verde indica el Área protegida Cerro Verde (https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/area-manejo-habitats-yo-especies-cerro-verde-islas-coronilla-rocha).

Asimismo, es una zona que se encuentra próxima a la costa atlántica, donde se caracterizan los sistemas ambientales en tres unidades del paisaje interrelacionadas: i- serranías; ii- planicies con esteros, bañados y palmares; iii- litoral lacustre compuesto por playas y puntos duros (Montaña y Bossi 1995).

i- Zonas altas de serranía. Existen afloramientos graníticos en la Sierra de la Blanqueda y la Cuchilla de la Angostura y de riolita de la Fm Arequita en la Sierra de los Difuntos y la Sierra de la Blanqueada. Hay fuertes quebradas que dan una alta rugosidad al terreno, dominadas por montes serranos con especies como el Coronilla (*sp. Scutia buxifolia*), el Tala (*sp. Celtis tala*), el Temberatí (*sp. Zanthoxylum rhoifolium*), el Taraumás (*sp. Citharexylum montevidense*), el Molle (*sp. Schinus molle*), el Canelón (*sp. Myrsine laetevirens*), entre otros (Montaña y Bossi 1995). La escorrentía se da por medio de cursos intermitentes, que en ocasiones forman barrancos, hacia las

planicies medias y bajas, y finalmente a la Laguna Negra (Montaña y Bossi 1995) (Figura 8).



Figura 8: Sierra La Blanqueada afloramiento rocoso formación Santa Teresa.

ii- Planicies con esteros, bañados y palmares. La vegetación se corresponde con un gradiente que acompaña los niveles de humedad donde las zonas altas tienen pastizales y palmares (Figura 9). Las llanuras bajas tienen plantas hidrófilas que forman pajonales, el Aº Los Indios tiene un monte ribereño hidrófilo, con especies como Sauce Criollo (*sp. Salix humboldtiana*), Sarandí (*sp. Phyllanthus sellowianus*), Mataojo *(sp. Pouteria salicifolia*), Blanquillo (*sp. Sebastiania commersoniana*) (Montaña y Bossi 1995). Se distinguen: a- áreas con suelos de drenaje superficial inundables partes del año (Figura 10); b- pendientes bajas con poca frecuencia e intensidad de inundación, c- zonas bajas que acompañan cauces fluviales, d- zonas altas excepcionalmente inundables (Montaña y Bossi 1995).



Figura 9: Palmares en planicies medias.

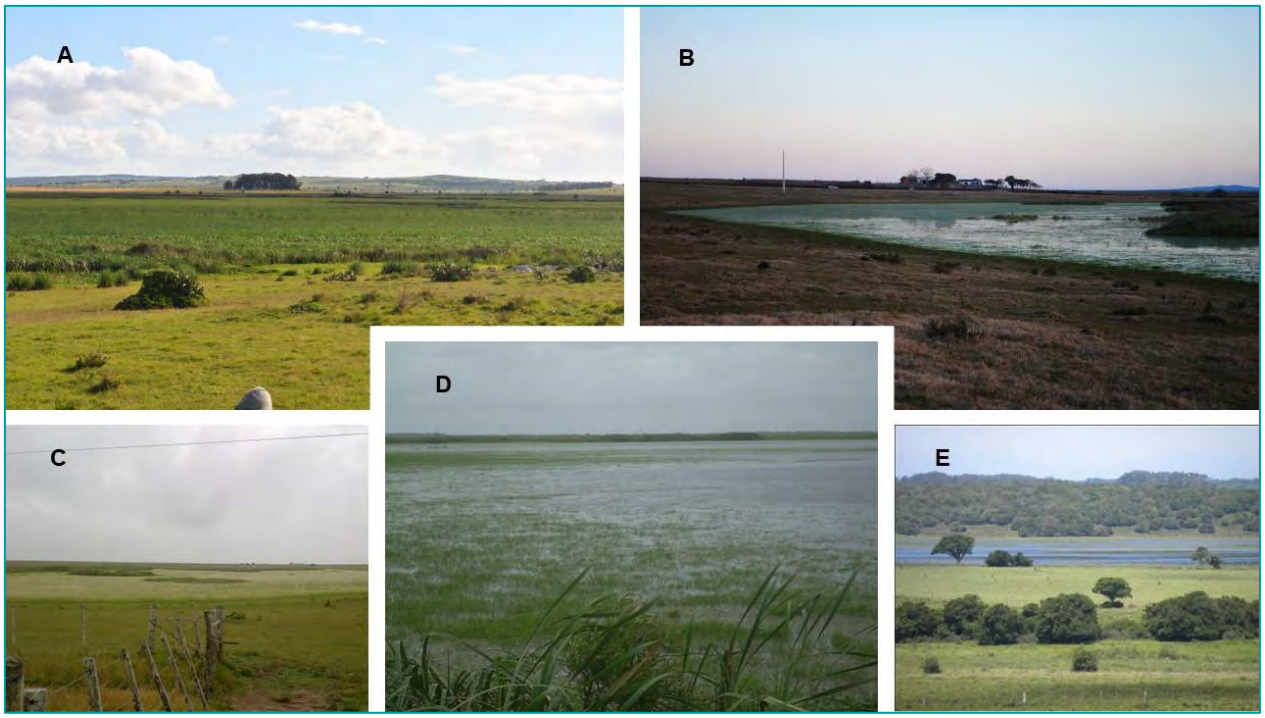


Figura 10: A y C bañado Las Maravillas; B y D borde del bañado Las Maravillas; E pastizales en planicies medias inundables y bosque serrano (Potrero Grande).

iii- Litoral lacustre. Compuesto por arcos de playas de arena, de cantos rodados, y amplias zonas llanas donde las playas son de arena gruesa, gravilla y grava, originada localmente del meteorizado de las filitas, los granitos y las intrusiones de

cuarzos. En estas últimas, se forma una zona *buffer* entre la costa y el bañado. Asimismo, se puede diferenciar sobre los puntos duros la depositación de arenas. Paralelo a la costa se extiende un médano muy somero y estabilizado por la vegetación, que divide las aguas de la playa y el bañado de Santa Teresa, el cual se desarrolla en dirección Norte, hacia el abre del Rincón de los Indios que a su vez conecta esta zona con el sistema de bañados de Las Maravillas y San Miguel (Figura 11).

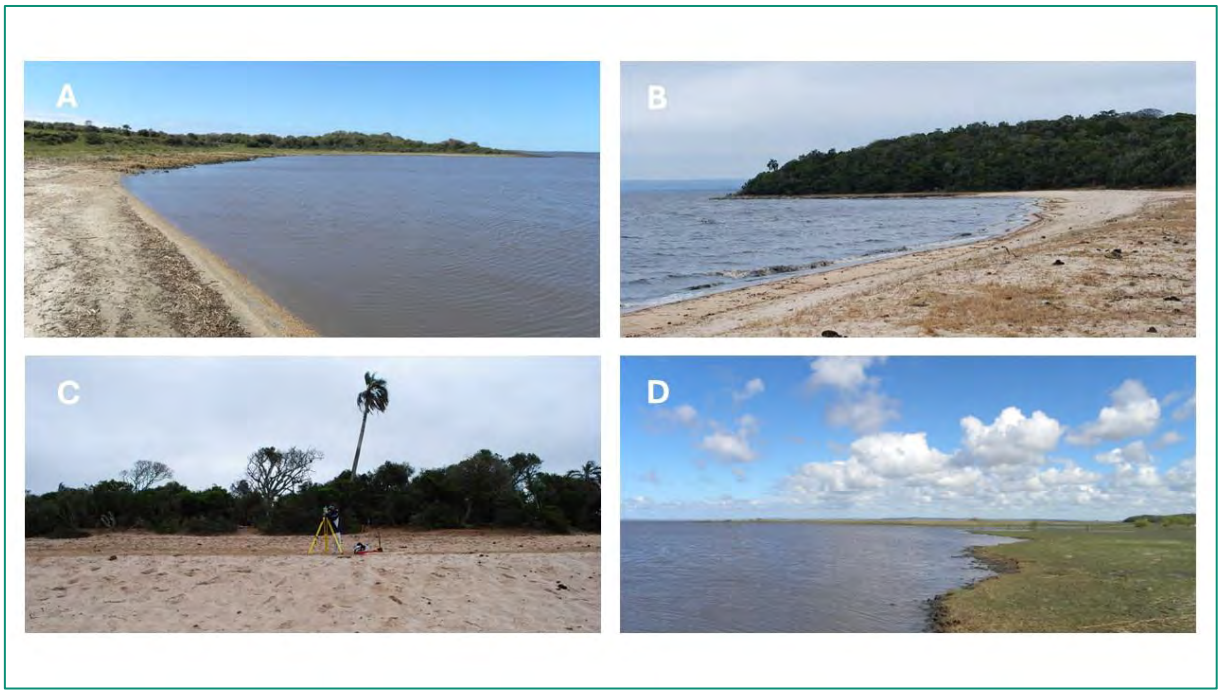


Figura 11: Litoral lacustre, Laguna Negra. A- Playas abiertas; B- Punto duro rocoso alto con bosque; C- Playa: berma, médano y bosque (arenas gruesas a medias; D- Litoral sobre roca y suelo somero.

2.3.5. *Clima*

Si bien en distintos puntos de Uruguay es posible observar diferencias en los parámetros climáticos, éstos no son de magnitud suficiente para distinguir tipos de clima según los modelos internacionales como el sistema Köeppen, por lo que el área de estudio puede clasificarse de clima templado húmedo, moderado a lluvioso. No obstante, cabe destacar que el departamento de Rocha cuenta con un régimen climático particular, que se encuentra muy relacionado al sistema de humedales y lagunas costeras. La región está dominada por tierras bajas total o parcialmente anegadas a lo largo del año. Más allá de los esfuerzos estatales y de los productores locales por drenar la zona mediante un sistema de canales que desembocan en el

Océano Atlántico (Canal Andreoni), gran parte del área permanece bajo agua. Esto genera que sea la zona más lluviosa de Uruguay en promedio anual acumulado. El cuadro 2 presenta las estadísticas climatológicas para la estación meteorológica de Rocha, ubicada en latitud: 34º29'S, longitud: 54º18'W, altitud: 18,16 m. (Intendencia Departamental de Rocha IDR 2010). Actualmente, a lo largo del año las lluvias son homogéneas, en el sentido que no se discrimina una estación más lluviosa que otra. No obstante, las fuentes de humedad sí varían, con lluvias en verano relacionadas al régimen monzónico de sudamérica y en invierno provenientes del Océano Atlántico a través del pasaje de frentes fríos (Pérez 2021).

Parámetro	Media Anual
Temperatura media (°C)	16
Temperatura max. (°C)	21,5
Temperatura min. (°C)	10,8
Humedad relativa (hPa)	81
Presión Atmosférica	1015
Precipitación acumulada (mm)	1122
Días con precipitaciones	79
Velocidad del viento (m/s)	3,5

Cuadro 2: Estadística climatológica para Rocha (1961-1990) (IDR 2010).

La pluviosidad en la zona está influenciada por la serie temporal del ENSO, donde períodos de El Niño tienen un aumento de la pluviosidad, así como períodos de La Niña presentan déficits regionales de precipitación (Pérez 2021).

2.4. Procesos de ocupación humana y antropización del paisaje

2.4.1. Atlántico sur

El Pleistoceno final (129.000 – 11.700 años AP) se caracterizó por una alternancia de climas áridos y fríos con cálidos y húmedos, que después del Último Máximo Glacial (UMG) cambia la tendencia hacia un calentamiento que se hace evidente con el comienzo del Holoceno. Este proceso de deshielo se manifestó en una mejora ambiental para las zonas periglaciares sobre los *circa* ^{14}C 15.200 años AP según Piovano *et al.* (2009). Para el sur de Brasil se identificó un aumento gradual de la temperatura y la humedad a partir de *circa* ^{14}C 17.000 años AP, que tiene como consecuencia la estabilización de un clima más húmedo y cálido para la transición Pleistoceno/Holoceno, asociado a la expansión de la floresta subtropical hace al menos ^{14}C 12.300 años AP (Días 2004, 2012). En este período existieron las primeras ocupaciones humanas conocidas para el cono sur americano (ej. Guidon 1989; Hilbert 1991; Suárez 2000; Politis *et al.* 2004; Miotti 2006).

Posteriormente se mantuvo la tendencia global cuando el calentamiento alcanzó su pico en el OC durante la primera mitad del Holoceno entre *circa* ^{14}C 8300 y 5000 años AP con un consiguiente aumento importante en los niveles relativos del mar, lo que, entre otras cosas, disminuyó la superficie de terreno habitable para los humanos considerablemente, sobre todo en ambientes costeros (Bracco *et al.* 2005; 2011a; del Puerto *et al.* 2011; Gornitz 2009). En el sur brasilero, la expansión de los bosques, que se encontraban en los valles fluviales, a zonas de mayor altitud (*circa* ^{14}C 7000 – 6000 años AP) así como a la costa (*circa* ^{14}C 4000 años AP) coincide con los primeros asentamientos humanos para la región, cuando se dio el desarrollo inicial de la floresta estacional subtropical hace *circa* ^{14}C 9800 años AP (Días 1994, 2003, 2012; Grala y Lorscheitter 2001 en Días 2004).

A nivel global, el Holoceno inferior marcó una mejora del clima, en el sentido que más especies pudieron desarrollarse favoreciendo la biodiversidad, lo que produjo un efecto en cadena que impulsó importantes movimientos poblacionales y sociales, además de una creciente sofisticación cultural: el desarrollo de las complejas

sociedades agrícolas, los sistemas de riego, las ciudades, la escritura y la metalurgia, así como la civilización (Anderson *et al.* 2007; Gornitz 2009).

2.4.3. Cuenca de la Laguna Negra

La parte uruguaya de la macrocuenca de la Laguna Merín ha sido muy importante para la arqueología, generando un gran aporte a la consolidación de la carrera de Ciencias Antropológicas en la UdelaR. En este sentido, la producción de arroz tuvo y tiene mucho que ver con el desarrollo de la arqueología en Uruguay ya que los primeros egresados de la carrera comenzaron su vida profesional en el marco de la creación de la Comisión de Rescate Arqueológico de la Laguna Merín (CRALM). El surgimiento de esta comisión responde al impacto que estaba teniendo el cultivo de arroz en la región (Cabrera 2011). En este marco Se obtienen los primeros datos científicos sobre “cerritos de indios”, en un desarrollo profesional que continúa hasta hoy. La región este es la que tiene mayor desarrollo e investigación arqueológica en Uruguay y especialmente la investigación sobre cerritos de indios con la diversificación de temas que existe, entre ellos el de la presente tesis.

La cuenca de la Laguna Negra es de gran interés para la Arqueología dada la gran cantidad de registro que alberga. Ha sido abordada desde diferentes estrategias a diferentes escalas que abarcan los materiales arqueológicos, los sitios y la región. Según López Mazz y Pintos (2001) la cuenca alberga diversos sitios arqueológicos ceremoniales fúnebres (cerritos de indios), así como amontonamientos de piedras en topes de las sierras (*cairnes*), sitios en superficie y sitios cantera de aprovisionamiento de materias primas líticas (cuarzo, cuarcita, granito, otros). Además, existen sitios sumergidos como los casos de Restinga y Estancia Laguna Negra, así como un sitio (La Isleta) en una pequeña isla ubicada aproximadamente a 700m de la costa oeste de la laguna (ver: López Mazz *et al.* 2010a; 2010b; 2011a; 2011b; 2011c). La disposición de los sitios arqueológicos se propone como estratégica en función de las unidades del paisaje existentes como el palmar, el humedal, la laguna, el pastizal y la serranía (López Mazz y Pintos 2001). Estas estrategias estaban destinadas a controlar los recursos ambientales para la subsistencia de una población creciente a partir del Holoceno superior. El material arqueofaunístico relevado en estratigrafía, también demuestra el abastecimiento en ambientes tan diversos como cercanos que

conforman el ecotono de la zona: el humedal, el palmar, el bosque serrano, el pastizal y la costa oceánica (López Mazz y Castiñeira 2001; Moreno 2003; López Mazz 2001) (Cuadro 2). Asimismo, los materiales arqueológicos están vinculados a la caza especializada, la pesca, así como al procesamiento de vegetales, principalmente el butiá (Clemente-Conte y López Mazz 2022; López Mazz y Castiñeira 2001; López Mazz *et al.* 2010a; 2010b; 2011a; 2011b; 2011c).

Filiación zoológica	NISP	%
Mamalia	218	29
Artiodactyla	6	<1
Rodentia	46	6
Apereá *(Cavia Aperea)*	29	3
Nutria (*Myocastor coipus*)	3	<1
Peces	289	34
Mulita (*Dasypus hybridus*)	6	<1
Indeterminado	243	26

Cuadro 3: Grupos taxonómicos identificados, número total de fragmentos óseos por taxón (NISP) y porcentaje sobre el total de la muestra. Sitio Arqueológico "Los Indios" excavaciones I y II. Tomado de Moreno (2003: 79).

Los patrones de asentamiento están vinculados a una topografía estructural que "ordenó la construcción de un paisaje antrópico" por medio de una "correlación significativamente alta entre lugares topográficos dominantes y la localización de estructuras monumentales en tierra" (López Mazz y Pintos 2001: 184). Asimismo, este ordenamiento primario estuvo regulado en el tiempo y el espacio por las variaciones ambientales de las diferentes unidades del paisaje con las que los humanos estuvieron estrechamente ligados, generando una circunscripción de las ocupaciones en torno de los recursos, principalmente palmares y humedales, que se alternan con la costa oceánica (López Mazz y Pintos 2001; López Mazz y Gianotti 2001).

La mayor parte de la información y lo más relevante se ha obtenido a través de las excavaciones realizadas en diferentes sitios arqueológicos estratificados como: Rincón de los Indios, Punto Geodésico, Rubio, Potrerillo, Restinga y Estancia Laguna Negra (López Mazz 2001; 2013; López Mazz y Bracco 1992; 1994; López Mazz y Castiñeira 2001; López Mazz y Gianotti 2001; López Mazz *et al.* 2009a; 2009b) (Figura 12). En los últimos dos, con la particularidad de contener sitios sumergidos que se encuentran en la superficie del fondo de la costa de la laguna, y que han sido estudiados en ocasiones de bajantes (López Mazz *et al.* 2010a; 2010b; 2011a; 2011b; 2011c).

Asimismo, las prospecciones arqueológicas realizadas por grupos de pioneros, así como posteriormente por proyectos de investigación de la Universidad de la República (Udelar), reconocieron una gran cantidad de cerritos de indios en las sierras La Blanqueada y Los Difuntos, así como en bordes de terrazas medias ubicadas entre la sierra, el palmar y la laguna (LAG[3]; LAPPU[4]; PTEU[5]; López Batista 2018; López Mazz y Pintos 2000; 2001) (Figura 12). Del mismo modo en la zona de Potrero Grande se identificaron 138 estructuras monticulares agrupadas en 66 sitios según Gianotti (2015), entre los cuales se encuentra el sitio Los Indios.

[3] Laboratorio de Arqueología y Geociencias. Centro Universitario Regional Este (CURE) – Rocha.
[4] Laboratorio de Arqueología del Paisaje y Patrimonio del Uruguay. Centro Universitario Regional Este (CURE) – Rocha.
[5] Poblamiento Temprano del Este de Uruguay. Proyecto CSIC I+D (2010-1014). Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (FHCE).

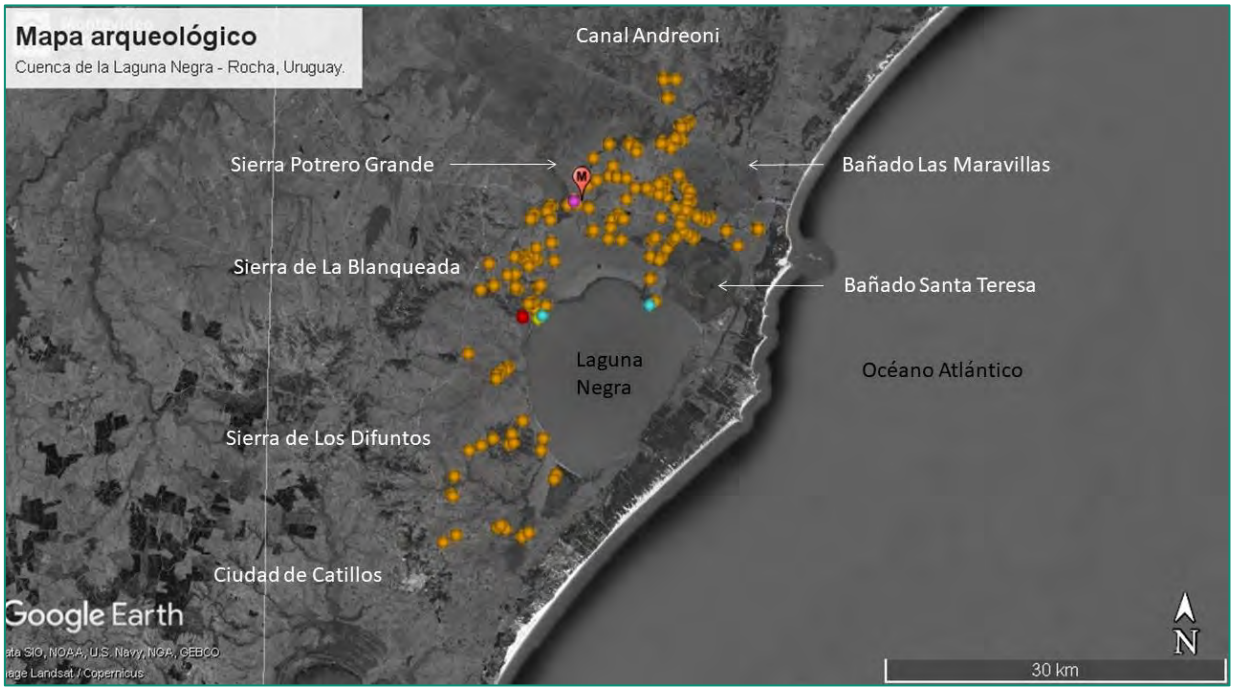


Figura 12: Localización de los sitios arqueológicos de la cuenca de la Laguna Negra. Naranja: cerritos de indios (Holoceno superior; Rojo: cerritos de indios sin georreferenciación de campo; Celeste: sitios con ergología temprana (paleoindio); Violeta: excavación V del sitio Los Indios (Holoceno inferior); Amarillo: Excavación I ELN, ergología correspondiente a la cultura de constructores de cerritos; M: muestreos, bañado las Maravillas. Datos recolectados e integrados a partir de Gianotti (2015); LAPPU-CURE (2023); LAG-CURE (2023); PTEU-FHCE (2011).

Relacionado a estos sitios y otros como la mencionada "isleta", se recogieron materiales arqueológicos por parte de pioneros de la Arqueología del Uruguay como Francisco Oliveras, entre los cuales se destaca la gran cantidad de diferentes tipos de artefactos conocidos como "piedras con hoyuelos" (ANEXO I), que se guardan en el Museo Nacional de Antropología (MNA). En la misma colección también existen puntas de proyectil y herramientas sobre lasca, así como otros picoteados y pulidos como pesas de red, manos de moler y morteros de molienda, que dan cuenta de actividades como el procesamiento de alimentos vegetales, así como de la pesca. Según el relevamiento bibliográfico de antecedentes realizado por Bortolotto (2018), "la distribución regional de las piedras con hoyuelos comprende los ríos Paraná y Uruguay, la costa Atlántica de nuestro país y hacia el Sudeste de Brasil" y "presentan una dispersión temporal que va desde *circa* ^{14}C 8500 años AP en Rocha hasta *circa* ^{14}C 416 años AP en la Provincia de Buenos Aires" (Bortolotto 2018: 81). Se proponen diferentes funcionalidades para este tipo de artefacto tan difundido en el tiempo y el espacio, entre los cuales se encuentra la de romper cocos, iniciar fuego, realizar perforaciones, sobar cueros y fibras, entre otros; en Bortolotto (2018) puede

encontrarse un material muy detallado al respecto del amplio uso precolombino de estos artefactos.

Así como lo indican las herramientas arqueológicas, también las crónicas etnohistóricas reflejan el papel del manejo del cultivo (López Mazz *et al.* 2001). Por ejemplo, el cronista Jeronimo Rodrigues describe el manejo de recursos vegetales para poblaciones del Atlántico meridional brasilero en inicios del siglo diecisiete: "*Tem o ano repartido em quatro partes, tres meses comen milho, outros tres favas e aboboras, outros tres alguma mandioca, e os outros tres comen farinha de uma certa palmerinha* ..." (Cesar 1981: 25), Otras crónicas indican cómo estas costumbres fueron resignificadas por los descendientes de poblaciones indígenas de las tierras bajas del este uruguayo, por lo menos hasta la segunda mitad del siglo XIX como lo indica López Mazz (2001).

Sitio arqueológico Los Indios: posee una ubicación estratégica en la geografía regional, se conforma por dos penínsulas distanciadas 2Km en dirección Este-Oeste que funcionan como dos puntos duros conformados por planosoles que forman un cuello en el flujo animal/energético de una zona baja dominada por la dinámica del Aº Los Indios, los bañados contiguos Las Maravillas, San Miguel y Sta. Teresa, así como por la Laguna Negra. Este entorno topográfico trae aparejadas dos situaciones sociales: i- permite un control sobre los recursos de los bañados (López Mazz y Gianotti 2001); ii- conforma el único paso entre la costa y el interior en aproximadamente 60Km (Gascue *et al.* 2009; López Mazz *et al.* 2009b). El sitio está asociado al denominado “camino del indio” (Ruta Nacional N°14), junto a otros sitios con estructuras monticulares, lo que indicaría una vía de tránsito que promovería la movilidad para los grupos, que obtenían tanto recursos de la costa atlántica como de las lagunas y bañados costeros, además del aprovisionamiento de materias primas, que para el período arcaico (*circa* ^{14}C 9000/7000 AP) se propone como particularmente alóctono (Gascue *et al.* 2009; López Mazz *et al.* 2009a; 2009b).

Para el sitio se propusieron cuatro períodos arqueológicos fundamentados cronoestratigráficamente: Pre-cerrito, Cerrito Precerámico, Cerrito Cerámico I, Cerrito Cerámico II (López Mazz *et al.* 2009b) (Cuadro 4).

Años cal. AP	Período	Fuentes	Período ambiental
742	Cerrito Cerámico II	López Mazz 2001	Holoceno superior
769	Cerrito Cerámico II	López Mazz 2001	Holoceno superior
1572	Cerrito Cerámico I	López Mazz 2001	Holoceno superior
2002	Cerrito Cerámico I	López Mazz 2001	Holoceno superior
2769	Cerrito Cerámico I	López Mazz 2001	Holoceno superior
2973	Cerrito Cerámico I	López Mazz 2001	Holoceno superior
4500*	Cerrito Precerámico	López Mazz *et al.* 2009b	Holoceno medio
7884	Pre-Cerrito	López Mazz *et al.* 2009a	Holoceno medio
9494	Pre-Cerrito	López Mazz *et al.* 2009a	Holoceno inferior

Cuadro 4: Cronología arqueológica del sitio Los Indios: (López Mazz 2001; López Mazz et al. 2009a; 2009b). Los fechados fueron calibrados en base a las fechas publicadas en antecedentes, mediante *OxCal. V4 3.2 Ramsey (2017); r5; ShCal13 *Athmospheric curve* (Hong *et al.* 2013).

El período Pre-Cerrito (9494 – 7884 años cal. AP) es un escaso componente para el período arcaico (Holoceno inferior) de la cuenca de la Laguna Merín, está compuesto por grupos de cazadores–recolectores con una alta movilidad en función de su aprovisionamiento lítico (López Mazz *et al.* 2009a; 2009b; Gascue *et al.* 2009). Estudios sobre los sedimentos arqueológicos han determinado que el sitio se encontró durante un largo período posterior al Holoceno inferior, bajo condiciones anegadizas que provocaron el lavado del horizonte A del suelo, generando un horizonte eluvial descrito por Machado *et al.* (2019) en donde se encuentran miles de evidencias de una ocupación arqueológica del Holoceno inferior. Estas evidencias corresponden a material lítico principalmente, donde se reconocen desechos de talla de todas las etapas de la manufactura destacándose una alta frecuencia de puntas de proyectil (Gascue *et al.* 2009; López Mazz *et al.* 2009a; 2009b; López Mazz 2013). No se han relevado evidencias tecnológicas vinculadas al pulido y picoteo, típicas de la confección de herramientas para cazar y procesar alimentos (ej. morteros, molinos, “manos”, bolas de boleadora, entre otros). El material faunístico presenta una alta fragmentación sin rodamiento, en ocasiones fragmentos quemados y calcinados. Se

identificó la presencia de diferentes *taxa* como: *Myocastor coipus*, *Cavia aperea* y/o *Ctenomys latro*, cricétidos, *Ozoteceros bezoarticus o Mazama gouazoubira*, así como peces (*hoplias malabaricus sp.*) (Sotelo y López Mazz 2015). El material vegetal es muy escaso en el sitio, pero se han identificado fragmentos de carbón de combustiones locales (fogón estructural), así como de "coquitos" de palmera de butiá quemados (López Mazz *et al.* 2009a; 2009b).

El período "Cerrito Precerámico" está propuesto por López Mazz *et al.* (2009b: 92) como el más antiguo correspondiente a las culturas de Constructores de Cerritos para la región de lagunas costeras. Se identifica una reducción en la movilidad con respecto al período precedente, no obstante, se observa en la cronología del sitio, un hiato entre estos dos de aproximadamente 2600 años (López Mazz 2001; López Mazz *et al.* 2009b). Este período carece de fechados absolutos, pero se estima en torno a los 4500 años AP (López Mazz 2024: com. pers.)

El período Cerrito Cerámico I (2973 – 1572 años cal. AP), se presenta como el de mayor duración y se corresponde con una intensa transformación a través del tiempo, el surgimiento de zonas domésticas, la remodelación de espacios, la realización de terraplenes y la configuración de sitios de valor ceremonial que sugieren la necesidad de satisfacer mayores niveles de integración social (López Mazz *et al.* l999). Los rangos de movilidad se redujeron al máximo según los estudios de aprovisionamiento de materiales líticos para la manufactura de herramientas (Gascue *et al.* 2009; López Mazz *et al.* 2009b). Se identifica para este período el manejo de cultivos como *Zea mays* y *Phaseolus* mediante el estudio de granos de almidón (Iriarte *et al.* 2001).

El componente Cerrito Cerámico II (769 – 742 años cal. AP) es el final de la ocupación de constructores de cerritos y está asociado en su tope con el contacto europeo (López Mazz *et al.* 2009b: 94). Los rangos de movilidad para la obtención de materias primas líticas se mantienen siendo locales y regionales. Para este período se destaca en la zona una alta interconectividad social entre los pueblos de constructores de cerritos (López Mazz 2001). Existen restos óseos humanos en la gran mayoría de los cerritos de indios excavados, lo cual tiene connotaciones

sociales y simbólicas en torno a la ceremonialidad como una de las explicaciones funcionales (López Mazz *et al.* 2004). A esto se suma la distribución que estos sitios tienen en el paisaje, como "un sistema de reclamación de territorios y recursos" (López Mazz *et al.* 2004). Otro elemento de la complejidad cultural adquirida en este último período prehispánico en la región es que, según la ergología de los sitios, se fortalece y generaliza el procesamiento de vegetales (López Mazz *et al.* 2004; 2014).

En la península Oeste del sitio no se han realizado excavaciones arqueológicas que arrojen información precisa, pero se reconocen las ocupaciones correspondientes a los períodos de constructores de cerritos (López Mazz y Gianotti 2001; Machado 2009; 2012). De esta manera se conforma una localidad arqueológica que cuenta con cuatro estructuras monticulares en la península Este, siete en la península Oeste y una en el bañado equidistante a ambas; el conjunto asciende al número de 12 estructuras monticulares (López Mazz y Gianotti 2001; Machado 2009; 2012).

Sitio arqueológico Potrerillo: el sitio está emplazado en una colina de 30msnm, cubierta por un palmar poco denso y con "manchones" de bosque serrano, próxima al bañado de Sta. Teresa, al Aº Los Indios, a la Laguna Negra, y al Océano Atlántico (López Mazz y Castiñeira 2001). Se destaca la intervisibilidad regional, ya que presenta un campo visual excelente respecto a otros sitios ubicados en la Sierra de los Difuntos, Rincón de los Indios, Potrero Grande, así como en la Sierra de La Blanqueada. La posición es estratégica también en cuanto al tránsito porque se ubica en el cruce de caminos que permiten unir la costa atlántica con la Laguna Negra y la zona de Potrero Grande. Sus características le dan a la localidad una posición particular en la "red de sitios regional, compuesta también por sitios superficiales, estratificados, canteras, amontonamiento de piedras (*cairnes*) y otros sitios con túmulos" (López Mazz y Castiñeira 2001: 148).

Los elementos componentes del sitio son tres "cerritos de indios", un microrrelieve y una depresión atribuida a una zona de préstamo (López Mazz y Castiñeira, 2001: 147). Los tres cerritos de indios no son mayores a los 0,80m de altura y 35m de diámetro (López Mazz y Castiñeira 2001). La datación más temprana del sitio es de *circa* ^{14}C de 3820 años AP (López Mazz y Castiñeira 2001), coincidiendo con una

de las más antiguas para el horizonte arqueológico de “cerritos de indios” en la zona de lagunas costeras (Bracco *et al.* 2000). En la UE correspondiente a *circa* ^{14}C 2600 AP se registró la presencia de “venado, ciervo, apereá, nutria, capibara, comadreja y lobo marino” (López Mazz 2001: 243).

Sitio arqueológico Restinga: se localiza en una de las penínsulas de la zona de Potrerillo, y generalmente está bajo agua en la Laguna Negra. No obstante, el sitio emerge en momentos de bajantes, descubriendo materiales arqueológicos precolombinos. En estas ocasiones se han realizado relevamientos directos de recolección superficial, así como de sondeos que apuntaron a reconocer la estratigrafía natural y cultural del sitio. Las recolecciones superficiales permitieron recuperar 118 artefactos líticos entre los que se cuenta con lascas, núcleos, percutores e instrumentos tallados y pulidos, donde se destacan las boleadoras, los bifaces, así como pesas de línea o de red (López Mazz, *et al.* 2009b). Los tres sondeos realizados no registran material, sí la presencia de tres UE, una superficial, agrietada en el tope, limosa muy compacta y de color anaranjado; otra que la subyace, arcillosa gris oscura con motas anaranjadas; y una tercera por debajo de éstas, franco grisáceo con concreciones milimétricas de CaCO3, de la que no se alcanza la base a causa de la anegación (López Mazz *et al.* 2009b).

Sitio arqueológico Estancia Laguna Negra: está compuesto por una playa que se encuentra entre dos puntos rocosos altos. En la misma escurren dos cursos intermitentes, que desembocan en la laguna y vienen desde la parte alta de la Sierra de la Blanqueada. Esta ladera es de pastizales y se corona con una pequeña estructura monticular característica de la zona. En las cabeceras de playa, los puntos rocosos están cubiertos por monte serrano.

En 1987 durante los trabajos de prospección de la Laguna Negra llevados adelante por la CRALM se recolectó una importante colección de puntas de proyectil (Bracco y López Mazz 1992). Veinte años después, se realizó una prospección en la costa noroeste de la laguna en donde se ubicaron dos concentraciones de material arqueológico, coincidiendo una de éstas con el mencionado sitio: Estancia Laguna Negra (López Mazz *et al.* 2009a). Se realizaron recolecciones superficiales

exhaustivas de materiales que se localizaban en la línea de costa. El material normalmente estaba bajo agua, habiendo sido afectada su posición original (López Mazz *et al.* 2011b). La excavación arqueológica realizada en el sitio se ubicó en una de las cabecearas de playa, en la parte alta dentro del bosque serrano. La información de esta corresponde a las culturas de constructores de cerritos, habiéndose recuperado material cerámico decorado, así como material lítico formatizado en materias primas locales, sin la presencia de material óseo (punta de proyectil) (López Mazz *et al.* 2011b).

2.4.4. Períodos recientes y la creciente antropización del medio

La zona de estudio ha tenido una fuerte antropización del medio en tiempos recientes, según se aprecia en los antecedentes relevados (Bueno 2021; del Puerto 2015). La misma, presenta un aumento sostenido desde el Holoceno medio hasta ~250 años cal. AP (~1700 AD) donde comenzó un crecimiento mucho más acelerado hasta nuestros días (del Puerto *et al.* 2013). Esto está bien documentado por estudios recientes desarrollados en otros sistemas de la región, como la Laguna Merín, que "está perdiendo su capacidad de resiliencia y el uso masivo de agroquímicos puede haber desencadenado este cambio" (Bueno 2021: 87). A partir de finales de la década de 1970 suceden escalonadamente cambios drásticos en el estado de conservación del ambiente. Estos van desde la presencia de micro plásticos en la estratigrafía a causa de la industrialización, hasta el aumento en la eutrofización del sistema debido al incremento e intensificación en las prácticas agrarias intensivas y extensivas del cultivo de arroz y soja, donde se comenzaron a utilizar fertilizantes, pesticidas y suministro de agua controlado por riego para una nueva variedad de arroz y un incremento muy alto en la producción de soja (Bueno 2021; Bueno *et al.* 2021; Kruk *et al.* 2022).

Ya en el período colonial la ganadería estaba instalándose fuertemente en la región con el cometido de producir tasajo para sostener los regímenes de esclavitud en las colonias norteamericanas (López Mazz *et al.* 2020). En ese sentido:

> “Fueron los caciques güenoa-minuanes desde el siglo XVII, los primeros ganaderos de caballos, de vacas y de mulas de la Banda Oriental. Comerciaban con los jesuitas en el río Uruguay, con los portugueses de Río Grande do Sul, los españoles de Buenos Aires, así como con piratas holandeses y franceses (Barrios Pintos 2013; Martins Farias 2013)” (en: López Mazz *et al.* 2020).

Asimismo, Dabezíes *et al.* (2021) relevaron estructuras de palmas de *Butia odorata* que:

> “… son uno de los cerramientos ganaderos más antiguos (siglos diecisiete y dieciocho) de la Banda Oriental, vinculados a formas indígenas de manejo vegetal y animal que se fueron reajustando durante la colonización europea de este sector fronterizo del Cono Sur de América.” (Dabezíes *et al.* 2021: 336).

En 1768 se instala la primer estancia latifundista en Laguna Negra (El Oratorio) por parte de José Gerónimo de Sosa quién reclama ante Buenos Aires la zona y expulsa a los grupos de indígenas minuanes que allí habitaban y comercializaban ganado y posteriormente se instala la familia Correa (López Mazz *et al.* 2020).

Además de la ganadería, otro agente de cambio acelerado es la construcción de canalizaciones. Las mismas se vinculan al drenaje natural y se utilizan con la finalidad de desecar los campos inundables para el uso ganadero y del cultivo de la soja y/o inundar zonas para el cultivo de arroz (Figuras 13, 14, 15). Las políticas de preservación ambiental por parte del Estado son ausentes o en todo caso los controles estatales han sido tardíos o inexistentes. Un análisis detallado de esto se puede ver en Kruk *et al.* (2022), donde además demuestran que las canalizaciones no declaradas exceden más de 700 veces a las estatales y/o declaradas. El propio Estado uruguayo ha impulsado los drenajes de las tierras bajas inundables desde fines del siglo XIX con la construcción del sistema del canal Andreoni, que tuvo un incremento a partir de la década de 1970. Para ese momento, la Dirección Nacional de Relaciones Públicas (DINARP. Creada en la dictadura uruguaya en 1975 con el decreto 166/975), que fue una de las formas de propaganda que tuvo el régimen para mostrar sus "logros”, transmitía en su Informativo para cine “Uruguay Hoy” lo siguiente:

“. . . por primera vez en el Departamento de Rocha se hace realidad un anhelado sueño: la recuperación de tierras a los bañados de esta zona. […] se inició la obra que permitirá recuperar más de 140.000 Has. Fundamentalmente los trabajos consisten en bajar el nivel de agua hasta la Laguna Negra, que desbordan y anegan extensas zonas dejándolas improductivas. . . “(https://www.youtube.com/watch?v=CMCpD6Aes4o).

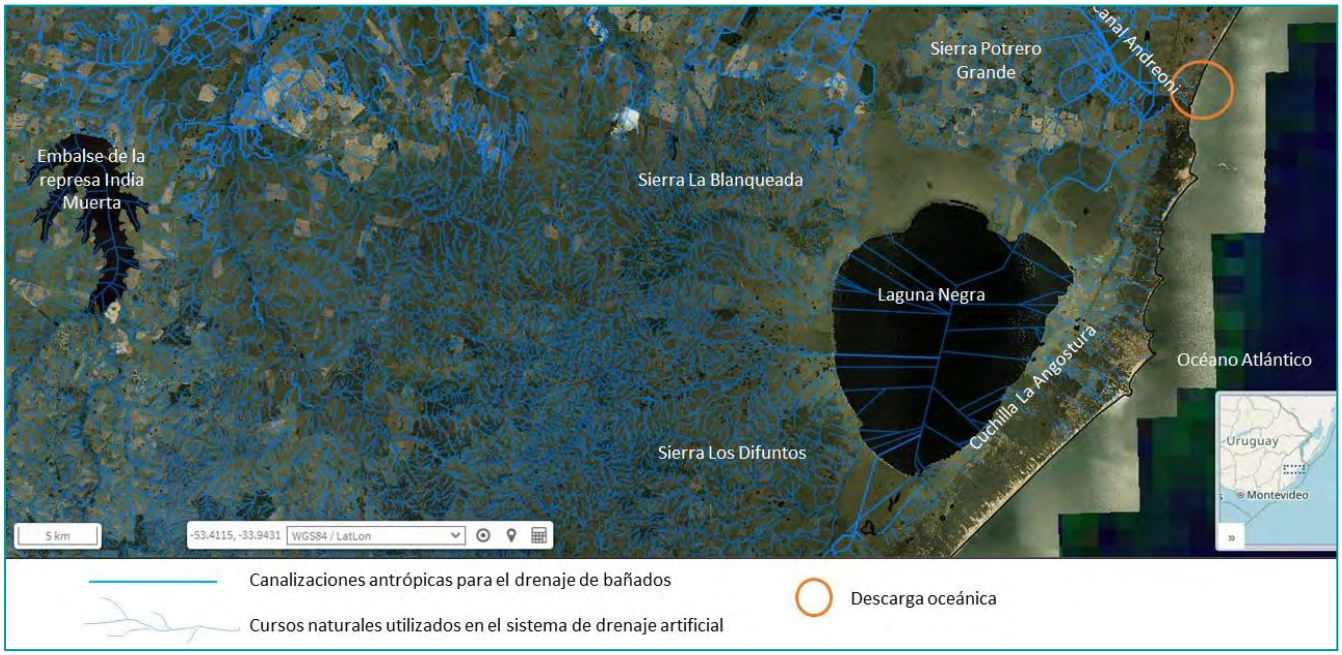


Figura 13: Sistema de drenaje endorreico natural, modificado a través de un entramado de canales artificiales para descargar en el océano. Datos tomados de IDUy https://visualizador.ide.uy/ideuy/core/load_public_project/GeoportalINE/#

Actualmente y con la vigente Ley de Riego Nº 16858, el uso indiscriminado de canalizaciones, así como de retenes de agua, según convenga al uso ganadero, de arroz o soja, son comunes en la zona.

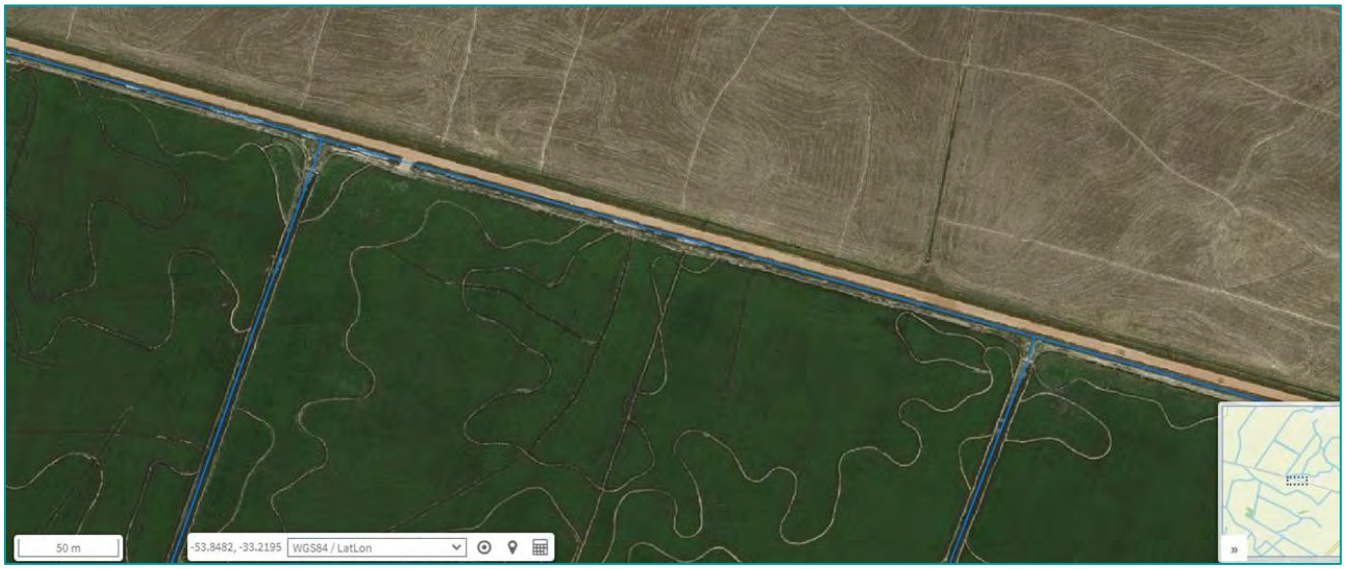


Figura 14: Cultivo de arroz, manejo del agua por medio de canalizaciones (azul). Imagen satelital https://visualizador.ide.uy/ideuy/core/load_public_project/GeoportalINE/#

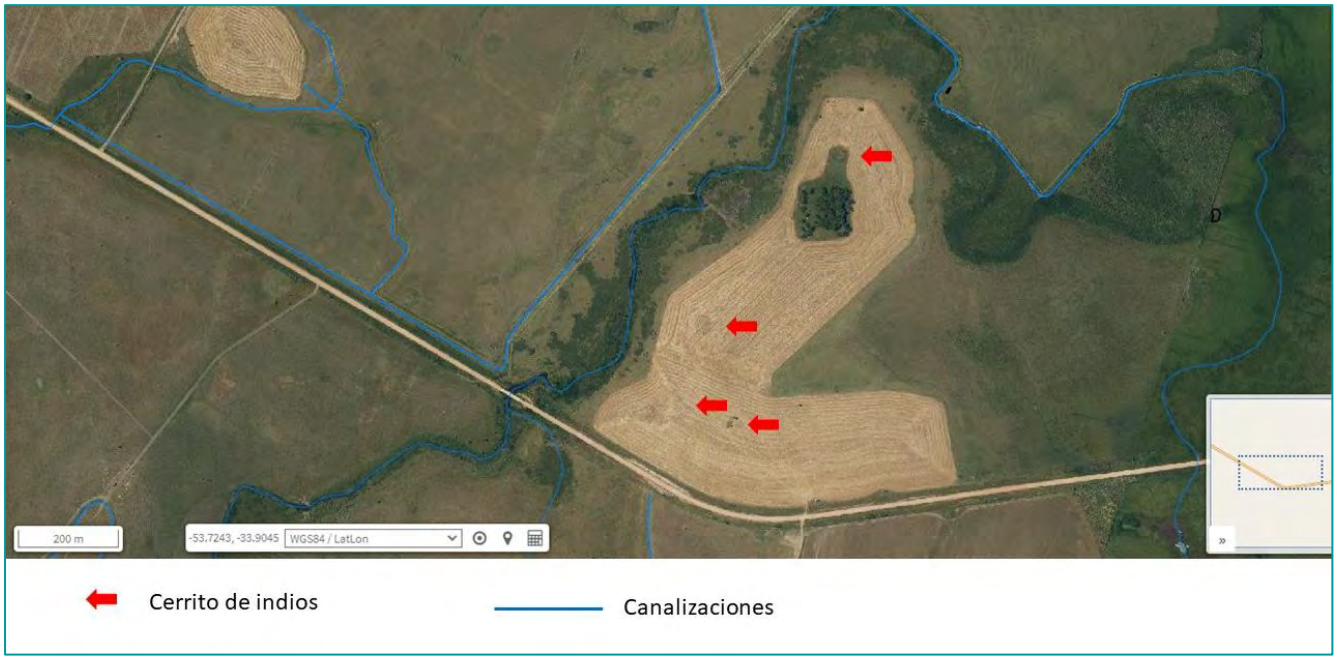


Figura 15: Península Oeste del rincón de Los Indios, cerritos de indios en plantación de soja. Imagen satelital IDUy https://visualizador.ide.uy/ideuy/core/load_public_project/GeoportalINE/#

Según Kruk *et al.* (2022) el "estado y los productores agropecuarios (principalmente arroceros) [son] quienes tienen mayor poder de decisión y han ejercido más presiones sobre el territorio y sus habitantes" (Kruk *et al.* 2022: 3). Actualmente se está construyendo una obra estatal por parte del Ministerio de Transporte y Obras Públicas – Dirección Nacional de Hidrografía (MTOP-DNH), que involucra entre otras cosas, el cavado de un canal que conecta la Laguna Negra con la Laguna Merin (Figura 16). Según el Decreto N° 345/992 de 1992 (Programa Regional de Desarrollo

de la Cuenca de la Laguna Merín. Plan de Regulación Hídrica): "…desde el año 1978 se han construido diversidad de obras públicas y privadas en el departamento de Rocha en forma independiente, sin ceñirse a un proyecto o plan general que considere como unidad hidrológica a la región;" (https://www.impo.com.uy/bases/decretos/345-1992).

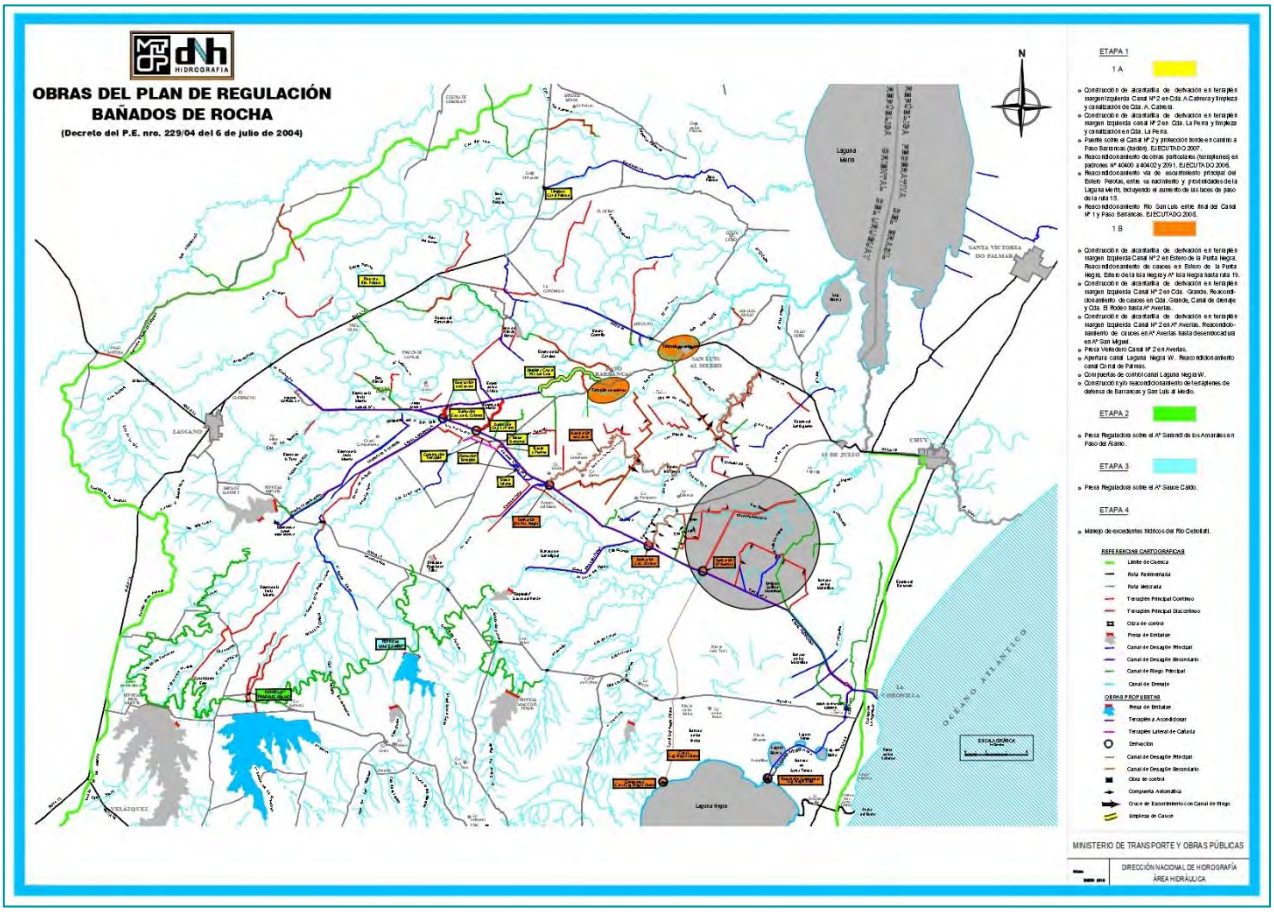


Figura 16: Obra actual. Plan de regulación de bañados de Rocha. MTOP – DNH.

3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

El objetivo general es comprender la interrelación humano-ambiental durante el Holoceno medio y tardío en la cuenca de la Laguna Negra, abordando la interpretación de las condiciones paleoambientales y paleoclimáticas bajo las que se produjeron las ocupaciones humanas de la cuenca de la Laguna Negra (sector Norte, bañado Las Maravillas) en general y del sitio arqueológico adyacente Los Indios en particular.

Los objetivos específicos son: i- reconstruir los cambios de vegetación de la cuenca y los ambiente de depósito durante el Holoceno en el bañado Las Maravillas; ii- interpretar estas dinámicas en términos paleoclimáticos y paleoambientales; iii- correlacionar las inferencias paleoclimáticas y paleoambientales realizadas con los modelos de reconstrucción paleoamabiental existentes; iv- correlacionar la secuencia paleoambiental con los patrones de ocupación y la estratigrafía arqueológica del sitio, en términos depositacionales y postdepositacionales; v- identificar en el registro evidencias de impactos antrópicos desde el Holoceno medio en la cuenca de la Laguna Negra.

La principal hipótesis refiere a que existe un vínculo entre las variabilidades climáticas, ambientales y culturales del pasado en la zona de estudio, que se expresa en forma tal que: i- el sitio habría sido ocupado durante períodos en que las condiciones climáticas y ambientales fueron propicias para el asentamiento y la subsistencia humanos, con desarrollo de los ambientes de humedal y mayor disponibilidad de recursos; ii- los periodos de abandono del sitio se corresponderían con la instalación de condiciones ambientales menos favorables como zonas inundadas de baja productividad, períodos más secos y fríos, retrocesos del humedal y menor disponibilidad de recursos para la subsistencia; iii- Las estrategias culturales de adaptación y subsistencia también generaron impactos y respuestas ambientales, que se habrían acelerado e intensificado en el Holoceno tardío y el Antropoceno.

4. METODOLOGÍA

4.1. Método: abordaje multi-indicador como estrategia de Investigación en tierras bajas del este uruguayo

El paleoclima es el clima que existió previamente al período de las mediciones instrumentales (cuyo registro no puede dar cuenta de la variabilidad climática para lapsos mayores a su propio espectro) y se trata del estudio de los fenómenos naturales que son clima-dependientes y que incorporan en su estructura una medida de esta dependencia (Bradley 1999). Estos fenómenos proporcionan un registro indirecto o *proxy* del clima y es el estudio de estos indicadores el fundamento más fuerte y reciente de la paleoclimatología. Los registros ambientales son archivos naturales de las condiciones y cambios climáticos y ambientales, existentes en anillos de árboles, corales, testigos de hielo, varvas lacustres, sedimentos marinos y fluviales, entre otros. Estos registros contienen indicadores que permiten inferir condiciones ambientales y climáticas. Es así como se estudian el tamaño, la forma, e incluso la orientación de los diferentes granos de sedimentos; también los microfósiles de algas (diatomeas, crisofitas) y plantas (fitolítos, polen y palinomorfos no polínicos, esporas, carbones), para construir un discurso científico acerca del pasado ambiental y climático de la Tierra.

El presente trabajo plantea un abordaje multi-indicador, integrando análisis sedimentológicos, geoquímicos, geocronológicos y micropaleobotánicos en secuencias paleolimnológicas a fines de caracterizar los ambientes pasados y los cambios climáticos y ambientales acaecidos durante el Holoceno medio y tardío y reconstruir la línea de base sobre la que tuvieron lugar las interacciones humano-ambientales en ese periodo. Para ello se hace énfasis en la caracterización sedimentológica (texturo-composicional) y geoquímica de las secuencias sedimentarias, buscando identificar cambios en las fuentes de aporte y en los mecanismos de transporte, depósito y diagénesis de los estratos, vinculables a cambios a nivel de la cuenca y la región. Esta información se integra y da contexto a la generada por los indicadores micropaleobotánicos, que buscan reconstruir cambios en los cuerpos de agua y en la vegetación de sus cuencas, vinculables a cambios climáticos y ambientales tanto naturales como antrópicos. Dentro de estos últimos la tesis hace énfasis en el análisis de

silicofitolitos, que son biomineralizaciones silíceas vegetales, producidas por el metabolismo celular de diversas plantas (Bertoldi de Pomar 1975; Zucol 1992). Estas partículas biosilíceas son isótropas y tienen morfometrías características, que permiten la identificación de los grupos de plantas de donde provienen, a diferentes niveles taxonómicos. Estos indicadores se muestran muy eficientes ya que tienen una gran perdurabilidad siendo relativamente insolubles, excepto a pH muy alto lo que podría ser un sesgo o limitante en suelos con estas características (Twiss 1980). A temperatura ambiente, la solubilidad del biosílice es equivalente a la de los minerales de silicato y hasta dos órdenes de magnitud mayor. Las tasas de disolución de los fitolitos son mínimas a pH 2–3, aumentando con valores de pH más altos, especialmente a > 8,5 (Stromberg *et al*. 2018). Por este motivo, en condiciones ácidas pueden ser recuperados sin sesgos ni alteraciones en suelos, paleosuelos, sedimentos y rocas de la Era Cenozoica (Twiss 1980). En el presente trabajo se realizaron mediciones de pH sobre LMC1 para testear el estado de conservación y descartar posibles sesgos en las variaciones de la cantidad de silicofitolitos con el paso del tiempo y la sucesión de ambientes correspondiente.

Los silicofitolitos son muy comunes en plantas monocotiledóneas, las que habitan en todos los ambientes del planeta, así como en dicotiledóneas leñosas, permitiendo la identificación de grupos taxonómicos (desde familia hasta especie) y funcionales (del Puerto *et al.* 2011). En este sentido, de especial relevancia para las reconstrucciones paleoclimáticas en ecosistemas de pastizales, es la posibilidad de discriminar fitolitos producidos en células cortas epidérmicas de gramíneas con mecanismo fotosintético C_3 versus C_4 (Twiss 1992). En este contexto, los silicofitolitos son buenos indicadores ambientales, sobre todo en ambientes de pastizales, dada la alta sensibilidad y la rápida respuesta a los cambios climáticos y ambientales que tienen las gramíneas (del Puerto 2009). Esta es la base para el desarrollo de los índices climáticos propuestos por Twiss (1992) a partir de la distribución mundial de especies de las subfamilias Pooideae, Panicoideae y Chloridoideae. Las pooides son gramíneas C_3 que predominan en zonas templadas a frías, de altas latitudes o altitudes y producen células cortas silicificadas de formas circulares, rectangulares, elípticas, oblongas (Twiss 1992). Las panicoides son del tipo C_4 y habitan zonas tropicales a subtropicales, produciendo formas con muchas variaciones de cruces y mancuernas. Finalmente, las chloridoides son gramíneas del tipo C_4 pero que dominan

en climas secos a semisecos o marcadamente estacionales en las precipitaciones y producen tipos de fitolitos con forma de montura (Twiss 1992) (Figura 17). Un análisis de abundancia relativa de los fitolitos producidos por estos grupos de gramíneas puede aportar, según Twiss (1992), estimaciones de temperatura y humedad, de mucha utilidad para períodos no registrados meteorológicamente. Estos índices han sido puestos a prueba y calibrados para la región de los pastizales del Río de la Plata por del Puerto (2009; 2015).

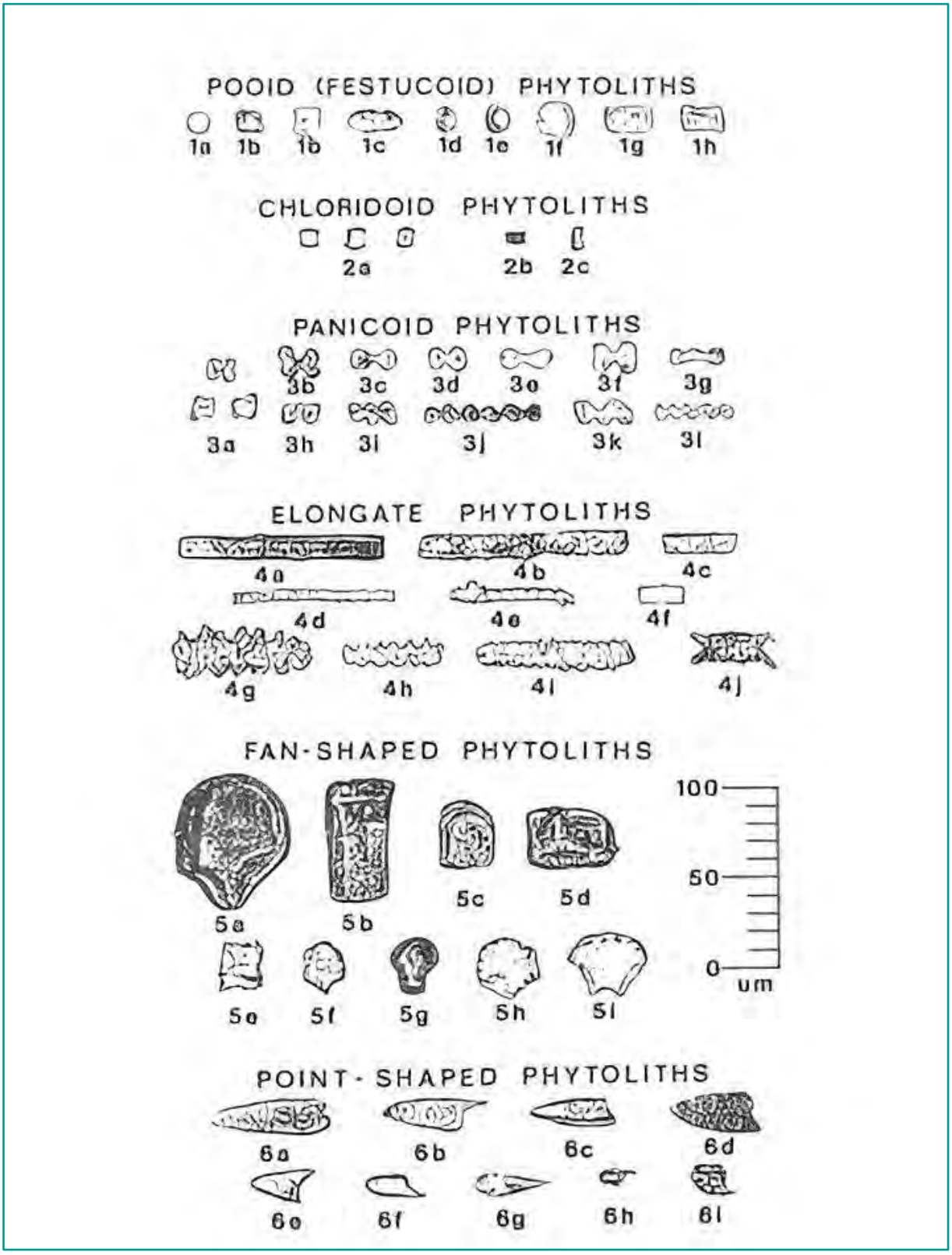


Figura 17: Clasificación de fitolitos de gramíneas. fitolitos pooides (festucoides), Clase 1; fitolitos cloridoides, clase 2; fitolitos panicoides, Clase 3; Fitolitos alargados, Clase 4; Fitolitos en forma de abanico, Clase 5; Fitolitos en forma de punta, Clase 6. Tomado de Twiss (1992: 115).

Además de las gramíneas, otros grupos vegetales son de gran relevancia para la reconstrucción paleoambiental. La relación leñosas:poáceas también cuenta

con índices desarrollados y calibrados para la región (Alexandre 1997; del Puerto 2009), aportando información sobre los cambios en la relación bosque-pastizal a través del tiempo.

También se tienen en cuenta las abundancias relativas de silicofitolitos de aracáceas que es la familia de las palmeras. En la cuenca de la Laguna Negra se presentan los palmares de *Butia odorata* más densos de la región; no obstante, los juveniles no resisten el pastoreo por lo cual los especímenes que se conservan son de edades centenarias (Rivas 2005). Esta palma es importante desde el punto de vista económico y simbólico entre los pobladores que habitan las tierras bajas atlánticas del cono sur americano, desde tiempos prehispánicos. Actualmente el fruto es la parte más utilizada (fresco, licores, mermeladas y jaleas, jugos, néctares, salsas, bollería, helados, peladillas, chocolates y dulces), en detrimento de otras partes de la palma que en el pasado jugaron un rol muy importante (corrales de palma, cestería, construcción habitacional, entre otros) (Dabezíes y Rivas 2023; Rivas *et al.* 2023).

Otros silicofitolitos de interés por su valor paleoambiental son aquellos generados por plantas hidrófilas, como las oryzeas, ciperáceas o las cannáceas, que aportan información sobre cambios en los niveles de agua y en el desarrollo de los ambientes de humedal (del Puerto 2009).

Asimismo, el registro de microcarbones es utilizado para la reconstrucción del historial de incendios en frecuencia e intensidad para diferentes escalas (Whitlock y Larsen 2001). Según la bibliografía consultada, en ecosistemas de pastizales el tamaño de las partículas de carbón vegetal recuperado puede ser vinculado a la distancia del incendio. Las partículas >100µm son principalmente representativas de incendios locales y las <100µm mayormente representan incendios extra locales, siendo las más pequeñas de esta categoría originadas a grandes distancias (Whitlock y Larsen 2001). Con el fin de estimar la intensidad y la frecuencia de incendios en el pasado, de los cuales no existen registros documentales ni dendrocronológicos, se analizaron tres intervalos de tamaño de microcarbones: (10µm-50µm); (50µm-100µm); (>100µm). Esta información se torna de especial importancia en la investigación de acuerdo al análisis de antropización de los paisajes, dado el carácter

antrópico de los incendios como quema intencional de campos para su utilización productiva, desde tiempos milenarios (Gianotti 2015; del Puerto 2015; del Puerto *et al.* 2023; entre otros).

La cronología fue calculada en base a fechados absolutos de radiocarbono. Los isótopos (inestables) de ^{14}C se producen en las capas altas de la atmósfera por la incidencia de los rayos cósmicos sobre el ^{14}N, luego son atrapados en la biósfera por parte de los organismos que lo incorporan a su metabolismo hasta el momento de su muerte donde comienza el proceso de descomposición radiactiva (Renfrew y Bahn 2011). Así, el peso isotópico de ^{14}C de una muestra indica el tiempo transcurrido a partir de la muerte del/los organismo/s que generaron la materia orgánica analizada en la muestra. En este caso la materia orgánica es detrítica (sedimentaria) por lo que está originada por la cobertura vegetal, principalmente. Otro análisis isotópico que se puede realizar sobre la MOS es el de $\delta^{13}C$ (estable), siendo sus resultados de utilidad para la correlación con abundancia de plantas C^3 y C^4, que si bien son empobrecidas en $\delta^{13}C$ con relación a su fuente de carbono inorgánico (CO_2 atmosférico), "las plantas C^3 son mucho más empobrecidas que las plantas C^4, con valores medios de -27,1 ± 2,0‰ y -13,1 ± 1,2‰ respectivamente" (Salazar-García y Silva 2017: 79).

Otra evidencia la proporciona la granulometría de los sedimentos clásticos. Ésta refleja el proceso de depositación, es decir el/los agente/s y ambientes depositacionales involucrados en la generación de los depósitos analizados. Los patrones en los puntos de muestreo representan las variaciones en un depósito de dos parámetros (C, una aproximación del tamaño máximo de grano; M, la mediana) son característicos del agente depositacional (Passega 1957). Las discusiones de los parámetros C y M mostraron que estos parámetros son indicadores de las condiciones hidráulicas bajo las cuales se depositaron los sedimentos (Passega 1977). Estos patrones CM están generalmente bien definidos y varían considerablemente con el tipo de agente depositacional. Los patrones CM entonces, son una herramienta que puede ser utilizada para reconstruir las condiciones de depositación de sedimentos antiguos (Cuaternario) (Passega 1957).

4.2. Muestreos

Se realizaron dos campañas de campo donde se obtuvieron cuatro testigos del fondo del bañado Las Maravillas, en la cuenca de la Laguna Negra, junto al sitio arqueológico Los Indios. Se escogió el sector del bañado ubicado al Noreste del sitio arqueológico, en un área de 1000m^2 donde la parte distal se encuentra a 100m de distancia de la costa del bañado y la proximal a 35m. Este sector fue seleccionado por su proximidad al sitio y por la accesibilidad disponible en cuanto a, distancia del borde de bañado, vegetación, profundidad de la columna de agua. En la primera instancia se extrajo el testigo LMC1 mediante la utilización de un muestreador de acero con pistón y desobturador, para la obtención de un núcleo de 4cm de diámetro y 61cm de profundidad (*Eijkelkamp Piston Sampler Set - EPSS*) en la ubicación UTM Sur 22, 249638.00 m E - 6245786.00 m S. En una segunda campaña de campo se utilizó para la obtención del testigo LMC2, un muestreador de policloruro de vinilo (MPVC) con pistón, de 5cm de diámetro y 60cm de profundidad, en la ubicación UTM Sur 22, 249627.00 m E - 6245767.00 m S. Asimismo, los testigos LMC3 y LMC4 se colectaron con una sonda rusa de 6cm de diámetro y 50cm de profundidad (*Rusian D-Sampler - RS*) en las ubicaciones UTM Sur 22, 249647.00 m E - 6245703.00 m S y 249586.00 m E - 6245750.00 m S respectivamente (Figura 17). En todos los casos, se extrajo un sector superficial de 20cm de profundidad aproximadamente mediante el uso de taladro holandés, con el fin de descartar sesgos por el pisoteo ganadero.

Adicionalmente, con el fin de comparar la composición mineralógica y testear la conectividad de sistemas vaso comunicantes de la cuenca, se incorporaron a los análisis muestras sedimentarias obtenidas previamente en el Canal Andrioni y en el bañado de Santa Teresa. Las primeras fueron obtenidas mediante un taladro de suelo tipo holandés y las segundas mediante *RS* (Figura 18).

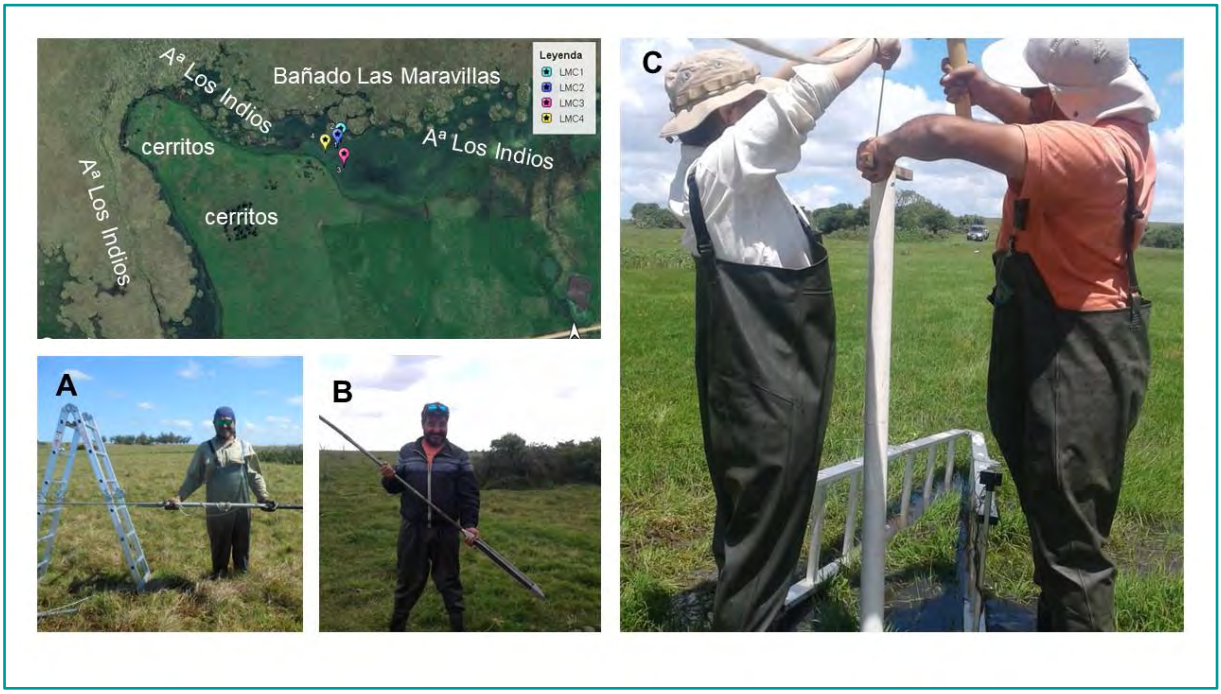


Figura 18: Sitio arqueológico Los Indios, sector de muestreos y tipos de muestreadores empleados. **A- muestreador de acero con pistón; B sonda rusa; C- muestreador de PVC con pistón.**

4.3. Caracterización preliminar y submuestreos

Dicha actividad consistió en abrir, describir y seccionar los testigos, que habían sido conservados en cámara de frío. El proceso de apertura de los núcleos varió de acuerdo al muestreador utilizado. El *EPSS* se desobtura por medio de presión desde el pistón hacia el núcleo por medio de una varilla que el equipo tiene incorporada. El MPVS se abre por medio del cortado longitudinal (vertical del núcleo) en el sentido de obtener dos “medias cañas”. La SR cuanta con una compuerta que se abre para quitar la muestra entera.

Se seccionaron en sentido vertical con la utilización de una tanza (LMC1 y 2), así como con una hoja de metal (LMC3 y 4) y se realizaron fotografías de detalle de los perfiles sedimentarios (Figura 19). Las descripciones de los testigos, incluyendo la designación de Unidades Estratigráficas (UE), se basaron en el color de la matriz (Munsell 2000), la textura del sedimento de forma ocular y táctil, el contenido de macrorrestos, la bioturbación y la estructura sedimentaria, siguiendo la Guía de Trabajos Prácticos de Sedimentología del Museo de La Plata (2014). Los testigos LMC1, 2 y 3 fueron seccionados en intervalos de 1cm por medio de la utilización de hojas

circulares metálicas, manteniéndose LMC4 intacto como respaldo. Esta actividad fue realizada en el LAG y en el Laboratorio de Micropaleobotánica (Lab.M) - CURE.

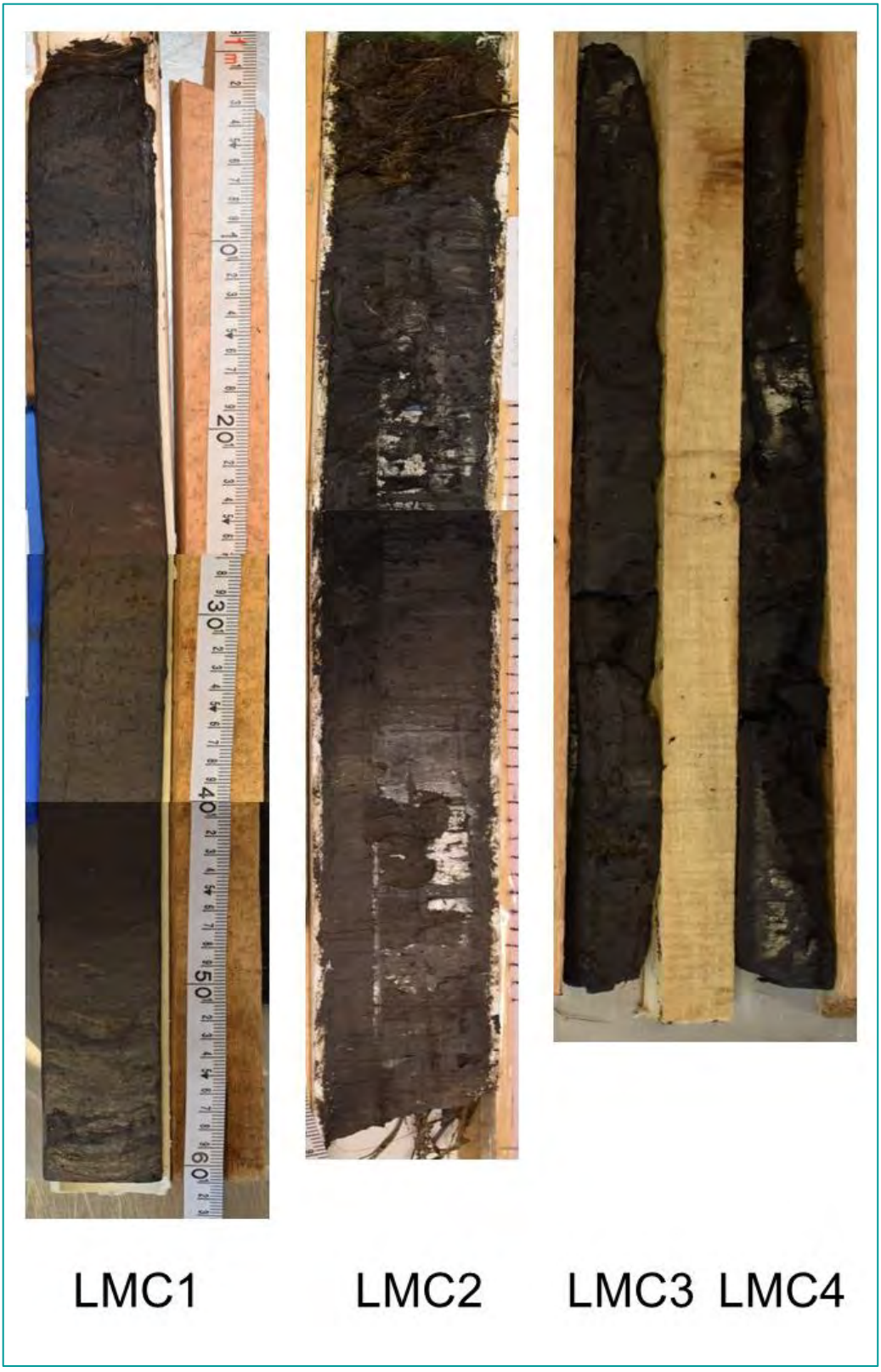


Figura 19: Perfiles sedimentarios de los núcleos 1, 2 y 3.

4.4. Geocronología a partir del radiocarbono

Con el criterio de poder representar cronológicamente toda la secuencia, se seleccionaron tres muestras de sedimento con materia orgánica del testigo LMC1 para enviar al Laboratorio de la Universidad de Arizona, Estados Unidos, especializado en análisis de radiocarbono. Dichas muestras se obtuvieron a los 12-14 cm de profundidad (LMC1-01), 37-39 cm (LMC1-02) y 57-60 cm (LMC1-03). De este modo, se analizó el ^{14}C, que es un isótopo inestable utilizado para la realización de dataciones absolutas.

Las edades radiocarbónicas fuero calibradas mediante *OxCal. V4 3.2* (Bronck Ramsey 2017) y r5; ShCal13 *Athmospheric curve* (Hong et al. 2013). Las edades intermedias fueron calculadas mediante un modelo edad-profundidad ajustado a los fechados radiocarbónicos calibrados obtenidos. Para este registro sedimentario se aplicó interpolación lineal, ya que posee pocos fechados. Para los testigos 2 y 3 se realizó una correlación cronoestratigráfica a partir de la comparación entre UE.

4.5. Granulometría

Se seleccionaron muestras de los testigos LMC1, LMC2 y LMC3 en intervalos de 3cm, las que fueron enviadas al Laboratorio de Sedimentos de Santa Rosa – La Pampa, Universidad Nacional de La Pampa, Argentina, para su análisis granulométrico por medio de un contador láser de partículas modelo *Mastersizer 2000*. Los resultados fueron tratados con el Programa *Gradistat* V.8.0 para determinar los parámetros estadísticos con los cuales se construyeron los datos del tipo de muestra, el grupo textural, el nombre del sedimento modal, la media estadística, así como la oblicuidad y la curtosis de la distribución según Folk y Ward (1957). Asimismo, se utilizó papel probabilístico (ANEXO II) para hallar el percentil 1 ($Ø_1$), así como el valor de la mediana ($Ø_{50}$) en µm e ingresarlos al diagrama propuesto por Passega (1957, 1964).

4.6. Geoquímica: contenido de materia orgánica sedimentaria, Carbonatos, pH

Se seleccionaron muestras de los testigos LMC1 LMC2 y LMC3, en intervalos de 2 cm, para la determinación del contenido de materia orgánica y carbonatos. Se utilizó el método de pérdida de peso por calcinación según lo describen Heiri *et al.* (2001). Los análisis fueron realizados en las instalaciones de la Unidad de Ciencias y Epigénesis (UNCIEP) – Facultad de Ciencias (FC) y en el LAG – CURE Rocha.

La determinación de los tenores de pH se realizó sobre muestras de LMC1 con un intervalo de 5cm. Se midió el pH del sedimento en solución acuosa (relación suelo:agua 1:2.5) siguiendo métodos estándar (FAO, 2021) y realizando la lectura con un pehachímetro digita *Metter Toledo Seven 2Go*. Los análisis fueron realizados en las instalaciones del LAG – CURE Rocha.

4.7. Mineralogía

Se realizó la determinación mineralógica por medio de dos métodos independientes como son la Difracción de Rayos X (DRX) en muestra total y de argilominerales, así como la observación en microscopio petrográfico en muestras de arenas.

4.7.1. Difracción de Rayos X

Fue realizada mediante una pasantía en el Departamento de Desarrollo Tecnológico (DDT) CURE Rocha (2021-2022), con un equipo *Panalytical Empyrean* (2ª Gen.). Se seleccionaron ocho muestras correspondientes a tres muestreos en sitios vaso comunicados de la cuenca de la Laguna Negra como son el bañado Las Maravillas (LMC1 prof. cm: 8, 47, 52), el canal Andreoni (Cambara I prof. cm: 30 y 60, 90) y el bañado Santa Teresa (LN Zeballos prof. cm: 62 y 188) (Figura 20).



Figura 20: Ubicación de los muestreos para DRX.

El pretratamiento de las muestras comenzó con la limpieza de estas mediante la eliminación de la materia orgánica con peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y de los carbonatos con ácido clorhídrico (HCl). Se lavaron las muestras y se secaron a 50°C, luego se realizó un submuestreo mediante cuarteo, buscando la representatividad. Para muestra total, se molió la cantidad necesaria en mortero de ágata para evitar contaminación. Posteriormente se tamizó en malla de apertura 50µm con el fin de conseguir representatividad de la muestra y el producto de ello se colocó en un portamuestra de carga posterior del equipo para su lectura.

Para el análisis de argilominerales, se procedió a separar una fracción de sedimentos menores a 1/256mm (materiales de tamaño arcilla) con el objetivo de identificar los argilominerales de la muestra en tres preparados (natural, glicolada y calcinada) a través de la difractometría de rayos X, obteniendo así las distancias interplanares características de cada una de ellas. La primera variante (preparado natural) presenta su distancia interplanar de referencia mientras que en las otras dos se observan alteraciones específicas que determinan la mineralogía de la muestra. Estas alteraciones se corresponden de la siguiente manera: i- en el caso de la muestra

glicolada se genera el intercambio de agua interplanar de las arcillas del grupo de la esmectita por etilenglicol ($C_2H_6O_2$), lo que hace separar los planos basales notoriamente dado el tamaño mayor de las moléculas de $C_2H_6O_2$ respecto a las de agua; ii- el calcinado se realiza para remover capas de agua interplanar, lo que repercute en la contracción del espacio interplanar de arcillas expansivas así como en un mejor desarrollo en los planos de arcillas no expansivas.

Una detallada descripción de todo el procedimiento se puede apreciar en el Informe: “Mineralogía por medio de la difracción de rayos X de polvo: sedimentos paleoambientales y arqueológicos – muestra total y argilominerales” (ANEXO III).

4.7.2. *Microscopía petrográfica*

Fue realizada en el Instituto de Geología de la FC, con un microscopio petrográfico Leitz HM Pol., lente 4/0-12. Se seleccionaron muestras buscando la representatividad de las UE descritas ocularmente. Así, se analizaron 5 muestras de LMC1 sin cuantificación (prof. cm: 11, 33, 40, 49, 55) y 11 muestras de LMC2 con la cuantificación de 50 individuos por muestra de promedio (prof. cm: 06, 10, 16, 20, 26, 30, 34, 40, 46, 50, 56), para determinar mineralogía y morfometría.

A las muestras se les realizó un tratamiento de limpieza con H_2O_2 con el fin de remover la materia orgánica. Luego se procedió a la dispersión de arcillas por medio de la utilización de hexametafosfato de sodio ($Na_6[(PO_3)_6]$) al 5% (10mg en 50ml de H_2O). La muestra fue posteriormente sometida a ultrasonido por un lapso de 10´ con el objetivo de remover limos y arcillas en suspensión; luego se le realizaron hasta siete lavados con agua destilada.

Posteriormente se realizaron dos separaciones mecánicas con la utilización de tamices, en húmedo, obteniendo un intervalo de tamaño de grano entre las 125µm y las 150µm y otro mayor a 500µm. Las fracciones separadas se secaron a peso constante y luego se montaron en portaobjetos con la utilización de Entellán como medio de montaje.

El primer intervalo (125-150µm) fue seleccionado con el fin de lograr un frotis de minerales de espesor definido, dentro de un rango estrecho, para poder definir el menor intervalo granulométrico entre tamices ya que se considera como el retardo de longitud de onda proporcional al producto del índice de refracción y al espesor del mineral lo más restringido posible. Además, porque es una fracción enriquecida en minerales de alta densidad, ya que en los sedimentos naturales la diversidad mineral decrece con el aumento granulométrico (Ehlers 1987; Heinrich 1970; Kerr 1965).

4.8. Análisis micropaleobotánicos

De los núcleos LMC1, LMC2 y LMC3 se seleccionaron muestras de 1cm de espesor en intervalos de 3cm para la recuperación y análisis de microrrestos vegetales. Los análisis fueron realizados en las instalaciones del LAG y del LabM CURE - Rocha. A LMC1 se le realizaron análisis de concentración biosilícea, así como morfológicos y de microcarbones. Mientras que a LMC2 y 3 se les realizó solamente análisis de concentración biosilícea.

4.8.1. Concentración de microrrestos orgánicos y análisis de microcarbones

A las muestras seleccionadas se les realizó una primera extracción conjunta de todos los microrrestos vegetales juntos (orgánicos: microcarbones, palinomorfos; biosilíceos: silicofitolitos, valvas de diatomeas, cistos de crisofitas, espículas de espongiarios), evaluando el potencial de las muestras para otros análisis. Para ello se partió de 1,5cm^3 de sedimento fresco. Se agregaron 2 tabletas de marcador exótico (esporas de *Lycopodium*) y se siguió el protocolo de extracción conjunta de microrrestos según Lentfer y Boyd (1998), incluyendo la separación densimétrica con Polytungstato de Sodio a densidad 2,35 g/cm3.

Al finalizar la recuperación, se montaron preparados de todos los indicadores juntos y, posteriormente, se atacaron las muestras con ácido fluorhídrico (HF) para eliminar la sílice biogénica. Se volvieron a montar preparados con la fracción orgánica, a efectos de concentrar y analizar los palinomorfos y los microcarbones. Los

palinomorfos se reservaron para realizar análisis en otras etapas posteriores. Dada la baja concentración observada, deberá hacerse una nueva separación densimétrica a una densidad menor, para poder concentrar los escasos palinomorfos conservados.

Para el registro y cuantificación de microcarbones en diferentes categorías de tamaño, los preparados se observaron en microscopio óptico Nikon Eclipse 50i, a 100, 200 y 400 magnificaciones, tomando en cuenta las muestras de LMC1. La determinación de la concentración de partículas vegetales carbonizadas en estos preparados se realizó a partir del marcador exótico incorporado, por parte de la Dra. Alejandra Leal[6] (Figura 21). Los análisis fueron realizados en las instalaciones del LAG y del LabM CURE - Rocha.

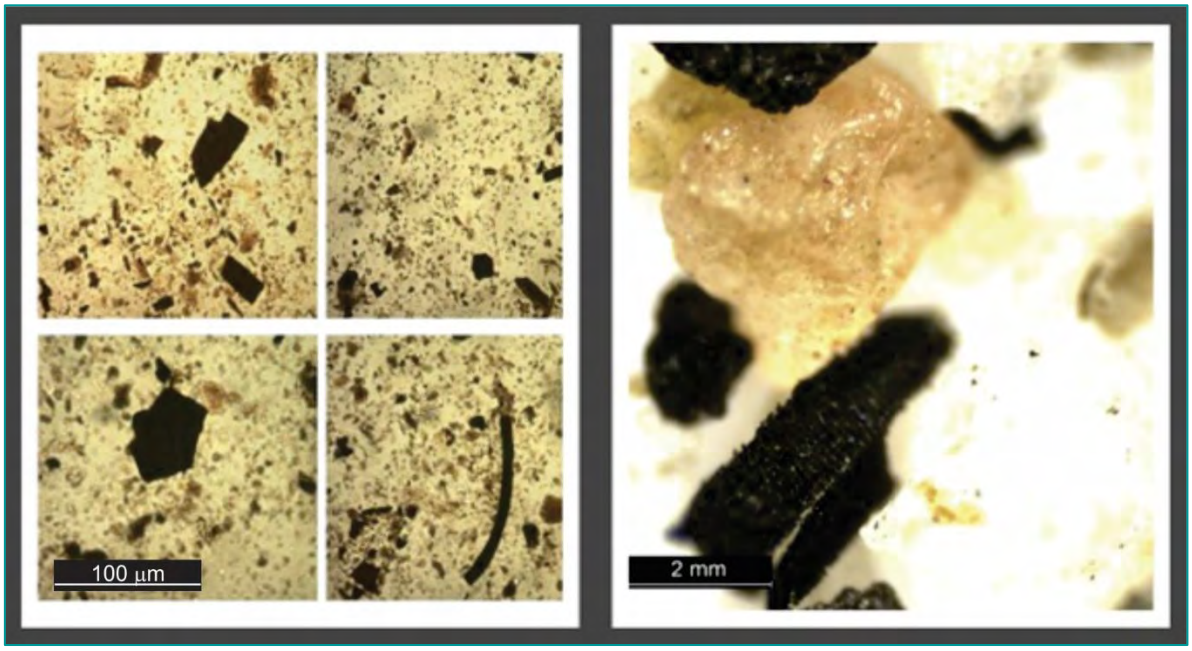


Figura 21: Fotos de microcarbones LMC1 observados bajo microscopio. Izq: 100x; der: 400x.

4.8.1.2. Concentración biosilícea

Para determinar la concentración de sílice biogénico, éste se separó del resto de la fracción mineral de la muestra. Se partió de 0,5 cm^3 de sedimento por muestra.

[6] Departamento de Sistemas Agrarios y Paisajes Culturales (DSAPC), Centro Universitario Regional del Este (CURE) Universidad de La República (Udelar), Rocha, Uruguay.

Departamento de Estudios Ambientales, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela.

Se siguieron los pasos del protocolo de extracción por densidad (con líquidos pesados) de fitolitos según Madella *et al.* (1998) y al finalizar se secó y pesó la fracción biosilícea recuperada. De esta forma se obtuvo el dato de gramos de biosílice (entero o no), por cm^3 de sedimento. Para la extracción por densidad se empleó Polytungstato de Sodio como líquido pesado, con una densidad de 2,35 g/cm^3.

Para estimar la cantidad de partículas biosilíceas en general (y por tipo en particular), se montaron preparados de la fracción biosilícea recuperada utilizando el método de la alícuota: se hidrataron las muestras secas y se disolvieron en una cantidad de agua definida (50 ml o 30 ml, según la cantidad recuperada). Se montaron alícuotas de 1ml por intervalo, en cubreobjetos de 20x20mm y abarcando toda la superficie (Figura 22) y se estimó el volumen de muestra representado en cada preparado. A continuación, se procedió a la cuantificación de un área definida por cada preparado, relevando la cantidad de silicofitolitos, valvas de diatomeas, cistos de crisofitas y espículas de espongiarios. Los resultados se extrapolaron al área total montada, estimando el contenido de partículas por volumen representado.

Los preparados fueron realizados en las instalaciones del LAG y del LabM CURE – Rocha.

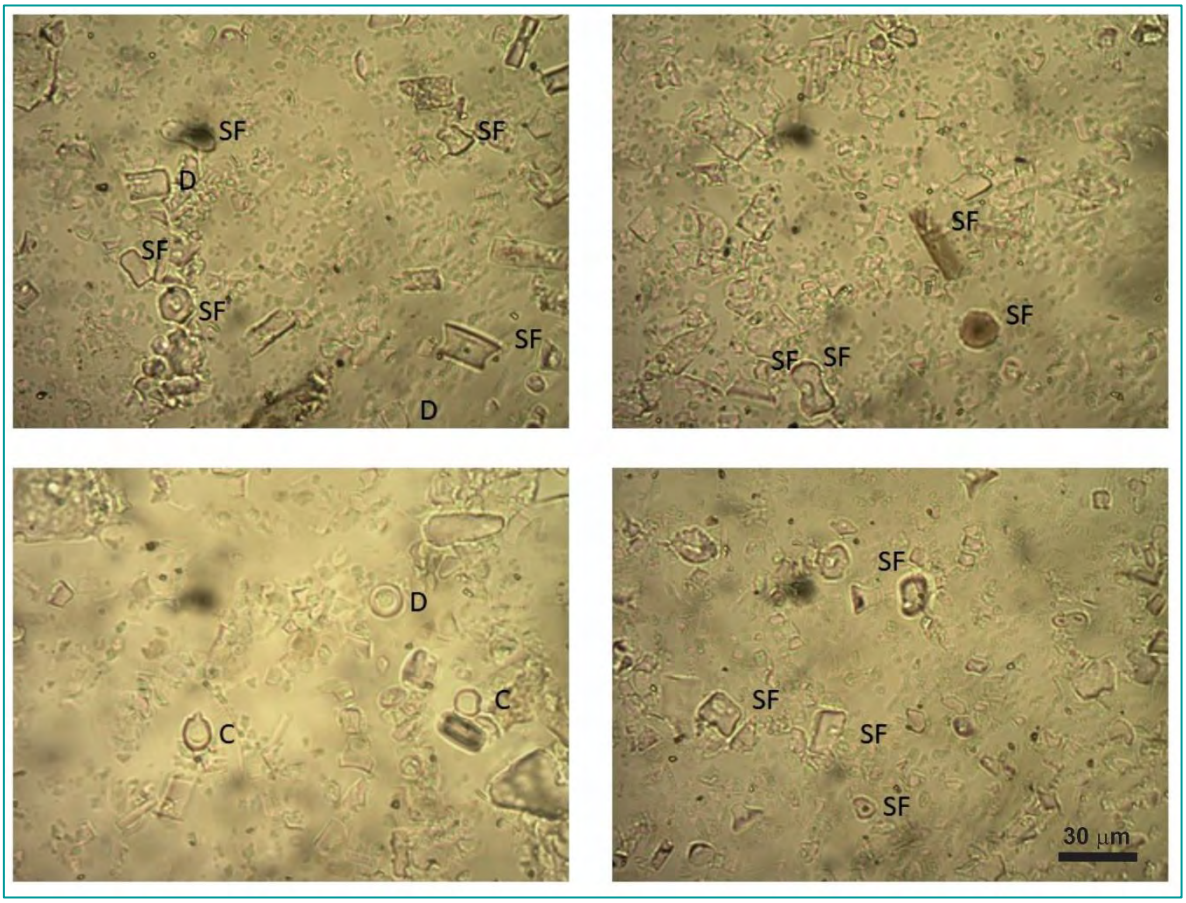


Figura 22: Preparados de biosílice 600X. SF: silicofitolitos; D: valvas de diatomeas; C: cistos de crisofitas.

4.8.1.3. Identificación y análisis de silicofitolitos

Para la cuantificación de partículas biosilíceas y el análisis de silicofitolitos, los preparados fueron observados en microscopio óptico a 600 y 1000 magnificaciones, procediendo a la captura y digitalización de imágenes mediante cámara *Micrometrics* adaptada al microscopio, en las instalaciones del LAG y del LabM CURE - Rocha.

Se relevaron en promedio 450 partículas biosilíceas por muestra y se describieron los silicofitolitos según los morfotipos del Código Internacional de Nomenclatura Fitolítica (ICPN 2.0 2019) e identificaron de acuerdo a la colección de referencia (del Puerto 2009; 2015) (Figura 23) (ANEXO IV), así como a distintas fuentes bibliográficas (ej. Patterer *et al.* 2011; Zucol *et al.* 2010; Iriarte y Alonso 2009; Fernández Honaine *et al.* 2006; Gallego y Distel 2004).

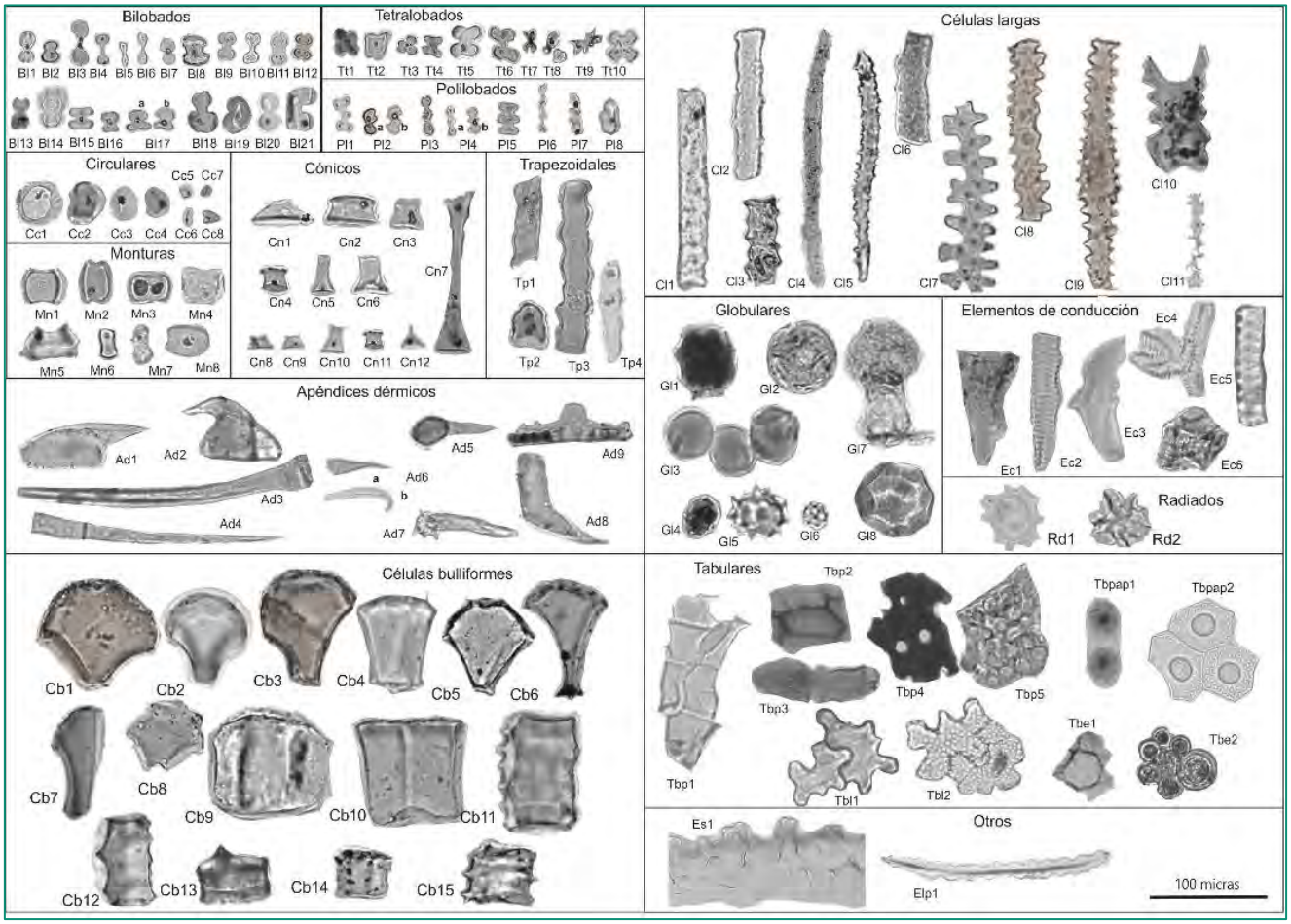


Figura 23: cartilla comparativa, colección de referencia de silicofitolitos. (del Puerto 2015).

A partir de los resultados obtenidos, se calcularon distintos índices climáticos y ambientales:

*Índices de temperatura IT y humedad IH: s*e calcularon los índices de temperatura y humedad según la metodología propuesta por Twiss (1992), a partir de la abundancia relativa de células cortas de gramíneas pooides, panicoides y chloridoides, utilizando la correlación de estos índices con variables bioclimáticas para la región de estudio descrita en del Puerto (2015: 44). El IT está definido por la abundancia de fitolitos pooides en el total de células cortas de gramíneas pooides, panicoides y chloridoides y el IH se calcula de acuerdo con la abundancia de fitolitos chloridoides en el total de fitolitos de gramíneas panicoides y chloridoides: altos valores de estos índices, entonces, indican climas más fríos en el primer caso y áridos o con una marcada estacionalidad en las lluvias en el segundo. Una detallada descripción de este proceso de análisis se puede ver en del Puerto *et al.* (2013).

Índice C_3:C_4: a partir de los valores de abundancia relativa de fitolitos de células cortas de gramíneas se determinó la abundancia relativa de morfotipos atribuibles a gramíneas de mecanismo fotosintético C_3 y C_4. Este índice es análogo al IT propuesto por Twiss (1992) pero contempla la relación de abundancias de todos los grupos taxonómicos de gramíneas y mostró una alta correlación con las variables bioclimáticas de temperatura y precipitación en la región de los Pastizales del Río de la Plata (del Puerto 2015).

Índice de estrés hídrico BI: se calculó este índice a partir de la abundancia relativa de células bulliformes en el total de fitolitos de gramíneas, siguiendo a Salgado et al. (2021), La abundancia de estas células bulliformes silicificadas está correlacionada con la presencia de plantas estacionales que tienen la capacidad de resistir estrés hídrico, siendo buenos indicadores de la acentuación en la estacionalidad de los períodos climáticos.

Índice D:P: otro análisis realizado en base al registro de biosílice fue la relación entre dicotiledóneas leñosas y gramíneas, siguiendo el índice D:P propuesto por Alexandre *et al.* (1997) y ajustado por del Puerto (2009) para el este uruguayo. Este índice indica la proporción relativa de plantas arbustivas/leñosas en relación con las gramíneas presentes.

Índice SF:OSB: se calculó la abundancia de silicofitolitos en relación con otras partículas biosilíceas (valvas de diatomeas, espículas de espongiarios, cistos de crisofitas) como indicador de cambios en la fuente de material orgánico (del Puerto *et al.* 2013), diferenciando de esta manera los aportes de la cuenca (sedimentos clásticos: silicofitolitos) de los del cuerpo de agua (sedimentos orgánicos: valvas de diatomeas, cistos de crisofitas, espículas de espongiarios).

4.9. Procesamiento, análisis y representación de la información

La representación gráfica de las distribuciones verticales de la abundancia relativa de los indicadores analizados, el modelo edad/profundidad y la identificación de zonas de asociación biosilícea (ZAB) fueron realizados con el programa *Tilia*

2.0.33, mediante un análisis de *cluster* con restricción estratigráfica (*Stratigraphically Constrained Cluster Analysis*) utilizando el método de suma incremental de cuadrados (CONISS) (Grimm 1987). Para el modelo edad/profundidad se seleccionó un ajuste a partir de las edades radiocarbónicas calibradas con *OxCal. V4 3.2 Ramsey (2017); r5; ShCal13 Athmospheric curve* (Hong *et al.* 2013).

Para el análisis de los parámetros estadísticos basados en la granulometría se utilizó el programa Gradistat 8.0. Las representaciones espaciales (mapas) se realizaron por medio de tres plataformas digitales basadas en la imagen satelital: *Google Eatrh*, IDUy (https://visualizador.ide.uy/ideuy/core/load_public_project/ideuy/), Coneat, Carta de suelos y cartografía de campo natural (https://dgrn.mgap.gub.uy/js/visores**/dgrn/),** combinadas con *Microsoft Power Point*. Asimismo, los datos numéricos y los gráficos correspondientes fueron realizados con Planillas de cálculo *Microsoft Exel*.

El modelado 3D georreferenciado del sitio arqueológico Los Indios fue realizado con legado de imágenes, tomadas por dos vuelos de drone, sin georreferenciación, en el mes de abril de 2014. En el marco del curso “Mapeo 3D” se utilizaron, para el trabajo de fin de curso, los programas *Agisoft Metashape User* Versión 1.7 para la creación de la nube de puntos georreferenciados, nube densa, maya de alambre, textura, ortomosaico y modelo digital de elevación. Posteriormente se utilizó el programa Cloud Compare V2.12 *alpha*, con el que se realizaron los modelos digitales del terreno (MDT) así como curvas de nivel (ANEXO V). Para la georreferenciación se utilizó la plataforma digital online IDuy del Instituto Nacional de Estadística (https://visualizador.ide.uy/ideuy/core/load_public_project/GeoportalINE/).

Los resultados de los tres núcleos analizados fueron integrados, de modo de poder unificar las UE mediante el uso de plataformas de dibujo digital.

La modelación tridimensional del artefacto arqueológico de la Colección Oliveras del MNA fue realizada por medio del programa *Agisoft Metashape User* V1.7. El set de fotos fue realizado por medio de una cámara *Nikon* D5600. Asimismo, la representación fotográfica de los otros materiales arqueológicos relevados,

correspondientes a la misma colección fueron organizados en un archivo visual por medio del programa *Power Point Microsoft*.

5. RESULTADOS

5.1. Las Maravillas *Core* 1

5.1.1. *Caracterización preliminar (descripción ocular)*

El testigo LMC1 tiene 61cm de profundidad y está compuesto de cinco UE. La UE basal del testigo (I), tiene 10cm de potencia, es limosa de colores veteados variando del gris oscuro 10YR 4/1 al gris rosáceo 10YR 7/2, contiene concreciones color amarillo rojizo 7.5YR 6/8 y es compacta (Figura 24). Encima, la UE (II) contiene 5 cm de un sector transicional limoso, color gris muy oscuro 10YR 3/1 con pequeñas motas más claras. La UE (III) tiene 12 cm de potencia, es limosa de color gris muy oscuro 10YR 3/1 con motas más claras y contiene algunos granos de arena en una matriz compacta. La UE (IV) tiene 8cm de potencia y es limo arcillosa, con abundante humedad, de color marrón grisáceo oscuro 10YR 4/2, contiene motas en tonos de naranja a rojo y otras de color gris claro. La UE (V), tope del testigo, tiene una potencia de 25 cm y es limosa, con abundante humedad, de color negro 10YR 2/1, con una alta compactación, con estructuras horizontales color gris oscuro 10YR 4/1, conteniendo algunos granos de arena, así como raíces en el sector más superficial.

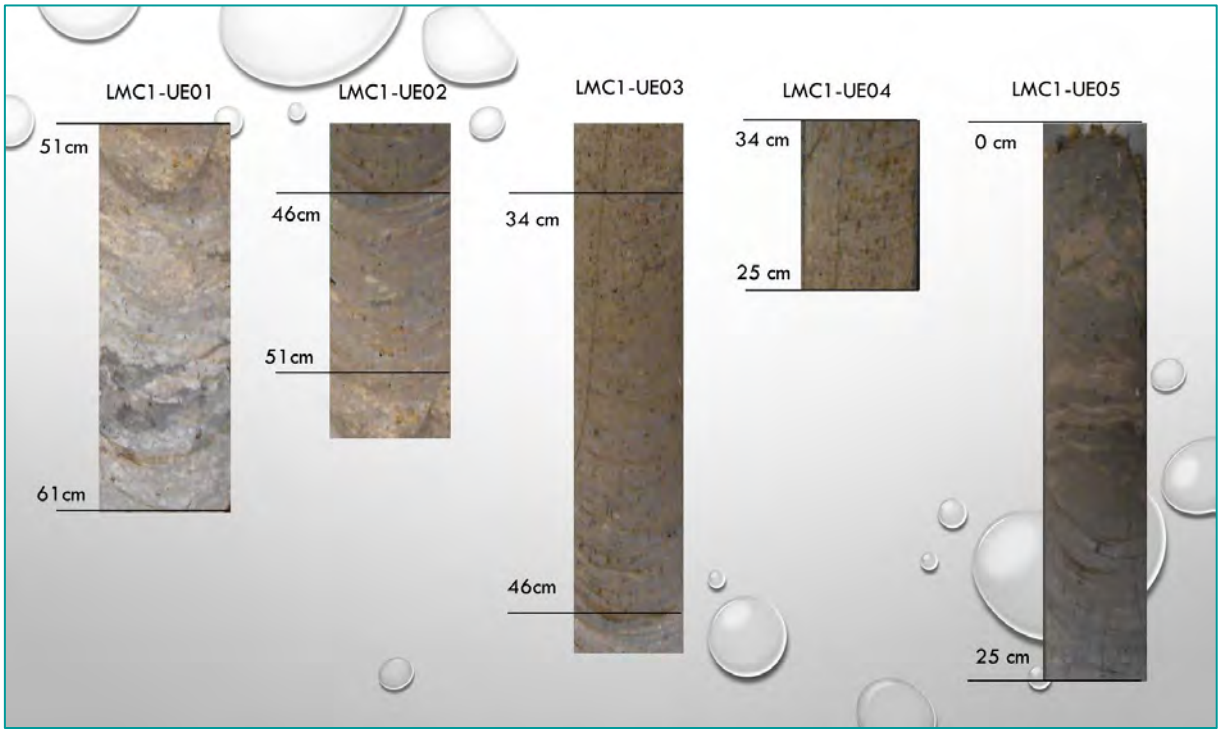


Figura 24: LMC1 perfil sedimentario por UE.

5.2.2. *Geocronología*

Los fechados de carbono 14 correspondiente a la MOS de LMC1 presentaron resultados dentro del rango esperado (ANEXO VI). La muestra LMC1-01 (AA112538) data de 1.205 +- 20 años AP (10-12cm de prof), la muestra LMC1-02 (AA112539) 4.091 +- 26 años AP (37-39cm de prof.) y la muestra LMC1-03 (AA112540) 5.054 +- 23 años AP (57-60cm de prof) (*University of Arizona - AMS Laboratory*) (Cuadro 6).

ID	Intervalo de profundidad cm	Material	Años ^{14}C AP	Rango de edades calendario calibradas AP y mediana (95%)*	δ ^{13}C	Tasa de-positacional mm año^{-1}
LMC1_1	10-12 (UE05)	MOS	1205 +- 20	(1173–981) 1077	-25.2	11
LMC1_2	37_39 (UE03)	MOS	4091 +- 26	(4785–4423) 4604	-17	13
LMC1_3	57_61 (UE01)	MOS	5054 +- 23	(5892–5655) 5773	-19.2	5

Cuadro 5: LMC1 fechados ^{14}C sobre MOS (Laboratorio de Radiocarbono de la Universidad de Arizona). *OxCal. V4 3.2 Ramsey (2017); r5; ShCal13 *Athmospheric curve* (Hong *et al.* 2013).

5.2.3. *Granulometría*

La secuencia granulométrica es regular con pocos cambios a lo largo del testigo, donde los sedimentos dominantes son finos en el orden de los limos (ANEXO VII) (Figuras 25 y 26). En la UE01 (60-50cm) los parámetros estadísticos según Folk y Ward (1957) corresponden texturalmente a fangos, unimodales con moda en limo medio, en un depósito de sedimentos pobremente seleccionados con distribución mesocúrtica asimétrica positiva. La UE02 (51-46cm) se comporta granulométricamente similar a la UE0I (fango, unimodal, limo medio, pobremente seleccionado, mesocúrtica, asimétrica positiva). En el caso de la UE03 (46-34cm) se comporta de forma similar a las anteriores mencionadas con pequeñas diferencias en el caso de la distribución, que es leptocúrtica, con moda en limos gruesos. La UE04 (34-25cm) presenta condiciones similares con moda en limos gruesos en LMC1_30 y limos medios en LMC1_25. La UE05 (25-0cm) se comporta de forma muy similar, variando a una moda en limo grueso en la muestra más superficial y en LMC1_10 que presenta limo fino en la media y una distribución simétrica (Cuadro 5).

UE	V					IV		III		II	I	
Prof. cm	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Tipo de muestra	UMS	UMS	UMS	UMS	UMS	UMS	UMS	UMS	UMS	UMS	UMS	UMS
Grupo Textural	Fango	Fango	Fango	Fango	Fango	Fango	Fango	Fango	Fango	Fango	Fango	Fango
Nombre	LG	LM	LM	LM	LM	LM	LG	LG	LG	LM	LM	LM
Media	LM	LM	LF	LM	LM	LM	LM	LM	LM	LM	LM	LM
Selección	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS
Simetría	Asim	Asim	Sim	Asim	Asim	Asim	Asim	Asim	Asim	Asim	Asim	Asim
Curtosis	Meso	Meso	Meso	Meso	Meso	Meso	Meso	Meso	Lepto	Meso	Meso	Meso

Cuadro 6: LMC1 parámetros estadísticos según Folk y Ward (1957), realizados con el programa *Gradistat,* de acuerdo con los resultados granulométricos realizados con equipo láser en el Laboratorio de Sedimentos de la Universidad de Santa Rosa - La Pampa. UMS: unimodal mal seleccionado; LG: limo grueso; LM: limo medio; LF: limo fino; Asim: asimétrica; Sim: simétrica; Meso: mesocúrtica; Lepto: leptocúrtica.

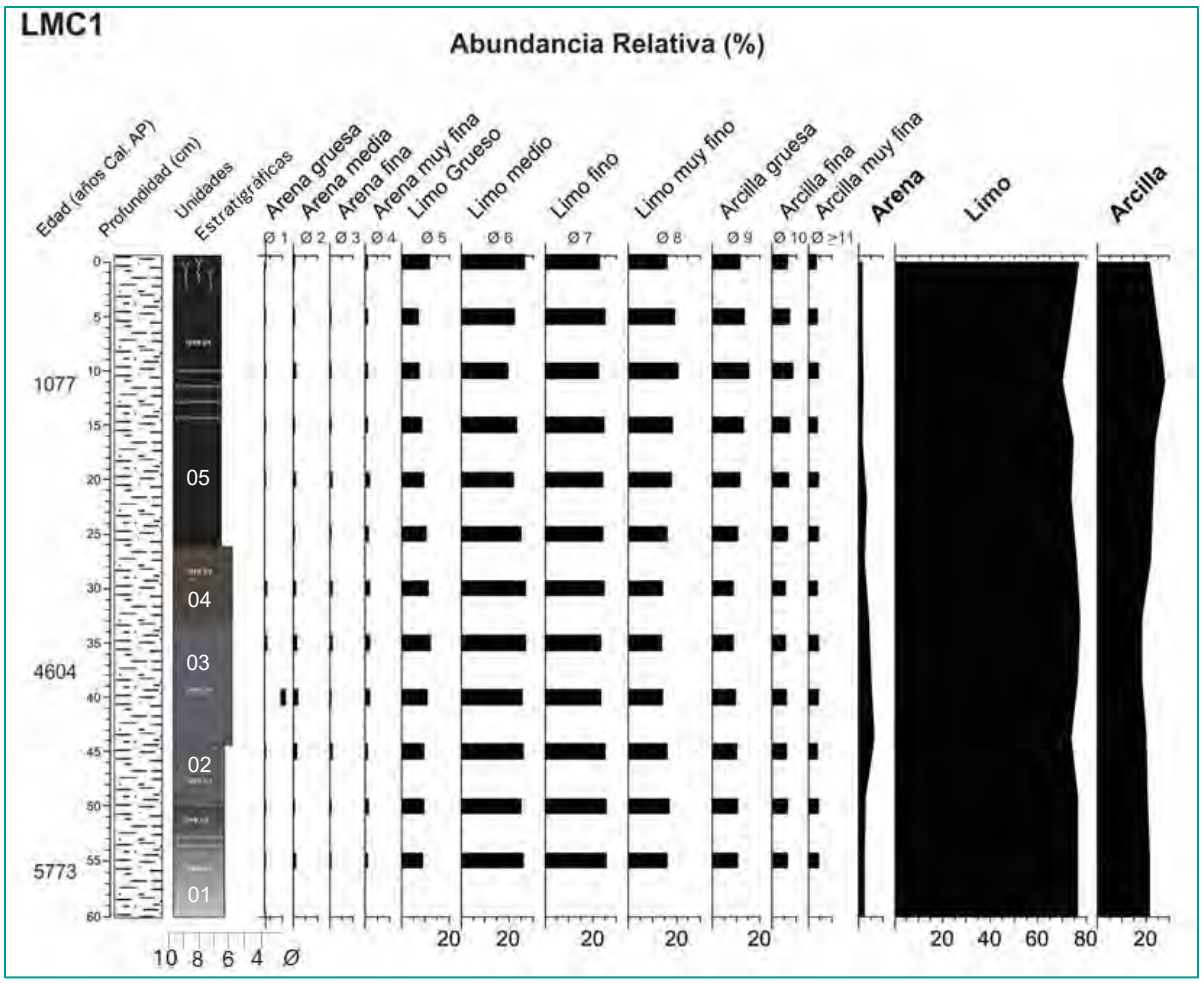


Figura 25: LMC1 distribución vertical de abundancia relativa de las distintas subpoblaciones granulométrica.

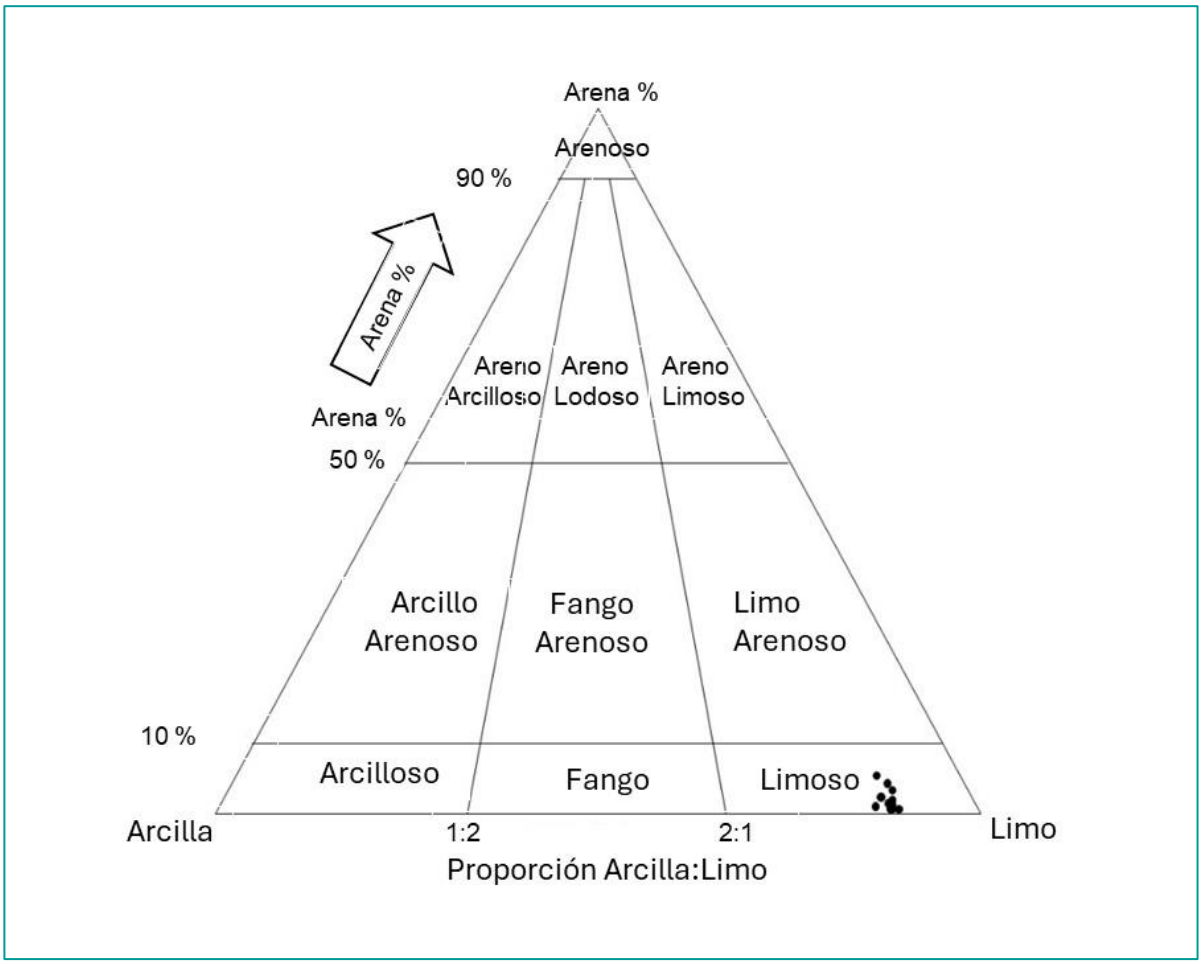


Figura 26: triángulo de clasificación textural según Folk *et al.* (1970).

Se realizaron histogramas (ANEXO VIII) donde se observa en la distribución que en ningún caso la muestra presenta arena muy gruesa y la arena gruesa se encuentra en una proporción menor al 1% en todos los casos, el total de arenas no supera el 7% en ningún sector del testigo como se aprecia en el polígono de frecuencias (Figura 27).

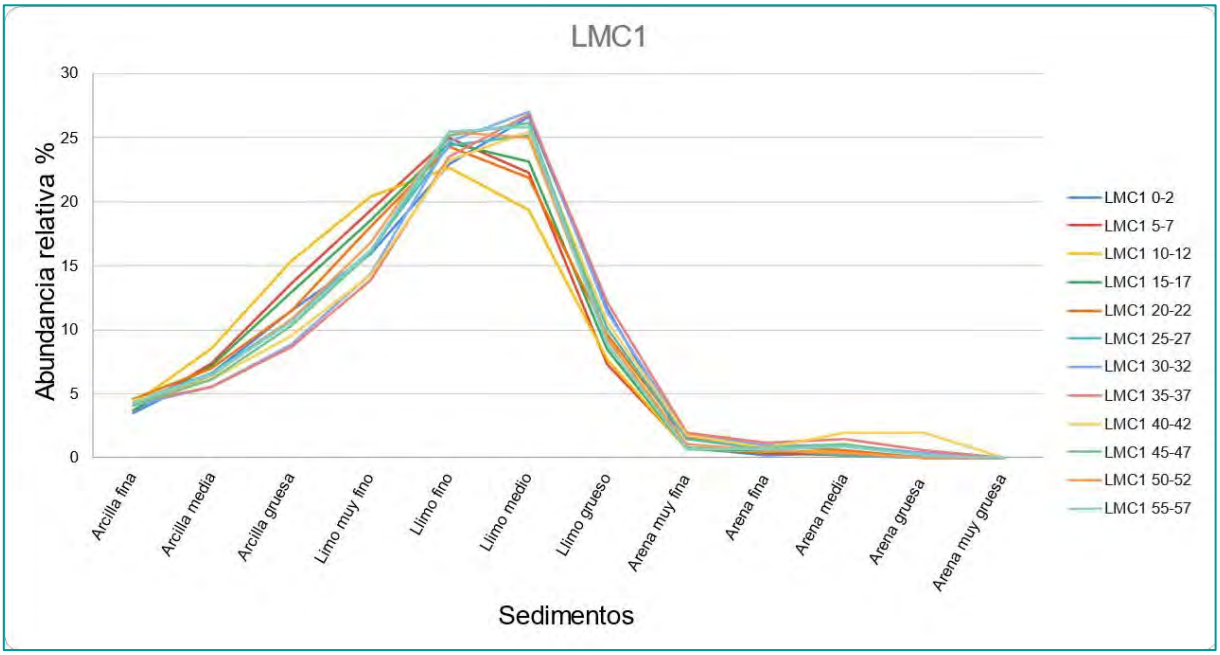


Figura 27:LMC1, polígono de frecuencia de acuerdo con la granulometría.

Según el diagrama de clasificación (paleo) ambiental de acuerdo con el tipo de depósito sedimentario propuesto por Passega (1957) (ANEXO IX), las muestras pertenecen a la suspensión pelágica y en algunos casos pueden representar procesos de borde de bañado (Cuadro 8).

LMC1 paleoambientes depositacionales		
Prof. Cm	**Deposición**	**Paleoambientes**
00	pelágica	Bañado
05	pelágica	Bañado
10	pelágica	Bañado
15	pelágica	Bañado
20	FR	Borde
25	pelágica	Bañado
30	FR	Borde

35	FR	Borde
40	FR	Borde
45	FR	Borde
50	pelágica	Bañado
55	FR	Borde

Cuadro 7: LMC1 sistemas depositacionales según diagrama de Passega (1957; 1964). FR: fuera de rango.

5.2.4. Geoquímica: contenido de materia orgánica sedimentaria, carbonatos y pH

El contenido de MOS y carbonatos cálcicos es representado en la figura 28. La MOS es creciente desde la base del muestreo que cuenta con un 3% hasta el tope que cuenta con 18% de MOS. No obstante, este crecimiento, que se asemeja a una gráfica de tipo logarítmica, tiene un punto de inflexión a los 25cm de profundidad a partir de donde comienza la curva más acentuada del gráfico. En las UE 01 a 04 el porcentaje de MOS es bastante similar, en torno al 3%, con un pequeño aumento a partir del comienzo de la UE02 hasta la UE04 inclusive. La UE05 se presenta de inicio a tope con una tendencia creciente muy fuertemente marcada.

El carbonato cuenta con valores que van de 1,4 a 4,3 %. Desde el inicio de la distribución en el sector inferior del muestreo hasta los 22cm de profundidad el movimiento es oscilatorio centrado en el 2%, mientras que desde allí hasta la superficie se comporta de forma oscilatoria creciente centrado en 3% para culminar en la superficie con más de 4% de carbonato. Este aumento en el promedio de los carbonatos presentes en el testigo se da aproximadamente en la transición de la UE04 a la UE05.

Los valores de pH son neutros a levemente alcalinos desde la base (60cm) hasta los 30cm de profundidad, donde vuelve a ser neutro para luego convertirse en levemente ácidos hasta la superficie (1cm).

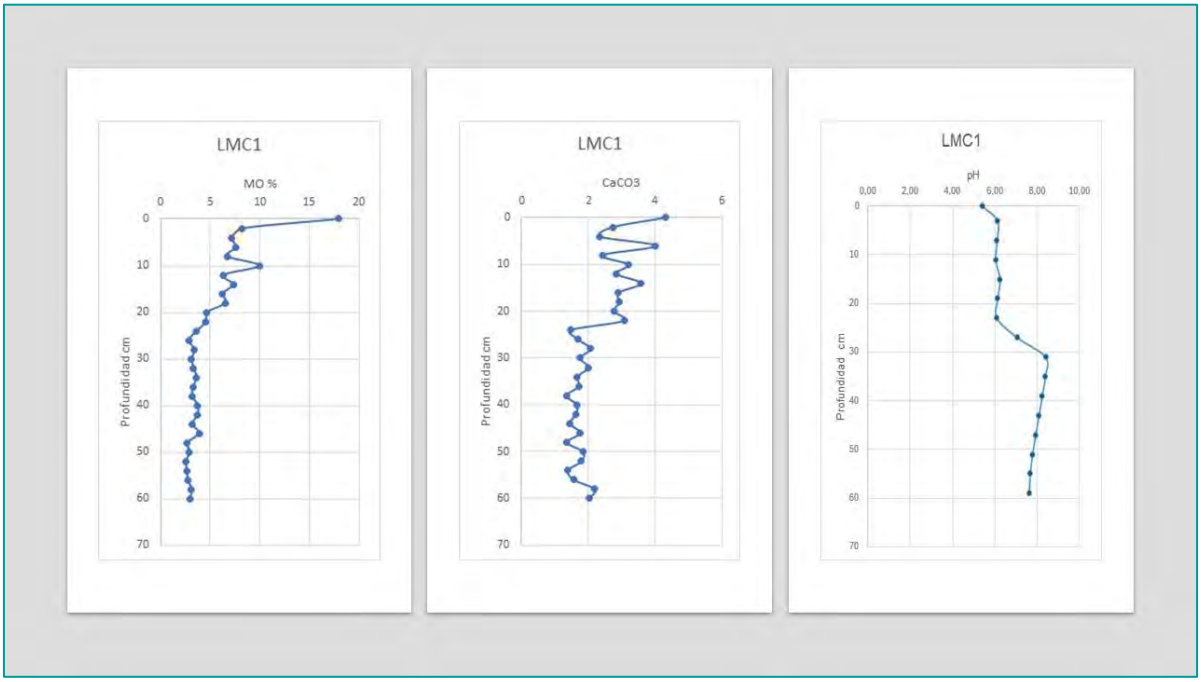


Figura 28: LMC1 distribución vertical del contenido de MOS y carbonatos y de los valores de pH para el testigo LMC1. Los datos originales pueden consultarse en Machado y del Puerto (2024b).

5.2.5. Mineralogía

5.2.5.1. Difracción de Rayos X

La identificación de minerales mediante la difracción de rayos X se presenta en el Cuadro 7. En las tres muestras analizadas (55cm, 50cm, 10cm de profundidad) se identificaron albita, cuarzo, ortoclasa y muscovita (muestra total), así como caolinita e illita en la base del muestreo (55cm) e illita en la parte más superficial (10cm) como argilominerales. Con la muestra LMC1_50 no se logró obtener resultados en argilominerales. Las muestras correspondientes a Cambara I y Zeballos arrojaron resultados similares (ver: ANEXO V) a los de Las Maravillas.

Muestreo **Ambiente**	**ID muestra**	**Minerales en muestra total**	**Argilominerales**
LMC1	LMC1_10	Albita Cuarzo	Illita

Las Maravillas		Ortoclasa Muscovita	
	LMC1_50	Albita Cuarzo Ortoclasa Muscovita	S/D
	LMC1_55	Albita Cuarzo Ortoclasa Muscovita	Caolinita Illita

Cuadro 8: LMC1 mineralogía según la difracción de rayos X.

5.2.5.2. Microscopía petrográfica

La mayor parte de la muestra se divide en categorías de cuarzos ondulante y microcristalino, así como feldespato potásico y plagioclasas. Además, se registraron otros accesorios como, circón (55cm), esfeno, turmalina, biotita verde (49cm), anfibol (40cm, 11cm), así como partículas típicamente isótropas (fitolitos y vidrio volcánico) y microrrestos vegetales (Machado y Piñeiro 2024). En el caso del anfibol observado se distingue pleocroísmo de color verde oliva pálido. Las plagioclasas existentes presentaron en muchas ocasiones alteración deutrica y matérica en su núcleo indicando transformación parcial de la plagioclasa original en un agregado microcristalino de filosilicatos más epidoto y opacos (Figura 29).

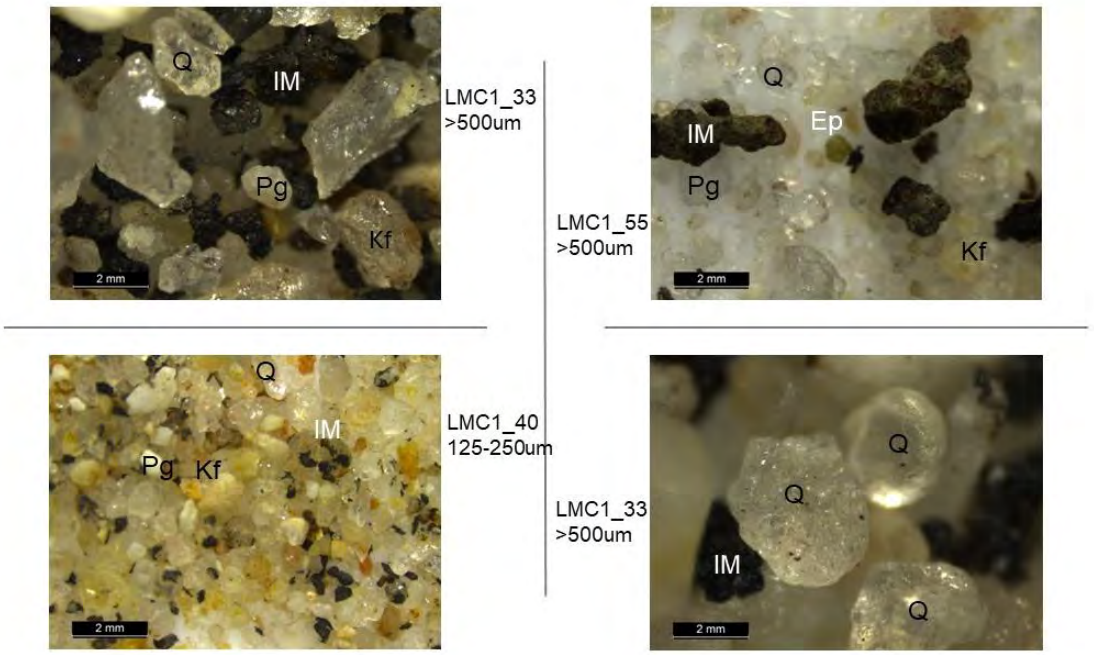


Figura 29: LMC1 identificación de granos minerales de arena. IM – Ilmenita magnetita; Q – Cuarzo; Pg – Plagioclasa; Ep – Epidoto; Kf – Feldespato potásico.

5.2.6. Análisis micropaleobotánicos

5.2.6.1. Concentración de restos orgánicos: microcarbones

En general, la señal de microcarbones al comienzo de la secuencia es muy baja, encontrándose el valor más bajo en la fracción intermedia (50-100µm). No obstante, todas las fracciones analizadas se comportan de forma similar hasta el entorno de los 20cm de profundidad en la UE05, presentando un crecimiento muy leve en los 29cm de profundidad (UE04) para descender a los 25cm justo en la transición de las UE04 y 05 y luego crecer notoriamente a partir de los 17cm de profundidad ya iniciada la UE05 y hasta la superficie del muestreo (Figura 30). Este crecimiento es muy marcado entre los 21cm y 17cm de profundidad para todas las fracciones analizadas. No obstante, a partir de esa profundidad y hasta la superficie, los diferentes tamaños de microcarbones tienen alguna variación en la distribución de su abundancia respecto al paso del tiempo.

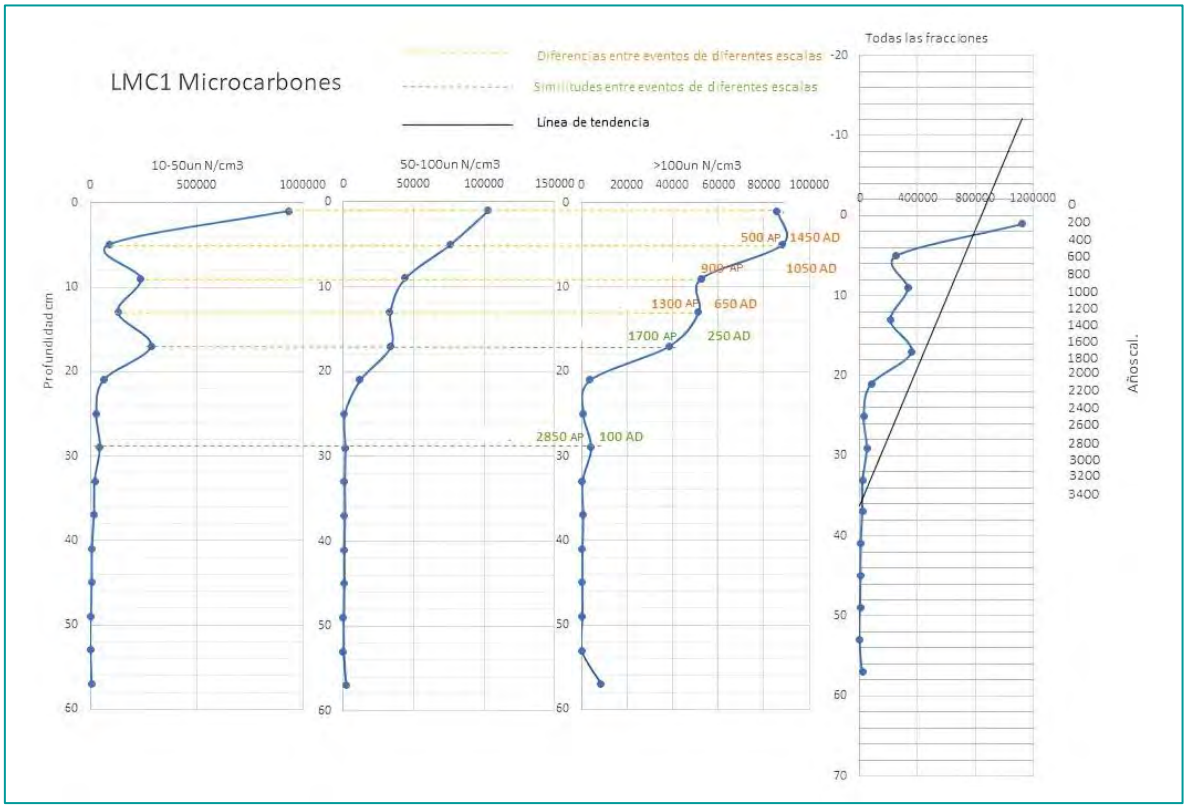


Figura 30: LMC1 distribución vertical de la abundancia de microcarbones presentes en la muestra y edades basadas en la tasa de depositación respecto a la profundidad y los fechados radiocarbónicos calibrados. Los datos originales pueden consultarse en Machado y Leal (2024).

La fracción más pequeña (10-50µm) es la que muestra un incremento más marcado en su abundancia relativa de base a tope del perfil. Por encima del punto de inflexión mencionado (17cm), esta fracción tiene un comportamiento variable, con un pico alto en los 9cm de profundidad y dos puntos más bajos en los 13cm y 5cm de profundidad, donde comienza un crecimiento sostenido hasta la superficie del muestreo.

La fracción mediana (50-100µm) se mantiene relativamente estable entre los 17cm y 13cm de profundidad, donde comienza un crecimiento también sostenido hasta la superficie, aunque no tan acentuado como el caso anteriormente mencionado (la fracción pequeña).

La distribución de la fracción más grande analizada (>100µm) tiene un comportamiento muy similar al anterior mencionado (fracción media) hasta los 5cm de profundidad, donde comienza a descender levemente hasta el tope del muestreo.

5.2.6.2. Concentración biosilícea: silicofitolitos y otras partículas biosilíceas

La secuencia comienza a los 61cm de profundidad con concentraciones del entorno de los 0,05gr/cm^3. Con el paso del tiempo registra una tendencia decreciente para llegar a niveles ínfimos (0,003g/cm^3) en torno a los 45cm de profundidad. Posteriormente, sigue un período de altibajos entre los 41cm y 25cm de profundidad que derivan en el pico mayor de la gráfica a los 17cm de profundidad con 0,14g/cm^3. Seguido a eso, existe una caída en las concentraciones a niveles que se mantienen hasta la superficie del muestreo entre 0,05gr/cm^3 y 0,08gr/cm^3.

En la Figura 31 se presenta la distribución vertical de la abundancia relativa de los principales grupos taxonómicos identificados a partir del análisis de silicofitolitos, de otras partículas biosilíceas, de los valores obtenidos de los distintos índices calculados (IT, C_3:C_4, IH, D:P, BI, SF:OSB) y de la concentración absoluta de biosílice. Asimismo, se presenta la zonación resultante del *Stratigraphically Constrained Clustering* que permitió la identificación de cinco Zonas de Asociación Biosilícea (ZAB) principales (Figura 31).

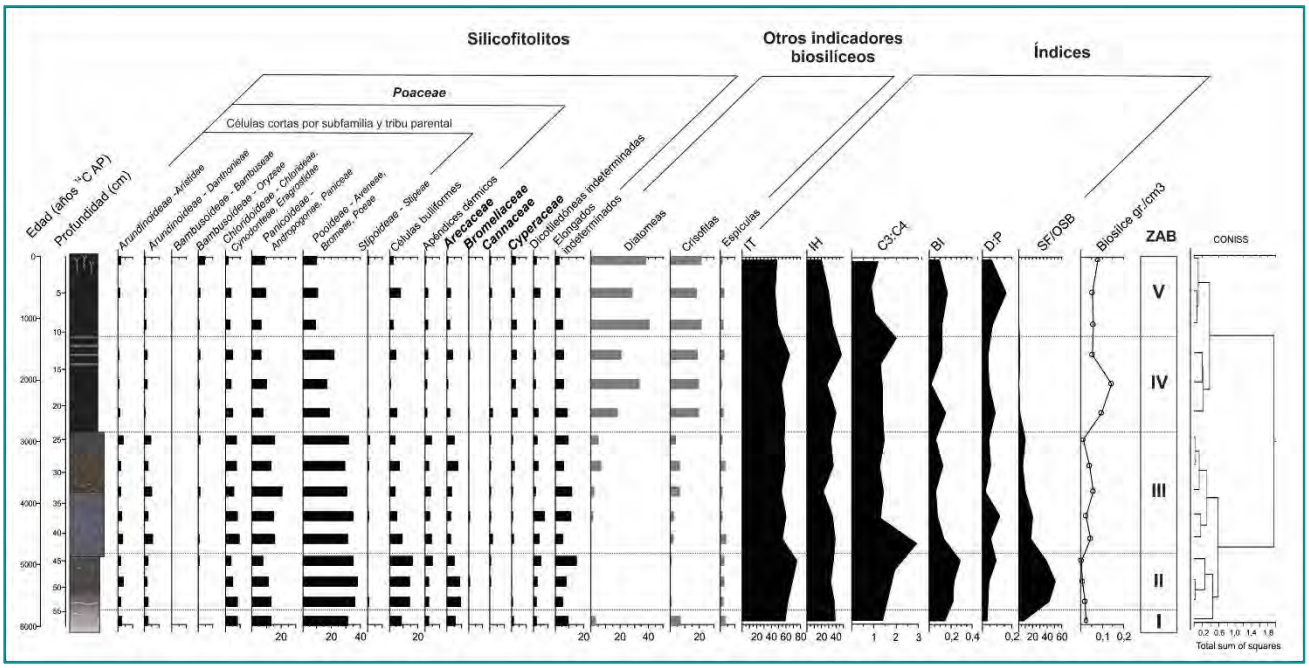


Figura 31: LMC1, abundancia relativa de los indicadores paleomicrobiosilíceos y los índices inferidos. Los años son calibrados a partir de ^{14}C con OxCal. V4 3.2 Ramsey (2017); r5; ShCal13 *Athmospheric curve* (Hong *et al.* 2013). Las planillas de construcción de la presente figura pueden verse en Machado y del Puerto (2024).

ZAB I: se desarrolla desde los 61cm, en el extremo inferior del núcleo, hasta los 55cm, ubicándose temporalmente entre ~6000-5700 años AP. *S*e caracteriza por una baja concentración biosilícea, en torno a 0,05gr/cm^3, donde se destaca el predominio de fitolitos pooides (32%), correspondientes a células cortas silicificadas de gramíneas invernales (C3) de la subfamilia Pooideae. En menor proporción se registraron fitolitos panicoides (12%) y chloridoides (menos del 10%) producidos en células cortas de gramíneas estivales (C4) de las subfamilias Panicoideae y Chloridoideae, respectivamente. La relación entre la abundancia de estos morfotipos determinó valores del índice de temperatura (IT) cercanos a 60, indicando que la temperatura media anual (TMA) se habría ubicado levemente por debajo de la actual y que disminuyó desde el inicio al tope de la ZAB. La relación entre fitolitos panicoides y chloridoides, a su vez, determinó altos valores del índice de humedad (IH). El índice C_3:C_4 indica una leve pero creciente dominancia de plantas del tipo C_3 (1,5). Asimismo, hay una alta abundancia relativa de células bulliformes silicificadas (10%), indicando la presencia de plantas con capacidad de sufrir estrés hídrico. Esta abundancia relativa repercute en los valores relativamente altos del índice de estrés hídrico (BI) registrados para la ZAB. A su vez el índice SF:OSB indica un aporte mixto en la base de la ZAB con una tendencia hacia el predominio de aporte terrestre en el tope de esta. Los fitolitos de ciperáceas, asociados a ambientes húmedos, están presentes, aunque en baja proporción. Los fitolitos de dicotiledóneas leñosas están presentas en un porcentaje menor al 5%, generando bajos valores del índice D:P. Los fitolitos de aracáceas, no obstante, alcanzan un 6%, lo que indica presencia de palmares con mayor extensión y/o densidad que en la actualidad.

*ZAB II: s*e desarrolla en el intervalo comprendido entre 55cm y 44cm, correspondiendo aproximadamente al período ~5700-5000 años AP. La concentración biosilícea muestra una tendencia decreciente en la ZAB, alcanzando los mínimos valores registrados en todo el testigo (0,003g/cm^3) hacia el tope de la zona. Dentro de las partículas biosilíceas dominan netamente los silicofitolitos, mientras que los otros indicadores biosilíceos se encuentran ausentes o muy poco representados, sobre todo hacia ~5300 años AP. Debido a ello el índice SF:OPB reporta los valores más altos para toda la secuencia (40), sugiriendo una importante retracción del humedal. Dentro de los silicofitolitos, los morfotipos pooides mantienen la tendencia al crecimiento, alcanzando los valores máximos de la distribución (40%) en todo el núcleo en la

mitad de la zona (47cm). Los morfotipos panicoides mantienen su abundancia en la base con respecto a la zona precedente, pero muestran un decrecimiento hacia el tope que es coherente con el crecimiento de pooides. Asimismo, los fitolitos chlolidoides se comportan de forma muy similar a las panicoides, disminuyendo su cantidad con el paso del tiempo dentro de la ZAB. En consecuencia, el IT indica un descenso de la TMA que alcanza el mínimo de toda la secuencia hacia ~4900 años AP, momento en el cual comienza un leve ascenso hacia el tope de la zona. El IH presenta valores medios de 40 con un descenso en la mitad de la zona que estaría indicando el aumento de la precipitación y/o la disminución de la estacionalidad hacia los ~5300 años AP. Un aumento que alcanza los mayores valores de toda la secuencia respecto a la abundancia de células bulliformes, indica un marcado déficit hídrico asociado a la estacionalidad en las precipitaciones. Coherentemente con esta exposición, el índice BI muestra su mayor expresión en esta ZAB así como en todo el testigo con el máximo marcado en ~4900 años AP. Otros fitolitos correspondientes a las plantas herbáceas que están presentes, aunque en una muy baja proporción, son morfotipos atribuibles a gramíneas de las tribus *Aristidae y Danthonidae,* en toda la ZAB, así como S*tipoideae* en la base y *Oryzeae* en el tope de esta. Si bien en la base de la ZAB se registran fitolitos de ciperáceas, éstas se encuentran en muy baja proporción y manteniendo una tendencia decreciente desde la ZAB inferior. El índice C_3:C_4 mantiene la tendencia creciente, alcanzando 2,7 en el tope de la ZAB, indicando el aumento en el dominio de plantas del tipo C_3. Por otro lado, en este período se presenta la mayor abundancia de fitolitos de aracáceas de todo el núcleo, pudiendo corresponderse con la mayor expansión y/o densidad del palmar. Por su parte las dicotiledoñas leñosas se encuentran presentes de manera creciente, alcanzando el 5% en el tope de la zona. El índice D:P aumenta en concordancia con los de temperatura y humedad alcanzando el máximo en los ~4900 AP marcando el máximo desarrollo arbustivo para la zona.

ZAB III: expresada entre 44cm y 24cm, abarca el período comprendido entre ~4800-2800 años AP. Aumenta la concentración biosilícea respecto a la zona anterior, representada principalmente por silicofitolitos pero con mayor aporte de otras partículas biosilíceas (principalmente valvas de diatomeas y cistos de crisofitas). El índice SF:OPB muestra una importante caída respecto a la ZAB anterior y un comportamiento decreciente de base a tope de la ZAB. Dentro de los silicofitolitos, los

morfotipos pooides mantienen una alta proporción, en promedio similar a la ZAB infrayacente, mientras que los panicoides exhiben un aumento con respecto a la tendencia decreciente previa, mostrando un valor máximo sobre ~3800 años AP, concordante con un descenso de los fitolitos chloridoides. Asimismo, en ese punto se indica el menor valor de IH para el período, coincidiendo con la reaparición y posterior consolidación de organismos acuáticos representados principalmente por valvas de diatomeas y cistos de crisofitas, además de las espículas de esponjas, que han mantenido una frecuencia mínima pero constante en todo el testigo. El IT indica que la TMA aumentó respecto a la ZAB anterior y el BI muestra un decaimiento con relación a la UE anterior, lo que indica una menor estacionalidad en las lluvias que la tendencia precedente. La relación C_3:C_4, presenta, al comienzo de la ZAB, el valor máximo para todo el perfil (3), luego decrece abruptamente (1,5) y se mantiene en ese parámetro hasta entrada la ZAB IV. Fitolitos de *Aristidae* como *Danthonidae,* están presentes en toda la ZAB, así como *Oryzoideae* aunque estos últimos en muy baja proporción. Las ciperáceas se encuentran en toda la ZAB, en muy baja proporción, pero con un incremento leve en los ~3400 años AP. Los fitolitos de aracáceas se encuentran presentes, aunque en una menor proporción que la ZAB infrayacente.No obstante, muestran un incremento sobre el tope de la ZAB (~3400-2800 años AP.). Hacia los ~4200 años AP. el índice D:P indica el momento de mayor expansión de las comunidades leñosas (arbustivas/arbóreas) en la cuenca para esta ZAB y el segundo más importante para todo el testigo, lo que rápidamente decae a los valores más bajos de toda la secuencia sobre los ~3800 años AP.

ZAB IV: se desarrolla desde los 24cm hasta los 10cm, ocupando el intervalo temporal correspondiente a ~2800-1300 años AP. Esta zona es la que presenta mayor concentración de biosílice en toda la secuencia, alcanzando los valores máximos en el sector medio de la ZAB (~2000 años AP). Esto responde al aporte tanto de silicofitolitos como de otras partículas biosilíceas (principalmente valvas de diatomeas y cistos de crisofitas), reportando el valor mínimo del índice SF:OPB para toda la secuencia e indicando un mayor aporte local del cuerpo de agua. Para este período, los fitolitos pooides disminuyen en cantidad, notoriamente con respecto a la ZAB infrayacente, con un punto mínimo al medio de la zona. Asimismo, los fitolitos panicoides y choridoides también disminuyen en cantidad. La relación proporcional entre estos morfotipos, expresada en el IT, indica que la TMA se mantuvo próxima a la registrada

en la ZAB anterior, aunque evidencia un pulso más frío en torno al 1800-1700 años cal. AP. Este pulso estuvo también caracterizado por condiciones más secas o estacionales, de acuerdo a los valores reportados por los índices IH y BI. El índice C_3:C_4 se mantiene en una leve dominancia C_3 (1,5) hasta el tope de la ZAB donde tiene un marcado incremento (2,2). Los morfotipos atribuidos a las tribus *Aristidae* y *Danthoneae* disminuyen respecto a la ZAB anterior, mientras que *l*os morfotipos de orizáceas se mantienen presentes en toda la zona. Se destaca el incremento de fitolitos de ciperáceas en esta ZAB, denotando el desarrollo de vegetación hidrófila de alto porte en el humedal. Los fitolitos de aracáceas disminuyen manteniendo la tendencia del final de la ZAB infrayacente y presentan un punto mínimo al medio del período (~2100 años AP.) que coincide con uno de los dos mínimos de todo el testigo, sugiriendo una menor extensión o densidad de los palmares locales para los ~6000 años AP. estudiados en este trabajo. También el índice D:P disminuye considerablemente hacia el tope de la ZAB, indicando menor presencia de elementos arbóreo/arbustivos en el área.

ZAB V: es la zona más superficial, desarrollada desde los 10cm hasta la superficie (0cm), en un intervalo temporal que va de los ~1300 años cal. AP hasta la actualidad. La concentración biosilícea es levemente creciente de inicio a tope (0,05 – 0.08 g/cm^3) y si bien decreció con respecto a la ZAB infrayacente, luego de esta, es la de mayor concentración en todo el testigo. Los morfotipos de fitolitos pooides se representan con la menor frecuencia de todo el testigo en esta ZAB, mientras que los panicoides y los chloridoides se registran de forma muy similar a las ZAB infrayacente, es decir sin demostrar un aumento que justifique el incremento en la concentración biosilícea. No obstante, la alta frecuencia de organismos acuáticos, que al igual que en la ZAB infrayacente han llevado el índice SF:OPB a los valores mínimos de todo el testigo, así como el desarrollo de vegetación hidrófila *(*orizáceas y cyperáceas) en el periodo comprendido en este tramo del testigo (25 – 0cm), están indicando el desarrollo del humedal. El IT indica que esta ZAB representa el período más cálido del testigo incluyendo el momento de mayor TMA en torno a ~600 años cal. AP. El IH por su parte, tiene una tendencia decreciente en esta ZAB, lo que indica un aumento de la humedad del ambiente de la cuenca, que se fue incrementando conforme al paso del tiempo y que alcanza en la actualidad uno de los episodios más húmedos de toda la secuencia. La relación entre plantas del tipo C_3:C_4 cambia por primera vez en todo

el núcleo, mostrándose una dominancia del tipo C_4 (0,9) en medio de la ZAB. El índice BI indica un aumento en la estacionalidad de las lluvias para esta ZAB, que tiene su pico en los ~600 años AP, coincidente con el mayor crecimiento de índice D:P, mostrando la mayor expansión de los matorrales y/o bosques en la toda la secuencia, aunque con rápida disminución hacia el tope del testigo. Los fitolitos de palmeras, por su parte, muestran los valores mínimos para toda la secuencia, con una tendencia decreciente de base a tope de la ZAB.

5.3. Las Maravillas *Core* 2

5.3.1. Descripción Ocular

El testigo LMC2 tiene 60 cm de profundidad y está compuesto por tres UE. La UE basal (I) tiene 2cm de potencia y corresponde a un sedimento limo-arcilloso compacto de color gris oscuro 10YR 4/1. La UE II, de 28cm de potencia, tiene una matriz fangosa compacta con algunos granos de arena. Es de color gris muy oscuro 10YR 3/1 con vetas de gris claro y algunas motas rojas. La UE más superficial (III) tiene 30cm de potencia. El sedimento es fangoso, compacto, con algunos granos de arena y presencia de raíces. Es de color negro 10YR 2/1 con vetas más claras.

5.3.2. Granulometría

La columna es homogénea desde el punto de vista granulométrico: las muestras se clasifican como fangos pobremente seleccionados, unimodales y de distribución mesocúrtica (Figuras 32 y 33) (Cuadro 8) (ANEXOS VII y VIII). Son escasas las variaciones granulométricas apreciada a lo largo del testigo. En la UE01 dominan los limos gruesos pero la media se encuentra en limos medios y la forma de la gráfica es asimétrica positiva. En la base de la UE02 la moda se encuentra en limo grueso, no obstante, encima de ello decrece a limo medio hasta el tope de la UE. Tiene asimetría positiva en (35cm, 45cm, 50cm) y simétrica (40cm). La UE03 es simétrica (30cm, 15ccm, 00cm) y asimétrica positiva (25cm, 20cm, 10cm, 05cm).

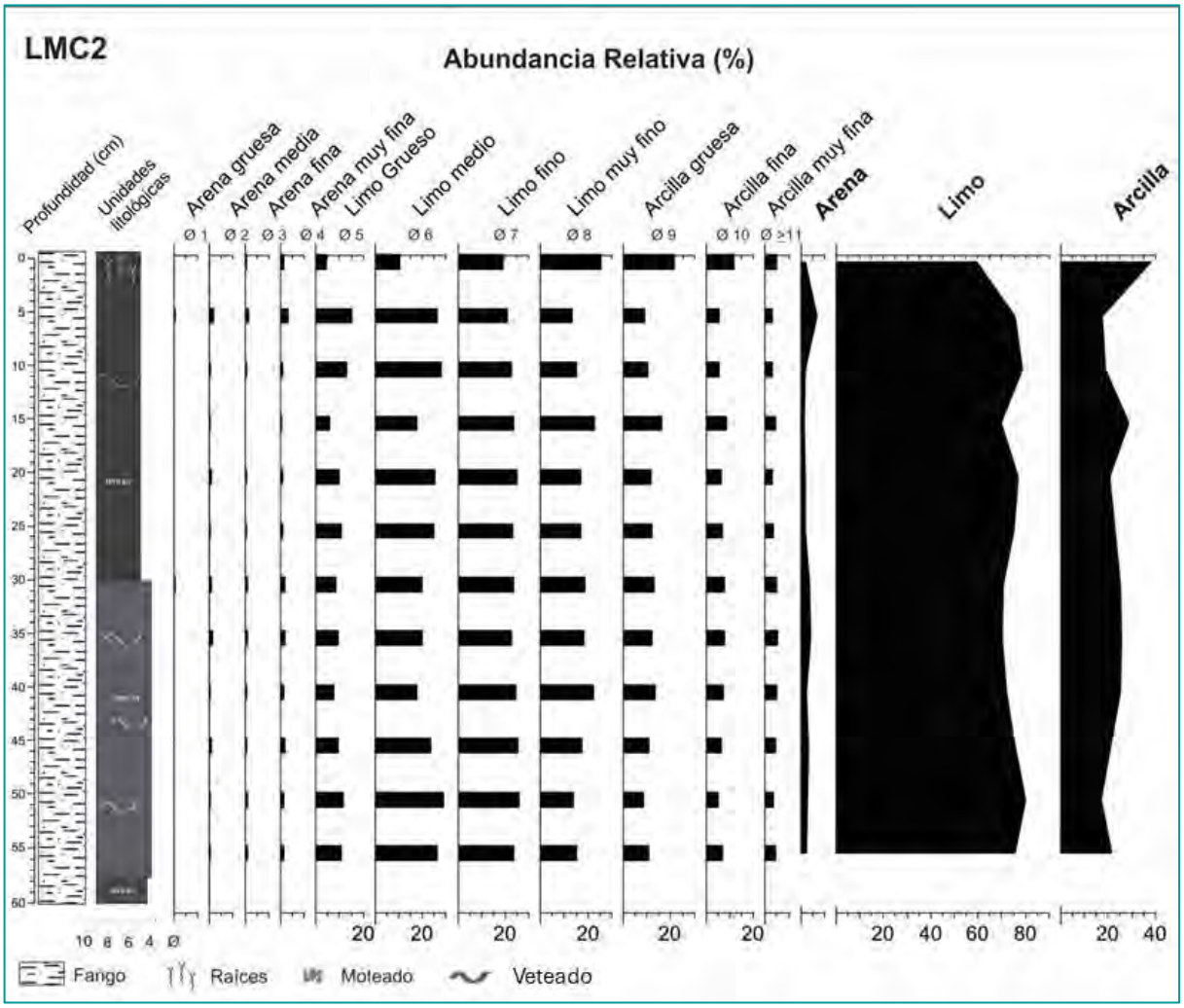


Figura 32: LMC2 distribución vertical de abundancias relativas de las distintas subpoblaciones granulométricas.

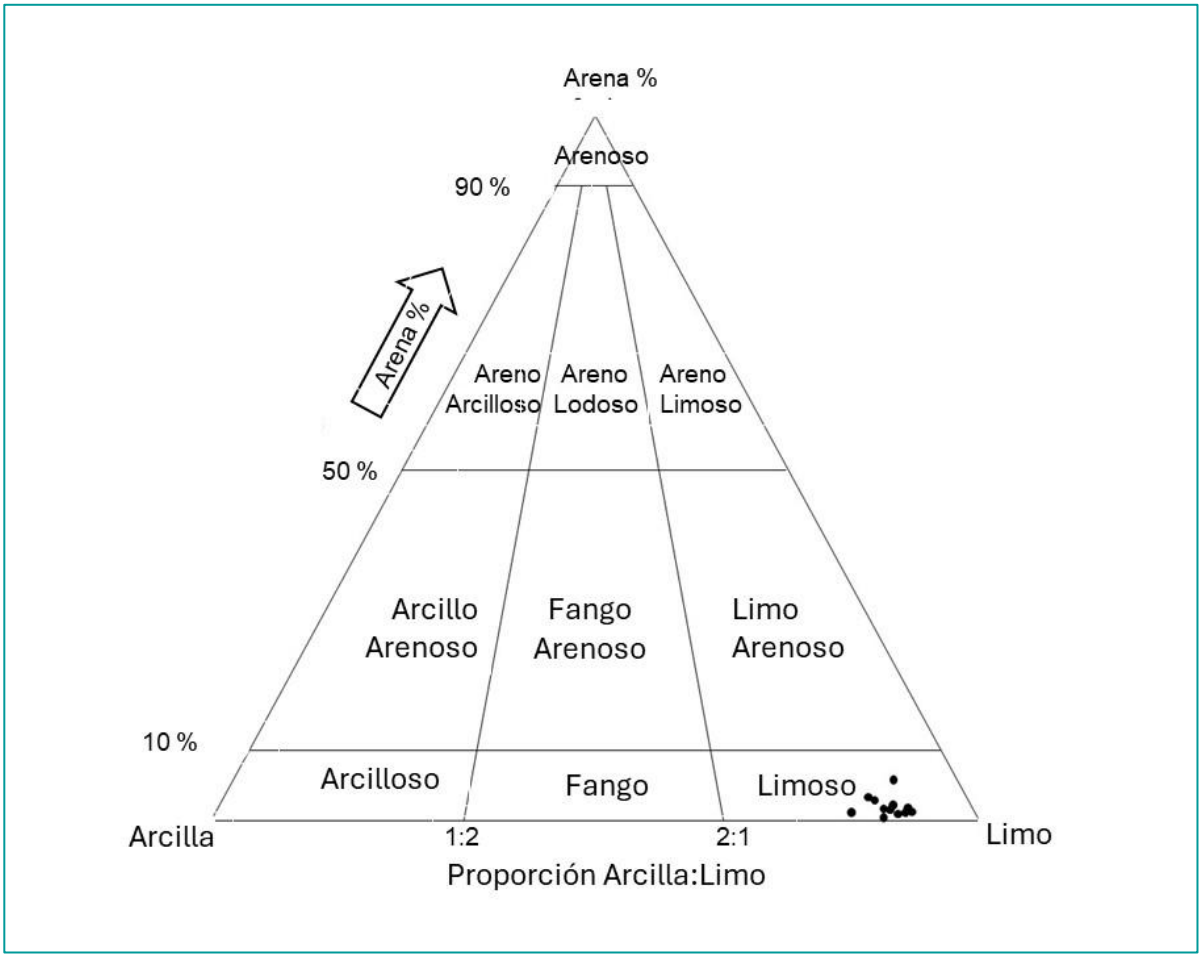


Figura 33: LMC2 clasificación textural (Folk y Ward et al. 1970)

En ningún caso la muestra presenta arena muy gruesa y la arena gruesa se encuentra en una proporción menor al 1% en todos los casos. El total de arenas no supera el 7% en ningún sector del testigo (Figura 34). El ambiente depositacional es inferido como pelágico en toda la columna con alternancias en procesos de bañados y bordes (Cuadro 9).

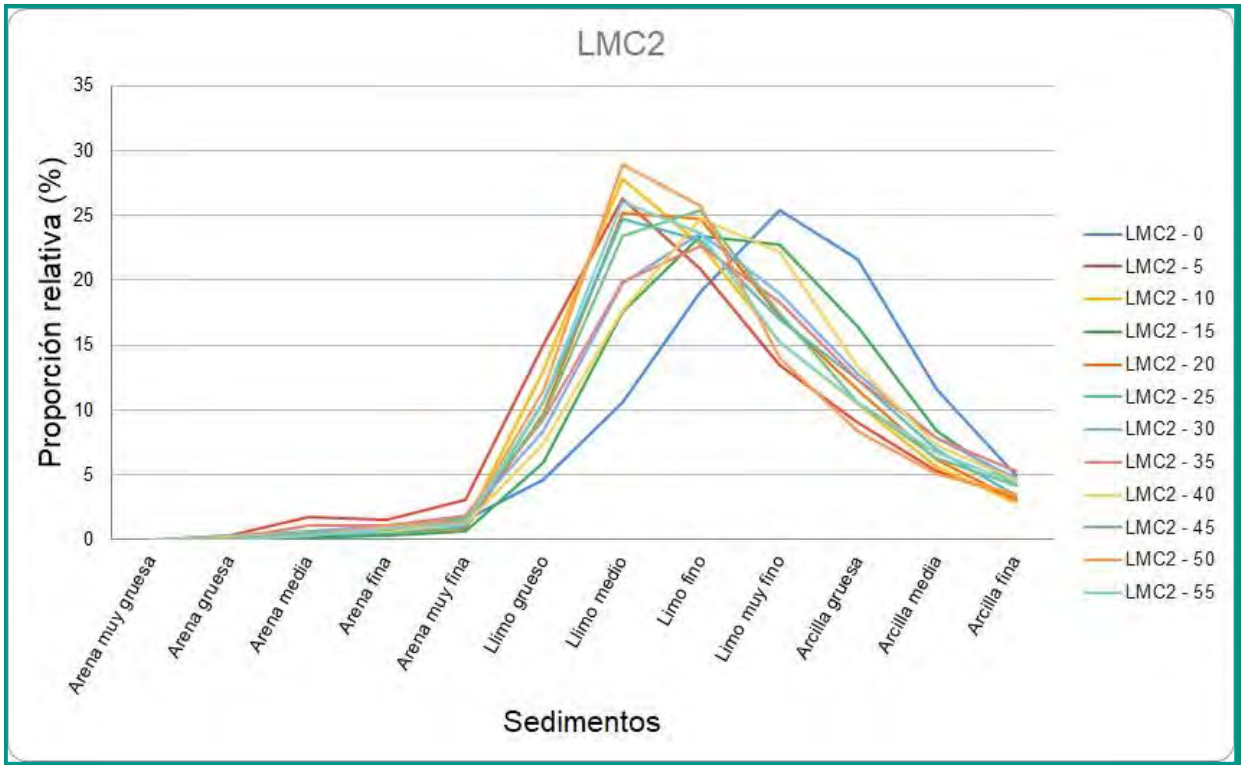


Figura 34: LMC2 polígono de frecuencia de las subpoblaciones granulométricas.

UE	III							II				I
Prof. cm	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Tipo muestral	UMS	UMS	UMS	UMS	UMS	UMS	UMS	UMS	UMS	UMS	UMS	UMS
Textural	Lodo	Lodo	Lodo	Lodo	Lodo	Lodo	Lodo	Lodo	Lodo	Lodo	Lodo	Lodo
Nombre	LF	LG	LG	LM	LG	LG	LM	LM	LM	LM	LG	LG
Media	LF	LM	LM	LF	LM	LM	LM	LM	LM	LM	LM	LM
Selección	Mal S	Mal S	Mal S	Mal S	Mal S	Mal S	Mal S	Mal S	Mal S	Mal S	Mal S	Mal S
Oblicuidad	Sim	Asim	Asim	Sim	Asim	Asim	Sim	Asim	Sim	Asim	Asim	Asim
Curtois	Meso	Meso	Meso	Meso	Meso	Meso	Meso	Meso	Meso	Meso	Meso	Meso

Cuadro 9: LMC2 parámetros estadísticos obtenidos con el programa Gradistat 8.0 a partir de los datos granulométricos aportados por el equipo láser en el Laboratorio de Sedimentos de la Universidad de Santa Rosa - La Pampa. Siglas del cuadro: UMS - unimodal mal seleccionada; LF – limo fino; LM – limo medio; LG – limo grueso; Mal S – mal seleccionado; Sim – simétrico; Asim – asimétrico; Meso – Mesocúrtico.

LMC2	Deposición	Ambiente
00	FR	Borde
05	FR	Borde
10	Pelágica	Bañado

15	Pelágica	Bañado
20	Pelágica	Bañado
25	Pelágica	Bañado
30	FR	Borde
35	FR	Borde
40	Pelágica	Bañado
45	Pelágica	Bañado
50	Pelágica	Bañado
55	Pelágica	Bañado

Cuadro 10: LM LC2 Ambiente depositacional según diagrama de Passega (1957). FR: fuera del rango.

5.3.3. Concentraciones de materia orgánica y carbonatos cálcicos

LMC2 contiene mayor abundancia de MOS en todo su perfil que LMC1, con valores altos en el tope de aproximadamente 40 y 50%, descendiendo a valores en el entorno del 3 % en la parte inferior a los 35cm de profundidad. El carbonato cuenta con valores en la distribución que van desde el 0,8 en la base al 2% en el tope del testigo. La distribución se manifiesta de forma creciente, no obstante, tiene dos picos mínimos a los 42cm y a los 28cm de profundidad (Figura 35).

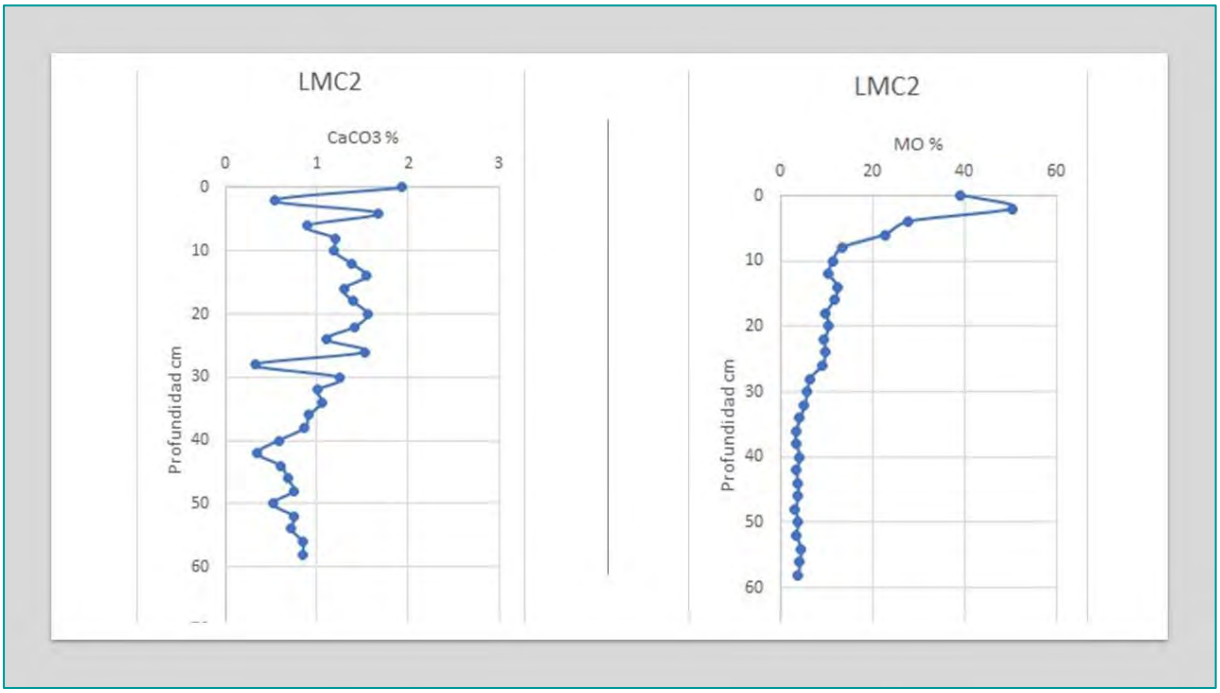


Figura 35: LMC2 Distribución vertical del contenido de MOS, estimada por pérdida de peso por ignición. Los datos originales pueden consultarse en Machado y del Puerto (2024b).

5.3.4. Concentración biosilícea

El testigo LMC2 comienza a los 57cm de profundidad con concentraciones de biosílice en torno a los 0,02g/cm^3 para ascender a 0,7g/cm^3 en los 53cm de profundidad. Luego mantiene un comportamiento variable hasta los 9cm de profundidad, contando con cinco crestas donde se destacan las pendientes menos acentuadas entre los 45cm y 37cm de profundidad (decreciente) y otra creciente entre 21cm y 9cm de profundidad. Posteriormente desciende a las concentraciones más bajas de la gráfica en la superficie del muestreo. Los picos más altos de concentraciones biosilíceas se encuentran a los 33cm y a los 9cm de profundidad (Figura 36).

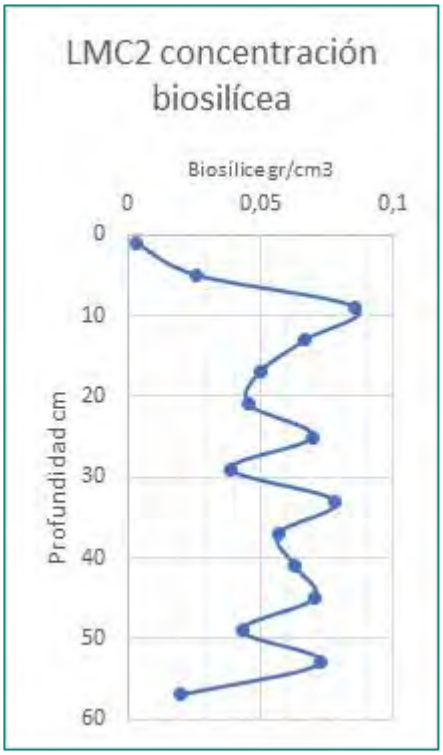


Figura 36: LMC2 concentración biosilícea.

5.3.5. Mineralogía petrográfica óptica

En la secuencia de LMC2 (LMC2_06, LMC2_10, LMC2_26, LMC2_30, LMC2_40, LMC2_50, LMC2_56, LMC2_60) correspondiente al intervalo de tamaño de grano comprendido entre 125µm y 150µm, predominan los cuarzos principalmente monocristalinos; en segundo lugar, los feldespatos con predominancia del potásico ante la plagioclasa; en menor medida se encuentran accesorios como: granate (LMC2_60), calcedonia (LMC2_60), epidoto (LMC2_56) leucoxeno (LMC2_50), biotita (LMC2_30) anfibol (LMC2_06 y 26), esfeno (LMC2_26 y 06), circón (LMC2_06) y otros no identificados. Asimismo, se han observado isótropos como vidrio volcánico (LMC2_30) y silicofitolitos (LMC2_10) (Figura 37).

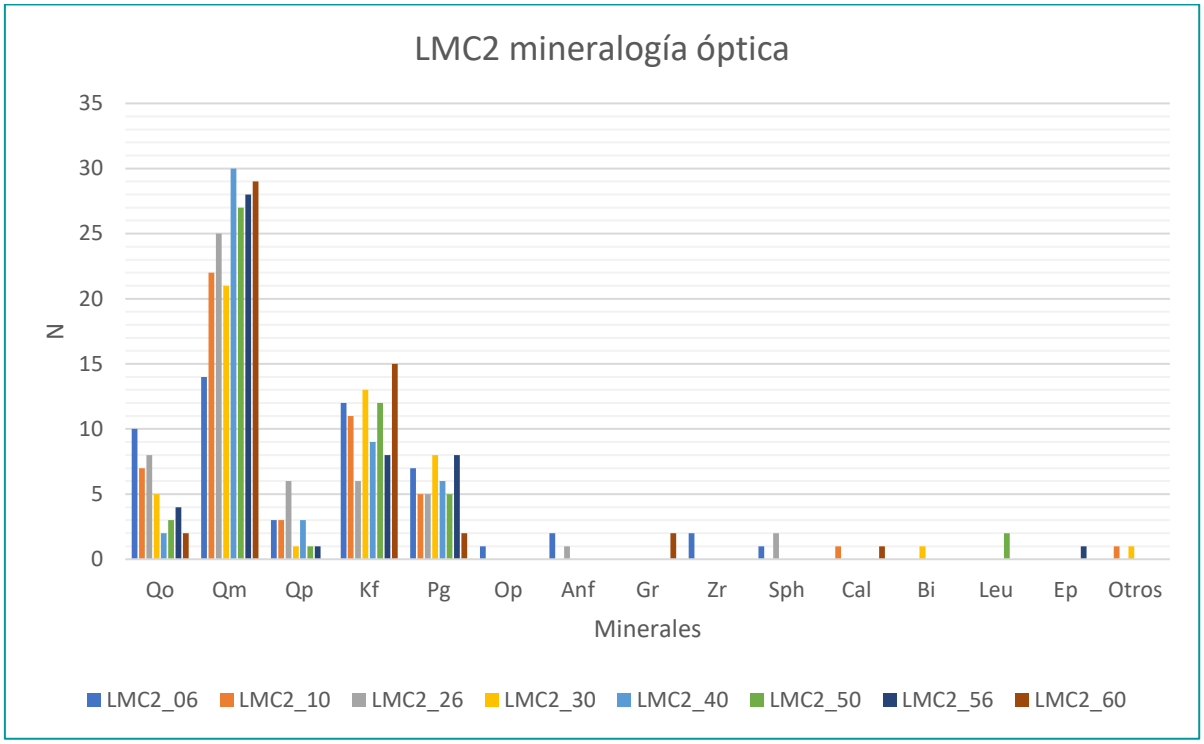


Figura 37: Mineralogía. LMC2 intervalo de tamaño 125-150 um. Qo: cuarzo ondulante; Qm: cuarzo microcristalino; Qp: cuarzo policristalino; Kf: feldespato potásico; Pg: plagioclasas; Op: opacos; Anf: anfibol; Gr: granate; Zr: circón; Sph: esfeno; Cal: calcedonia. El acceso a la planilla de datos se puede obtener a partir de Machado y Piñeiro (2024).

Para el intervalo de tamaño de grano mayor a 500µm la variabilidad de minerales observada es menor, representados principalmente el cuarzo, en segundo lugar, el feldespato potásico y por tercero una categoría de fragmentos líticos (cuya composición en general es de fragmentos de roca cuarzo-feldespáticas) (Figura 38).

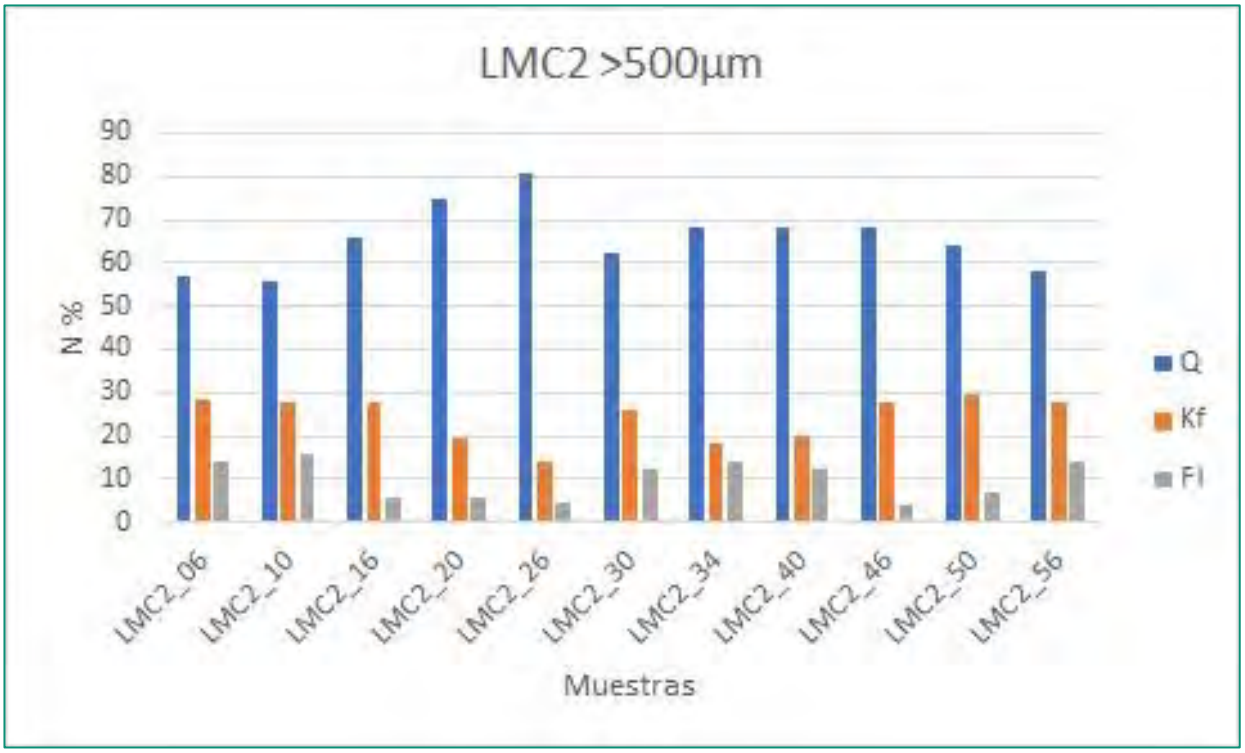


Figura 38: LMC2 mineralogía >500µm. Q: cuarzo; Kf: feldespato potásico; Fl: feldespato (plagioclasas). . El acceso a la planilla de datos se puede obtener a partir de Machado y Piñeiro (2024).

5.4. Las Maravillas *Core* 3

5.4.1. Descripción ocular

El testigo LMC3 tiene 50cm de profundidad y está compuesto por tres UE. La UE basal tiene 20cm de potencia, es de color negro 10YR 2/1, con motas de color naranja a rojo, en una matriz de sedimento compacto limoso con presencia de arenas. La UE II tiene 15cm de potencia, es de color negro 10YR 2/1, con alta retención de agua y algunos granos de arena. La UE III tiene 15cm de potencia, es de color marrón oscuro 10YR 3/3, presencia de raíces, abundante presencia de agua y poco compacto.

5.4.2. Granulometría

En el núcleo 3, los resultados de los parámetros estadísticos según Folk y Ward (1957) de mediana y media corresponden a limo muy fino a fino. Los valores

de desvío estándar indican una distribución unimodal en todos los casos, con moda en limo fino. Los sedimentos de los depósitos son mal seleccionados, con distribución simétrica salvo LMC3_10, asimétrica, mesocúrticas. El grupo textural granulométrico es fango (Folk *et al.* 1970) en todo el testigo (Figura 39 y 40).

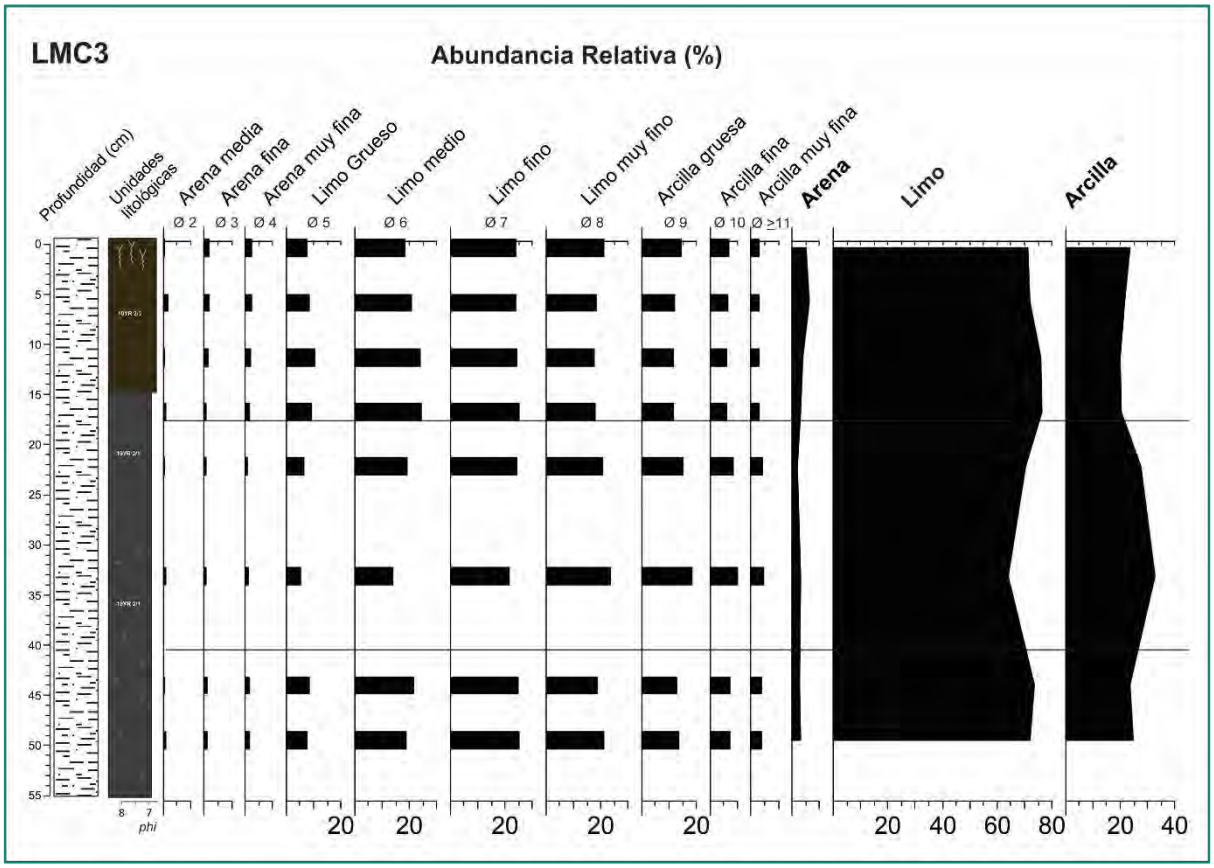


Figura 39: LMC3 distribución vertical de abundancia relativa de las distintas subpoblaciones granulométricas.

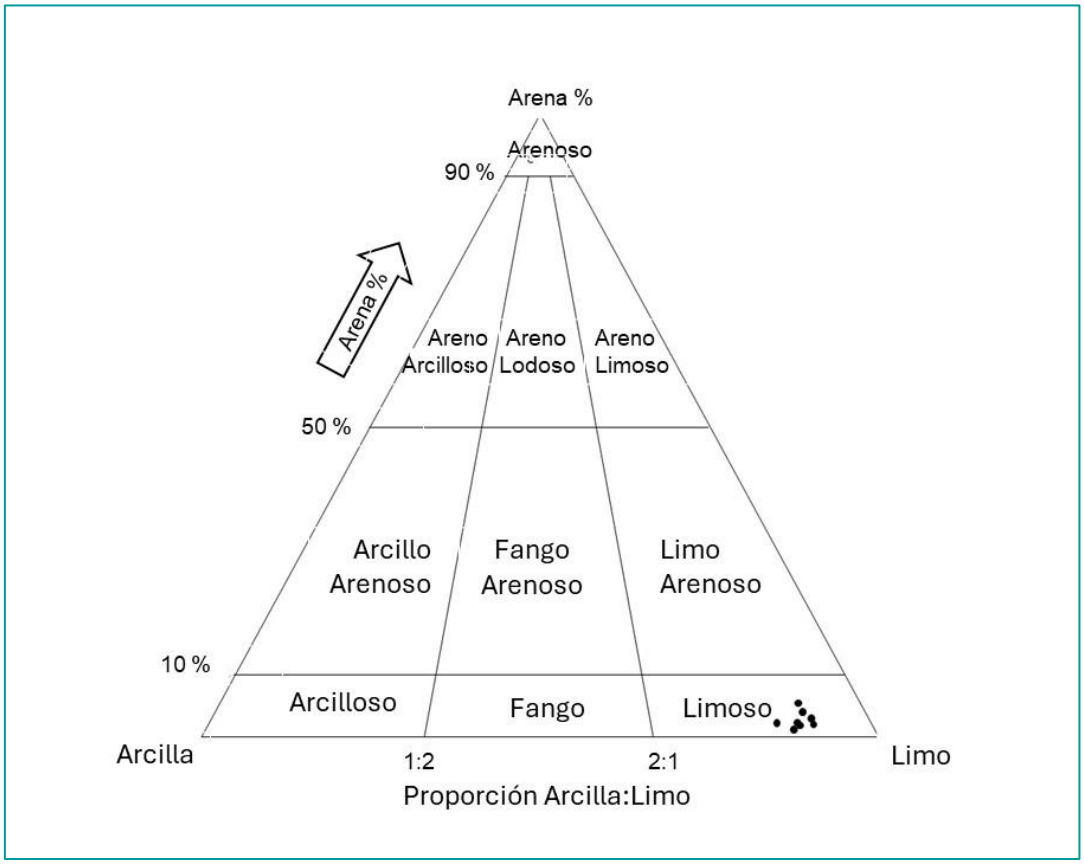


Figura 40: LMC3 clasificación textural según Folk *et al.* (1970).

Los histogramas (ANEXO VIII) muestran que en ningún caso la muestra presenta arena muy gruesa y la arena gruesa se encuentra en una proporción menor al 1% en todos los casos. Asimismo, el total de arenas no supera el 7% en ningún sector del testigo (Figura 41).

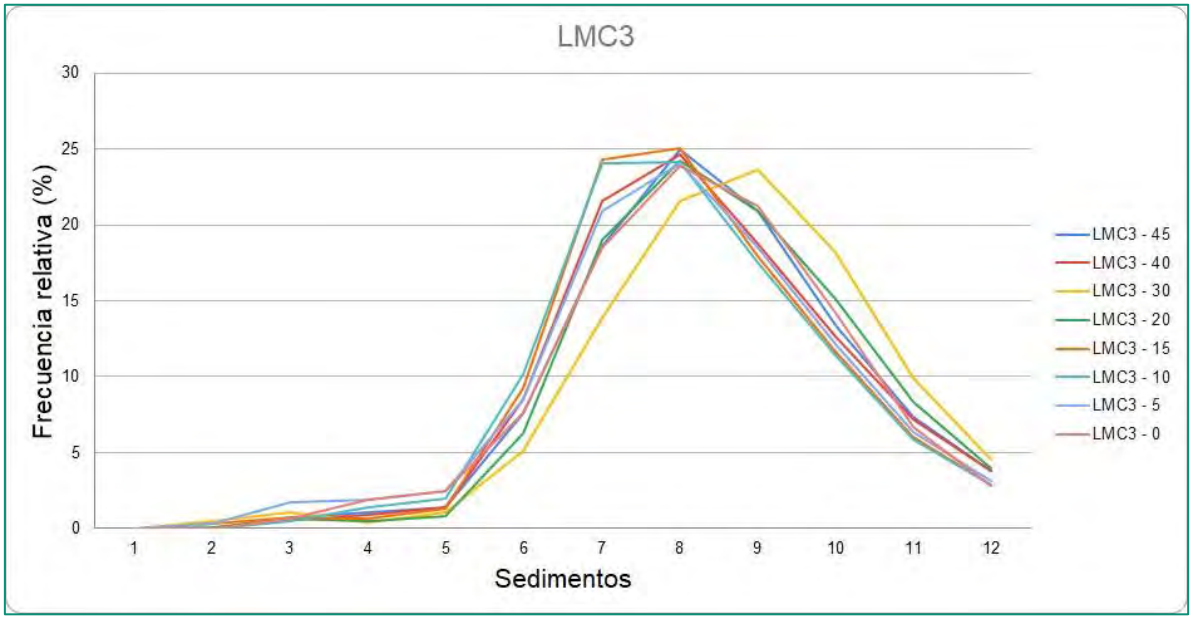


Figura 41: LMC3 polígono de frecuencia de las subpoblaciones granulométricas.

UE	III			II		I		
Prof. cm	0	5	10	15	20	30	40	45
Tipo muestral	UMS	UMS	UMS	UMS	UMS	UMS	UMS	UMS
Textural	Fango	Fango	Fango	Fango	Fango	Fango	Fango	Fango
Nombre	LM	LM	LM	LM	LM	LF	LM	LM
Media	LM	LM	LM	LM	LF	LF	LM	LM
Selección	MalS	MalS	MalS	MalS	MalS	MalS	MalS	MalS
Oblicuidad	Sim	Sim	Asim	Asim	Sim	Sim	Asim	Sim
Curtois	Meso	Meso	Meso	Meso	Meso	Meso	Meso	Meso

Cuadro 11: LMC3 parámetros estadísticos obtenidos con el programa Gradistat 8.0 a partir de los datos granulométricos aportados por el equipo láser en el Laboratorio de Sedimentos de la Universidad de Santa Rosa - La Pampa. Siglas del cuadro: UMS - unimodal mal seleccionada; LF – limo fino; LM – limo medio; LG – limo grueso; Mal S – mal seleccionado; Sim – simétrico; Asim – asimétrico; Meso – Mesocúrtico.

Según el diagrama de Passega (1957; 1964) los (Paleo) ambientes depositacionales son pelágicos alternando con puntos fuera del rango (Cuadro 13).

LMC3	Depositación	Ambiente
00	pelágica	Bañado
05	FR	Borde
10	pelágica	Bañado
15	pelágica	Bañado
20	FR	Borde
25	pelágica	Bañado
30	FR	Borde
35	FR	Borde
40	pelágica	Bañado
45	FR	Borde

Cuadro 12: Sistemas de depsitación y paleoambiente según Passega (1957; 1964).

5.4.3. Concentración de materia orgánica sedimentaria y carbonatos

La concentración de MOS aumenta con el paso del tiempo, desde los 48cm con valores aproximados a 5% hasta la superficie que se aproxima al 30%. Esta tendencia tiene algunas regresiones en los 30cm, 18cm y principalmente en los 5cm de profundidad (Figura 42).

El carbonato cálcico tiene un comportamiento creciente variando entre aprox. 1% en la base y 1,5% en el tope con picos máximos en los 32cm, 28cm, 12cm y 0cm (Figura 41).

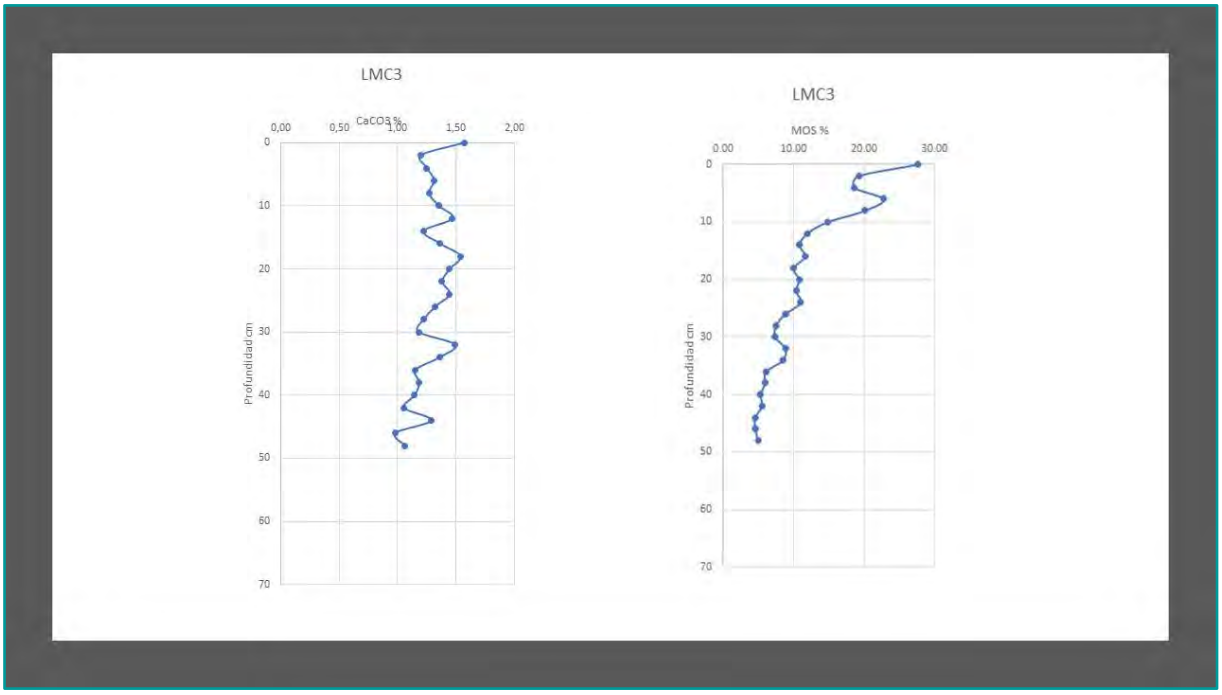


Figura 42: LMC3 Distribución vertical del contenido de materia orgánica sedimentaria (MOS y carbonatos), estimada por pérdida de peso por ignición. El acceso a la planilla de datos se puede obtener a partir de Machado y del Puerto (2024b).

5.4.4. Concentración biosilícea

El testigo LMC3 contiene valores en el entorno de los 0,10g/cm^3 a 0,15g/cm^3 desde el inicio de la secuencia hasta los 13cm de profundidad, posteriormente

decrece al punto de menor concentración biosilícea en los 9cm de profundidad (0,07gr/cm^3) para culminar en la superficie del muestreo en 0,08g/cm^3. La pendiente más suave es decreciente y se encuentra entre los 25cm y los 17cm de profundidad. Los dos mayores picos se encuentran en los 45cm y en los 33cm de profundidad (Figura 43).

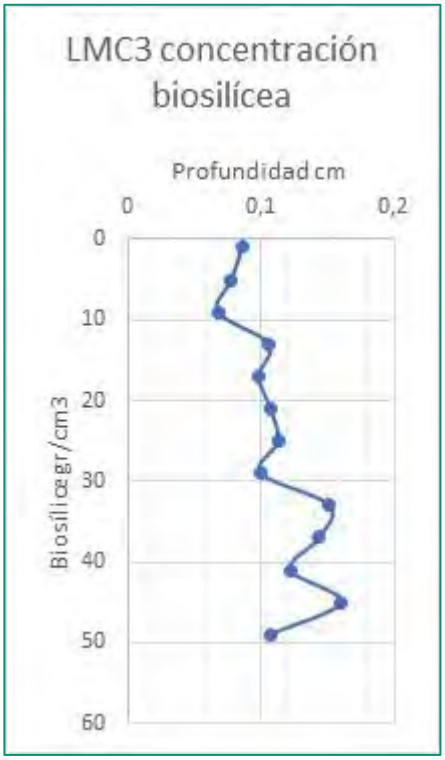


Figura 43: LMC3 concentración biosilícea.

5.5. Integración de los núcleos 1, 2, 3 obtenidos del Bañado Las Maravillas (LMC1, LMC2, LMC3)

Para la realización de muestreos, es bueno conocer las características de cada sistema para adecuar las campañas de campo con la logística existente, además de conocer los potenciales y limitaciones de los muestreadores para disminuir los sesgos al interpretar el registro.

En este sentido, teniendo en cuenta las diferencias en la compactación de los núcleos 1, 2 y 3, producto de la utilización de diferentes equipos de muestreo, la integración y comparación de los resultados obtenidos mediante el análisis de los

diferentes indicadores paleoambientales y paleoclimáticos (principalmente de acuerdo con la descripción ocular, la granulometría, el contenido de MOS y carbonatos, así como las concentraciones de biosílice), permitió correlacionar los tres testigos de fondo del bañado Las Maravillas. Dicha correlación permite identificar diferentes grados de contracción en cada núcleo correspondiente a los diferentes sistemas de muestreo.

El registro de LMC1 es el de mayor potencia y también el que evidencia mayor compresión, producto de la presión ejercida con el caño de acero junto a la desobturación realizada a posteriori con el émbolo. Por otro lado, el muestreador de PVC presentó un grado medio de compactación y la sonda rusa el grado más bajo. Proporcionalmente a la compactación fue la profundidad alcanzada: a mayor compactación, mayor profundidad. Esto se vincula no solo a los sistemas de muestreo empleados, sino también a la naturaleza de los depósitos perforados: a partir de los 40-50 cm de profundidad, se desarrollan depósitos fangosos muy compactos y plásticos. Estos depósitos resisten la perforación, impidiendo la penetración de equipos como la sonda rusa y provocando la compactación de las secuencias sedimentarias muestreadas con los otros métodos.

Así, aunque los tres núcleos tienen una longitud similar, LMC1 es el que tiene un registro más extenso, con cinco UE y cinco ZAB; LMC2 se correlaciona con las cuatro UE más superficiales y LMC3 con las tres más superficiales. En el sentido de lo que se describe arriba, las UE se representan con mayor potencia relacionado a una menor compactación en LMC3 que en los dos testigos restantes. Asimismo, las UE de LMC2 son más grandes que las de LMC1.

Por otro lado, se destaca la gran correlación que existe entre las cinco UE y las cinco ZAB, lo cual indica un buen ajuste metodológico, donde los escasos desfasajes entre unas y otras pueden deberse a los tiempos de respuestas de los diferentes componentes del ambiente (bióticos, químicos y físicos) para enfrentar los cambios climáticos, así como los culturales.

6. DISCUSIÓN

6.1. Muestreos

Un aspecto para ponderar en esta línea de investigación es la metodología adecuada para la obtención de los núcleos, ya que es crucial preservar la integridad de la secuencia estratigráfica (minimizar la alteración durante el muestreo), alcanzando la potencia deseada en el registro. El medio acuoso sumergido, la vegetación alta y densa, así como los sedimentos finos depositados, hacen aumentar el grado de dificultad en cuanto a la obtención de muestras inalteradas. En este sentido, el *EPSS* expresó la mejor prestación entre los muestreadores utilizados, ya que se consiguió obtener una columna de sedimentos de mayor potencia. No obstante, este sistema tuvo la mayor compactación debido a que no se desobturó en campo (en el mismo momento) por medio del émbolo. En este sentido, las tasas de depositación calculadas (linealmente) deben ser relativizadas pues, los sectores compactados estarían integrando un sesgo a estos datos, en el sentido que se mostrarían subrepresentados. Del mismo modo, los períodos de contracción del humedal indicados en los procesos de borde de bañado deberían haber alterado una tasa depositacional continua.

El método de muestreo MPVC resultó también eficaz y contó con la ventaja de ser desobturado por el cortado del caño. Esto permite transportar la muestra intacta hasta el laboratorio, de forma más segura que sin encapsular. Asimismo, al no utilizar émbolo para la desobturación, se evitan posibles contracciones de la muestra.

La *RS* demostró una importante prestación en la obtención de la muestra y una gran practicidad en la desobstrucción, aunque no se consiguieron, a *priori*, testigos con el alcance vertical de los otros sistemas; no obstante, resultó ser el sistema de muestreo más expeditivo.

6.2. Reconstrucción paleoambiental y paleoclimática: interpretación del registro

En la figura 44 se integra la información respecto a las UE y sus características sedimentarias, el ambiente de depósito inferido, la cronología, así como los indicadores biológicos que refieren al ambiente en términos generales, así como a la vegetación y el clima de forma específica.

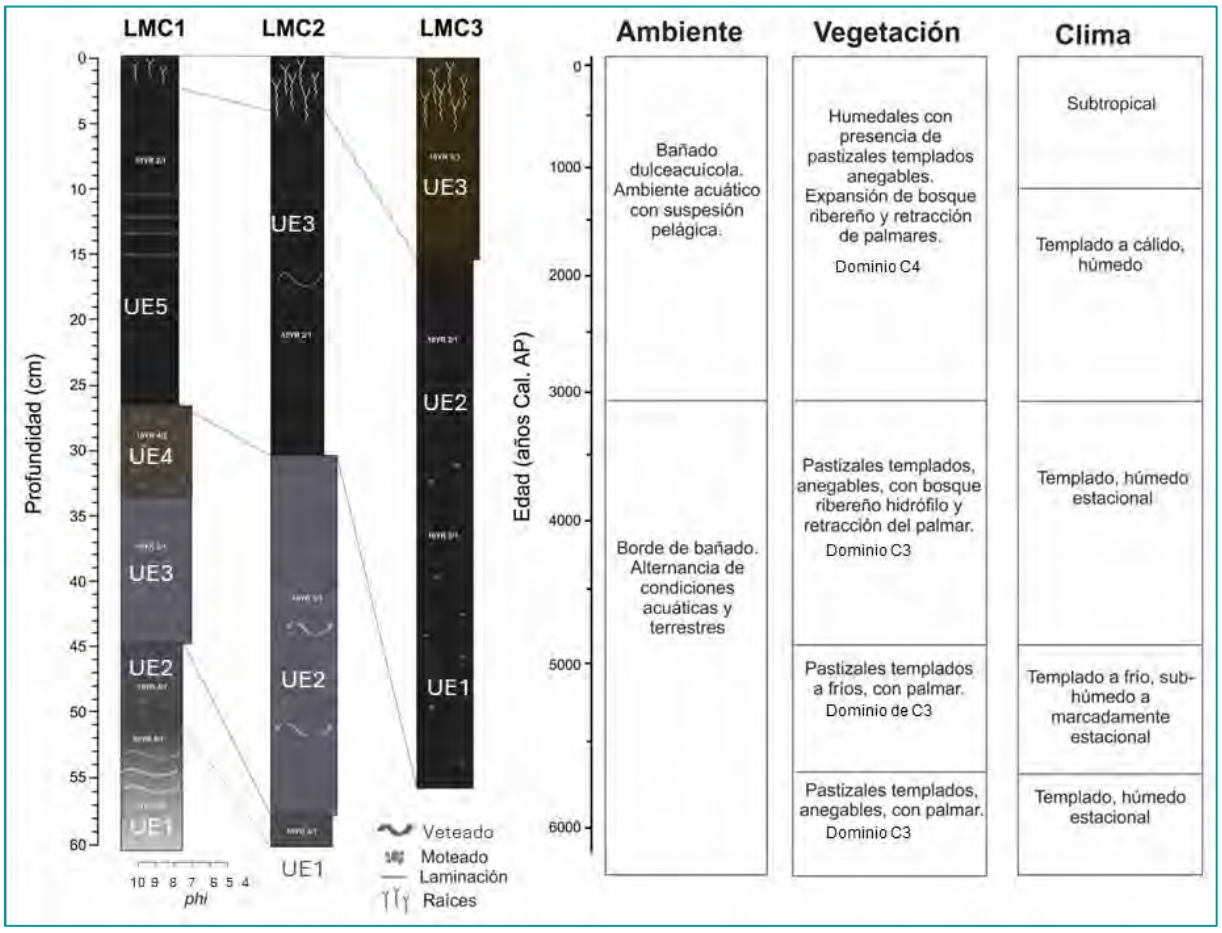


Figura 44: Correlación cronoestratigráfica de los tres testigos (LMC1, LMC2, LMC3) y principales escenarios climáticos y ambientales inferidos.

El sector más antiguo de la secuencia está representado por la UE basal de LMC1 en un depósito de fango, sedimentado en un ambiente léntico asimilable a un bañado con procesos de borde (contracción/expansión). Los aportes mineralógicos son principalmente intracuencales ya que concuerdan con los descritos en antecedentes para las formaciones geológicas locales (Muzio y Artur 1999; Preciozi *et al.* 1985), así como para los depósitos sedimentarios (Blasi *et al.* 2005; del Puerto *et al.* 2011). La mineralogía es coherente con la formación de sedimentos por

meteorización, con un transporte por escorrentía a planicies bajas, depositación y diagénesis de argilominerales neoformados en condiciones hidromórficas a partir del material parental de la cuenca (cuarzos y feldespatos): illitas y caolinitas. Estas neoformaciones responden a procesos postdepositacionales de largos períodos de anegamiento. Por otra parte, la MOS sugiere una escasa cobertura vegetal y el registro biosilíceo una baja productividad primaria en el sistema límnico para este período. Esto es iterpretado así, ya que la baja cantidad de biosílice no puede entenderse como un sesgo de preservación ya que los valores de pH para esta UE (y para toda la columna estratigráfica) son insuficientes para degradar el biosílice.

Según la geocronología este depósito representa el Holoceno medio, lo cual está acotado en una UE (~6000–5400 años AP) que se encuentra en la intersección de las ZAB I y II en ~5700 cal. AP. Para este período, los índices de temperatura y de humedad indican un clima templado a húmedo entre (~6000-5700 años AP), que pasa a ser templado a frío y subhúmedo a marcadamente estacional en el tope de la UE.

Para esta época, el paleoambiente fue un borde de bañado según lo indicado por la granulometría sedimentaria, donde la marcada estacionalidad en las lluvias junto a la topografía y la pedología de la zona, generaron una alternancia anual de condiciones subacuáticas y subáreas en los suelos: anegados en la época lluviosa del año. El registro biosilíceo indica una vegetación de pastizales templados, estacionalmente anegables, donde se habrían desarrollado palmares más extensos y/o densos que los actuales, (~6000-5700 años AP). Sobre el final del período, la asociación fitolítica indica condiciones templadas a frías, bajo las que se desarrolló la mayor presencia de palmares para todo el registro entre los ~5700-4800 años AP. En este lapso se registra el pico mínimo de aporte biosilíceo total del sistema, pero el máximo aporte de biosílice terrestre (silicofitolitos) en relación con el de partículas biosilíceas de origen acuático (diatomeas, crisofitas, espongiarios), lo que indica una retracción de los bañados y una disminución de las condiciones anegables de los suelos.

Las condiciones paleoclimáticas y paleoambientales instaladas en el Holoceno medio, están representadas por depósitos de lodo en la UE02 de LMC1 (50-45) y en la UE01 de LMC2 (60-57cm), que son equiparables entre sí. Posteriormente se desarrollan las UES 03 Y 04 de LMC1 (45-26cm) que son equiparables a la UE02 de LMC2 (57-31cm). Este período no se encuentra representado en LMC3 ya que la perforación no alcanzó la profundidad del depósito. De acuerdo con los indicadores analizados, el ambiente permaneció funcionando como un bañado que alternó de condiciones acuáticas al comienzo del período a procesos de borde de bañado conforme al paso del tiempo. Si bien la concentración de MOS presenta un pequeño incremento en el tope del período, no evidencia una gran expansión de la cobertura vegetal para la zona. Asimismo el índice de silicofitolitos frente a otras células biosilíceas (SF:OSB) indica un aporte mixto al comienzo de la representación del período en el muestreo (base) con una tendencia hacia el predominio de aporte terrestre en la medida del paso del tiempo. Si se observa específicamente la productividad primaria, ésta es muy baja, prácticamente nula, de acuerdo con el registro de diatomeas, crisofitas y espongiarios. Los aportes mineralógicos son intracuencales en la fracción arena, lo que indica un transporte hídrico local donde el grado de redondez y esfericidad muestran pequeños desplazamientos. En fracciones más pequeñas podemos destacar la presencia de vidrio volcánico, ya mencionado ampliamente en los antecedentes para lagunas costeras del este de Uruguay, lo que indica un aporte alóctono eólico del componente sur oeste, que caracterizó al Holoceno medio en esta región (del Puerto *et al*. 2011; entre otros). Asimismo, los procesos postdepositacionales descritos para la UE precedente se mantienen (condiciones hidromórficas de neoformaciones de arcillas).

La vegetación fue de pastizales templados, anegables, con bosque ribereño y retracción del palmar respecto al período precedente. Para este periodo, el aporte de biosílice de plantas terrestres proveniente de la cuenca es prioritario ante el aporte acuático, principalmente al comienzo de este donde las diatomeas y las crisofitas no registran prácticamente presencia, manteniendo la tendencia del final del período anterior. El bosque ribereño estuvo presente de forma itinerante con un pico de máxima expansión para el período sobre ~4000 años AP. Para ese lapso el paleoclima varió de las condiciones precedentes (templado húmedo estacional) a templado a frío subhúmedo a marcadamente estacional (~5700-4800 años AP) y posteriormente

sobre el final del período a templado húmedo estacional (~4800-3100 años AP) según los índices de temperatura y humedad (ver: Figuras 31 y 44).

El Holoceno superior es el período con mayor representación, tanto vertical como horizontalmente, ya que cuenta con UE equiparables en los tres núcleos analizados. Se caracterizan por ser las UE más oscuras (10YR 2/1 negro), si bien LMC3 cuenta con un sector superior más claro, éste es apenas representado por raíces en LMC1 y 2, de donde fue extraído en el muestreo por tratarse del sedimento enraizado actual. Los depósitos corresponden a fango y se desarrollan desde los 26-0cm en LMC1, 31-0cm en LMC2 y 55-0cm en LMC3. El ambiente depositacional, si bien varía de bañado a procesos de borde de bañado, es dominantemente acuático en los tres testigos. La granulometría es homogénea respecto al resto del perfil estratigráfico, presentando depósitos de fango, con una mineralogía que presenta materiales locales con procesos similares a los descritos arriba para todo el perfil, con la diferencia de incorporar un mineral accesorio extracuencal: anfibol (LMC1_UE03, 05; LMC2_UE03) el cual podría provenir de la costa oceánica. Por su parte la MOS tiene un incremento muy acentuado, creciendo de 4% a 18% aproximadamente, lo que indica una fuerte instalación de la cobertura vegetal en los humedales con formación de turberas que han sido estudiadas. (Mastrander 1915; Laffite 1943; Sijbolts 1959: en Goso 1985; Goso 1968; Falco 1995; García-Rodrígez *et al.* 2010). Este período se desarrolló a partir de ~3000 años AP. hasta la actualidad. No obstante, es posible diferenciar en el tramo final un período moderno, en el cual es evidente la intensificación del impacto antrópico del medio, lo cual se discute en la sección 6.3.

El registro fitolítico indica que durante el Holoceno superior se desarrolló una vegetación de humedales con presencia de pastizales templados anegables. En términos generales, se registra una mayor presencia de elementos leñosos, que podría corresponder con la expansión de formaciones de matorrales o bosques. Por el contrario, la baja frecuencia relativa de fitolitos de aracáceas registrada permite inferir que se trata del período de menor extensión y/o densidad del palmar en la zona de estudio. De acuerdo a los índices climáticos, el clima se volvió templado a cálido y húmedo (~3100-1200 años AP), tornándose subtropical desde los ~1200 años AP hasta la actualidad. El índice de estrés hídrico indica una estacionalidad marcada en las lluvias sobre el comienzo del período y una disminución de la estacionalidad

sobre los ~2000 años AP, coincidiendo con un aumento de la temperatura y de la humedad. Este cambio se ve reflejado en un aumento en el aporte de biosílice acuático (diatomeas y crisofitas) y en el máximo valor de aporte biosilíceo total, indicando el desarrollo del humedal y una alta productividad primaria del sistema.

6.2. Integración con los antecedentes de reconstrucciones paleoclimáticas y paleoambientales locales

Entendiendo al Holoceno inferior como el período comprendido entre los 11700 y 8200 años AP (Walker *et al.* 2018), es difícil poder reconstruir las condiciones climáticas y ambientales correspondientes, ya que el rango cronológico de la secuencia de LM comienza en los 5773 cal. AP y los antecedentes para la cuenca de la Laguna Negra en el caso de la serie LN no registran indicadores para la reconstrucción paleoclimática y en el caso de la serie LP no alcanzan la profundidad temporal (del Puerto et al 2011; 2013; del Puerto 2015) (Figura 43). No obstante, en el caso de los muestreos de LN sí tienen una UE, con una cronología relativa anterior a un período comenzado antes de los 5952 años cal. AP. Es decir que la UE estéril de LN es posiblemente (si no hay una erosión) cronológicamente correlacionable al comienzo del Holoceno medio y podría incluir el final del Holoceno inferior. Paleoambientalmente es coherente con este período dada la interpretación de la conexión marina que habría generado un pantano salino de muy baja productividad primaria (Bracco *et al.* 2005; Blasi *et al.* 2005; del Puerto *et al.* 2011; Inda 2011).

Asimismo, la UE más antigua alcanzada por los muestreos en LM representa un período templado húmedo estacional del cual no se alcanzó su inicio. En comparación con LN (Figura 45), el clima presenta una pequeña diferencia, más húmedo y más cálido, para el mismo rango cronológico, lo cual podría estar indicando una precisión mayor que logra subdividir un período templado y subhúmedo estacional en términos generales representado así en LN entre los *circa* 5900 y 4900 años AP, pero que en LM se especifica con información que indica un pequeño gradiente negativo de temperatura y humedad; es decir que con el paso del tiempo la temperatura y la humedad descendieron. No es posible asociar esta UE inferior de LM con la UE estéril de LN correspondiente al Holoceno inferior dado que el material del alternante cuerpo de agua en LM indica una producción primaria dulceacuícula que se

interpreta a partir de la presencia de diatomeas como *Eunotia incisa* (Metzelin y García-Rodríguez 2003), mientras LN presenta un registro estéril con retransporte marino que se interpreta como un ambiente léntico salobre (Blasi *et al.* 2005; Bracco *et al.* 2005; del Puerto *et al.* 2011; Inda 2011). En este punto es necesario ampliar la información paleoambiental y paleoclimática con nuevas estrategias de muestreos en otras unidades del paisaje de la cuenca de la Laguna Negra, que permitan obtener un registro *proxy* identificable del Holoceno inferior.



Figura 45: Comparación entre los núcleos de las secuencias de LN y LM. Los datos para la construcción del cuadro para LN fueron tomados de del Puerto (2011: 139). La cronología fue calibrada con OxCal. V4 3.2 Ramsey (2017); r5; ShCal13 *Athmospheric curve* (Hong *et al.* 2013). La columna geocronológica del medio del gráfico

es calculada aproximadamente según los datos calibrados de LN y LM, a una tasa depositacional sedimentaria constante.

Así, de acuerdo con la serie LN, el Holoceno medio se caracterizó con un clima templado a frío subhúmedo a seco, estacional, entre los ~6000 a 5000 cal. AP que pasó a ser templado subhúmedo estacional hasta el ~2000 cal. AP. (del Puerto *et al.* 2011). El registro de LM es en términos generales similar, con una muy alta correspondencia entre ~5773 y 3000 años cal AP. Anterior y posteriormente a este lapso, LM se muestra más cálido y más húmedo. Los antecedentes indican la presencia de subambientes acuáticos marino-salobres (Bracco *et al.* 2005; Inda 2009) o mixohalinos, oligotróficos, que bajaron su energía depositacional con el paso del tiempo, indicando los cerramientos a las conexiones oceánicas (del Puerto *et al.* 2011; Inda 2011). Si bien en el presente trabajo no se analizaron indicadores de salinidad, al comienzo de la serie (LMC1_60) se han identificado diatomeas dulceacuícolas como *Eunotia incisa*, en un cuerpo de agua que mermó conforme al transcurso del tiempo (~6000-5700 años AP), dada la distribución de abundancia de diatomeas y crisofitas. En este contexto, el bañado Las Maravillas, actualmente vaso comunicado con la Laguna Negra, funcionó como un sub ambiente de la cuenca, que tuvo procesos de retracción durante el Holoceno medio y superior (~5700-3000/2000 años AP), a diferencia de la zona del bañado Sta. Teresa (LN) que habría permanecido activo como cuerpo de agua, pero con variaciones en sus regímenes hídricos y comunidades vegetales. Es posible en este punto, que para el período los bañados de Sta Teresa (LN) y Las Maravillas (LM) no hubieran estado conectados, incluso que la conexión al mar se haya ubicado vasocomunicada a Sta Teresa y no a Las Maravillas como ha sido propuesto en antecedentes (Blasi *et al.* 2005; Inda 2011). En el sentido de la vegetación de la cuenca, la misma se constituyó de pastizales invernales, escasa vegetación leñosa incluyendo palmares en todo el período y pastizales mixtos de pastos altos, bañados y praderas húmedas sobre el final de este según del Puerto (2009), lo que es coherente con el registro del bañado Las Maravillas analizado en este trabajo.

Entre ~3000 y ~2000 años AP, LN presenta la continuidad climática del Holoceno superior, un clima templado subhúmedo estacional, pero LM presenta un cambio a un clima templado a cálido, húmedo, indicando la tendencia general al aumento de la temperatura y la humedad del Holoceno superior. Lo que hay aquí es una

diferencia no en la secuencia sino en la cronología, lo que podría deberse a sesgos de muestreo principalmente para las dataciones radiocarbónicas donde pueden influir la cantidad de cm alcanzado por el submuestreo, así como su distribución en la columna estratigráfica. Particularmente las condiciones de LM están reconstruidas a partir de un registro menos potente y con menor cantidad de dataciones radiocarbónicas que fundamentan la base de la cronología.

El Holoceno superior es el período con mejor y mayor resolución de registro no solamente del presente trabajo sino también de los antecedentes, principalmente en el caso de la serie de muestreos LP que presenta una continuidad estratigráfica durante el Holoceno superior y hasta el tiempo presente dadas sus características depositacionales en un ambiente acuático sin alteraciones superficiales por el pisoteo del ganado, por ejemplo, como son los casos de los bañados (del Puerto 2015). En este período pudo registrarse una mayor variabilidad climática con rangos que lo ubican como subtropical en la base y en el tope, pasando por un período templado estacional (del Puerto 2009). Se evidenció un aumento de las precipitaciones y la temperatura hasta el ~600 años AP (ACM), que se volvió una desmejora climática en ese momento coincidiendo con la PEH (Bracco *et al.* 2005; del Puerto 2015).

Para este período se propone que los cuerpos de agua costeros se encontraban desligados del mar (luego de haber permanecido conectados) y habiendo realizado procesos de dulcificación dado el drenaje endorreico, la interrupción del aporte salino y la activación de la producción primaria, así como el desarrollo de comunidades de gran masa vegetal de las costas lacustres (bañados y humedales). Esta estabilidad en el gran cuerpo de agua junto al aumento en las precipitaciones, vaso comunicó la laguna con los sub ambientes litorales de la misma, entre ellos el bañado Las Maravillas. Actualmente, el sistema es similar a lo descrito, pero con un nivel de agua inferior a lo que sería sin la intervención humana a partir de la era agroindustrial con la intensificación ganadera y el comienzo de los drenajes de los bañados para su uso agroganadero. Este nivel de discusión en cuanto a la antropización del paisaje se presenta en la siguiente sección (6.3.).

6.3. Arqueología, paleoambientes, paleoclimas y tiempos modernos

Se han identificado tres posibles indicadores o líneas de evidencia para dar cuenta de los principales impactos antrópicos desde épocas precoloniales y que, a pesar de que están estrechamente relacionados, a fines de dar claridad se desarrollan por separado en cada período estudiado: i) la evolución del palmar de importancia para las culturas precolombinas (precapitalistas), coloniales (imperialistas) y actuales (capitalistas) junto a los cambios climáticos y el posible impacto antrópico; ii) el manejo del fuego para el uso de los campos por parte de las poblaciones humanas; iii) la desecación de humedales, los embalses y la transformación productiva que incluye el uso de grandes cantidades de agrotóxicos.

El Holoceno inferior solamente cuenta con registros arqueológicos en el sitio Los Indios para toda la cuenca de la Laguna Merín. Esta baja distribución de hallazgos para el período es reconocida en otras regiones de las tierras bajas americanas, como por ejemplo la Amazonia (Prestes-Carneiro *et al.* 2020). En el presente trabajo no se alcanzó la profundidad temporal de las ocupaciones tempranas del sitio (9494-7884 cal. AP). No obstante, posteriormente a dicha ocupación humana de cazadores recolectores de alta movilidad territorial, el sitio manifestó un “silencio arqueológico” hasta los 3075 años cal. AP (los fechados fueron calibrados a partir de López Mazz *et al.* 2009a; 2011 con OxCal. V4 3.2 Ramsey 2017; r5; ShCal13 *Athmospheric curve* Hong *et al.* 2013). Las condiciones inferidas en los antecedentes para el lapso *circa* 8000-5000 AP, indican un ambiente sumergido y de muy baja productividad primaria, lo que habría desalentado las reocupaciones del sitio por parte de las sociedades humanas (ver: Bracco *et al.* 2005; del Puerto 2015). Asimismo, los largos períodos de anegamiento de los suelos ocurridos durante la fase regresiva marina posterior al MTH (*circa* 5500-5000 años AP), junto a la topografía plana y el sustrato impermeable de base (Fm. Dolores), pudieron dar lugar a la formación de un horizonte eluvial del suelo, que se intercala en la estratigrafía arqueológica, como ya ha sido observado por Machado *et al.* (2019). El suelo anegado, asimismo ha generado un fraccionamiento típico en el material óseo recuperado de los estratos del Holoceno inferior (Sotelo y López Mazz 2015). El uso de la palma es registrado para este período por López Mazz *et al.* (2009a) dada la presencia en contexto arqueológico de endocarpos de palma carbonizados en fogones antrópicos. No obstante, no existen

registros paleoambientales que puedan dar cuenta de la densidad de los palmares con respecto a los datos para períodos posteriores (Holoceno medio y superior).

Para el Holoceno medio, la concentración de recursos se ubicó en los bañados de cotas altas (+20msnm) (Bracco *et al.* 2005; del Puerto 2015), desarrollados en parte por la obstrucción de los drenajes debido a la elevación del nivel marino y de las lagunas y bañados costeros (Bracco *et al.* 2005; del Puerto *et al.* 2013). El registro arqueológico evidencia el aumento en el consumo de la fauna de pastizal como el venado, con respecto al aumento que manifiesta el consumo de fauna de ambientes acuáticos (fluviales y palustres) como el *Myocastor coipo* (Alonso y Moreno 2023; López Mazz *et al.* 2022). Este evento paleoambiental, el MTH, que redujo la superficie habitable en la Tierra y por consiguiente en las tierras bajas del este uruguayo, junto al desmejoramiento climático (pasando a climas más fríos y más secos), tuvo una respuesta cultural que desarrolló una inmensa cobertura de cerritos de indios en el bañado de India Muerta (Bracco *et al.* 2005; del Puerto 2015). Esta red cultural significó uno de los cambios ambientales y culturales más importantes de la región este de Uruguay, comenzando un proceso milenario de una fuerte pero sustentable antropización del medio. En este sentido es importante destacar la importancia de los tiempos de respuesta ambientales a los cambios climáticos, y los tiempos de respuesta culturales correspondientes a estos cambios ambientales. En este caso vemos que un importante cambio climático de nivel global como el calentamiento que dio lugar al comienzo del Holoceno tuvo como respuesta en la Tierra (entre otras cosas) con un crecimiento significativo de los niveles relativos del mar. Esto originó para la costa atlántica de tierras bajas en el sur de Sudamérica, escenarios que por un lado alejaron las ocupaciones humanas de la costa, pero por otro las concentraron en cotas más altas donde el ambiente se tornó muy favorable en disponibilidad de recursos. En este escenario, si bien el clima desmejoró en el Holoceno medio, el período continuó generando ambientes favorables para las ocupaciones humanas como por ejemplo los bañados de cotas altas.

Para el lapso comprendido entre ~5773-4000 cal. AP, existe un registro paleoambiental para el bañado Las Maravillas que indica condiciones anegables y de muy baja productividad en los ambientes del área, lo que también habría detenido la reocupación del sitio hasta el establecimiento de condiciones más favorable, con la

posterior dulceacuificación de los cuerpos de agua debido a la desconexión marina y al incremento en las precipitaciones (Bracco *et al.* 2005; del Puerto *et al.* 2011). Para este momento, el crecimiento del entramado de cerritos de indios en la cuenca de la Laguna Negra comienza a enriquecerse hasta alcanzar una magnitud muy alta, aumentando la antropización del paisaje de forma más o menos continua en el tiempo hasta el quiebre cultural con la conquista de la región (colonialismo). La reocupación del sitio es fechada en 3075 cal. AP, mientras que para este período el fechado más antiguo de la cuenca se encuentra en el sitio Potrerillo con 4169 cal. AP (los fechados fueron calibrados a partir de López Mazz 2001; López Mazz y Castiñeira 2001 con: OxCal. V4 3.2 Ramsey 2017; r5; ShCal13 *Athmospheric curve* Hong *et al.* 2013).

En el período comprendido entre ~6000-5000 años AP se muestra como el de mayor desarrollo de los palmares en la zona de acuerdo con el registro fitolítico del bañado Las Maravillas y se correlaciona con una paulatina disminución de la temperatura y la humedad ambientales a la vez que el cuerpo de agua se encuentra ausente o con muy baja productividad (solo registra presencia de espículas de espongiarios). En ese momento las sociedades humanas no se encontraban ocupando la zona. Entre ~5000-3500 años AP se dio la mayor disminución en la densidad y/o extensión de los palmares del Holoceno medio, que se correlaciona temporalmente a más cálidas y más húmedas. En este período comienza a aumentar la productividad del cuerpo de agua, así como también comenzó a reocuparse la zona por parte de las poblaciones humanas. Instrumentos para el procesamiento de la semilla del butiá fueron hallados en el comienzo de las reocupaciones de la zona hace ~4000 años AP. Entre ~3500-3000 años AP resurgen las palmeras en el ambiente aumentando su cantidad coincidentemente, otra vez, con una disminución en la temperatura y humedad ambientales. En este caso se suma la explotación del recurso por parte de las sociedades humanas en un ambiente que gana en salud con la instalación del humedal.

Pero las sociedades humanas no explotaron exclusivamente la palma, sino que, como se ve en antecedentes, la arqueofauna indica “la explotación de diferentes ambientes (…) (bañado, planicie con butiá, laguna, serranía y costa atlántica). (…) como un patrón específico” de asentamiento (López Mazz y Castiñeira 2001: 150)

de estos grupos de cazadores recolectores especializados con uso de cultivos y procesamiento de vegetales. Esta diversificación en la explotación de ambientes se ve reflejada no solo en la geografía de los sitios y su fauna que involucra el ecotono: pradera, sierra, humedal y costa oceánica (Moreno 2003), sino también en la especialización herramental: piedras con hoyuelos (rompecoquitos, fuego, entre otros usos), pesas de línea o red, bolas de boleadoras, puntas de proyectil, morteros, entre otros (López Mazz y Castiñeira 2001; López Mazz *et al.* 2010a; 2010b; Clemente-Conte y López Mazz 2022) (Cuadro 12) (ANEXO I).

Fecha Años Cal. AP	Período	Herramientas	Fauna	Vegetal
3075/669	HS	Material lítico: Puntas de flecha Pequeñas y grandes (asociados: carcaj y arco), piedras con hoyuelos ("rompecoquitos"), boleadoras, pesas de línea o red, morteros y "manos" de moler, percutores, piedras con hoyuelos. Material cerámico: cuencos tradición vieira: utilitarios rara vez con decoración de borde inciso.	Ciervo (*Blastocerus dichotomus*), Venado (*Ozotocerus bezoarticus*), Guazubirá (*Mazama guazoubirá*), Ratón de campo (*Sigmodontinae*), Apereá (*Cavia Aperea*), Nutria (*Myocastor coypus*), Mulita (*Dasypus hybridus*), Peludo (*Euphractus sexcintus*), Lobo marino fino (*Arctocephalus australis*), peces, cánidos domésticos, otros sin identificar.	Palma (*Butia orodata*), Maíz (*Zea mays), Poroto (phaseolus).*
HM ~6000/3000				
~9494-7884	HI	Material lítico: Puntas de flecha Pequeñas y grandes (asociados: carcaj y arco), micro raspadores con mango.	Nutria *(Myocastor coipus)*, *Cavia apereá* y/o *Ctenomys latro*, cricétidos, cérvidos (guazubirá o venado de campo), peces (*hoplias malabaricus sp.*).	Palma/butiá

Cuadro 13: Realizado a partir de de Clemente-Conte y López Mazz (2022); López Mazz y Castiñeira (2001); Sotelo y López Mazz (2015), López Mazz *et al.* (2017); López Mazz *et al*. (2010); Moreno (2003); Pintos (2000). Las calibraciones fueron realizadas a partir de los fechados ^{14}C publicados, mediante el uso de OxCal. V4 3.2 Ramsey (2017); r5; ShCal13 *Athmospheric curve* (Hong *et al.* 2013).

Para el Holoceno medio, particularmente el registro de microcarbones del bañado Las Maravillas no presenta registro, por lo que se puede inferir que el manejo de los campos fue gradual y no intenso desde el comienzo de las reocupaciones, dado que transcurrió un milenio entre un momento y otro.

Si bien el manejo de la topografía ya se identifica en el cuarto milenio antes del presente dado el comienzo de la construcción de “cerritos de indios”, esta modificación pudo tener una repercusión en el ambiente desde el punto de vista pedológico y botánico, no se puede inferir que haya modificado los drenajes y embalses naturales, es decir el régimen hídrico de la zona, pero tampoco se puede descartar. En este sentido, las culturas que ocuparon el área hicieron uso de los recursos necesarios manteniendo los ambientes inundados como eje de las circunscripciones territoriales.

En el Holoceno superior los palmares tuvieron el período de menor distribución en todo el perfil estudiado, con la excepción puntual de un incremento hace ~1500 años AP que coincide con los valores mínimos de temperatura y humedad ambientales. Este evento es congruente con los antecedentes globales, regionales y locales para la PEH (del Puerto 2015; Piovanno *et al.* 2009; entre otros). En este sentido es muy clara la covarianza entre la abundancia e intensidad de la señal de los palmares y las variables climáticas (temperatura y humedad): a mayor humedad menos extensión y/o densidad de los palmares. A su vez, el estado trófico del cuerpo de agua se muestra como el de mayor riqueza en cuanto a la productividad primaria.

Los microcarbones no presentaron registro, sino hasta ~2850 años AP con aportes locales y extralocales, aunque muy leves. No fue sino hasta ~1700 años AP que se comenzaron a incrementar fuertemente los incendios para el manejo de los campos por parte de las sociedades humanas, tanto para las actividades de caza y/o pastoreo, como de cultivo, vivienda y territorialidad, que surgen ampliamente del registro arqueológico (del Puerto y Campos 1999; del Puerto *et al.* 2006; Iriarte *et al.* 2001; López Mazz 2001; López Mazz *et al.* 2004; Gianotti 2015; entre otros).

El registro de quemas, práctica ampliamente utilizada por las culturas amerindias, tuvo dos impulsos fuertes en los períodos comprendidos entre ~2000-1300 años AP manteniéndose estable hasta el lapso comprendido entre ~900–500 años AP cuando tuvo otro incremento notorio. Estos pulsos son el resultado de la combinación entre las variabilidades en la frecuencia e intensificación de los incendios,

estando esto último vinculado a la masa vegetal disponible: mayor disponibilidad vegetal genera mayor registro (abundancia de microcarbones).

Durante el Holoceno superior la leve disminución en los aportes locales de microcarbones y un gran aumento en los extralocales, podría estar indicando un aumento en las prácticas de manejo ambiental a nivel regional. Sin embargo, este dato puede estar sesgado por una mayor cobertura vegetal en el medio precolombino, lo que produciría una mayor cantidad de microcarbones en la misma cantidad de eventos posteriores al colonialismo. La cobertura vegetal disminuyó a partir de la introducción del ganado (SXVII) y se intensificó con el posterior alambramiento de los campos en el siglo XIX (Rivas *et al.* 2023). Los tamaños medianos de microcarbones pueden indicar la frecuencia e intensidad de incendios de las vecinas cuencas de India Muerta, así como de otras lagunas costeras (Merin, Castillos). Por otro lado, la fracción más pequeña podría estar indicando la frecuencia e intensidad de eventos más lejanos, pero no excluye a los locales y regionales. Estos procesos de transporte alóctono dependen de los regímenes de vientos, los cuales se ha demostrado que fueron más intensos desde el sector continental durante el holoceno medio, sin embargo, no se registran mayores aportes de microcarbones que se puedan relacionar con los antecedentes como por ejemplo el aporte de ceniza volcánica reportado por del Puerto *et al.* (2011).

Respecto al tercer punto de interés, se puede afirmar que la anegabilidad de los suelos cobró su máximo en este período, en un contexto de creciente uso del territorio por parte de las sociedades humanas.

Posteriormente a la conquista del área por parte de los imperios europeos y la implantación de sistemas económicos agroganaderos masivos, comenzó un proceso acelerado de deterioro del ambiente que involucró el manejo de la vegetación, la fauna y el agua del entorno. En la actualidad, salvo el monitoreo de áreas demostrativas de manejo del pastoreo para la conservación del palmar (Rivas y Barbieri 2014, 2015), es muy difícil encontrar sectores de bosques de palma que permitan sostener el mantenimiento de uno de los palmares más grandes del cono sur americano. La ganadería fue un cambio en el sistema socioeconómico que ha limitado el

tiempo de existencia de palmares que milenariamente han servido de sustento a múltiples proyectos productivos tanto prehispánicos como coloniales, histórico recientes (siglo XX) y actuales (Rivas *et al.* 2023; Dabezíes *et al.* 2021). Dabezíes y Rivas (2020) identificaron casi medio centenar de usos de la palma de *Butia odorata,* entre los cuales se encuentran los cerramientos o corrales ganaderos del período colonial, así como otros tantos relacionados a la construcción, la gastronomía, la industria del calzado entre otros (Ver: Dabezíes y Rivas 2020: 165-169; Rivas *et al.* 2023).

Finalmente, para el período más reciente de antropización del medio, como un reflejo del colonialismo y posterior capitalismo que agudizó los procesos agroindustriales en la zona, no es posible obtener un registro *proxy* debido a la alteración de los centímetros más superficiales de las secuencias de bañados. Como ha sido propuesto en antecedentes y es comprobado en este trabajo de investigación, estos bañados están sustentados por planosoles hidromórficos que naturalmente han estado sometidos a períodos subaéreos de diferentes escalas de tiempo que van de lo anual a lo milenario. Ya para el período agroganadero, estos suelos/fondo de bañado han sufrido el pisoteo ganadero lo que generó la alteración mencionada. Por este motivo son más fiables los ambientes que han estado sumergidos en el período.

Las canalizaciones, han favorecido el drenado de los bañados y otros suelos anegados, para fortalecer la explotación ganadera y arrocera principalmente. En este sentido, la combinación de estos factores de manejo industrial del campo ha reducido y comprometido no solo la biodiversidad de ambientes naturales en la zona, sino también la posibilidad de contar con registro *proxy* para los períodos más recientes de la historia ambiental y climática de la zona. El actual Plan de Regulación de Bañados de Rocha de la DNH-MTOP, mediante la construcción de un sistema de canales que actualmente amplían el ya existente, se muestra entonces como una amenaza a la sustentabilidad de los ambientes de turberas de Laguna Negra que han sido propuestos para su conservación por Ghuione (2021). Este sistema de canalizaciones drena aguas de los bañados de cotas altas hacia la Laguna Negra y desde esta, mediante el manejo de una exclusa, hacia el Canal Andreoni y de allí al Océano Atlántico junto a la localidad La Coronilla, que ha perdido calidad en sus playas debido a esta situación.

7. CONCLUSIONES

La serie de núcleos extraída del bañado Las Maravillas y analizada en este trabajo de tesis, alcanzó una profundidad temporal de 5773 años cal. AP, ubicando su comienzo durante el desarrollo del Holoceno medio. Si bien no fue posible alcanzar con el muestreo la profundidad necesaria para reconstruir las condiciones ambientales y climáticas del Holoceno inferior, sí se realizó una reconstrucción de las comunidades vegetales como de los ambientes de depósito consecutivos a partir del sexto milenio calibrado antes del presente. Con el paso del tiempo el clima se hizo más frío y menos húmedo (con una mayor estacionalidad) hasta los ~5000 años AP, pasando los pastizales a ser templados a fríos. Luego el clima continuó siendo templado y húmedo, estacional, hasta los ~3100 años AP con pastizales templados y anegables. En este lapso se agrega el bosque ribereño hidrófilo y se retraen los palmares. A partir de este momento comienzan las condiciones que caracterizaron al Holoceno superior, con un aumento en la temperatura y la humedad que junto a la instalación de bañados dulceacuícolas de suspensión pelágica propiciaron el regreso de los pastizales templados anegables en la cuenca con un aumento en los bosques ribereños y una retracción en los palmares.

Respecto a las reconstrucciones paleoambientales y paleoclimáticas existentes, se encontró una alta correspondencia en las secuencias propuestas, provenientes del bañado Sta. Teresa (núcleos LN) y la Laguna de Peña (núcleos LP). Estas secuencias en su conjunto muestran una mayor profundidad temporal representando en cronología relativa al Holoceno inferior (LN); asimismo con una mayor precisión en los períodos más recientes (LP) dada la naturaleza del ambiente de muestreo. No obstante, el registro del presente trabajo se muestra coherente con los cambios climáticos y ambientales propuestos.

En el comienzo de la secuencia estudiada el sitio arqueológico y la cuenca de la Laguna Negra podrían estar desocupados, o al menos no se han encontrado aún evidencias de ocupación humana sino hasta 4169 años cal. AP en el sitio Potrerillo y 3075 años cal. AP en el sitio Los Indios. En el marco contextual del abandono de sitio, este hecho podría explicarse dada la muy baja productividad primaria que ofrecía el ambiente y que es evidenciada en el registro *proxy* del sitio entre ~6000-3000 años AP. En este período, si hubo ocupaciones humanas en la zona, éstas debieron ser más efímeras y transitorias, vinculadas al tránsito del continente a la costa que sí presenta ocupaciones de asentamientos humanos para el lapso. De este modo, la ausencia de evidencia arqueológica para el holoceno medio en la cuenca de la Laguna Negra puede deberse a varios motivos que van desde una muy baja ocurrencia humana para generar contexto arqueológico, acompañado de erosiones y otros sesgos productos de los cambios ambientales ocurridos a lo largo del tiempo. Es aun una incertidumbre la conformación topográfica y ambiental correspondiente al Holoceno inferior dada la ausencia de registro por lo que es muy difícil predecir escenarios de ocupaciones humanas previas al Holoceno medio. Tanto las erosiones como las colmataciones ocurridas en la consecución de ambientes han generado sesgos en el registro arqueológico que deben tomarse en cuenta a la hora de la búsqueda de nuevos sitios. De acuerdo con el registro de Las Maravillas, los largos períodos de encharcamiento del sitio arqueológico debieron ocurrir con anterioridad y posterioridad al Holoceno medio, y fueron procesos post-depositacionales los que generaron el horizonte eluvial de suelo registrado en antecedentes.

Particularmente, a partir de la reocupación del sitio en el Holoceno superior, los indicadores culturales crecen en cantidad, como por ejemplo las construcciones en tierra (cerritos) según los antecedentes y la frecuencia e intensidad de incendios según este trabajo. Esto es correlacionado con una diversificación artefactual registrada en antecedentes, para la caza, la pesca y el procesamiento de alimentos, que va desde los materiales líticos lascados (puntas, raspadores, raederas, otros) a pulidos (boleadoras, pesas de línea o red, piedras con hoyuelos, otros) y mismo la alfarería (cerámica).

Otros impactos antrópicos surgen de los antecedentes y están vinculados al período reciente y el uso de los campos con fines agroganaderos de forma extensiva

e intensiva. En este sentido, tanto la diversidad de ambientes, entre los cuales bañados y humedales incluyendo las turberas prestan importantes servicios ecosistémicos, como los sitios arqueológicos y los ambientes propicios para los registros paleolimnológicos son fuertemente impactados por la desecación de los sistemas.

Según la hipótesis manejada en este trabajo, el sitio habría sido ocupado durante períodos en que las condiciones climáticas y ambientales fueron propicias para el asentamiento y la subsistencia humanos, con desarrollo de los ambientes de humedal y mayor disponibilidad de recursos. Esto se desprende del registro relacionado a la productividad primaria del ambiente que es alta durante el Holoceno superior. La ocurrencia de bosques y de cuerpos de agua dulce se presentan como atractores de sociedades humanas que hacen una intensa pero sustentable ocupación del paisaje y el territorio hasta el quiebre histórico en los modos de producción ocurrido en el proceso que comenzó con la conquista de América, prosiguió con el colonialismo y posteriormente el capitalismo.

En el mismo sentido, los periodos de abandono del sitio se corresponden con la instalación de condiciones ambientales menos favorables como zonas inundadas de baja productividad, períodos más secos y fríos, retrocesos del humedal y menor disponibilidad de recursos para la subsistencia. Particularmente el lapso de abandono coincide en el registro de Las Maravillas con el período de menor (casi nula) productividad primaria durante el holoceno medio y hasta ~3000 años AP.

Con relación al tercer enunciado de la hipótesis, que las estrategias culturales de adaptación y subsistencia también generaron impactos y respuestas ambientales, que se habrían acelerado e intensificado en el Holoceno superior y el Antropoceno, si bien es aceptada, se deben realizar algunas precisiones. En primer lugar, como se ha visto en los antecedentes y en la discusión de este trabajo, el comienzo del Antropoceno es postulado por diferentes corrientes científicas de especialistas que lo ubican en diferentes momentos históricos de la humanidad, desde los más remotos hace 13.000 años AP hasta los más recientes en 1969 AD. Por ese motivo en el presente trabajo podemos manejar más de una aceleración antrópica a los parámetros naturales. En primer lugar y surgiendo del registro *proxy*

del presente trabajo se presenta la gran aceleración en la quema de los campos. Esto es evidenciado en el aumento del registro de microcarbones en la columna estratigráfica a partir de que comenzaron las ocupaciones humanas en la zona hace 3450 años AP. Este registro es apoyado con los antecedentes en el sentido de la gran cantidad de construcción de cerritos de indios ocurrida a partir de esa cronología en la zona, involucrando la creación de suelos antropogénicos, la creación de mesorrelieves y parches ambientales. El segundo Antropoceno, la otra gran aceleración analizada, no surge del registro *proxy* original de esta tesis, sino que proviene de los antecedentes y se trata de la etapa colonial y posterior capitalismo que cambiaron los modos de producción, local y globales, lo que derivó en lo que da origen al concepto, "*great acceleration*" definido por Steffen *et al.* (2015). En este caso, el pastoreo, el arado y las canalizaciones de drenaje, se muestran como los mayores causantes de cambios ambientales en la región. En el primer caso, el Antropoceno precolonial se muestra como altamente sustentable, en cuanto ha sostenido sociedades humanas manteniendo la disponibilidad de recursos durante al menos tres mil años, mientras el Antropoceno post-colonial ha comprometido ambientes como los palmares más densos de la región a tener "fecha de vencimiento". Asimismo, las turberas de la zona ya se han visto mermadas en cantidad, con el aporte atmosférico de CO_2 que esto genera, y en los próximos años, de continuar las obras de "regulación hídrica de Rocha" este proceso seguramente se intensifique, desproveyendo aún más de los servicios ecosistémicos brindados, así como de la posibilidad de hallazgos de sitios o materiales arqueológicos "intactos" (muy bien preservados) como es típico en ambientes de turberas.

La interacción humano-ambiental en la cuenca de la Laguna Negra en principio se muestra como sustentable en los períodos precoloniales, donde se incluyen estrategias como el abandono y la reocupación del sitio con el paso del tiempo y de acuerdo con las condiciones de recursos disponibles. Según los antecedentes, en el Holoceno inferior el sitio fue ocupado y posteriormente abandonado durante aproximadamente cuatro milenios, para ser reocupado cuando el mismo recuperó condiciones favorables para las sustentabilidad humana.

El acondicionamiento de los campos por medio de los incendios es otra estrategia que desarrollaron las sociedades humanas, lo cual tiene un claro registro

entre los indicadores ambientales. Si bien este tipo de prácticas locales no pudieron cambiar el clima global, se puede inferir un cambio importante en esta región del globo que pudo haber contribuido al cambio en el transcurso de los estratos naturales de la Tierra. Esto correlacionado a la gran cantidad de construcciones antrópicas en tierra ampliamente registrada en antecedentes.

En síntesis, para las tierras bajas del este uruguayo, el Holoceno fue un escenario de importantes cambios ambientales dados por la variabilidad climática en general y por la variabilidad de los niveles relativos del mar en particular. En ese contexto la línea de costa tuvo una movilidad kilométrica que generó importantes cambios ambientales que involucraron a las sociedades humanas (Bracco *et al.* 2011; entre otros). Durante el OC en el Holoceno inferior la cuenca albergó culturas de cazadores pescadores recolectores de alta movilidad, por más de dos mil años hasta que la transgresión marina generó ambientes poco productivos y se abandonaron los sitios. No fue hasta más de tres milenios después que se volvieron a reocupar los sitios como el caso de Rincón de los Indios. En este sentido, la ocurrencia de ocupaciones humanas podría estar dando una cronología para el lapso en el cual el mar, luego de ingresar al continente, dejó una herencia salina en pantanos de muy baja productividad, entre ~7880-3075 cal AP, según surge de los antecedentes arqueológicos y las calibraciones realizadas en el presente trabajo.

Entre el período final del Holoceno inferior y el comienzo del Holoceno medio, las condiciones ambientales de la cuenca de la Laguna Negra y probablemente de otras lagunas costeras fueron tan inhóspitas que las sociedades humanas prefirieron concentrar sus ocupaciones en sectores con mayor disponibilidad de recursos, en bañados de cotas altas como ya fue señalado en los antecedentes (del Puerto *et al.* 2011), así como en sitios costeros como fue Cabo Polonio con ocupaciones previas incluso a ^{14}C 5600 AP según López Mazz *et al.* (2012). Es probable también que otros sitios costeros del período se encuentren actualmente invisibilizados por el transcurso de la dinámica costera.

El aumento en la temperatura y la humedad en el Holoceno superior y la ya consolidada dulcificación de las aguas de los bañados costeros para la cuenca de la

Laguna Negra generó una gran masa de material vegetal, con formación de turberas como una de las máximas expresiones ambientales del período. La formación de estas en los litorales NE y NW (Sta. Teresa/La Angostura) de la laguna se debieron a las condiciones que suman la disponibilidad de agua dulce estancada en una topografía muy deprimida, el clima favorable (estaciones menos marcadas y un aumento gradual de la temperatura) y las comunidades vegetales disponibles. Estos procesos han sido diferenciales en la cuenca de la laguna. Por ejemplo, para el mismo período, el registro en el sector del bañado Las Maravillas es de mucho menor potencia, sin la presencia de turba, por lo que se deduce que los procesos han sido diferentes en el pasado, con un sustrato de base más alto que en Sta. Teresa/La Angostura. Asimismo, la reconstrucción manifiesta para Las Maravillas procesos de borde de bañado, es decir de expansión/contracción con mayor o menor frecuencia durante gran parte del registro. Los períodos secos no han permitido el desarrollo de humedales con masas vegetales crecientes durante todo el año y durante un lapso de años que superara el millar.

El sitio Los Indios volvió a ser un punto de referencia por su ubicación espacial, albergando un conjunto de cerritos de indios que incluye entre sus funciones a la funebria como una impronta territorial. Estas sociedades desarrollaron una diversificación cultural que incluyó el cultivo, la caza y el manejo material del mundo simbólico de los muertos, durante un período climático ambiental que mejoró, en el sentido de permitir una mayor biodiversidad, así como una mayor productividad primaria. Del mismo modo, otro factor es la impronta histórico cultural proveniente de los constructores de cerritos de bañados de cotas altas y otras regiones en donde se han originado y desarrollado previamente estas culturas de arquitectos y arquitectas de montículos en tierra. Para el momento de la reocupación de la cuenca de la Laguna Negra, la colonización se realizó con un contingente humano heredero de dos milenios de experiencia e interrelación con ambientes inundados parcial o totalmente a lo largo del año.

La información generada por el presente trabajo apoya y en parte complementa la comprensión de las interrelaciones humano-ambientales en la cuenca de la Laguna Negra, mediante el registro y análisis de múltiples variables ambientales y culturales que incluyen la reconstrucción de contextos ambientales y climáticos a

través del tiempo en escalas de largo alcance. Se pudo interpretar la evolución de la zona de estudio desde el Holoceno medio, en términos de covarianza cultural (aportada por los antecedentes) y ambiental (generada por esta tesis y los antecedentes). En este sentido se pueden inferir estrategias culturales originadas a causa de los importantes cambios climáticos y ambientales que sucedieron desde hace seis mil años calibrados antes del presente. La ausencia de registro arqueológico para el comienzo del período estudiado se interpreta como el abandono de las ocupaciones que se habían dado durante el Holoceno inferior, debido al cambio ambiental que incluyó a las grandes planicies costeras del Atlántico sur americano tras las transgresiones y regresiones marinas sucedidas. La posterior intensa reocupación del área tiene una correspondencia positiva en el registro *proxy* en el sentido del aumento de la productividad primaria y la diversidad ambiental y de especies. Si bien el ambiente fue claramente antropizado durante aproximadamente tres milenios mediante el manejo de los campos (regímenes de incendios, explotación de recursos, modificación de la topografía, los suelos y la vegetación) los sistemas productivos posteriores a la conquista de América (pastoreo, arado, canalizaciones, agrotóxicos) son los que imprimen las alteraciones ambientales actuales que incluyen la pérdida de biodiversidad (palmares, bañados, turberas, praderas húmedas) y de resiliencia, además de tener un mayor aporte de CO_2 atmosféricos (ganadería, desecación de bañados y turberas). En el caso de las obras de canalizaciones que actualmente se llevan adelante, las mismas podrían desecar el bañado Las Maravillas perdiendo además de la biodiversidad, la posibilidad de realizar reconstrucciones paleoclimáticas y paleoambientales de la zona de acuerdo con el registro *proxy* de la estratigrafía paleolimnológica. Asimismo, y dependiendo del uso que se haga de la exclusa que conecta la Laguna Negra con el Océano Atlántico, es posible que se acentúe el proceso de desecación de las turberas de Santa Teresa/La Angostura.

En este contexto, el Antropoceno se muestra como una unidad de diferentes dimensiones, determinadas por diferentes sistemas económicos en donde se distingue claramente la precapitalista/precolonial de la capitalista/post-colonial. Pero si existe un Antropoceno antiguo: ¿Cuándo entonces culminó el Holoceno? La repartición de este período en inferior, medio y superior es más bien paleoclimatológica que estrictamente geológica. En esta misma línea de razonamiento, en el marco de las Geociencias, es de esperar que esta visión de la división del tiempo en la Tierra sea

integral, en el sentido que estas visiones sean complementarias y no excluyentes. En el caso de cómo integrar el Antropoceno a la estratigrafía geológica, se debería determinar por parte de la comunidad científica integrada, los límites cronológicos de los cambios ocurridos en los últimos 11.700 años, otorgando diferentes grados de transgresión humana antropocena sobre los tiempos naturales del clima y el ambiente.

8. PERSPECTIVAS

Respecto a las perspectivas del presente trabajo, en primer lugar, se plantea mejorar la profundidad de muestreo en busca del registro del Holoceno inferior, que ha sido ausente o poco expresivo hasta el momento para las reconstrucciones paleoambientales. En este sentido, sería esperable que la actual mega obra de canalizaciones pudiera integrar en sus estudios preventivos y de impacto, muestreos de sedimentos de toda la continuidad de la columna estratigráfica excavada para canalizar, ya que con sistemas de muestreos de investigación (como los utilizados en esta tesis) sería imposible alcanzar esas profundidades por los motivos expuestos arriba (6.1.). Si bien es cierto que para la transgresión holocena el registro es muy pobre, el período mantuvo ocupaciones humanas entre ~9000-8000 años AP, pero no se ha conseguido hasta el momento un correlato paleoambiental.

Asimismo, más análisis de los núcleos 3 y 4 del presente trabajo (LMC3 Y LMC4) deben realizarse para el final del Holoceno, con una resolución mayor en frecuencia de submuestreos, con el fin de poder ser más precisos en períodos cortos de grandes cambios, en torno a la conquista del territorio y posterior implantación del sistema agrícola-ganadero. En el caso del estudio de microcarbones, es fundamental ampliar la muestra ya que el presente trabajo es el primero en incorporar este indicador para la región. Para amplificar la precisión del período reciente, más análisis de sistemas como el de la Laguna de Peña deberían ser realizados. El aumento en la cantidad de cerritos de indios posteriormente a 4169 cal. AP puede interpretarse como un importante aumento en la población con un consiguiente aumento en el uso de los campos para la explotación de sus recursos, paisajísticos como animales y vegetales. Correlativamente a este proceso, se puede apreciar en el aumento de eventos de incendios para el acondicionamiento de los campos, un relato *multi-proxy* que puede a su vez, periodificar con gran precisión estos pulsos de antropización del medio. En este sentido deberían ampliarse la cantidad de muestras y correlacionarlo con las variaciones en la cobertura vegetal disponible para cada período, para obtener resultados confiables.

Los incendios extralocales han aumentado su frecuencia y/o intensidad de forma muy acentuada, principalmente la segunda categoría a partir de 1450 AD. Más estudios regionales deben ser tomados en cuenta para poder tener información concluyente al respecto, pero esta información parecería ser congruente con la introducción del ganado en la región a finales del siglo XVI (Barrios Pintos 1967; 1973). Dado que este trabajo presenta el primer estudio de abundancia de microcarbones para la zona, es importante ampliar la muestra en sucesivas investigaciones y tomar los presentes resultados con precaución; no obstante, son coherentes con otros indicadores de territorialidad, ocupaciones humanas y usos del suelo.

A nivel de preservación y desarrollo sustentable de la zona, emprendimientos interdisciplinarios geocientíficos (que involucren además de la Arqueología otras áreas como las Ciencias Económicas, Biológicas, Agrarias, Políticas y otras), podrían promover el turismo ecológico, podrían sustituir parcialmente las actividades productivas extensivas (ganadería, arroz, soja) de la cuenca, de forma de poder dar una respuesta a los productores que tratando de "dominar" a la naturaleza han incluido a la zona en el circuito del extractivismo global capitalista (Kruk *et al.* 2022). Otras maneras, sustentables con las unidades ambientales de la cuenca, fueron practicadas durante milenios por parte de los constructores de cerritos. Es necesario poder generar estrategias que, sin perder redito económico, puedan sostener la ecología de los ambientes que es tan especial y característica de la zona. La oferta patrimonial es muy alta en toda la cuenca de la Laguna Negra, contando con áreas ambientales muy particulares como los humedales, las turberas y los palmares, la fauna, el espejo de agua, las playas, las praderas, los puntos rocosos, las sierras, entre otros. Asimismo, los cientos de cerritos de indios de construcción milenaria, como los antiguos cascos de estancias coloniales relacionadas al esclavismo, los corrales de palma y los más recientes emprendimientos como la fábrica de calzado (Alpargatas) y los actuales productos gastronómicos, constructivos, recreativos y otros usos derivados del palmar, deberían ser puestos en valor de forma de redituar al medio su riqueza, sin perturbar los naturales sistemas de preservación del paisajes y los ambientes.

BIBLIOGRAFÍA

Altamirano, A., Da Silva, H., Durán, A., Echeverría, A., Panario, D., Puentes, R. (1976). Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay. Tomo I. Dirección de Suelos y Fertilizantes. Ministerio de Agricultura y Pesca. Montevideo.

Alexandre, A., Meunier, J. D., Lézine, A. M., Vicens, A., Schwartz D., (1997). Phytoliths: indicators of grassland dynamics during the late Holocene in intertropical Africa. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. (136), p.213 – 229.

Alonso, N., Moreno, F. (2023). Aproximación zooarqueológica al sitio Puntas de San Luis (Bañado de India Muerta, sudeste de Uruguay). Anuario de Arqueología FHCE – UdelaR, ISSN. 1688-8774. (10), p.72 – 91.

Anderson, D., Maasch, K., Sandweiss, D., Mayewski, P. (2007). Climate and culture change: exploring Holocene transitions, pp. 1–23. En D. G. Anderson, K. A. Maasch & D. H. Sandweiss , eds. Climate Change and Cultural Dynamics: A Global Perspective on Mid- Holocene Transitions. Amsterdam.

Angulo, R. J. y Lessa, G. C. (1997), « The Brazilian sea-level curves: a critical review with emphasis on the curves from Paranaguá and Cananéia regions», en Mar. Geol. 140: 161-166.

Autin, Whitney J. (2016). Multiple dichotomie of the Anthropocene. The Anthropocene Review 2016, Vol. 3(3) 218–230 © The Author(s) 2016 Reprints and permissions: sagepub.co.uk/journalsPermissions.nav DOI: 10.1177/2053019616646133 anr.sagepub.com

Baldwin M., C. E. Kellog, J. Thorp, (1938). Soil Classification. In Soils and Men. U.S. Dept. Agr.- Agr. Yearbook: 979-1001

Barrios Pintos, A. (1967). De las vaquerías al alambrado: contribución a la historia rural uruguaya. Montevideo: Nuevo Mundo.

Barrios Pintos, A. (1973). Historia de la ganadería en el Uruguay: 1574-1971. Nuestra Historia. Biblioteca Nacional. (1) pp. 285.

Barreto, C. (2005). Social Complexity and Inequality in Ancient Amerindian Societies: Perspectives from the Brazilian Lowlands. Working Paper Number Nº63. Centre for Brazilian Studies University of Oxford, Oxford.

Balée, W.; Erickson, C. (2006). Time and Complexity in Historical Ecology: Studiesin the Neotropical Lowlands. New York: Columbia Univ. Press.

Birks, H. J. B., Heiri, O., Seppa, H., Bjune, A. E. (2010) Strengths and weaknesses of quantitative climate reconstructions based on Late-Quaternary biological proxies. Open Ecology Journal 3, p. 68-110.

Bertoldi de Pomar, H. (1975). Los silicofitolitos: Sinopsis de su conocimiento. Darwiniana 19: 173-206.

Blasi A., Castiñeira C., del Puerto L., Inda H., Bracco R., García-Rodríguez, F. (2005). Sedimentación holocena en los bañados de Santa Teresa y el registro arquelógico, planicie costera del departamento de Rocha, Uruguay.

En Anales/Proceedings: Actas XVI Congreso Geologico Argentino. Simposio Geología del Cuaternario, Paleontología, Geoarqueologia, Paleoclimas y Paleoambientes, 1: 1-. Buenos Aires.

Borrero L., Barbarena R., Charlin J., Capan P. (2013). Geoarqueología y Tafonomía en la cuenca de Potrok Aike. En: Geoarqueología. Eds. J. Rubin de Rubin, Rosiclér Theodoro da Silva. PUC Goias. Pp. 9-24.

Bortolotto, N. (2018). Análisis tecno-morfológico de piedras con hoyuelos recuperadas en el sitio La Yeguada - Nuevo Berlín - Departamento de Río Negro - Uruguay. Trabajo sin publicar: Técnicas en Investigación Arqueológica. Udelar – FHCE.

Bortolotto, Noelia, del Puerto, L., Gascue, A., Loponte, D., (2021). Antrosoles arqueológicos del bajo río Uruguay: una aproximación geoarqueológica a los procesos de formación del sitio Isla del Vizcaíno 1 (departamento Río Negro -Uruguay). Boletín de Arqueología PUCP 28(1):101-122. DOI:10.18800/boletindearqueologiapucp.202001.005.

Bossi J., Ferrando, L., Montaño J., Campal, N., Morales, H., Gancio, F., Schipilov, A., Piñeyro, D., Sprechmann, P., (1998). Geocarta – Carta Geológica del Uruguay a escala 1/500.000 Versión 1.1, Geoeditores S.R.L, Facultad de Agronomía, Uruguay

Bossi J., Navarro R. (1998). Geología del Uruguay. Tomo II. Departamento de Publicaciones Universidad de la República.

Bossi J., Ortiz, A. (2011). Geología del Holoceno. En: *El Holoceno en la zona costera del Uruguay*. García-Rodríguez (ed). Montevideo: Universidad de la República, pp. 13–47.

Bracco, R., (2006). Montículos de la Cuenca de la Laguna Merín: Tiempo, Espacio y Sociedad. En: *Latin American Antiquity*, Vol. 17, No. 4. pp. 511-540. URL: http://www.jstor.org/stable/25063070.

Bracco, R. (2015). Lo crudo y lo cocido1 . Una nueva aproximación a los “cerritos de indios”. Rev. urug. antropología etnografía, ISSN 2393-6886, 2019, Año IV – Nº 2:39–55. DOI: 10.29112/RUAE.v4.n2.2.

Bracco, R, López Mazz, J., (1992). Rescate arqueológico de la cuena de la laguna Merín: resultados de la etapa de prospección. En Arqueología, Ed MEC, 33-50, Montevideo.

Bracco R, y Ures, C. (1998), Las variaciones del nivel del mar y el desarrollo de las culturas prehstóricas del Uruguay. En: Revista do Museu de Arqueología e Etnología, 8: 109-115.

Bracco, R., Cabrera, L., López Mazz J. M. (2000). La prehistoria de las tierras bajas de la cuenca de la Laguna Merín. En A. Durán Coirolo y R. Bracco Boksar (eds): Arqueología de las Tierras Bajas. Americana, Montevideo, p.13 – 38.

Bracco, R., del Puerto, L., Inda, H., Castiñeira C. (2005) Middle-late Holocene cultural and environmental dynamics in the east of Uruguay. Quaternary International 132: 37-45.

Bracco, R., García-Rodríguez, F., Inda, H., del Puerto, L., Castiñeira C., Panario, D. (2011a). Niveles relativos del mar durante el Pleistoceno final-Holoceno en la costa de Uruguay. En García-Rodríguez (ed): El Holoceno en la zona costera de Uruguay. UdelaR, Montevideo, 65-92.

Bracco, R., del Puerto, L., Inda, H., Panario, D., Castiñeira, C., García-Rodríguez, F. (2011b). The relationship between emergence of mound builders in SE Uruguay and climate change inferred from opal phytolith records, Quaternary International, Volume 245, Issue, Pages : 62-73, ISSN1040-6182, https://doi.org/10.1016/j.quaint.2010.05.025.

Bracco, R., del Puerto, L., Inda, H., Capdepont, I., Panario D., García-Rodríguez, F. (2012). Evolución ambiental y constructores de cerritos en la región de India Muerta. Un replanteo. En III Jornadas del Cenozoico, Ed. Asociación Uruguaya de Geología, pp. 1 - 6, Montevideo.

Bracco, R., Inda, H., del Puerto, L., Capdepont,I., Panario, D., Castiñeira, C., García-Rodríguez, F. (2014). A reply to “Relative sea level during the Holocene in Uruguay”. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.* Volume 401. Pages 166-170.

Bracco Roberto, Panario, D., Gutiérrez, O. Bazzino, A., Duarte, C., Odino, R., Reina, E. (2019). Mounds and landscape in the Merín lagoon basin, Uruguay. En. Inda, H. y García-Ródríguez (eds.). Advances in costal geoarchaeoloy in Latin America. Selctede papers from the GEGAL simposium at La Paloma, Uruguay. The Latinamerican book series. Springer. p. 103 – 130.

Bradley, R., (1999). Paleoclimatology. Reconstructing climates of the Quaternary. “da Ed. International. Geophysics San Diego.

Bradje, T., Erlandson, J. (2013). Looking forward, looking back : humans, antropogenic change and the Antropocene. *Antropocene*. 4 : 116 – 121.

Bueno, C. (2021) Características Geoquímicas y estratigráficas del Antropoceno, infereidas a partir del registro sedimentario del sistema costero lagunar más grande del mundo. Tesis de doctorado en Geociancias. Montevideo, Pedeciba-Facultad de Ciencias de la Universidad de la República. pp. 106.

Bueno, C., Alves, F. L., Pinheiro, L. M., Perez, L., Agostini, V- O., Fernandes, E. H. L., Möller, O. O., Weschenfelder, J., Pinho, G. L. L., Wallner-Kersanach, M., Moura, R. R., Durán, J. M., Etchevers, I., Costa, L. D. F. Werlang, C. C., Bortolin, E., Machado, E., Figueira, R. C. L., Ferreira, P. A. L., Andrade, C., Fornaro, L., García-Rodríguez, F. (2021). The effect of agricultural intensification and water-locking on the world's largest coastal lagoonal system. Science of the Total Environment. (801), pp.15.

Butzer, K. (1989). Arqueología. Una Ecología del Hombre. Ed. Bellaterra SA. ISBN 84-7290-058-4. España.

Borrero, Luis A., R. Barberena, J. Charlin, P. Campan (2013). Geoarqueología y Tafonomía en la cuenca de Potrok Aike. En. Rubin de Rubin, J. y Theodoro da Silva, R. (eds). Geoarqueología. Ed. PUC Goias. p. 9 – 24.

Cabrera Pérez, L. (2011). Patrimonio y Arqueología en la región platense. Departamento de Publicaciones, Unidad de Comunicación de la Universidad de la República (UCUR) ISBN: 978-9974-0-0752-9.

Capra, F., (1996). La trama de la vida. Una nueva perspectiva de los sistemas vivos. Ed. Anagrama, Barcelona.

Casas, J. M. F., (1998). Vulcanismo y cambio climático. Horizontes culturales: las fronteras de la ciencia, 115-128. https://www.divulgameteo.es/uploads/Vulcanismo-CC.pdf

Castiñeira, Carola, Capdepont, I., del Puerto L., Blasi, A. (2015). Aportes de la Geoarqueología para el estudio de la variabilidad constructiva prehispánica de cerritos del este uruguayo y el Delta del Paraná. En. Rubin de Rubin, J., Favier-Dubois, C., Teodoro da Silva R. (eds.). PUC Goias. p. 55 – 90.

Certini, G., Scalenghe, R., (2011). Antropogenic soils are the golden spikes for the Antropocene. The Holocen. 21 (8) 1269-1274. DOI : 10.1177/0959683611408454.

Cespedes, C., (1995) El humedal de la Cuenca de la Laguna Merín: análisis y discusión para su reinterpretación. UdelaR.

Clemente-Conte, I., López Mazz, J. M. (2022). Análisis macro y microscópico de puntas de proyectil del sitio Rincón de los Indios en tierras bajas del este de Uruguay (ca. 8800-700 años aP). Latin American Antiquity. pp. 1-19.

Crowley T., North G. (1998). Abrupt climate change and extintion events in earth history. Since 240: 996-1002.

Carla K., Gascue, A., Bortolotto, N., ,Rodríguez Lezica, L., Delbene, L., González, S., Martínez, G., de la Rosa, A., Gianotti, C. (2022). Problemáticas socioambientales en el territorio hidrosocial de la Laguna Merín: aportes desde la interdisciplina. Revista Uruguaya de Antropología y Etnografía, ISSN 2393-6886. (7) 2.

Castiglioni, E., Gaucher, C., Perillo, G. M. E., Sial, A. N. (2022). Marine deposits of the Chuy Formation (Late Pleistocene) and isostatic readjustments in the area of Laguna de Rocha (Uruguay). *Agrociencia Uruguay*, *26*(NE1), e799. https://doi.org/10.31285/AGRO.26.799

Certini, G., Scalenghe, R. (2011). Anthropogenic soils are the golden spikes for the Anthropocene. The Holocene 21(8) 1269–1274 © The Author(s) 2011 Reprints and permission : sagepub.co.uk/journalsPermissions.nav DOI : 10.1177/0959683611408454 hol.sagepub.com.

Cesar, Guillermino 1981 Primeros cronistas do Rio Grande do Sul. Universidades de Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Clement, C. R., Denevan, W. M., Heckenberger, M. J., Junqueira, A. B., Neves, E. G., Teixeira, W. G., & Woods, W. I. (2015). The domestication of Amazonia before European conquest. Proceedings of the Royal Society b: Biological Sciences, 282, 20150813. https://doi.org/10.1098/rspb.2015.0813.

Crumley C. (2015). New Paths into the Anthropocene: Applying Historical Ecologies to the Human Future. En. Christian Isendahl, and Daryl Stump (eds), *The Oxford Handbook of Historical Ecology and Applied Archaeology*, Oxford Handbooks (2019; online edn, Oxford Academic, 9 July 2015), https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199672691.013.3, accessed 18 Apr. 2024.

Crutzen, P., Stoermer, E., (2000). The “Anthropocene”. Global Change 41: 17 - 17.

Crutzen, P. (2002). Geology of mankind. Nature 415.

Cuña-Rodríguez, C., Piovano, E., Del Puerto, L., Inda, H., García-Rodríguez, F. (2018). On the relationship between Holocene environmental variability and the diatom comoposition in the Peña Lagoon, SE Uruguay. *Ameghuineana* V 55 (4). ISSN 0002-7014.

Chernilo, Daniel. (2017). The question of the human in the Anthropocene debate. European Journal of Social Theory. Volume 20. Issue 1. P. 44 – 60. Publisher. SAGE Publications.

Chin A., An L., Florjeim J., Laurencio L., Marston R., Solverson A., Simon G., Stinson E., (2016). Investigating feedbacks in human-landscape sistem : Lessons following a wildfire in Colorado USA. *Geomorphology*, 252 : 40-50.

Dabezíes, M., Rivas, M. (2020). Usos de la Palma butia odorata en el sureste del Uruguay. En : PALMERAS NUS AL SUR DE LA AMÉRICA AUSTRAL. Ed. Norma I. Hilgert - María Lelia Pochettino - J. Esteban Hernández Bermejo. Pp 181-194.

Dabezies, J. M., Marín Suárez, C., Bañobre, C., del Puerto, L., Rodríguez Iroldi, F. (2021). Encierros ganaderos en la frontera colonial de la Banda Oriental: El caso de los corrales de palmas del sureste del Uruguay. Latin American Antiquity, Published by Cambridge University Press on behalf of the Society for American Archaeology doi:10.1017/laq.2021.63. pp. 1–19.

Dalby, Simon. (2016). Framing the Anthropocene: The Good, the Bad and the Ugly. The Anthropocene Review 3(1):33-51. DOI:10.1177/2053019615618681.

Daniel, P. (1923). Review: Theory mathematique des phenomenes thermiques produits par la radiation solaire. Bulletin of the American Matematical Society. V 29, N9, pp: 419-420.

De León-Rodríguez N, Lathemb, T., Rodríguez-Ra, L., Barazeshc, J., Andersond, B., Beyrsdorfd, A., Ziembad, L., Bergib, M., Nenesb, A., Konstantinidisa, K. (2012). Microbiome of the upper troposphere : species, composition and relevance, effects of tropical stroms and atmospheric implications. Ed. W. Ford Doolittle, Dsalhousie University, Halifax, NS Canada.

Del Puerto, L. (2009). Silicofitolitos como Indicadores Paleoambientales: Bases comparativas y reconstrucción paleoclimática desde el Pleistoceno tardío en el SE del Uruguay. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Área Ecología, Montevideo, Pedeciba-Facultad de Ciencias de la Universidad de la República. pp. 207.

Del Puerto, L. (2015). Interrelaciones humano-ambientales durante el Holoceno tardío en el este del Uruguay: Cambio Climático y Dinámica Cultural. Tesis de doctorado en ciencias biologicas, opción Ecología. Montevideo, Pedeciba-Facultad de Ciencias de la Universidad de la República. pp. 355.

del Puerto, L., Campos, S. (1999). Silicofitolitos: un abordaje alternativo de la problemática arqueobotánica del Este de Uruguay. En Aschero, C. A., Korstanje, M. A. y P. M. Vuoto (Ed.), En los Tres Reinos: Prácticas de Recolección en el Cono Sur de América: 141-150. Ediciones Magna Publicaciones, Tucumán.

del Puerto, L., García-Rodríguez, F., Inda, H., Bracco, R., Castiñeira, C., Adams, J. (2006). Paleolimnological evidence of Holocene climatic changes in Lake Blanca, southern Uruguay. Journal of Paleolimnology. (36), p. 151 - 163.

Del Puerto, L., Inda, H., García-Rodríguez, F. (2008). Reconstrucción Paleoambiental para el Holoceno medio y tardío en la cuenca de la Laguna Negra: el aporte de los indicadores biosilíceos. Matices Interdisciplinarios en Estudios Fitolíticos y de Otros Microfósiles. Org: A. Korstanje, P. Babot. Oxford, BAR International Series. p. 119-129.

del Puerto, L., García-Rodríguez, F., Bracco, R., Castiñeira, C., Blasi, A., Inda, H., Mazzeo, N., Rodriguez, A. (2011). Evolución climática holocénica para el sudeste del Uruguay: análisis multi-proxy en testigos de lagunas costeras. En: *El Holoceno en la zona costera del Uruguay*. García-Rodríguez (ed). Montevideo: Universidad de la República, 2011 pp. 117-154.

del Puerto, L., Bracco, R., Inda, H., Gutiérrez, O. Panario, D., García-Rodríguez, F. (2013). Assessing links between late Holocene climate change and paleolimnological development of Peña Lagoon busing opal phytoliths, physical, and geochemical proxies. En: *Quaternary International.* V. 287. pp. 89-100.

del Puerto, Laura, Inda, H., Gianotti, C., Fagúndez, C., Suárez, D., Rivas, M., Bortolotto, N., Leal, A. (2023). Pre-Columbian Mounds Harbor Distinctive Forest Communities in the Southern Campos of American Pampas. *Human Ecology* https://doi.org/10.1007/s10745-023-00389-x.

Descola, Ph., Pálsson, G. (2001). Introducción. Naturaleza y Sociedad. Perspectivas antropológicas. Ed. Siglo veintiuno, pp 11-32, México D.F.

Días, A. (1994) Repensando a Tradição Umbu através de um estudo de caso. Tesis de Maestría, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Días, A. (2003). Sistemas de assentamento e estilo tecnológico: uma proposta interpretativa para a ocupação précolonial do alto vale do rio dos Sinos, Rio Grande do Sul. Tesis Doctoral, Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Días, A. (2004). Diversificar para poblar: El contexto arqueológico brasileño en la transición Pleistoceno-Holoceno. Complutum, 15: 249-263

Días, A. (2012). Hunteregatherers occupation of south Brazil Atlantic forest: paleoenvironment and archaelogy. Quaternary International 256: 12-18.

Ehlers, E. G. (1987). Optical Mineralogy. Mineral Descriptions. Ed. Offices – Blackwell S.P. ISBN 0-86542-323-7. V1.

Ehlers, E. G. (1987). Optical Mineralogy. Mineral Descriptions. Ed. Offices – Blackwell S.P. ISBN 0-86542-324-5. V2.

Facultad de Ciencias Naturales y Museo Universidad Nacional de La Plata (2014). Sedimentología. Trabajos prácticos. FCNMNLP. Pp 63.

Falco, L., (1995). Efecto del drenaje artificial en la desecación de los bañados de rocha, Informe interno.

FAO. 2021. Standard operating procedure for soil pH determination. Rome.

Favier Dubois, Cristian Mario. (2001). *Análisis geoarqueológico de los procesos de formación del registro, cronología y paleoambientes, en sitios arqueológicos de Fuego-Patagonia*. (Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.). Recuperado de https://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n3404_FavierDubois.

Favier Dubois, Cristian Mario, (2015). Continuidades y discontinuidades: el sesgo arqueológico del Holoceno medio en los valles pampeanos (Argentina) desde una mirada geoarqueológica. En. Rubin de Rubin, J., Favier-Dubois, C., Teodoro da Silva R. (eds.). PUC Goias. p. 91 – 108.

Favier Dubois, Cristian Mario. (2019). Human ocupation chronologies modeled by geomorphological factors : a case study from the Atlantic coastal of northern Patagonia (Argentina). En. Inda, H. y García-Ródríguez (eds.). Advances in costal geoarchaeoloy in Latin America. Selctede papers from the GEGAL simposium at La Paloma, Uruguay. The Latinamerican book series. Springer. p. 1 – 16.

Fernández Honaine, M.F., Zucol, A., Osterrieth, M. (2006). Phytolith Assemblages and Systematic Associations in Grassland Species of the South-Eastern Pampean Plains, Argentina. Annals of Botany. (98), p.1155 – 1165.

Folk, R. 1954 The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. Jour. Geol. 62 (4) : 344-359.

Folk, R., Ward, W., (1957). Brazos River bar: a study of the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology, 37 (2), p.514 - 521.

Folk, R.L., Andrews, P.B., & Lewis, D.W. (1970) Detrital sedimentary rock classification and nomenclature for use in New Zealand. New Zealand journal of Geology Geophysics. (13), p.937 – 968.

Gallego, L. Distel. R. (2004). Phytolith Assemblages in Grasses Native to Central Argentina. Annals of Botany. (94), p.865 - 874.

García Rodríguez, F. (2002). Estudio paleolimnológico de lagunas de Rocha, Castillos y Blanca, sudeste del Uruguay. Tesis de Doctorado en Biología, opción Ecología. PEDECIBA. Facultad de Ciencias. UdelaR. Mdeo. 228 pp.

García-Rodríguez, F. y Witkowski, A. (2003). Inferring sea level variation from relative percentages of Pseudopodosira kosugiiin Rocha lagoon, SE Uruguay. Diatom Res 18:49–59.

García-Rodríguez, F., Metzeltin, D., Sprechmann, P., Trettin, R., Stams, G., Beltán-Morales, L. (2004a). Upper Pleistocene and Holocene paleosalinity and trophic state changes in relation to sea level variation in Rocha lagoon, souther Uruguay. Journal of paleolimnology. Klower Academic Publishers. Printer in the Netherlands. 32. p. 117-135.

García-Rodríguez F., Sprechmann, P., Metzeltin, D., Scafati, L., Melendy, D., Wolkheimer, W., Mazzeo, N., Hiller, H., Von Tumpling W., Jr, Scasso, F. (2004b). Holocene trophic states changes in relation to sea level variation inte lake Blanca Se, Uruguay. Journal of paleolimnology. Klower Academic Publishers. Printer in the Netherlands. 31. p. 99–115.

Garcıa-Rodrıguez, F., Stutz, S., Inda, H., del Puerto, L., Bracco, R., Panario, D. (2010). A multiproxy approach to inferring Holocene paleobotanical changes linked to sea-level variation, paleosalinity levels, and shallow lake alternative states in Negra Lagoon, SE Uruguay. Hydrobiologia. (646). p.5 – 20. DOI 10.1007/s10750-010-0184-0.

García-Rodríguez F, del Puerto, L., Bracco, R., Panario, D., Castiñeira, C., Mourelle, D., Inda, H., Gordon, N., Adams, J., (2011). Paleolimnología de las lagunas costeras del sudeste de Uruguay, y comparación paleogeográfica entre América y África del sur. En: El Holoceno en la zona costera de Uruguay. Ed. Felipe García-Rodríguez. UdelaR.

Gascue A., López Mazz, J., Villarmarzo, E., De León, V., Sotelo, M., Alzugaray, S., (2009). La organización de la tecnología lítica de los pobladores Tempranos del este de Uruguay. Intersecciones en Antropología, Facultad de Ciencias Sociales – UNCPBA Argentina. (10), p.63 - 73.

Ghione, S. (2020). Informe de caracterización de las turberas identificadas en el inventario nacional de humedales (INH) 2016. Proyecto URU/18/G31 “Creación de capacidades institucionales y técnicas para aumentar la transparencia en el marco del Acuerdo de París”. Consultoría para la caracterización y propuesta de medidas para la conservación de turberas para el seguimiento de las contribuciones establecidas en la contribución determinada a nivel nacional de Uruguay. Proyecto URU/18/G31 “Creación de capacidades institucionales y técnicas para aumentar la transparencia en el marco del Acuerdo de París”.

Ghione, S. (2021). Informe de recomendaciones y posibles medidas para la protección efectiva de las turberas y sus servicios ecosistémicos. Proyecto URU/18/G31 “Creación de capacidades institucionales y técnicas para aumentar la transparencia en el marco del Acuerdo de París”. Consultoría para la caracterización y propuesta de medidas para la conservación de turberas para el seguimiento de las contribuciones establecidas en la contribución determinada a nivel nacional de Uruguay. Proyecto URU/18/G31 “Creación de capacidades institucionales y técnicas para aumentar la transparencia en el marco del Acuerdo de París”.

Gianotti, C., (2005). Arqueología del Paisaje en Uruguay. Origen y desarrollo de la arquitectura en tierra y su relación con la construcción del espacio doméstico en la prehistoria de las Tierras Bajas. En: América Latina Realidades Diversas. Aula Abierta 2001-2005- Universitat Autónoma de Barcelona. Eds: Mameli Iriarte L., Muntañola Thornberg, E. ISBN 84-85736-20-06. pp. 104-123.

Gianotti, C., Criado-Boado, F., Piñeiro, G., Gazzán, N., Capdepont, I., Seoane, Y. Cereijo, C., (2009). Dinámica constructiva y formación de un asentamiento monumental en el Valle de Caraguatá. Tacuarembó. 245-254.
Gianotti, C., (2015). Paisajes sociales, monumentalidad y territorio en las Tierras Bajas de Uruguay. Tesis de doctorado en ARQUEOLOGÍA, HISTORIA DE LA ANTIGÜEDAD Y CIENCIAS Y TÉCNICAS HISTORIOGRÁFICAS. Santiago de Compostela, FACULTADE DE XEOGRAFÍA E HISTORIA. pp. 695.

Gornitz, V., (2009) Ancient cultures and climate changes. En : *Enciclopedia of paleoclimatology and ancient environmentals.* Ed. Springer. Pp : 6-10. Vivien Gornitz Netherlands.

Goso H (1965) El Cenozoico en Uruguay. Edición Mineralógica de trabajos geológicos realizados estimados de interés general. Ministerio de Industria y Comercio. Instituto Geológico del Uruguay.

Goso, H., (1968). La turbera del lado este del bañado Santa Teresa – Rocha. Instituto de Geología de Uruguay – Facultad de Química.

Goso, H., (1970) El Cuaternario. Programa de Estudio y Levantamiento de Suelos. MGAP. Montevideo.

Goso, H., (1985a). Algunas consideraciones sobre la turba en el Uruguay. En: Jornada Geológica. “Recursos energéticos minerales del Uruguay”. Sociedad Uruguaya de Geología. Montevideo Uruguay.

Goso, H., (1985b) El Cuaternario en el Uruguay. Estratigrafía y geología histórica. Revista de la Sociedad Uruguaya de Geología, I, vols 2–3. Montevideo, p 19.

Grimm, E.C. (1987). Coniss: A Fortran 77 Program for Stratigraphically Constrained Cluster Analysis by the Method of the Incremental Sum of Squares. Computer and Geosciences, (13), p.13 - 35. http://dx.doi.org/10.1016/0098-3004(87)90022-7

Guidón, Niède (1989) Misión de Rescate Arqueológico, Salto Grande, Tomo 1. Ministerio - 91 – de Educación y Cultura, Montevideo.

Hartmann, D., (1994). Global physical climatology. International Geophysics Series. Ed. Renata Dmowska and James R. Holton. ISBN 0-12-328530-5. V 56. pp 411.

Hausi, Y., Hennies, W. T., Iwanuch, W. (1975). Idades potássio-argônio do precambriano da região centro-norte do Brasil. Boletim IG, 1975, vol. 6, p. 77-83.

Hazell, Z., Gearey, B., Land, D. (2022). Peatlands and the Historic Environment. Introduction to their Cultural and Heritage Value. Historic England.

Heinrich, E. (1970). Identificación microscópica de los minerales. Ed. Uomo, Bilbao- España.

Heiri, O., Lotter, A.F., Lemcke, G. (2001). Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: Reproducibility and comparability of results. Journal of Paleolimnology, (25), p.101 - 110.

Hernández, D. (2010). Andariegos. Dinámicas de zafralidad y movilidad de los trabajadores rurales estacionalesde la zona de Lascano. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Sociales de la universidad de la República. pp. 214.

Hilbert, K. (1991). Aspectos de la arqueología en el Uruguay. Alemania: Verlag P. von Zabern.

Hong Ch., Kandula S., Mahajan R., Zhang, M., Gill V., Nanduri M., Wattenhofer R. (2013). Achieving high utilization with software-driven WAN. In Proceedings of the ACM SIGCOMM 2013 conference on SIGCOMM (SIGCOMM '13). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 15–26. https://doi.org/10.1145/2486001.2486012

Hueck, M., Oriolo, S., Dunkl, I., Siegesmund, S. (2017a) Phanerozoic low-temperature evolution of the Uruguayan Shield along the South American passive margin. Journal of the Geological Society 174(4). DOI:10.1144.

Hueck, M., Oriolo, S., Dunkl, I., Wemmer, K., Oyhantçabal, P., Schanofski, M., Ângelo M., Basei, S., Siegesmund, S., (2017). (2017b). Phanerozoic low-temperature evolution of the Uruguayan Shield along the South American

passive margin. Journal of the Geological Society. Downloaded from http://jgs.lyellcollection.org/at Niedersachsische Staats Und Universitatsbibliothek on March 14.

International Committee for Phytolith Taxonomy. (2019). International Code for Phytolith Nomenclature (ICPN) 2.0. Annals of Botany 124: 189–199

IDR (Intendencia Departamental de Rocha) (2010) Directrices Departamentales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible.

Inda, Hugo. Paleolimnología de cuerpos de agua someros del sudeste de Uruguay. Evolución Holocena e impacto humano. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Área Ecología, Montevideo, Pedeciba-Facultad de Ciencias de la Universidad de la República. 2009.

Inda, H. (2011) Paleolimnología de cuerpos de agua someros del sudeste de Uruguay. Evolución Holocena e impacto humano. Editorial Académica Española, Alemania. ISBN 978-3-8443-49-05-4. Pp: 134.

Inda, Hugo. El Antropoceno en el sudeste del Uruguay: causas, indicadores y consecuencias. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas, Área Ecología, Montevideo, Pedeciba-Facultad de Ciencias de la Universidad de la República. 2016.

Inda, H., del Puerto, L., Bracco, R., Castiñeira, C., Capdepont, I., Gascue, A., Baeza, J., (2011). Relación hombre-ambiente para la costa estuarina y oceánica de Uruguay durante el Holoceno Reflexiones y perspectivas. En: *El Holoceno en la zona costera del Uruguay*. García-Rodríguez (ed). Montevideo: Universidad de la República, 2011 pp. 229-255.

Ingold, T., (2001). El forrajero óptimo y el hombre económico. En: Naturaleza y Sociedad. Perspectivas antropológicas. Ed. Siglo veintiuno, pp 37-59. México DF.

IPCC (2023). Comunicado de Prensa. La acción climática urgente puede garantizar un futuro habitable para todos. ONU. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/press/IPCC_AR6_SYR_PressReleas_s.pdf

Iriarte, J. (2006). Vegetation and climate change since 14,810 14C yr B.P. in southeastern Uruguay and implications for the rise of early Formative societies. *Quaternary Research*. V 65 (1): pp 20-32.

Iriarte, J., Lopez Mazz J. M., Cabrera, L., (2001). Subtropical Wetland Adaptations in Uruguay during the Mid-Holocene: An Archaeobotanical Perspective. p.61 - 70.

Iriarte, J, Alonso, E. (2009). Phytolith analysis of selected native plants and modern soils from southeastern Uruguay and its implications for paleoenvironmental and archeological reconstruction. Quaternary International (193). p.99 – 123.

Iriondo, M., (1999). Last Glacial Maximum and Hypsithermal in the Southern Hemisphere, *Quaternary International* 62 : 11-19

Iriondo, M., García, N. (1993). Climatic variations in the Argentine plains during the last 18,000 years, En: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* V. 101, pp. 209-220, [consulta: 16/09/2121]. ISSN 0031-0182. disponible en: https://doi.org/10.1016/0031-0182(93)90013-9.

Isla, F. I. (1989), «Holocene sea-level fluctuations in the southerm hemisphere», en Quaternary Science Reviews 8: 359-368.

Kerr, P. F. (1965). Mineralogía óptica. Mc Graw-Hill B. C. Madrid - España.

Kruk, C., A. Gascue, N. Bortolotto, L. Rodríguez Lezica, L. Delbene, S. González, G. Martínez, A. de la Rosa, C. Gianotti (2022). Problemáticas socioambientales en el territorio hidrosocial de la Laguna Merín: aportes desde la interdisciplina. *Revista Uruguaya de Antropología y Etnografía*. Volumen VII, número 2, issn: 2393-6886

Laparidou, S., Rosen, A. M. (2015). Document details - Intensification of production in Medieval Islamic Jordan and its ecological impact : Towns of the Anthropocene. *Holocene*. Volume 25, Issue 10, 22 October 2015, P. 1685 – 1697.

Latour, Bruno. (2014). Anthropology atthe Time ofthe Anthropocene - a personal view of whatis to be studied. Distinguished lecture American Association of Anthropologists.

Leal, A., Gassón, R., Behling, H., Sánchez, F. (2019). Human-made fires and forest clearance as evidence for late Holocene landscape domestication in the Orinoco Llanos (Venezuela). Vegetation History and Archaeobotany https://doi.org/10.1007/s00334-019-00713-w. Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature.

Lentfer,C., J., Boyd, W. E. (1998). A Comparison of Three Methods for the Extraction of Phytoliths from Sediments. Journal of Archaeological Science, (25), p.1159 – 1183.

Lewis, S., Maslin, M. (2015). Defining the Anthropocene. *Nature* **519**, 171–180 https://doi.org/10.1038/nature14258

López Batista, M., (2018). Prospección Arqueológica en la Cuenca Suroeste de la Laguna Negra. En: Anuario de Arqueología. ISSN: 1688-8774. FHCE. pp. 128-157.

López Mazz, J. M. (1992). Aproximación a la génesis y desarrollo de los cerritos de la zona de San Miguel (Depto. de Rocha). En López, J.M. y Sanz, M. (compiladores) Ediciones del Quinto Centenario, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación: 60-80, Montevideo.

López Mazz, J. M. (1995a). Aproximación al territorio de los "constructores de cerritos". En Arqueología de la cuenca de la Laguna Merín, Ed M. Consens, J. López Mazz y C. Curbelo, pp. 65 - 78. Surcos, Maldonado.

López Mazz, J. M. (1995b). El fósil que no guía y la formación de sitios costeros. Arqueología de la Cuenca de la Laguna Merín, Ed. M. Consens, J. M. López Mazz y C. Curbelo, Surcos, Maldonado, p.92 – 104.

López Mazz, J. M. (2001). Las estructuras tumulares (cerritos) del Litoral Atlántico uruguayo. Latin American Antiquity. V. 12: pp. 1-25.

López Mazz, J. M. (2013). Early human occupation of Uruguay: Radiocarbon database and archaeological implications. Quaternary International, 301: 94-103.

López Mazz, J. M., Bracco, R. (1992). Relaciones hombre-medio ambiente en las poblaciones prehistóricas del este del Uruguay. En Ortiz-Troncoso, L y T. Van der Hammen (Eds), Archaeology and Environment in Latin America, pp 259–282. Amsterdam, University of Amsterdam.

López Mazz, J. M., Bracco, R. (1994). Cazadores-recolectores de la Cuenca de la Laguna Merín: Aproximaciones Teóricas y Modelos Arqueológicos. En: J. Lanata y L.A Borrero (Eds.), Arqueología de Cazadores-Recolectores. Límites, Casos y Aperturas. Arqueología Contemporánea. Edición Especial: 51-64.

Lopez, J. M., Pineiro, G., Castineira, C., Gascue, A. (1999). Ocupación humana en el litoral Atlantico de Uruguay: aproximacion paleoambiental al conocimiento de los sitios costeros. En Jornadas de Antropologia de la Cuenca del Plata, (III), Universidad de Rosario, Rosario, p.28 - 34.

López Mazz, J. M., Pintos, S., (2000). Distribución espacial de estructuras monticulares, en la cuenca de la Laguna Negra. En A. Durán Coirolo y R. Bracco Boksar (eds): Arqueología de las Tierras Bajas. MEC. Ed. Americana, Montevideo, 49 - 63.

López Mazz, J. M., Pintos, S., (2001). El paisaje arqueológico de la Laguna Negra. En Arqueología hacia el fin del milenio, Ed Gráficos del Sur. vol. I. IX Congreso Nacional de Arqueología, Colonia, Uruguay.

López Mazz, J. M., Castiñeira, C., (2001). Estructura de Sitio y Patrón de Asentamiento en la Laguna Negra (Depto. de Rocha). En Arqueología hacia el fin del milenio, Ed Gráficos del Sur. vol. I. IX Congreso Nacional de Arqueología, Colonia, Uruguay.

López Mazz, J.M., Gianotti, C., (2001). Diseño de proyecto y primeros resultados, de las investigaciones realizadas en la localidad arqueológica Rincón de los Indios. En Arqueología hacia el fin del milenio, Ed Gráficos del Sur, pp. 163 – 174. vol. I. IX Congreso Nacional de Arqueología, Colonia, Uruguay.

López Mazz J., Gascue A., Moreno F. (2004) La prehistoria del Este de Uruguay: cambio cultural y aspectos ambientales. Murcia, (19-20), p.9 - 24.

López Mazz J. M., Gascue, A., De León, V., Villarmarzo, E., Sotelo, M., Alzugaray, S., (2009a). Poblamiento Temprano del Este del Uruguay: investigación en la cuenca de la Laguna Negra y el Cerro Verde. FHCE – UdelaR.

López Mazz J. M., Nadal, O., Suárez, X., De León, V., Salvo, X. (2009b). La gestión regional de los recursos minerales en las tierras bajas del este: el espacio como variable de la producción lítica. En: Arqueología prehistórica uruguaya en el siglo XXI. Biblioteca Nacional, FHCE.

López Mazz, J. M., Sotelo, M., Aguirrezábal, A., Digiacomo, M., Machado, A. (2010a). Problemas metodológicos para el abordaje de sitios tempranos en la cuenca de la Laguna Negra. III Jornadas de Investigación y II de extensión FHCE, Montevideo.

López Mazz, J. M., Sotelo, M., Aguirrezábal, D. Carusso, L., Machado, A. (2010b). Ocupaciones prehistóricas en el litoral atlántico uruguayo. El caso de Laguna Negra. Anales del XVII Congreso Nacional de Arqueología Argentina. Ed. R. Bárcena y H. Chiavaza, Vol. I, Mendoza, Argentina.

López Mazz, J. M., Sotelo, M., Aguirrezábal, D., Machado, A. (2011a). Informe final del Proyecto CSIC I+D 2008-2010: El poblamiento temprano del Este de Uruguay. FHCE, Montevideo.

López Mazz, J. M., Sotelo, M., Aguirrezábal, D., Machado, A. (2011b). Arqueología de Estancia Laguna Negra (departamento de Rocha, Uruguay). IV Jornadas de Investigación y III de extensión FHCE. Montevideo.

López Mazz, J. M., Sotelo, M., Aguirrezábal, D., Machado, A. (2011c). Ocupaciones prehistóricas en el litoral atlántico uruguayo. Estudios actuales en la Laguna Negra. En: Revista de estudios marítimos y sociales, v.: 4 p.:43 – 50. ISSN: 18520069. Mar del Plata – Argentina: https://estudiosmaritimos.wordpress.com/rems-n%C2%BA-1/rems-no-4/ pp 107-108.

López Mazz, J. M., Sotelo, M., Marozzi, O., Aguirrezábal, D., Machado, A., Collazo,C., López, R., Viglioli, M., (2013). El poblamiento temprano en la tierras bajas del Este uruguayo. Estudios actuales en Rincón de los Indios para la transición Pleistoceno/Holoceno. VI Jornadas de investigación y V de extensión FHCE. Montevideo.

López Mazz J., Davezies M., Capdepont I., (2014). La gestión de recursos vegetales en las poblaciones prehsitóricas de las tierras bajas del sureste del Uruguay: un abordaje multidisciplinar. Latin American Antiquity. Vo. 25. Nº3 p.257 - 277.

López Mazz, J. M., Marín Suárez, C., Dabezies Damboriarena, J. M., Tejerizo-García, C. (2020). Arqueología de la esclavitud africana en la frontera uruguayo-brasileña: el caso de la Estancia de los Correa (Rocha, Uruguay). DOI: 10.34096/arqueologia.t26.n2.5942. ISSN 0327-5159 (impresa) / ISSN 1853-8126 (en línea). Arqueología 26 (2), pp.181 – 201.

López Mazz, J., Moreno, F., Machado, A., Alonso, N., Piña, R. (2022). Cambio ambiental, respuesta humana y emergencia de complejidad cultural: primeros resultados de la investigación en la localidad arqueológica de La Viuda (Bañado de India Muerta, Rocha, Uruguay).

López, Carlos, Realpe, J. (2015). Geoarqueología en el valle medio del río Magdalena, Colombia: evolución

Loureiro, J; Pérez, C; Spoturno, J; Faraone, M; Guerrero, S; y Sánchez, L 2016 Actualización del mapa geológico del Uruguay a escala 1:500.000.

Machado, A. (2009). Topografía y modelación digital del terreno en la península oeste del Rincón de los indios. Monografía. FHCE-UdelaR. pp. 170.

Machado, A. (2012). Una aproximación hacia la topografía arqueológica, a partir de los casos del sitio Los Indios y La Península Oeste. Colección Avances de Investigación, FHCE, UdelaR.

Machado, A. (2014). Un Estudio de sedimentos arqueológicos para el este de Uruguay. En: Anuario de Arqueología. ISSN: 1688-8774. FHCE. UdelaR.

Machado, A. (2023a). Ocupaciones tempranas en la cuenca de la Laguna Negra. Una aproximación desde la estratigrafía. Editorial Académica Española. ISBN 978-620-2-10284-1.

Machado, A. (2023b). Iniciativa de Ciencia Abierta sobre datos paleolimnológicos para reconstrucciones paleoclimáticas y paleoambientales – Lagunas costeras del Este de Uruguay [Data set]. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.7822150

Machado, A., del Puerto, L. (2024a). Cuantificación biosilícea del núcleo sedimetario del bañado Las Maravillas, Laguna Negra, Rocha, Uruguay (LMC1). Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.13351046

Machado, A., del Puerto, L. (2024b). Porcentajes de Materia Organica Sedimentaria, Carbonatos y pH del núcleo sedimetario del bañado Las Maravillas, Laguna Negra, Rocha, Uruguay (LMC1). Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.13351232

Machado, A., Leal, A. (2024). Cuantificación de microcarbones del núcleo sedimetario del bañado Las Maravillas, Laguna Negra, Rocha, Uruguay (LMC1). Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.13351203

Machado, A., Piñeiro Barceló, G., López Mazz, J., (2019). Site Formation Processes Since the Early Holocene in a Planosol Sequence from the Laguna Negra Basin. En. Inda, H. y García-Ródríguez (eds.). Advances in costal geoarchaeoloy in Latin America. Selctede papers from the GEGAL simposium at La Paloma, Uruguay. The Lati-namerican book series. ISSN 2366-3421. ISSN. 2366-343X (electronic). ISBN 978-3-030-17827-7. ISBN 978-3-030-17828-4 (eBook). https://doi.org/10.1007/978-3-030-17828-4. © Springer Nature Switzerland AG. p. 177 - 192.

Machado, A., & Piñeiro, G. (2024). Mineralogía óptica del núcleo sedimetario del bañado Las Maravillas, Laguna Negra, Rocha, Uruguay (LMC1). Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.13351900

Madella, M., Powers-Jones, A. H., Jones, M. K. (1998). A Simple Method of Extraction of Opal Phytoliths from Sediments Using a Non-Toxic Heavy Liquid. Journal of Archaeological Science. (25), p.801 – 803.

Madella, M., Alexandre, A., Ball, T. (2005). International Code for Phytolith Nomenclature 1.0. Annals of Botany. p.253 – 260.

Martin, L., Suguio, K. (1992), «Variation of coastal dynamics during the last 7000 years recorded in breachridge plains associated with river mouths: example from the Central Brazilian Coast», en Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 99: 119-140.

Martínez, S., Rojas, A., (2011). Asociaciones de moluscos marinos y estuarinos del Holoceno de Uruguay En: El Holoceno en la zona costera de Uruguay. Ed. Felipe García-Rodríguez. UdelaR.

Martínez, S., Rojas, A., (2013). Relative sea level during the Holocene in Uruguay. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. V 374. pp. 123-131.

Masquelin, H., Silva, A. O. M., Porcher, C., Fernandes, L., Morales, E., (2001). Geología y geotermobarometría de la Suite Metamórfica Chafalote, basamento prebrasiliano, sureste del Uruguay. En Actas do XI Congresso Latino Americano de Geologia, Montevideo.

MGAP/DGRNR/CONEAT. (1979). Grupos de Suelos e Índices de Productividad. MGAP, Montevideo.

Milankovitch, M. (1920). Theory mathematique des phenomenes thermiques produits par la radiation solaire. pp. 1-338, Gauthier-Villar, Paris.

Miotti Laura 2006 La fachada atlántica, como puerta de ingreso alternativa de la colonización humana de América del Sur durante la transición Pleistoceno/Holoceno. 2° Simposio Internacional del Hombre Temprano en América: 155-188.

Montaña, J., Bossi, J., (1995). Geomorfología de los humedales de la cuenca de la Laguna Merín en el departamento de Rocha. Facultad de Agronomía. Montevideo.

Moreno, F. (2003). Análisis arqueofaunístico del Sitio Rincón de Los Indios. Monografía de grado. FHCE-UdelaR.

Munsell Color (Firm). (2000). Munsell soil color charts: with genuine Munsell color chips. Grand Rapids, MI: Munsell Color.

Muzio, R., Artur, A., (1999). Petrological features of the Santa Teresa Granitic Complex Southeastern Uruguay. Journal of South American Earth Sciences 12.

Neves, E. G., Petersen, J. B., Bartone, R. N., & Heckenberger, M. J. (2004). The timing of Terra Preta formation in Central Amazon. In *Amazonian dark earths*. Berlin: Springer.

Oldfield, F. y K., Alverson (2003) The Societal Relevance of Paleoenvironmental Research. En: Alverson, K.D., R.S. Bradley y T.F. Pedersen (Eds.), Paleoclimate, Global Change and the Future. Global Change - The IGBP Series. Springer, Berlin. pp. 1-13.

Odum, E. (1969). Ecología. Edmix. Mexico DF.

Panario, D., Gutiérrez, O., (2011). Introducción a la geomorfología de lagunas costeras, lagos someros y charcas de Uruguay. En F. García Rodríguez (ed): El Holoceno en la zona costera de Uruguay. Universidad de la República, Montevideo, 49-63

Passega R., (1957). Texture as Characteristic of Clastic Deposition. Bulletin of The American Association of Petroleum Geologist. Vo. 41. Nº9. pp. 1952-1984.

Passega R. (1964). Grain size representation by CM patterns as a geological tool, Journal of Sedimentary Petrology, (34), p.830 - 884.

Passega R. (1977). **Significance of CM diagrams of sediments deposited by suspensions.** **https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1977.tb00267.x**

Patterer, N. I., Passeggi, E., Zucol, A. F. (2011). Análisis Fitolíticos de Suelos del Sudoeste de la Provincia de Entre Ríos (Argentina) como una Herramienta para Comprender sus Procesos Pedológicos. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas 28 (1). p.132 - 146.

Perez, L., (2021). Variabilidad del aporte continental y la productividad de la plataforma del Océano Atlántico Sudoccidental en el último milenio y su relación frente a los cambios hidroclimáticos. Tesis de doctorado en Geociencias. PEDECIBA UdelaR.

Piovano, E., Ariztegui, D., Córdoba, F., Cioccale, M., Sylvestre, F., (2009). Hydrological variability in South America below the Tropic of Capricorn (Pampas and eastern Patagonia, Argentina) during the last 13.0 ka. Past climate

variability from the Last Glacial Maximum to the Holocene in South America an Surrounding regions (Focus on local and large scale teleconnexions). 1 - 42.

Politis, G., Missenio P., Kaufmann, C. (2004). El poblamiento temprano de las llanuras pampeanas de Argentina y Uruguay. *Complutum*, Vol. 15: 207-224.

Preciozzi, F., Spoturno, J., Heinzen, W., Rossi, P. (1985). Carta Geológica del Uruguay a Escala 1:500.000, Ministerio de Industria y Eenergía. Dirección Nacional de Minería y Geología, Uruguay.

Prestes-Carneiro, G., Béarez, Phi., Pugliese, F., Shock, M. P., Zimpel, C. A. Pouilly, M.arc, Neves, E. G. (2020). Archaeological history of Middle Holocene environmental change from fish proxies at the Monte Castelo archaeological shell mound, Southwestern Amazonia. The Holocene, p.1 – 16. https://doi.org/10.1177/09596836209411.

Price, S.J., Ford, J.R., Cooper, A.H., and Neal, C., 2011, Humans as major geological and geomorphological agents in the Anthropocene: The significance of artificial ground in Great Britain: Philosophical Transactions of the Royal Society, v. 369, A2011, p. 1056–1084.

Renfrew, C. (1976). Archaeology and the Earth Sciences. En Geoarchaeology: earth Science and the Past, editado por D.A. Davidson y M. L. Shackley, pp. 1-5, London.

Ribas, I. (2006). La evolución de la actividad solar y sus efectos sobre los planetas. Boletín informativo de la SEA, Nº. 16.

Rivas, M. (2005). Desafíos y alternativas para la conservación in situ de los palmares de Butia capitata (Mart.) Becc. Agrociencias IX: 161-168.

Rivas, M.; Barbieri, R. (2014). Boas práticas de manejo para o extrativismo do BUTIÁ. 59p, Editorial: Embrapa , Brasilia.

Rivas, M.; Barbieri, R. (2015). Buenas prácticas para el manejo sostenible del Palmar de Butiá. 65p, Editorial: Embrapa , Brasilia.

Rivas, M., Dabezies, J. M., del Puerto, L. (2023). Historical Evolution and Multidimensional Characterisation of the Butia Palm Landscape: A Comprehensive Conservation Approach. A Comprehensive Conservation Approach. https://doi.org/10.3390/ land12030648Land, (12), pp. 648.

Rovere, E., Violante, R., Alonso, R., Rodríguez Amenábar, C., Kubaczka, P., Nawratil, A., Lirio, J., Peppoloni, S., Di Capua, G., Cincioni, E. (2021) Geociencias y Sociedad. Buenos Aires. ed. Pp. 116 ISBN: 9789878713298.

Rubin de Rubin, J. C., Theodoro da Silva, R., Najar, R., Menezes Ferreira, C., Viega García, G. (2019). Geoarchaeology and historical archaeology in Peloirinho, Salvador, Brazil: settlement, landscape, and hypotheses. En. Inda, H. y García-Ródríguez (eds.). Advances in costal geoarchaeoloy in Latin America. Selctede papers from the GEGAL simposium at La Paloma, Uruguay. The Latinamerican book series. ISSN 2366-3421. ISSN. 2366-343X (electronic). ISBN 978-3-030-17827-7. ISBN 978-3-030-17828-4 (eBook). https://doi.org/10.1007/978-3-030-17828-4. © Springer Nature Switzerland AG. p. 49 – 64.

Ruddiman, W. (2003). The antrpogenic greenhouse era began thoudsans of years ago. *Climate change*. 61: 261-293.

Roosevelt, A.C. (2013). The Amazon and the Anthropocene: 13,000 years of human influence in a tropical rainforest. Anthropocene. Volume 4, P. 69 – 87.

Salazar-García, Domingo & Silva, Verónica. (2017). Isótopos en la Prehistoria y Arqueologia valencianas. Saguntum. Extra-19. 75-91.

Salgado, E. T., Pimentel Mizusaki, A. M., Ferreira Chueng, K., Gomes Coe, H. H., Pacheco Evaldt, A. C., Girardi Bauermann, S. (2021). Holocene palaeoenvironmental and palaeoclimatic reconstruction of a native ecosystem on the coastal plain of southern Brazil through multi-proxy analysis. Journal of South American Earth Sciences. (106), pp. 16.

Scheffer, M., Westley, F., Brock W.A. y Holmgren M. (2002). Dynamic Interaction of Societies and Ecosystems – Linking Theories from Ecology, Economy and Sociology. In: L. H. Gunderson and C.S. Holling (Eds.), Panarchy. Understanding Transformations in Human and Natural Systems. Island Press, Washington, pp.195-240.

Schiffer, M., (1972). Archaeological context and systemic context. American Antiquity 37: 156 - 165.

Schutkowski, H., (2006). Human Ecology. Biocultural Adaptations in Human Communities. Ecological Studies. Analysis and Synthesis 182. Springer, New York.

Sombroek, W. G., Avderbeck, H., Duran, A. (1969). Solis studies in the Merim Lagoon basin. Merin Lagoon Regional Project. CLM. PNUD. FAO.

Spoturno, J., Oyhantçabal, P., Loureiro, J. (2012). Mapas geológicos departamentales escala 1/100.000. Facultad de Ciencias (UdelaR) – DINAMIGE - MIEM.

Sotelo, M., López Maz, J. M. (2015). Recuperación de restos por flotación y zaranda de agua. Componentes tempranos del sitio arqueológico Rincón de los Indios. VI Jornadas de Investigación de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Montevideo.

Steffen W., Broadgate L. Deutsch, O. Gaffney, C. Ludwig. (2015). The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. The Anthropocene Review, pp 1–18. DOI: 10.1177/2053019614564785.

Stuiver M, Reimer PJ. (1993) Extended 14C Data Base and Revised CALIB 3.0 14C Age Calibration Program. *Radiocarbon*.;35(1):215-230. doi:10.1017/S0033822200013904

Streckeisen, A.L. (1976) Classification and Nomenclature of Igneous Rocks. N. Jahrb. Miner. Abh., 107, 144-240.

Suárez R (2000): Evidence of human occupation during the transition Pleistocene-Holocene in the north of Uruguay: Paleoindian sites, “fishtail” projectile points and new radiocarbon dates for the archaeological regionof Uruguay-Cuareim rivers. Abstracts: 35. International Workshop INQUA, The colonization of South America during the Pleistocene/Holocene transition. La Plata

Thorp, J. y Smith, G.D. 1949) Higher Categoris of Soil Classification: Orden, Suborden and Great Soil Group. Soil Sci., 67:117 - 126.

Trigger, B. (2006). A history of Archaeologycal Thougt. Cambridge University Press.

Twenhofel, W. H, (1945). The rounding of sand grains. Jonrnal de Sedimentología y Petrología, vol. XV N° 2 (59-71).

Twiss, P. C. (1980). Opal phytoliths as indicators of c; and C. grasses. Abstracts with Programs, Geological Society of America 12: 17

Twiss, P. C. (1992). Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths. En: Advances in Archaeology and Museum Science 1: Phytolith Systematics. Emerging Issues. Rapp, G. Jr. & S. C. Mulholland (eds.): 113-128. Plenum Press, New York.

UNESCO (2023) https://es.unesco.org/courier/2018-2/antropoceno-problematica-vital-debate-cientifico#:~:text=El%20t%C3%A9rmino%20Antropoceno%20se%20ha,consumo%20excesivo%20de%20recursos%20naturales.

Walker M, Head MJ, Berkelhammer M, Björck S, Cheng H, Cwynar L, Fisher D, Gkinis V, Long A, Lowe J, Newnham R, Rasmussen SO, Weiss H. Formal ratification of the subdivision of the Holocene Series/Epoch (Quaternary System/Period): two new Global Boundary Stratotype Sections and Points (GSSPs) and three new stages/subseries. Episodes 2018;41:213-223. https://doi.org/10.18814/epiiugs/2018/018016

Waters, M. R. (1996). Principls of Geoarchaeology. A nortamerican perspective. The University of Arizona Press. TUCSON. ISBN 0-8165-0989-1.

Westley, F., Carpenter, S.R., Brock, W.A., Holling, C.S., Gunderson, L.H. (2002) Why Systems of People and Nature are not just Social and Ecological Systems. In: L.H.Gunderson and C.S. Holling (Eds.), Panarchy. Understanding Transformations in Human and Natural Systems. Island Press, Washington, pp.103-120.

Whitloock, C., Larsen, C. (2001). Charcoal as a fire proxy. Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. J. P. Smol, H. J. B. Birks & W. M. Last (eds.). Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. (3), p.75 – 97.

Zalasiewicz, Jan, Mark Williams, Alan Haywood, Michael Ellis. (2011). The Anthropocene: a new epoch of geological time? Published:13 March 2011Page(s): 835-841. https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0339

Zalasiewicz, Jan, Colin N. Waters, Mark Williams, Anthony D. Barnosky, Alejandro Cearreta, Paul Crutzen, Erle Ellis, Michael A. Ellis, Ian J. Fairchild, Jacques Grinevald, Peter K. Haff, Irka Hajdas, Reinhold Leinfelder, John McNeill, Eric O. Odada, Clément Poirier, Daniel Richter, Will Steffen, Colin Summerhayes, James P.M. Syvitski, Davor Vidas, Michael Wagreich, Scott L. Wing, Alexander P. Wolfe, Zhisheng An, Naomi Oreskes. (2015). When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary level is stratigraphically optimal*, Quaternary International,* Volume 383, P. 196 - 203, ISSN 1040-6182. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.11.045. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1040618214009136).

Zucol, A. F. (1992). Microfitolitos: I. Antecedentes y terminología. Ameghiniana, 29(4): 353-362.

Zucol, A. F., Brea, M., Bellosi, E. S. (2010). Phytolith studies in Gran Barranca (Central Patagonia, Argentina) focused in the Middle Eocene. En: Madden, R.; Carlini, A.; Vucetich G. & R. Kay. (Eds.) The Paleontology of Gran Barranca: Evolution and Environmental Change through the Middle Cenozoic of Patagonia. Cambridge University Press. p.313 - 336.

ANEXOS

ANEXO I

Materiales arqueológicos de la Laguna Negra, pertenecientes a la “Colección Oliveras” del Museo Nacional de Antropología.

Ubicación: CO 15/079; CO15/039; CO15/178 (Isla); CO 15/175; CO 15/164; CO 15/168; Cajón N°13.

Generated with Agisoft Metashape

Pesa de red





Piedras con hoeyuelo





Pesa de línea





Pesas de línea







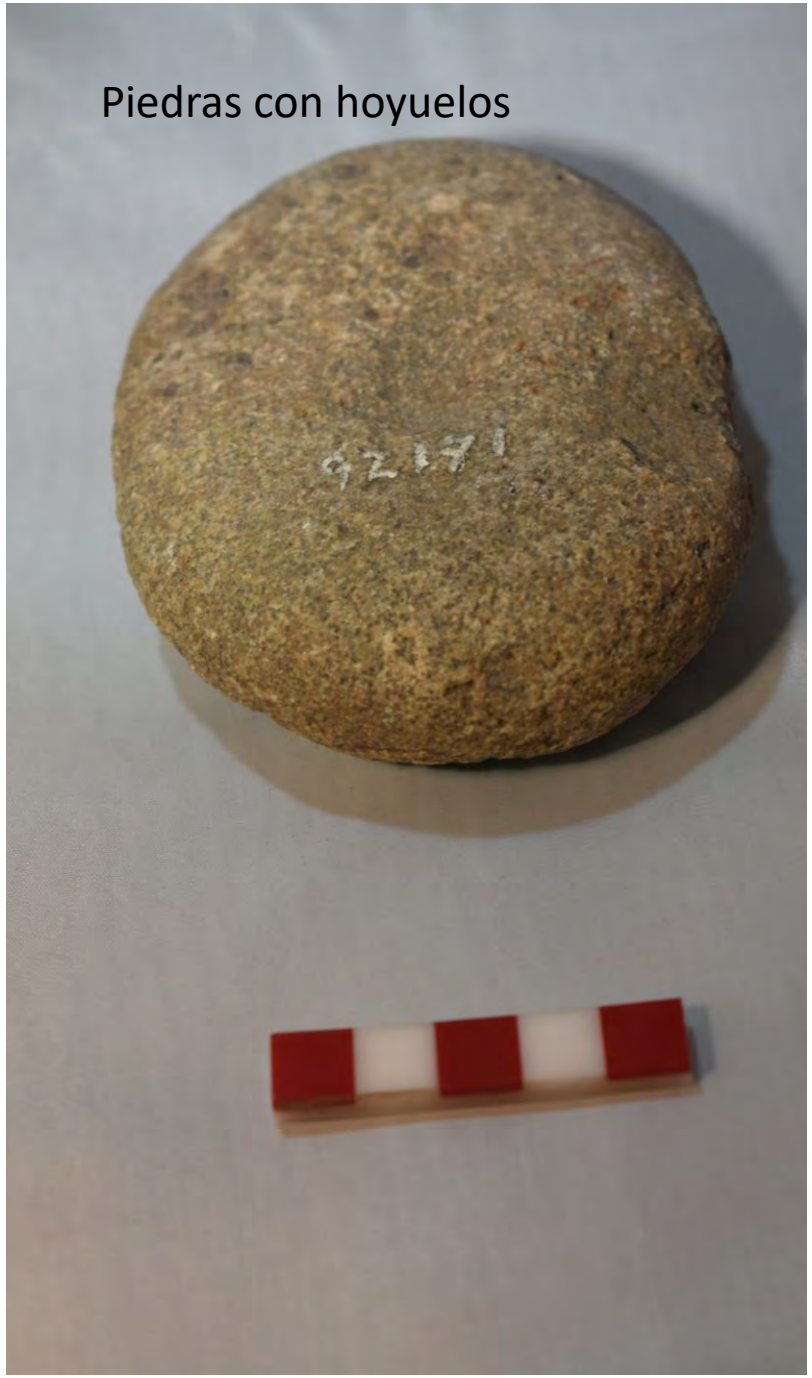


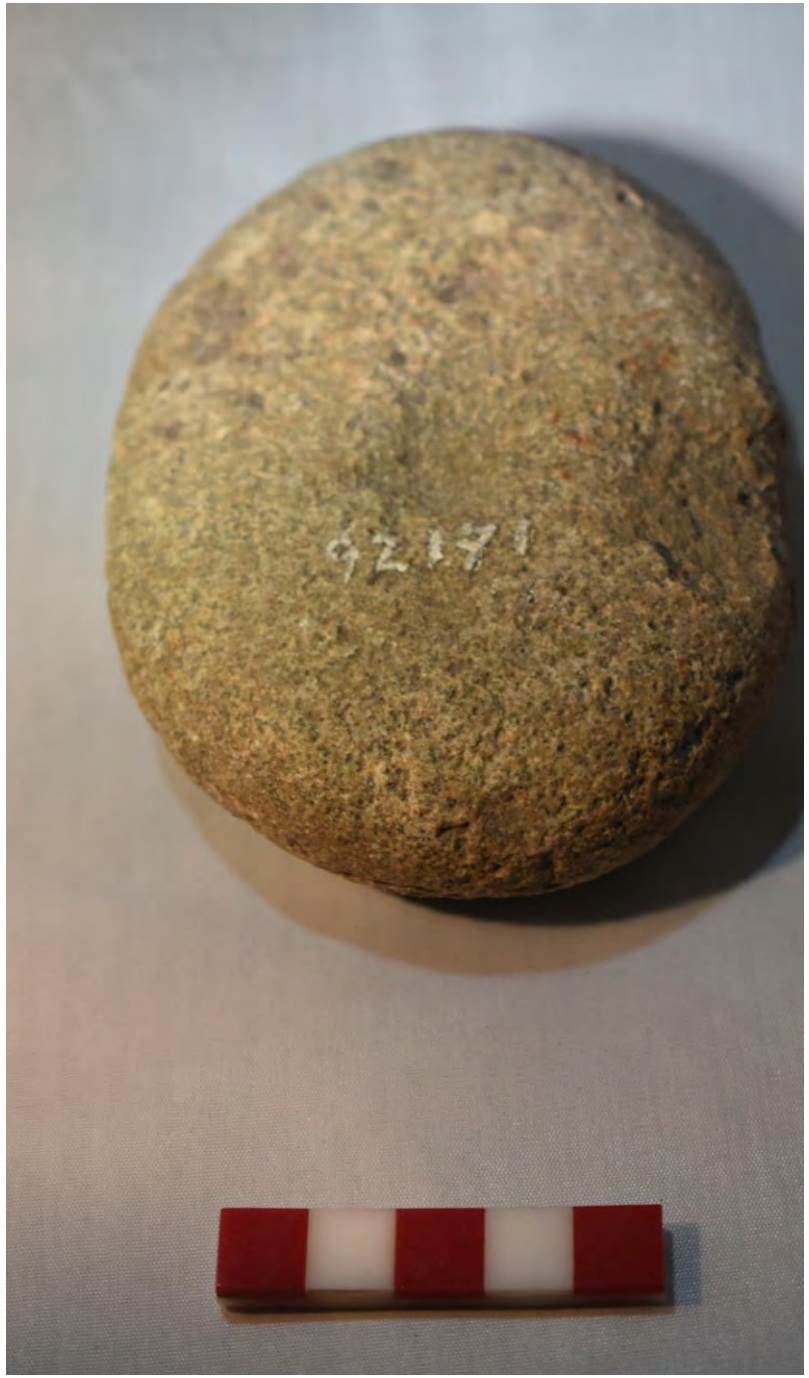
Esferoides, posibles pesas de línea o red





Piedras con hoyuelos









Piedras con hoyuelos





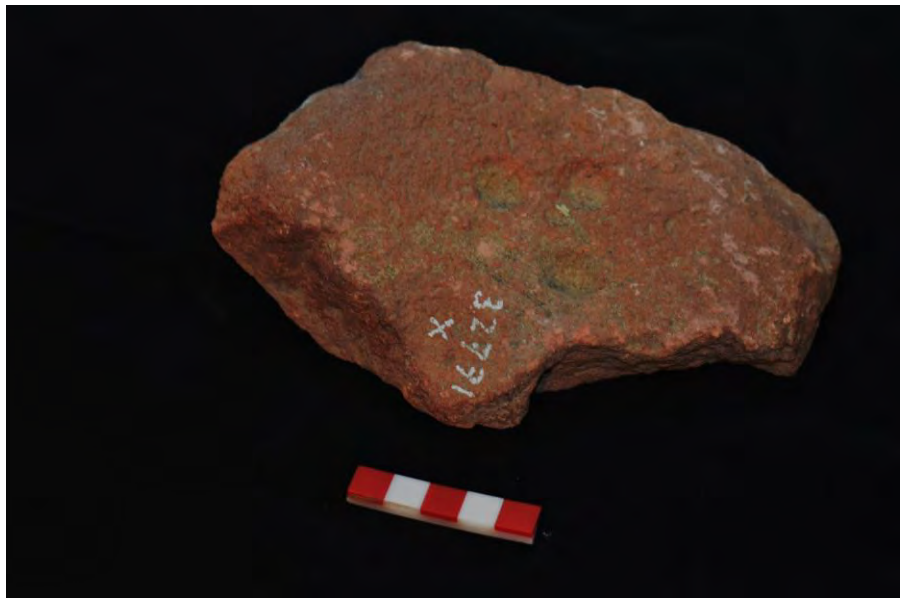


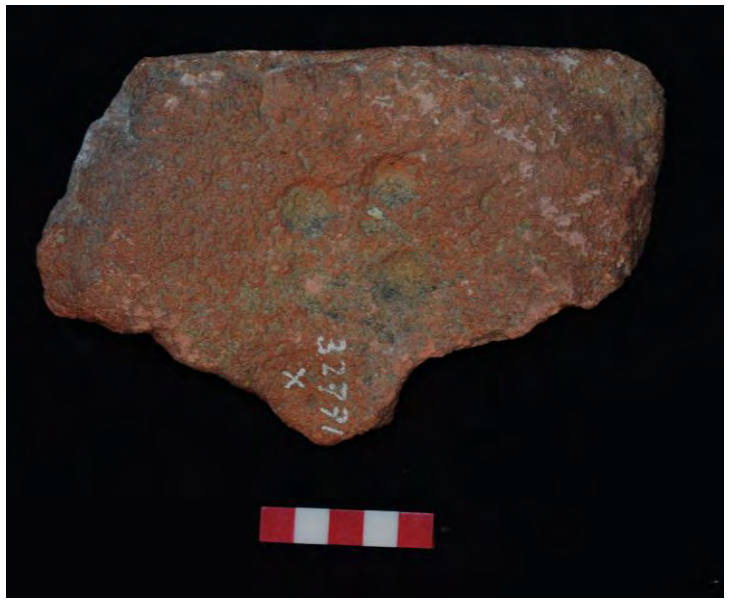


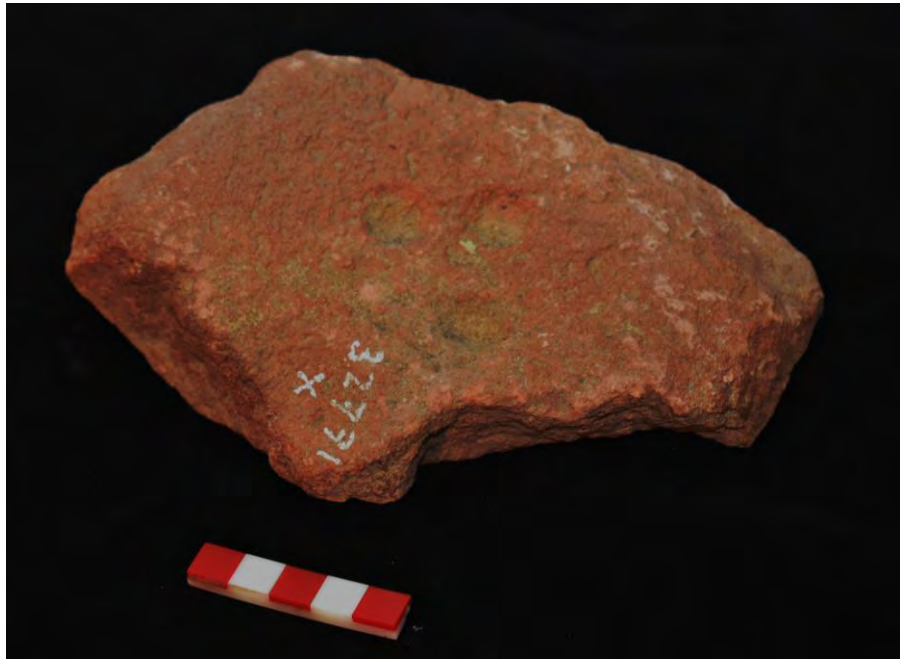


Esferoides, posibles pesas de línea o red o boleadora

Piedra con hoyuelos







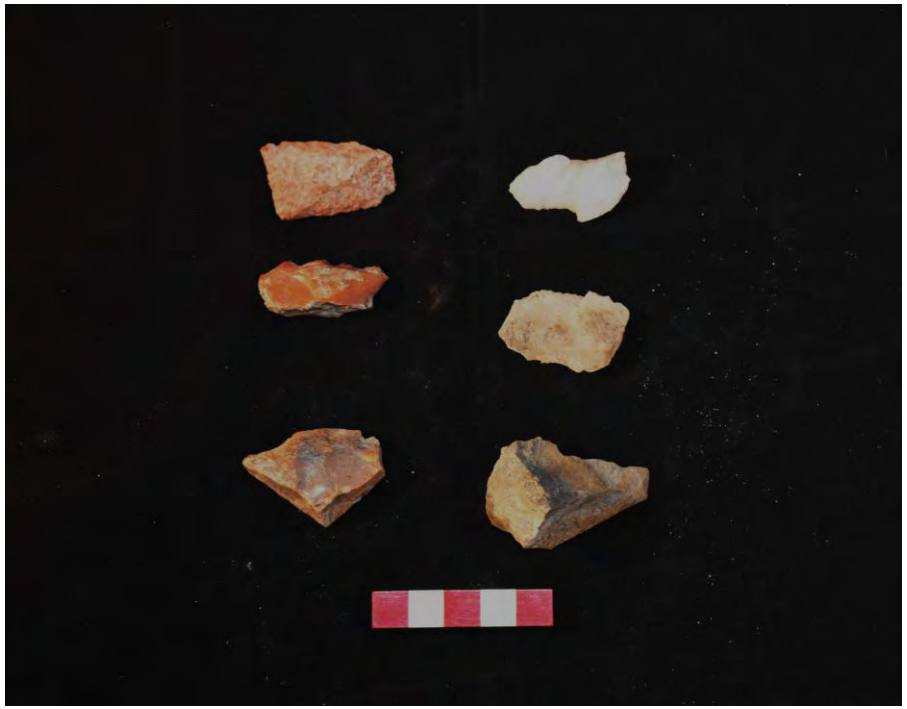


Piedra con hoyuelos





Materiales tallados, lascas e instrumentos sobre lascas









Piedras con hoyuelos



“Mano” de moler o sobar







Piedras con hoyuelos



Pesas de red



Pesa de red




Morteros para
molienda
Piedra con
hoyuelo

Pesas de línea o red



Pesas de línea o red









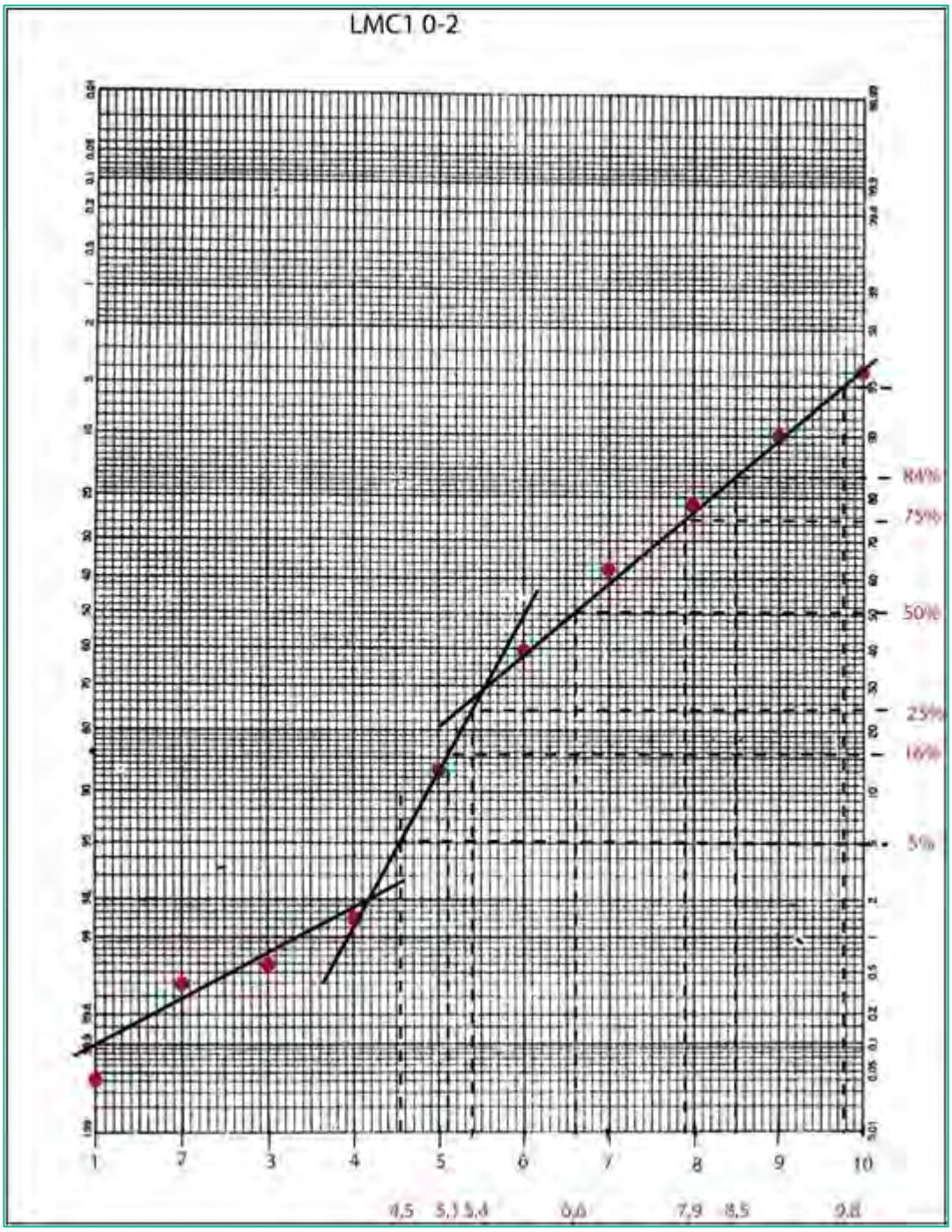

Piedra con hoyuelos

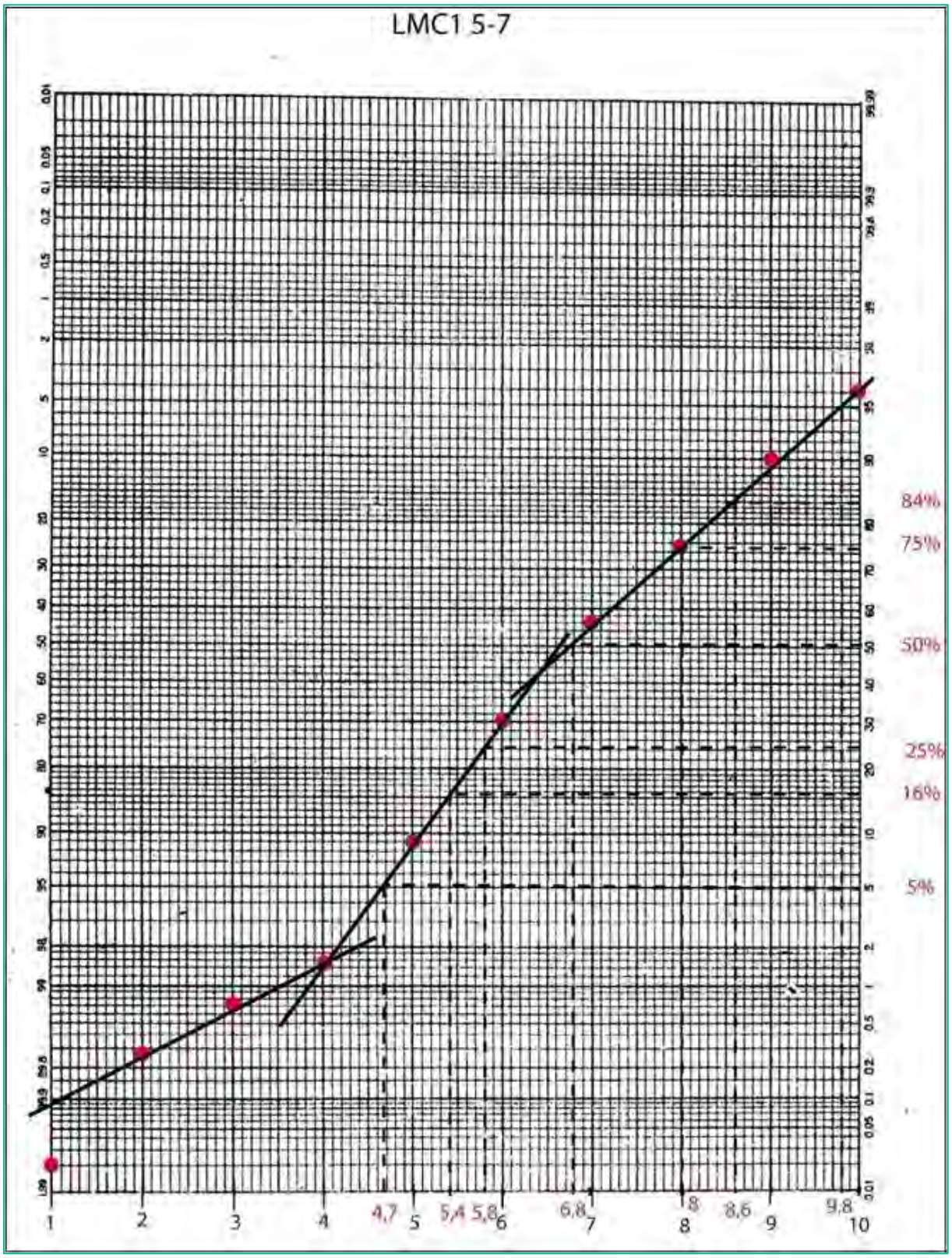
Pequeños instrumentos sobre lascas

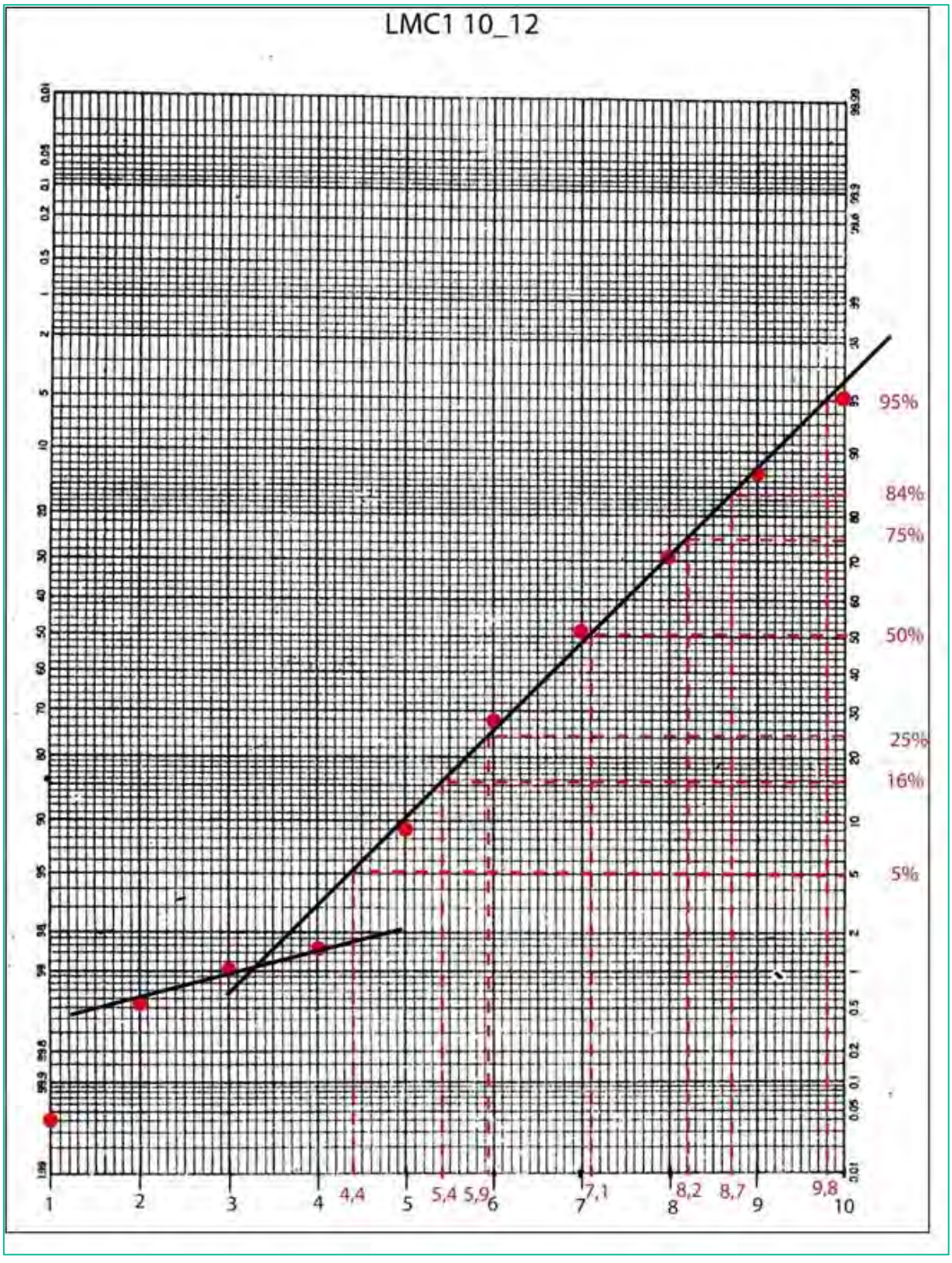


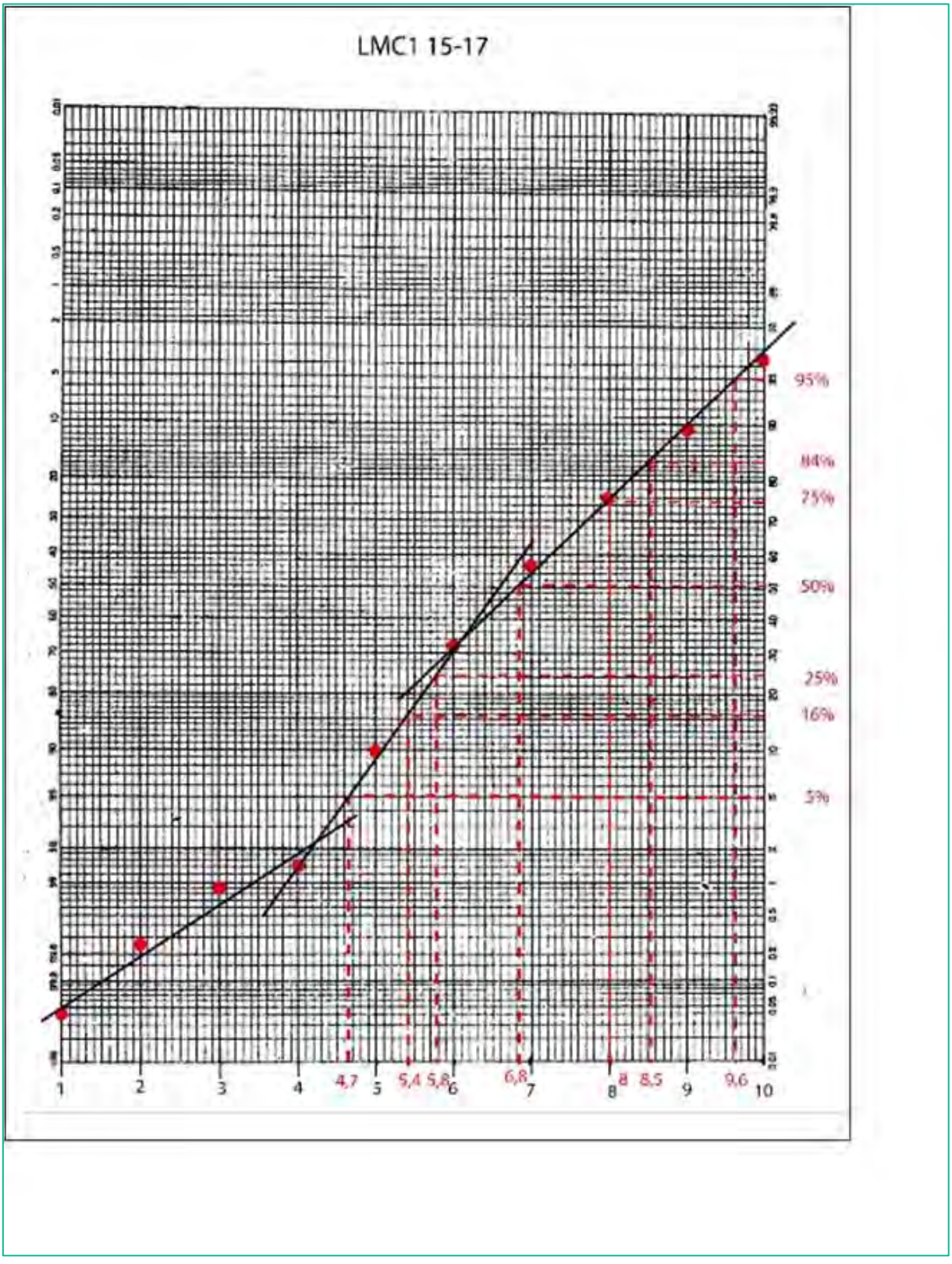
ANEXO II

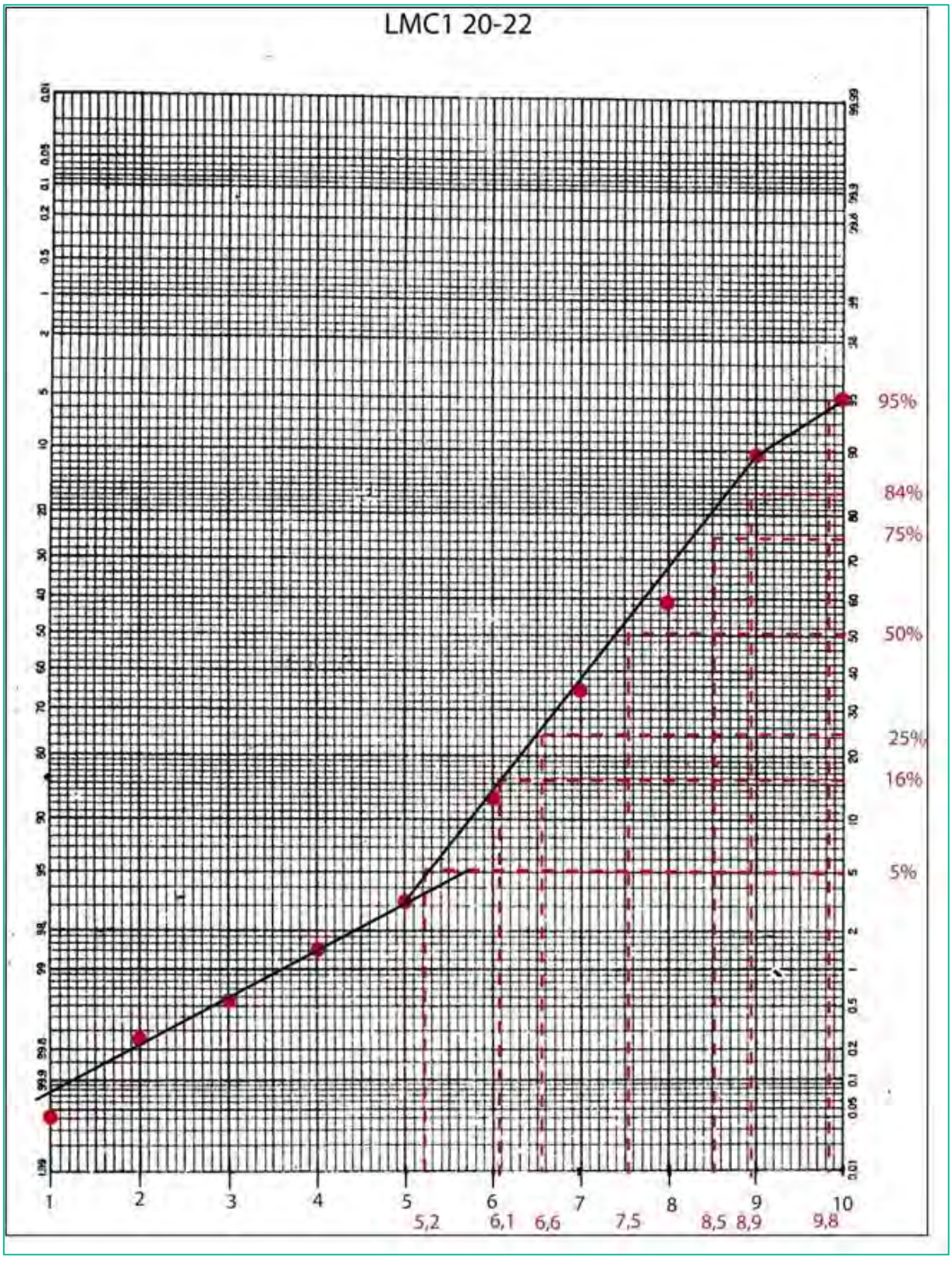
Diagramas granulométricos de frecuencias acumuladas en papel estadístico y cuadros con percentiles. Núcleos 1, 2, 3.

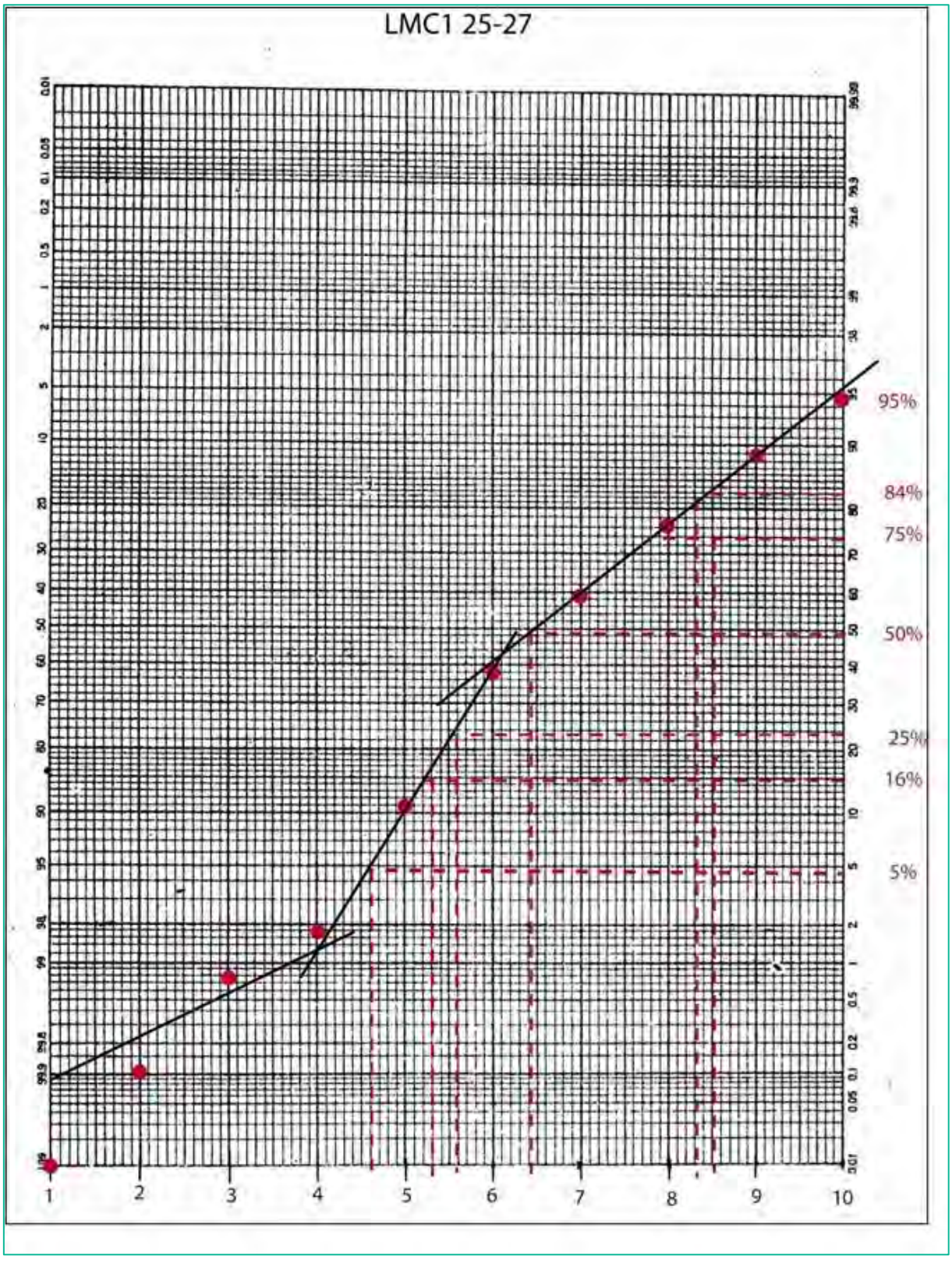

LMC1 0-2
84%
75%
50%
25%
16%
5%
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
4,5
5,1
5,4
6,6
7,9
8,5
9,8

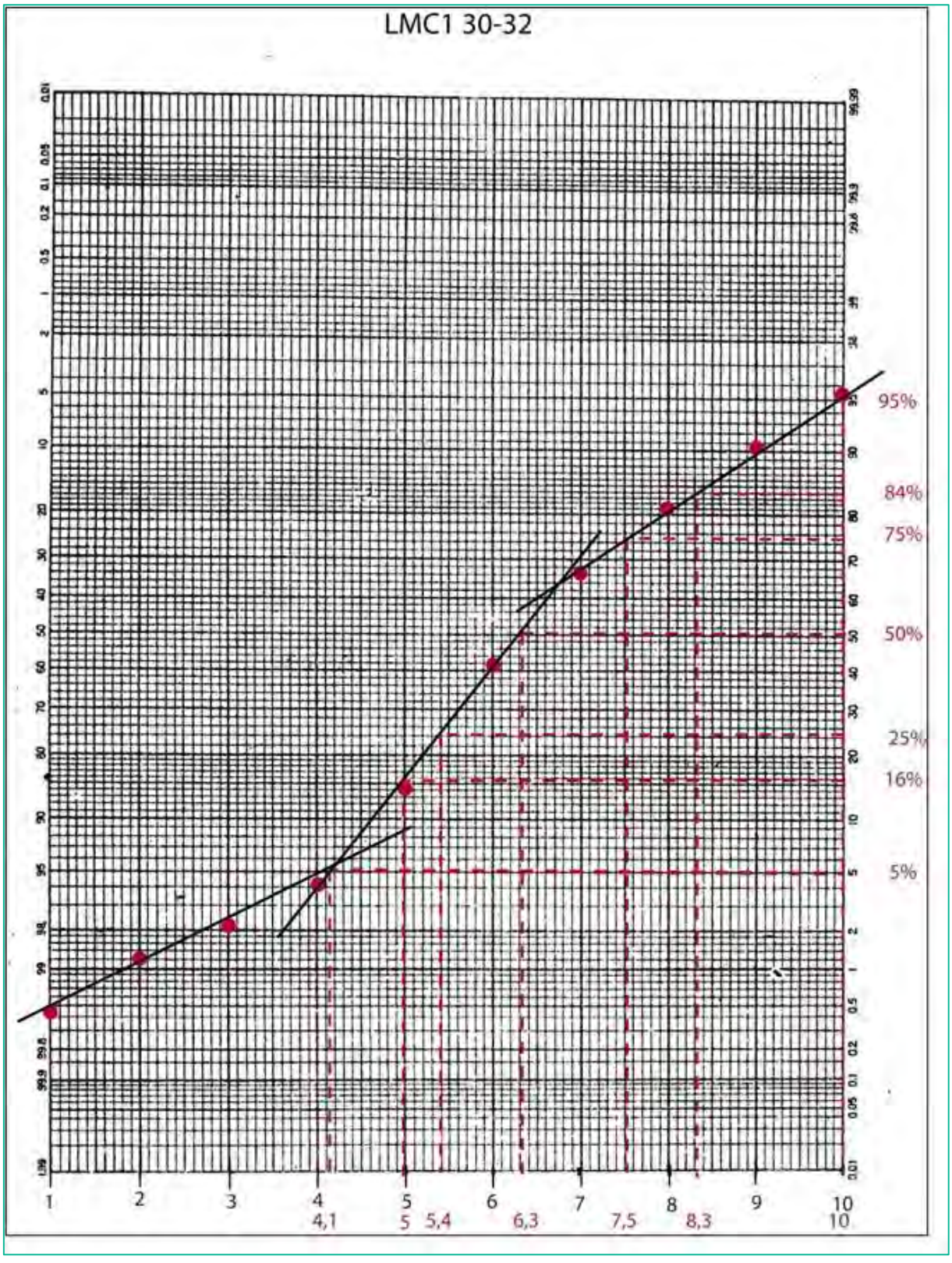

LMC1 5-7
84%
75%
50%
25%
16%
5%
1
2
3
4
4,7
5
5,4
5,8
6
6,8
7
8
8,6
9
9,8
10

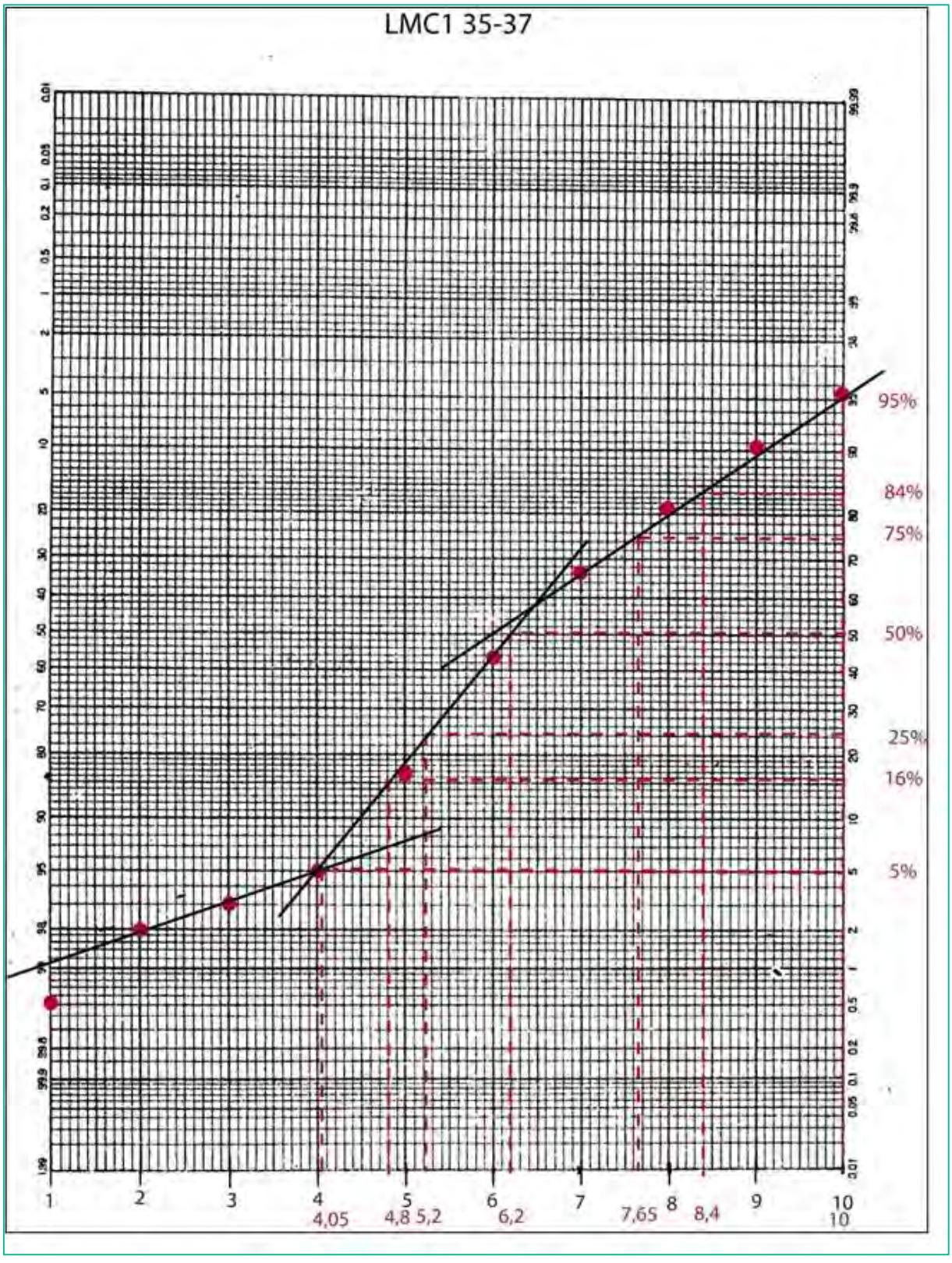

LMC1 10_12
95%
84%
75%
50%
25%
16%
5%
1
2
3
4
4,4
5
5,4
5,9
6
7
7,1
8
8,2
8,7
9
9,8
10

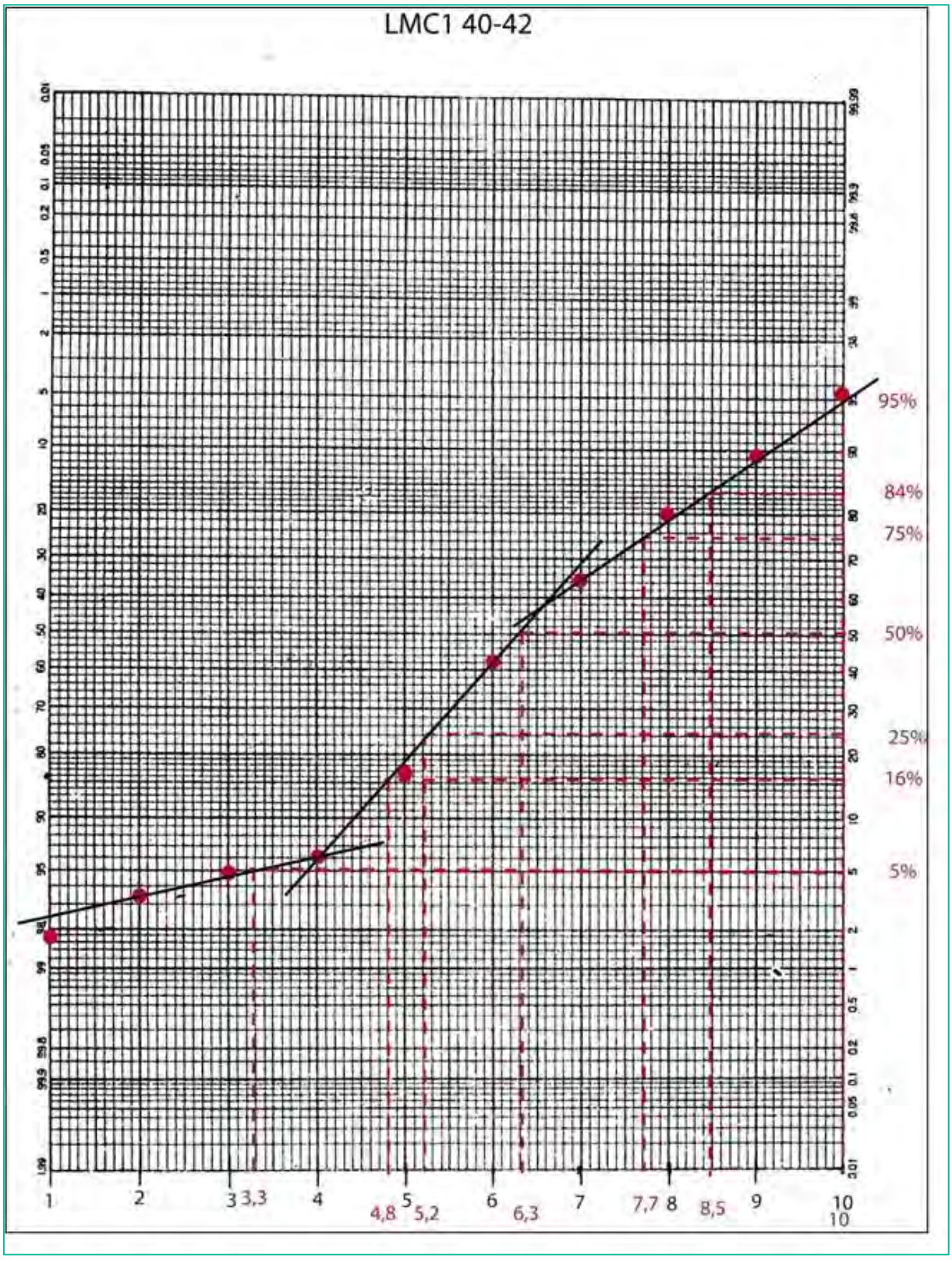

LMC1 15-17
95%
84%
75%
50%
25%
16%
5%
1
2
3
4
4,7
5
5,4
5,8
6
6,8
7
8
8
8,5
9
9,6
10

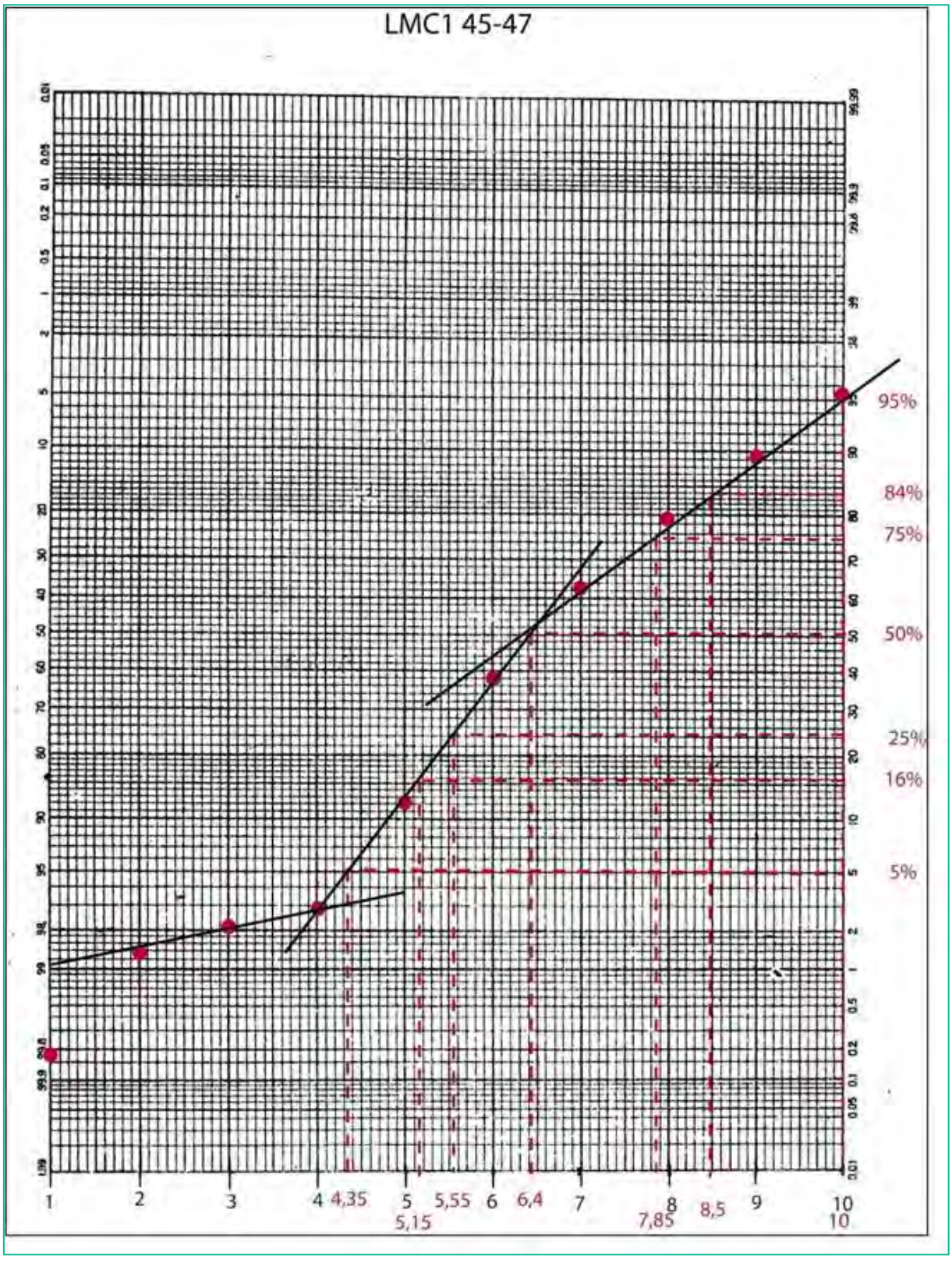

LMC1 20-22
95%
84%
75%
50%
25%
16%
5%
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
5,2
6,1
6,6
7,5
8,5
8,9
9,8

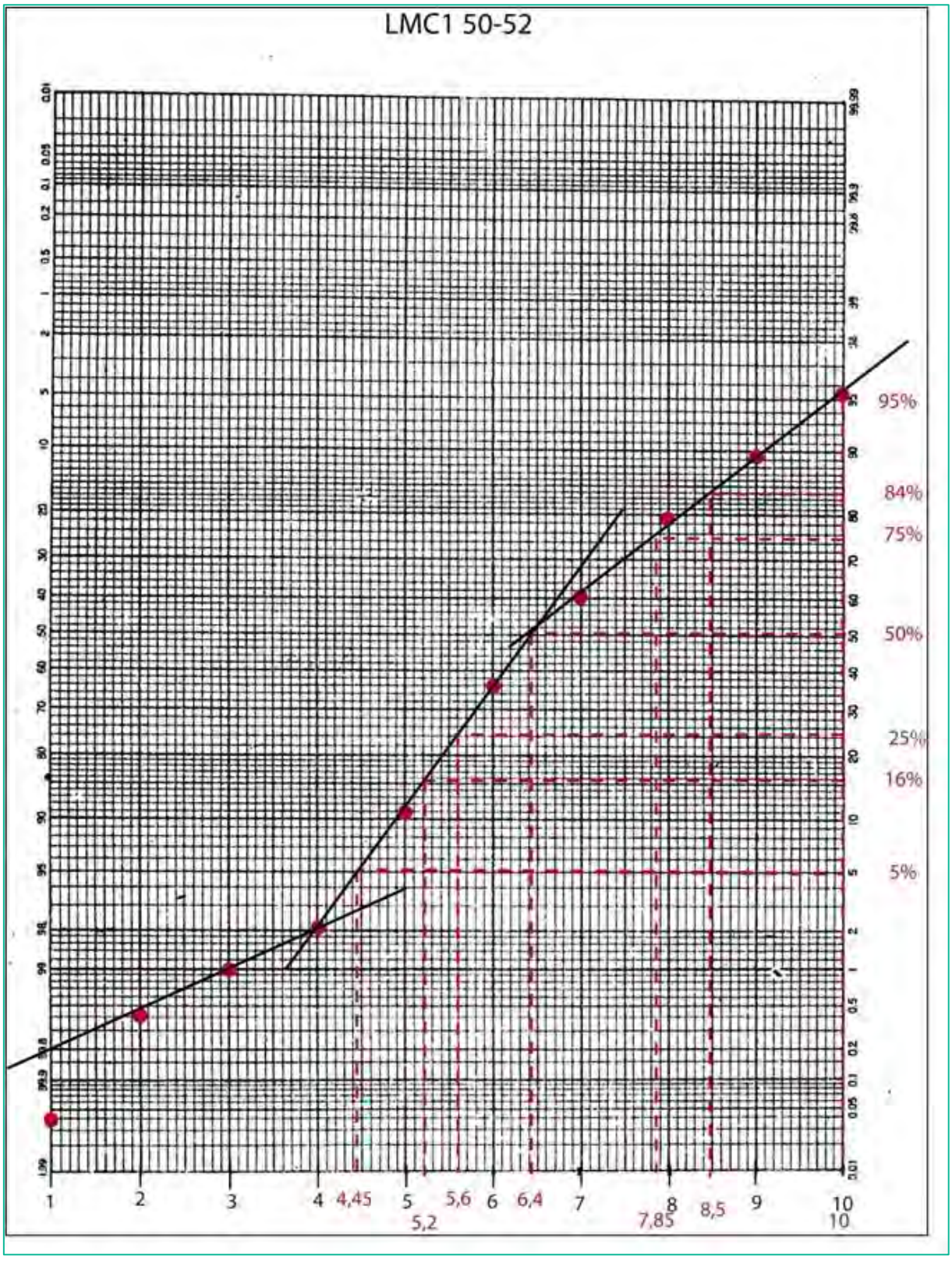

LMC1 25-27
95%
84%
75%
50%
25%
16%
5%
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

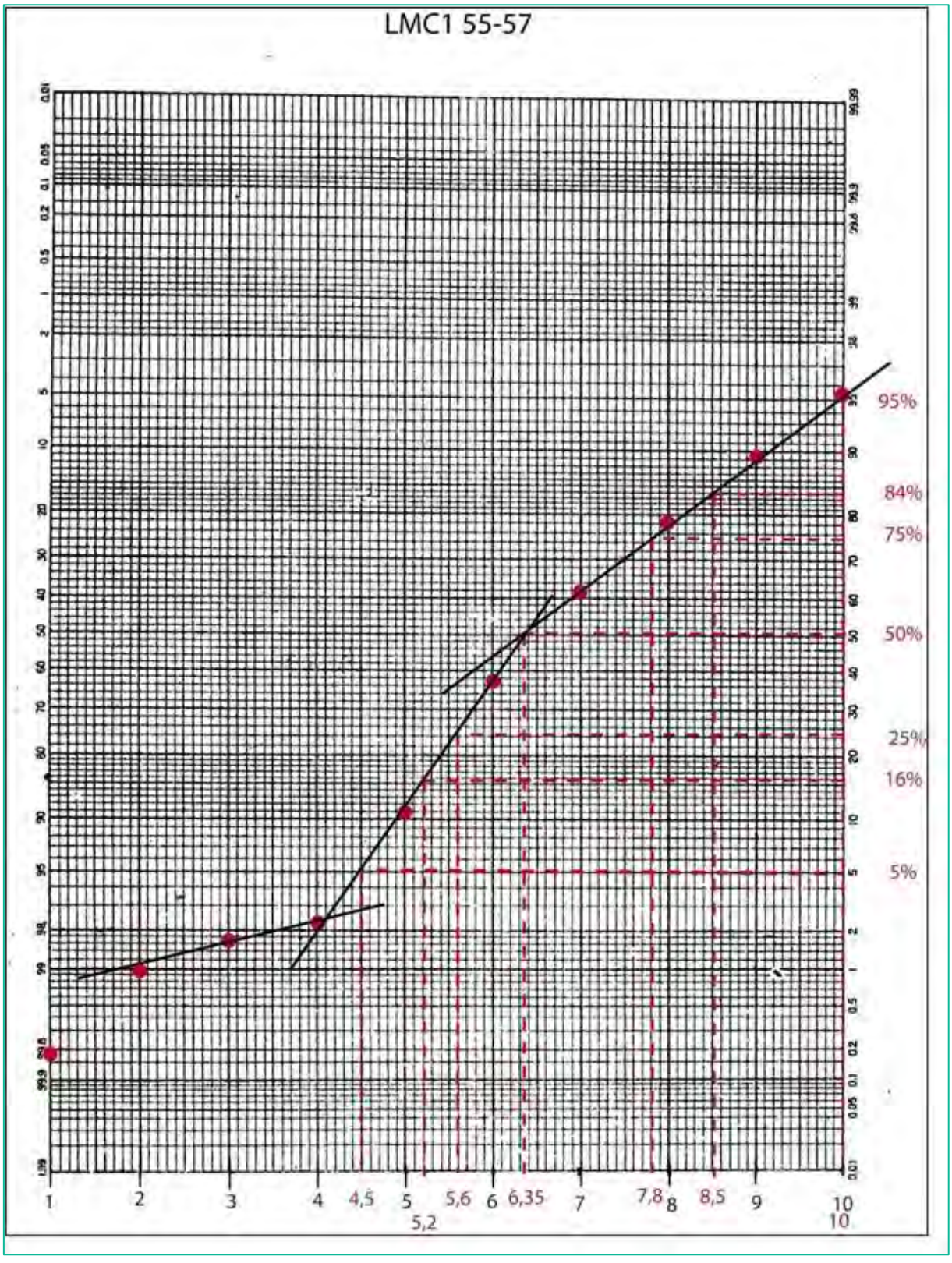

LMC1 30-32
95%
84%
75%
50%
25%
16%
5%
1
2
3
4
4,1
5
5
5,4
6
6,3
7
7,5
8
8,3
9
10
10

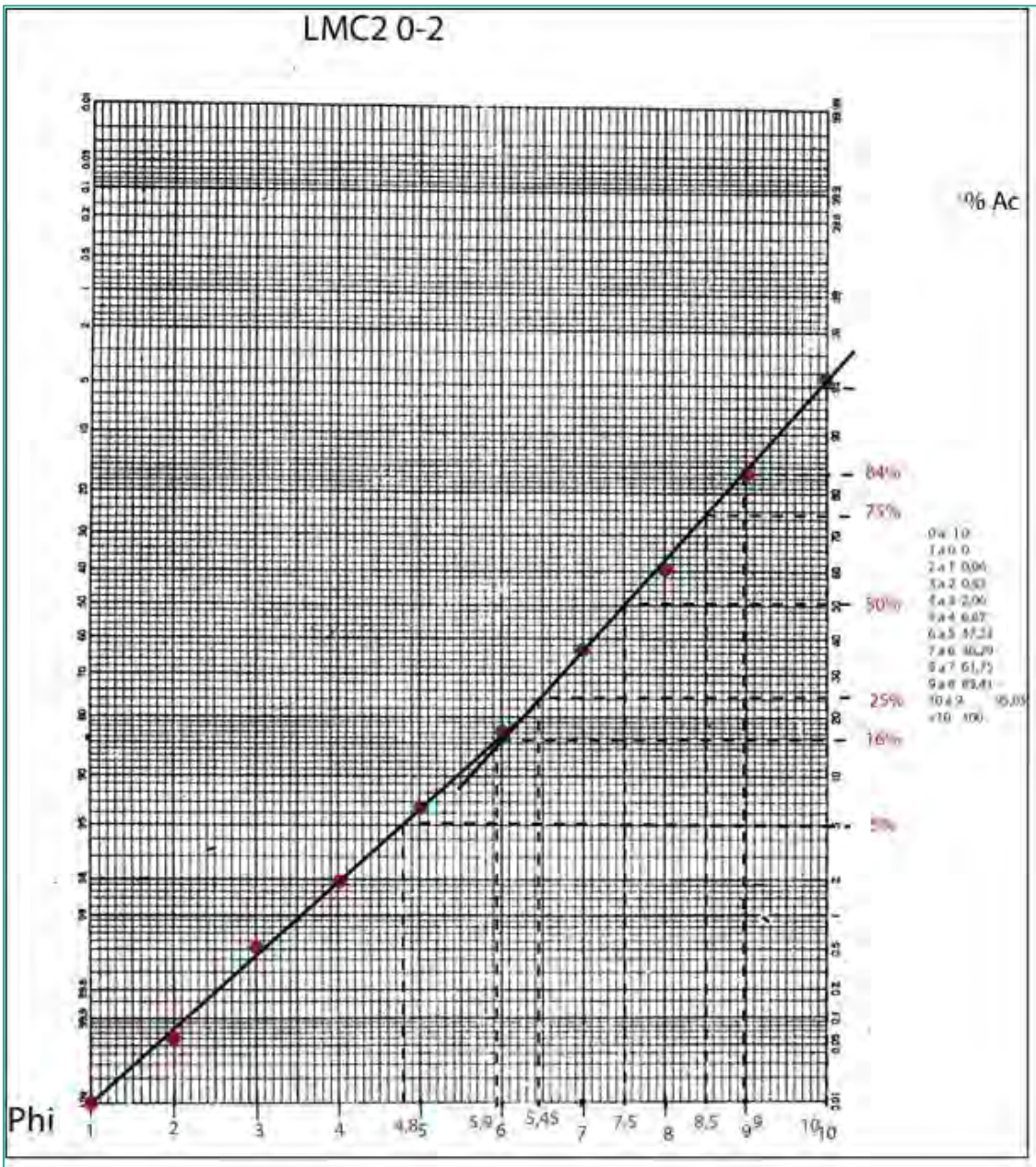

LMC1 35-37
95%
84%
75%
50%
25%
16%
5%
1
2
3
4
4,05
5
4,8
5,2
6
6,2
7
7,65
8
8,4
9
10
10

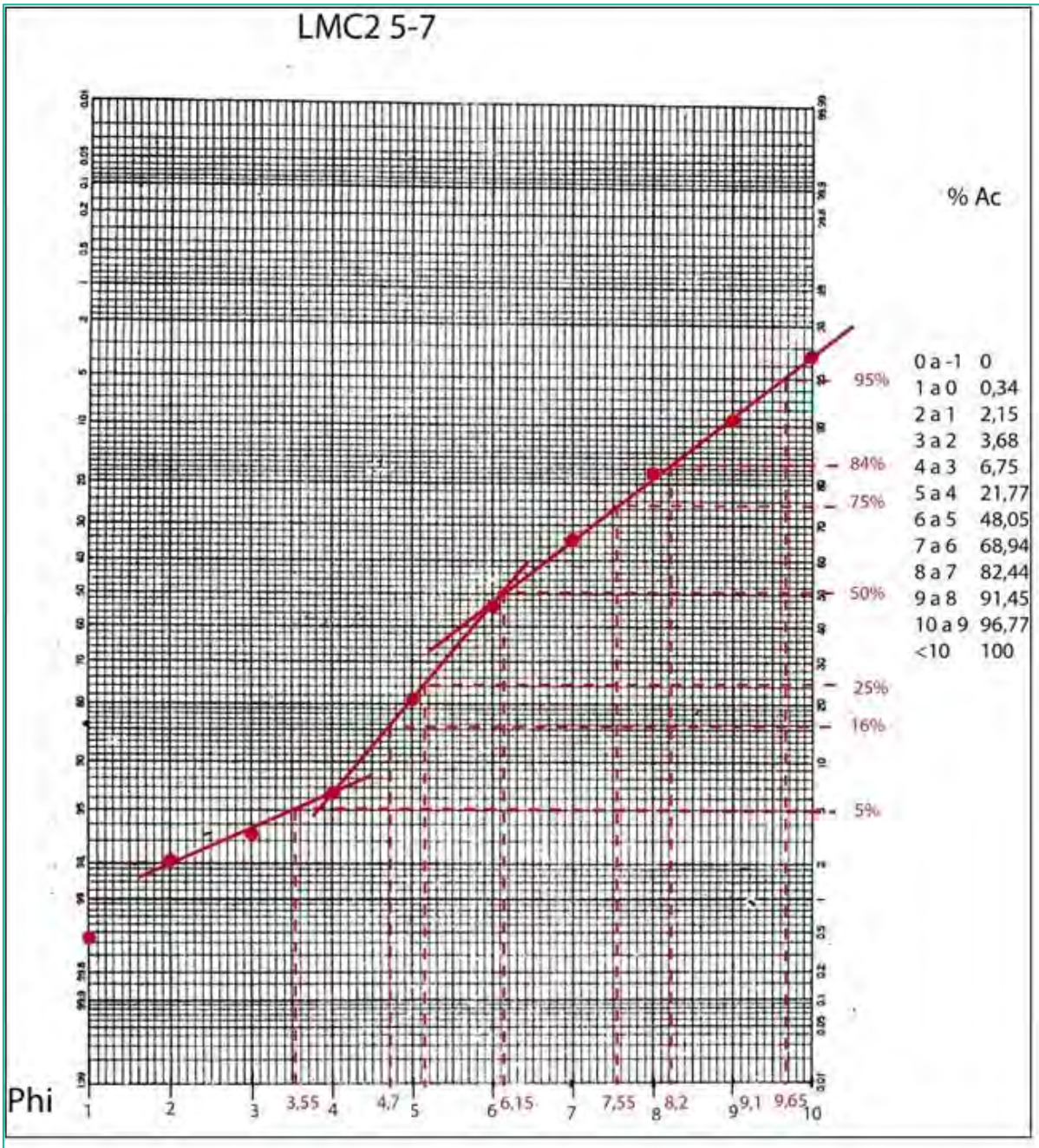

LMC1 40-42
95%
84%
75%
50%
25%
16%
5%
1
2
3
3,3
4
4,8
5
5,2
6
6,3
7
7,7
8
8,5
9
10
10

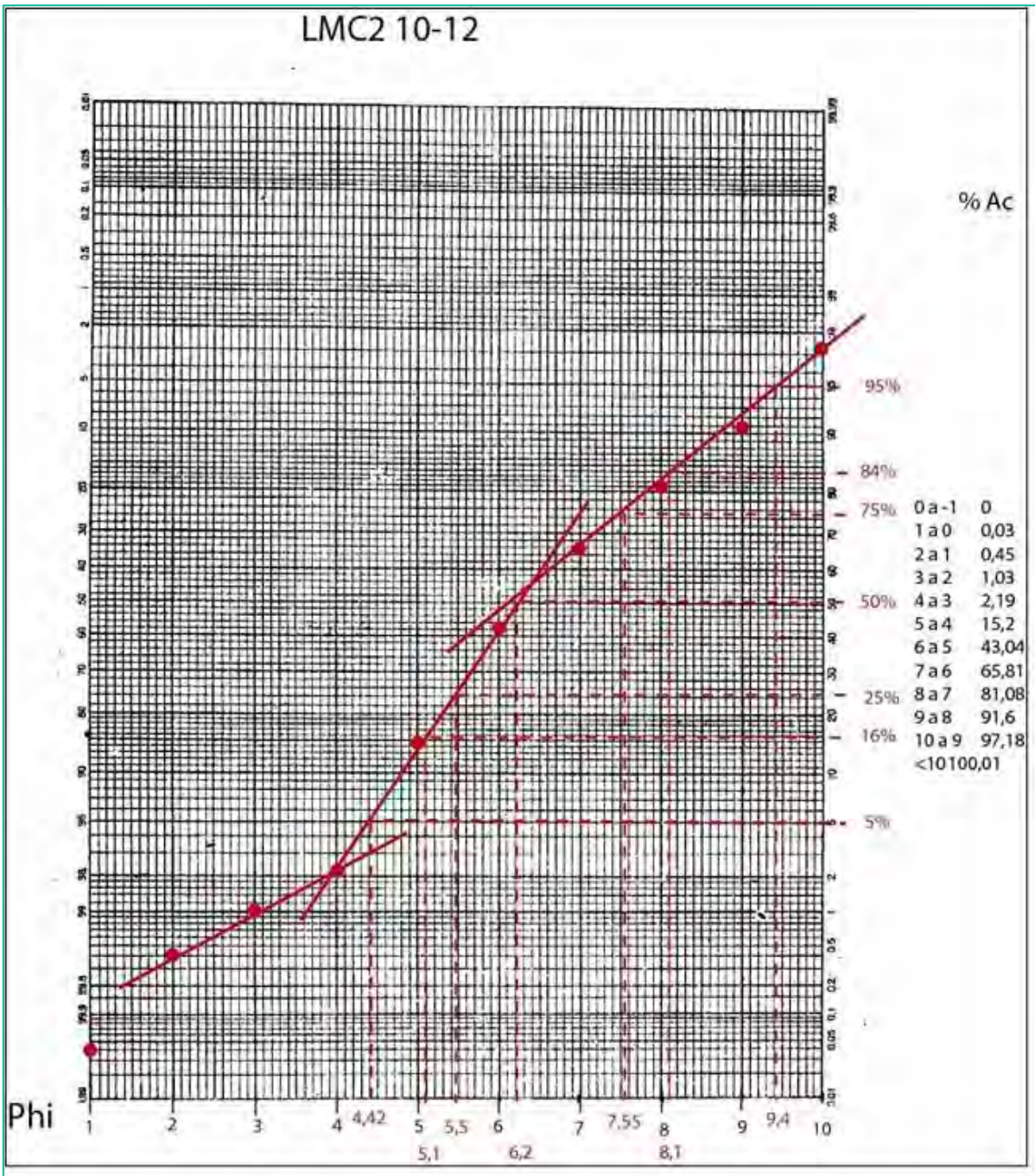

LMC1 45-47
95%
84%
75%
50%
25%
16%
5%
1
2
3
4
4,35
5
5,15
5,55
6
6,4
7
8
7,85
8,5
9
10
10

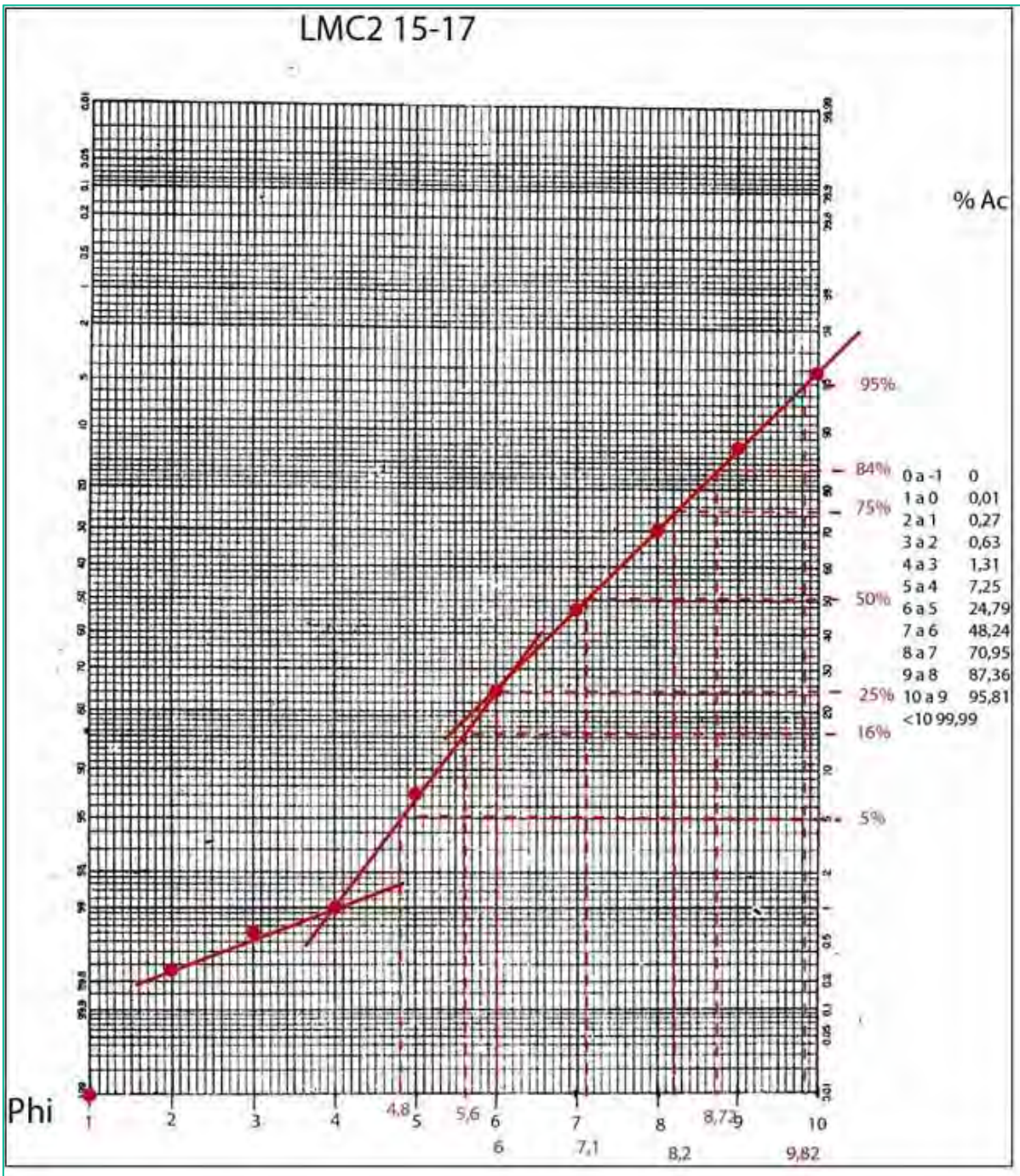

LMC1 50-52
95%
84%
75%
50%
25%
16%
5%
1
2
3
4
4,45
5
5,2
5,6
6
6,4
7
8
7,85
8,5
9
10
10


LMC1 55-57
95%
84%
75%
50%
25%
16%
5%
1
2
3
4
4,5
5
5,2
5,6
6
6,35
7
7,8
8
8,5
9
10
10

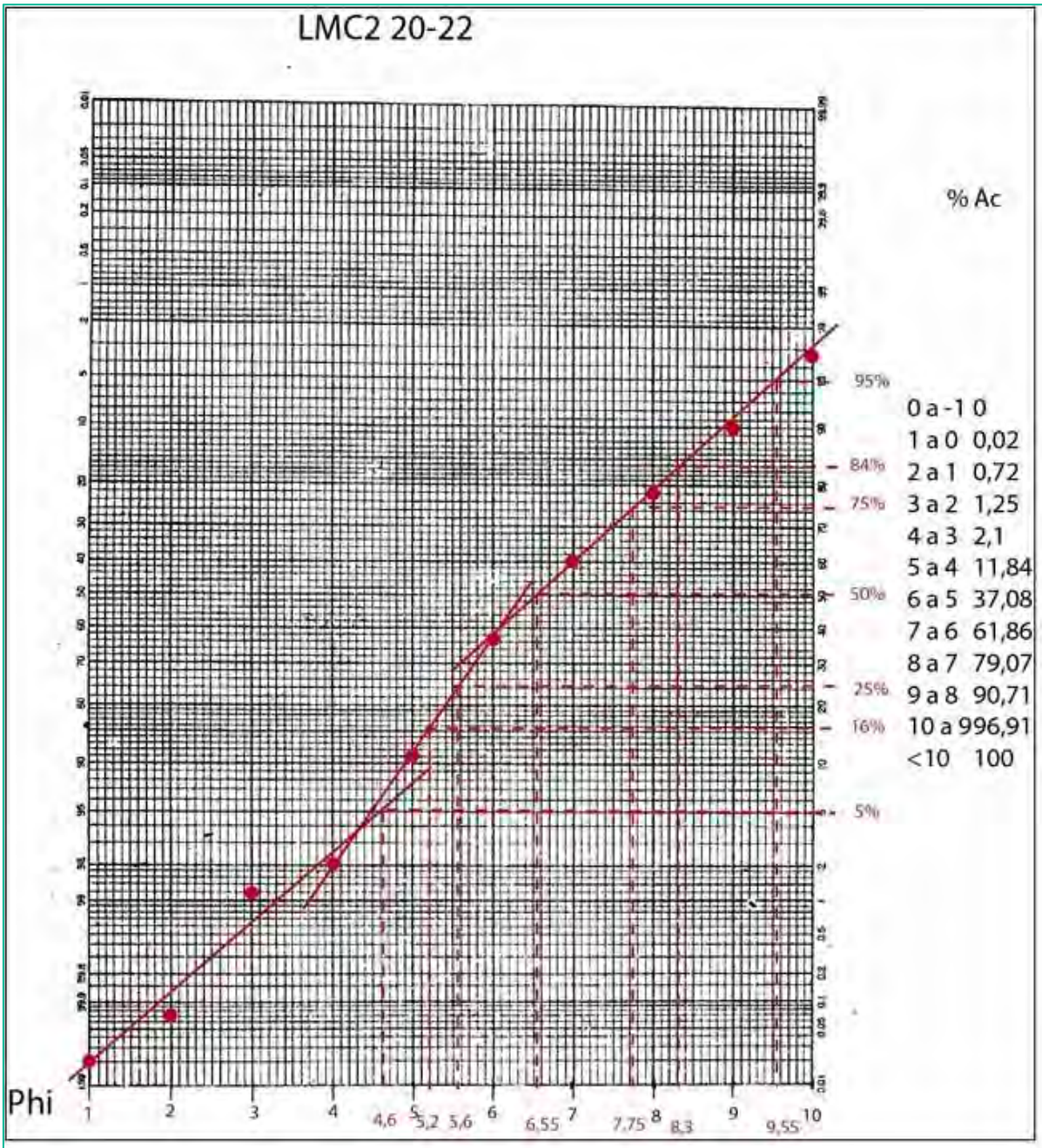

LMC2 0-2
% Ac
84%
75%
50%
25%
16%
5%
Phi
1
2
3
4
4,85
5,9
6
5,45
7
7,5
8
8,5
9,9
10
10


LMC2 5-7
% Ac
0 a -1 0
1 a 0 0,34
2 a 1 2,15
3 a 2 3,68
4 a 3 6,75
5 a 4 21,77
6 a 5 48,05
7 a 6 68,94
8 a 7 82,44
9 a 8 91,45
10 a 9 96,77
<10 100
95%
84%
75%
50%
25%
16%
5%
Phi
1
2
3
3,55
4
4,7
5
6
6,15
7
7,55
8
8,2
9
9,1
9,65
10

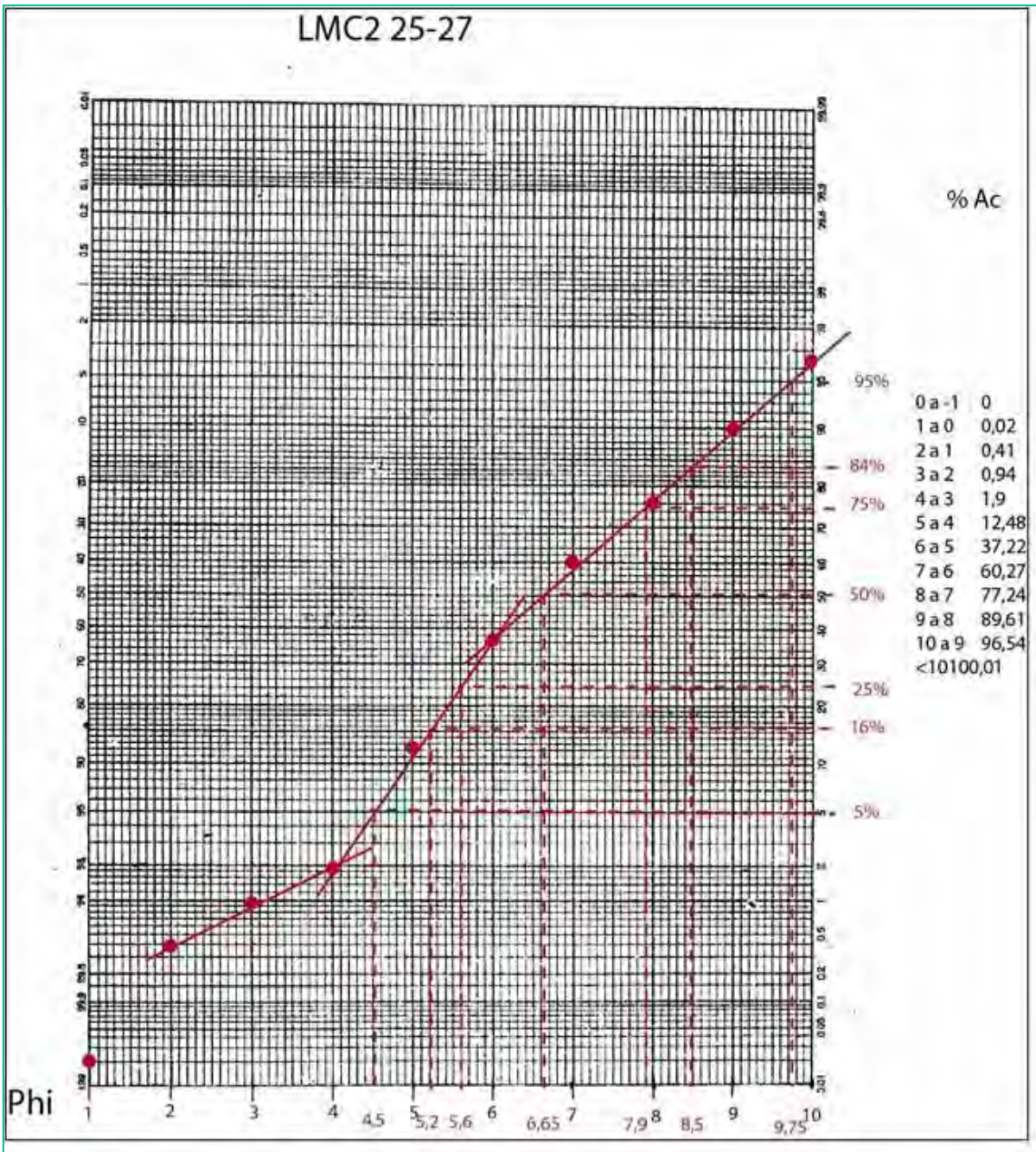

LMC2 10-12
% Ac
95%
84%
75%
50%
25%
16%
5%
0 a -1 0
1 a 0 0,03
2 a 1 0,45
3 a 2 1,03
4 a 3 2,19
5 a 4 15,2
6 a 5 43,04
7 a 6 65,81
8 a 7 81,08
9 a 8 91,6
10 a 9 97,18
<10 100,01
Phi
1
2
3
4
4,42
5
5,1
5,5
6
6,2
7
7,55
8
8,1
9
9,4
10


LMC2 15-17
% Ac
95%
84%
75%
50%
25%
16%
5%
0 a -1 0
1 a 0 0,01
2 a 1 0,27
3 a 2 0,63
4 a 3 1,31
5 a 4 7,25
6 a 5 24,79
7 a 6 48,24
8 a 7 70,95
9 a 8 87,36
10 a 9 95,81
<10 99,99
Phi
1
2
3
4
4,8
5
5,6
6
6
7
7,1
8
8,2
8,7
9
10
9,82

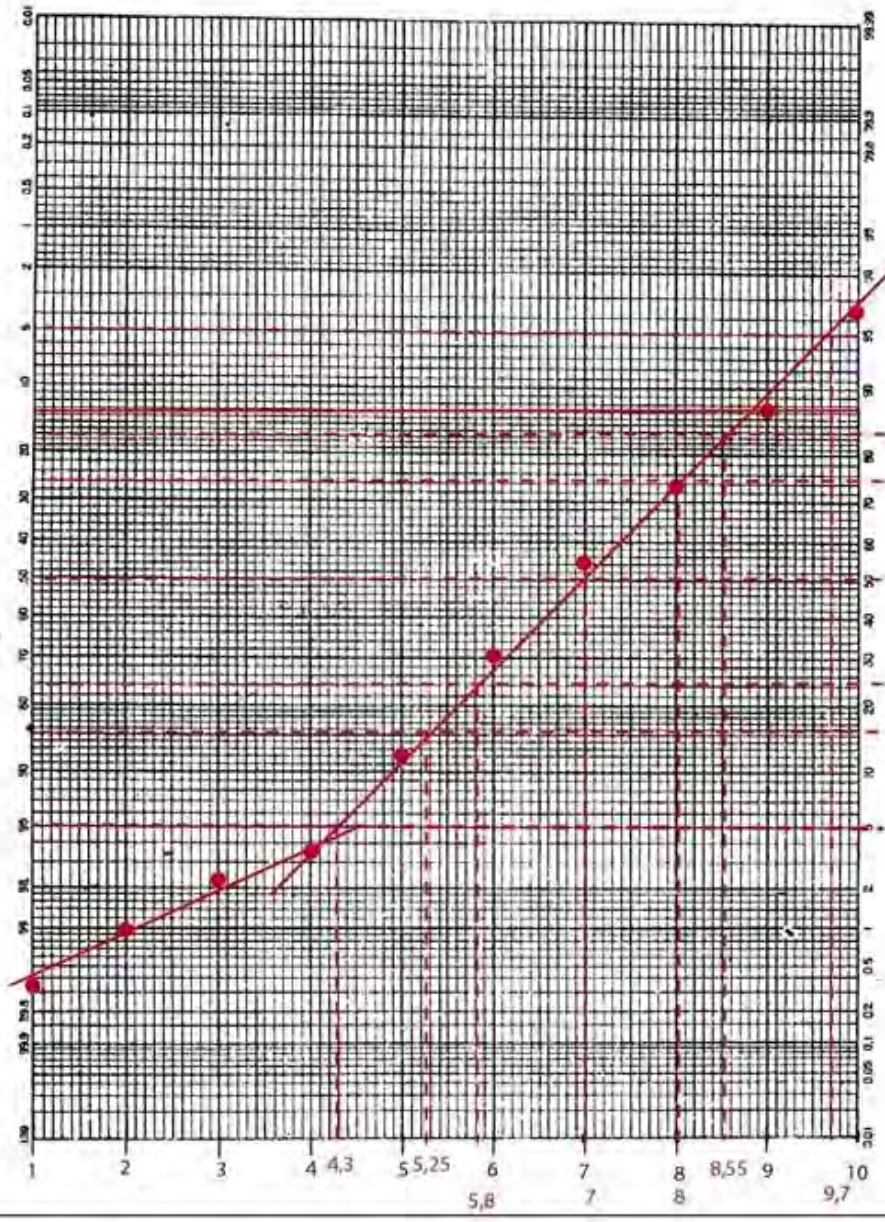
LMC2 20-22



0 a -1	0
1 a 0	0,02
2 a 1	0,72
3 a 2	1,25
4 a 3	2,1
5 a 4	11,84
6 a 5	37,08
7 a 6	61,86
8 a 7	79,07
9 a 8	90,71
10 a 9	96,91
<10	100

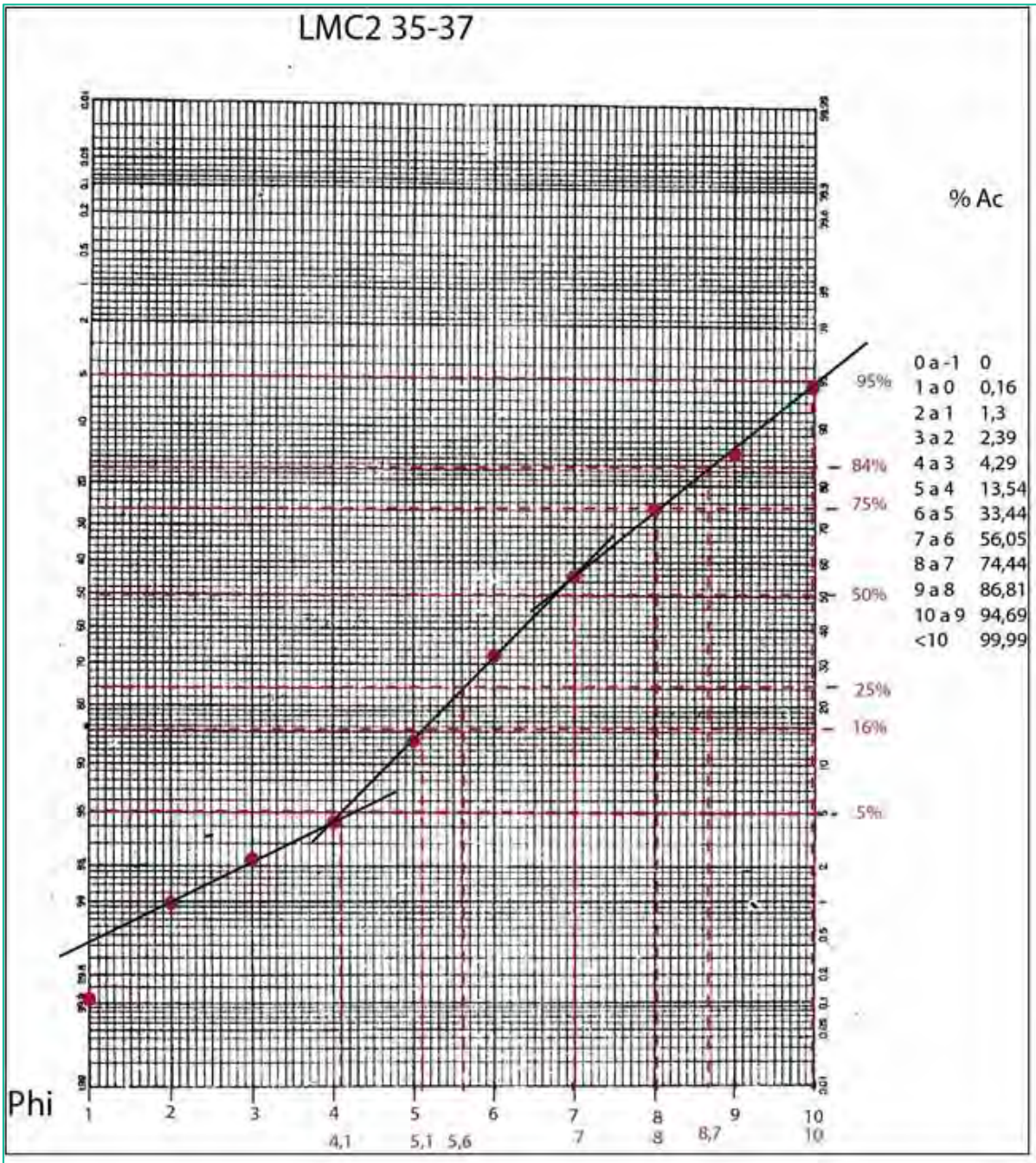

LMC2 25-27
% Ac
95%
84%
75%
50%
25%
16%
5%
0 a -1 0
1 a 0 0,02
2 a 1 0,41
3 a 2 0,94
4 a 3 1,9
5 a 4 12,48
6 a 5 37,22
7 a 6 60,27
8 a 7 77,24
9 a 8 89,61
10 a 9 96,54
<10 100,01
Phi
1
2
3
4
4,5
5
5,2
5,6
6
6,65
7
7,9
8
8,5
9
9,75
10

LMC2 30-32



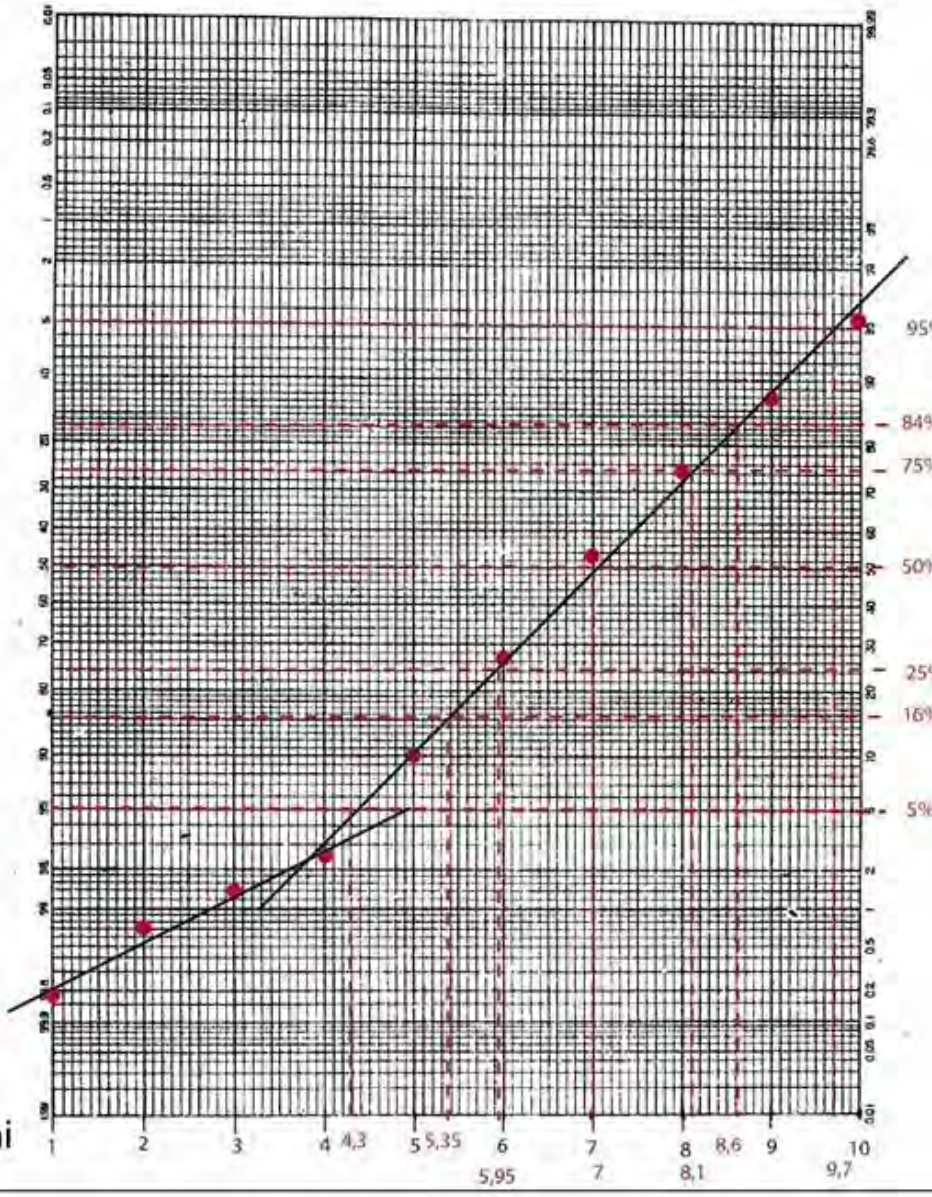
0 a -1	0
1 a 0	0,34
2 a 1	1,01
3 a 2	2,14
4 a 3	3,8
5 a 4	12,18
6 a 5	31,96
7 a 6	55,57
8 a 7	74,56
9 a 8	87,42
10 a 9	95,28
<10	100,01

LMC2 35-37



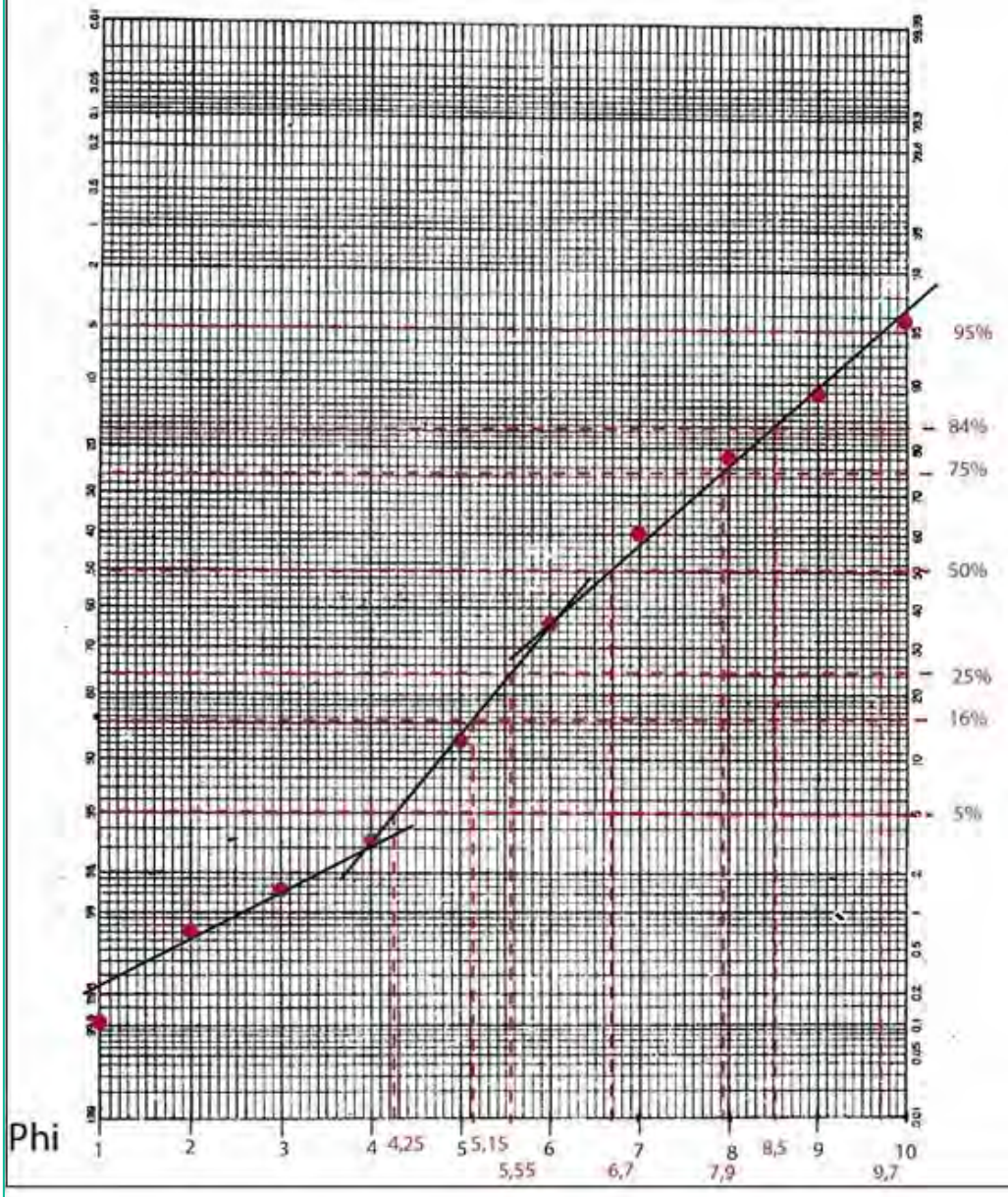
0 a -1	0
1 a 0	0,16
2 a 1	1,3
3 a 2	2,39
4 a 3	4,29
5 a 4	13,54
6 a 5	33,44
7 a 6	56,05
8 a 7	74,44
9 a 8	86,81
10 a 9	94,69
<10	99,99

LMC2 40-42

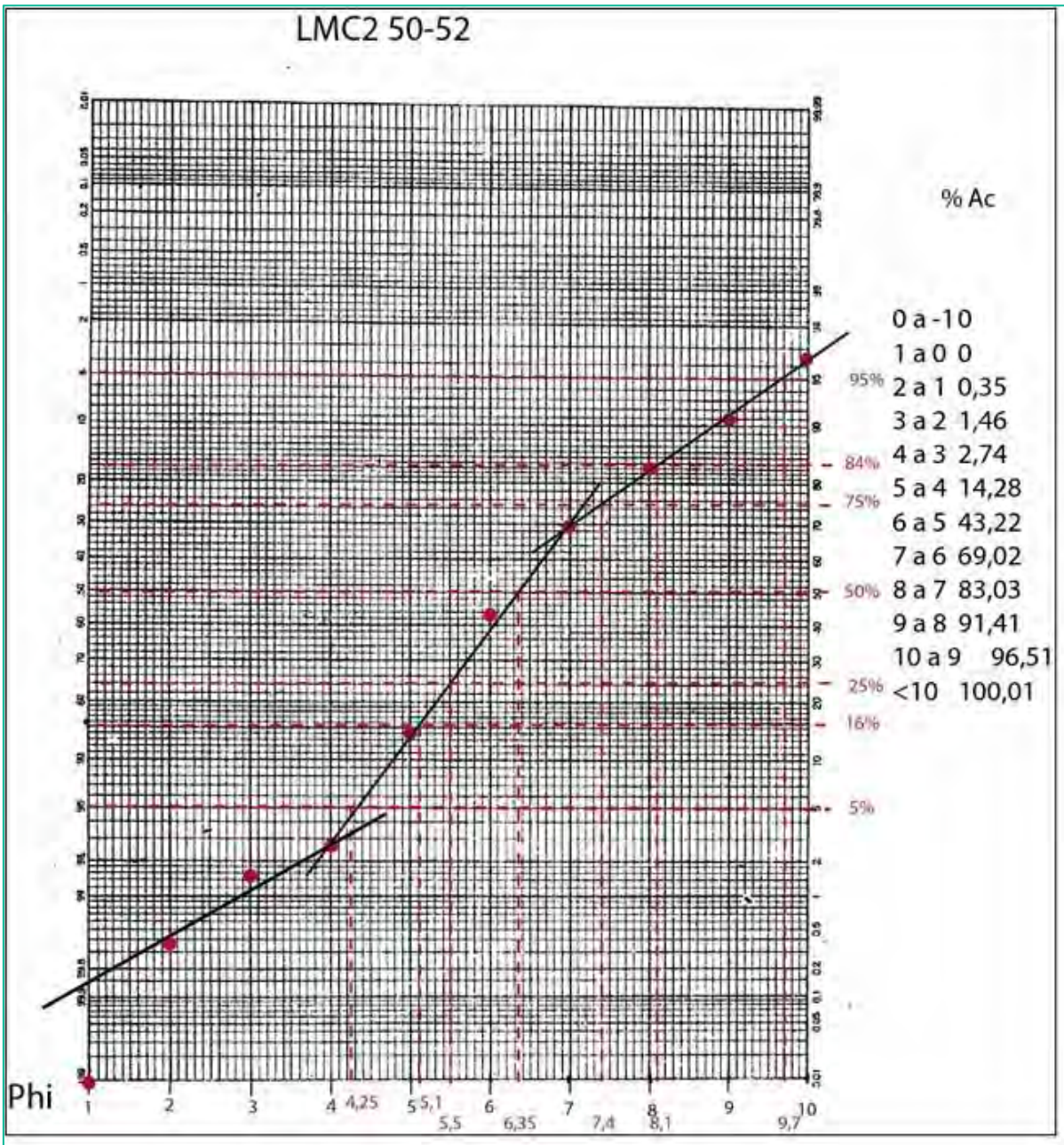


0 a -1	0	
1 a 0	0,19	
2 a 1	0,7	
3 a 2	1,38	
4 a 3	2,61	
5 a 4	10,04	
6 a 5	27,73	
7 a 6	52,48	
8 a 7	74,68	
9 a 8	88,04	
10 a 9	95,34	
<10	100	

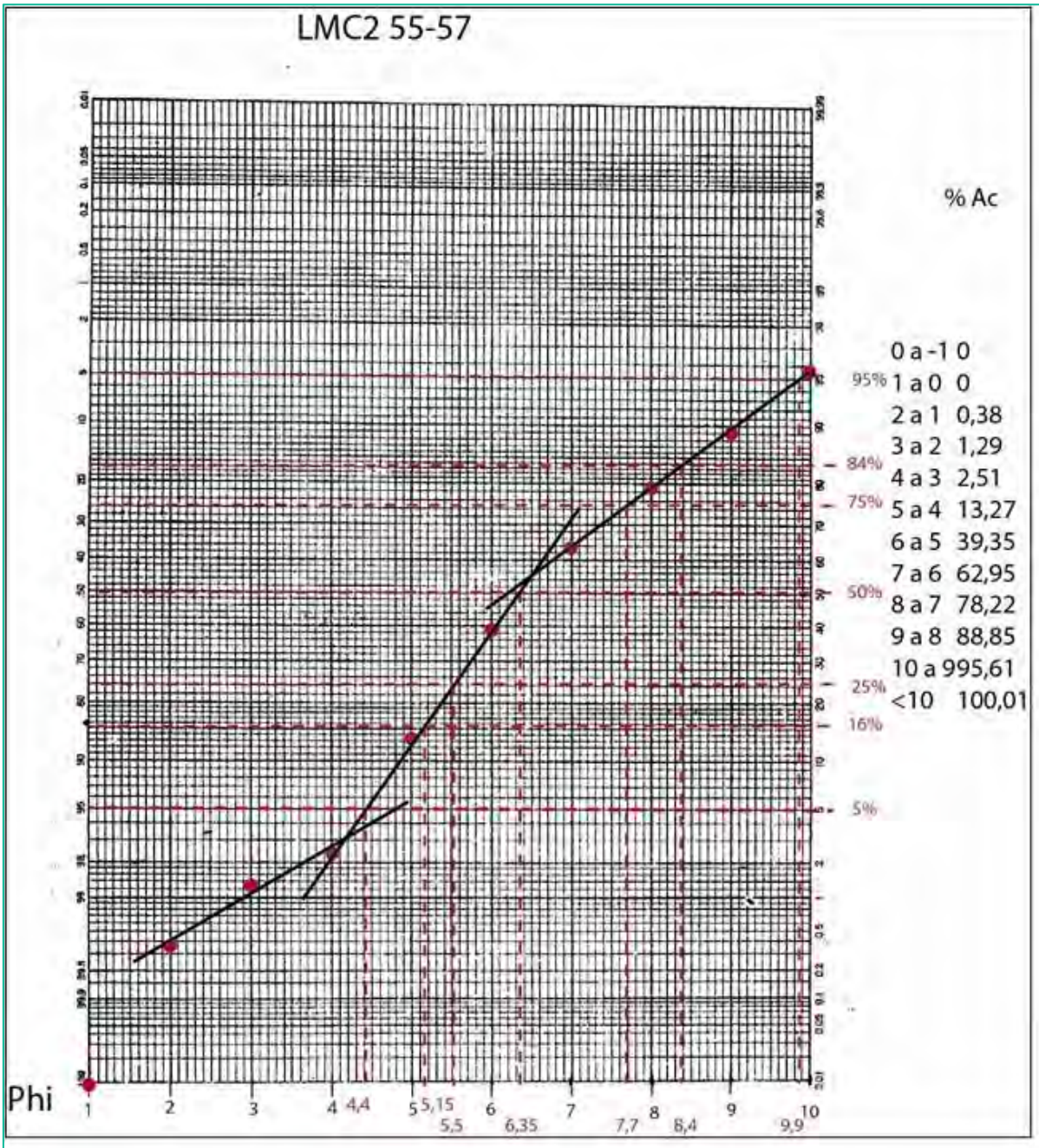
LMC2 45-47



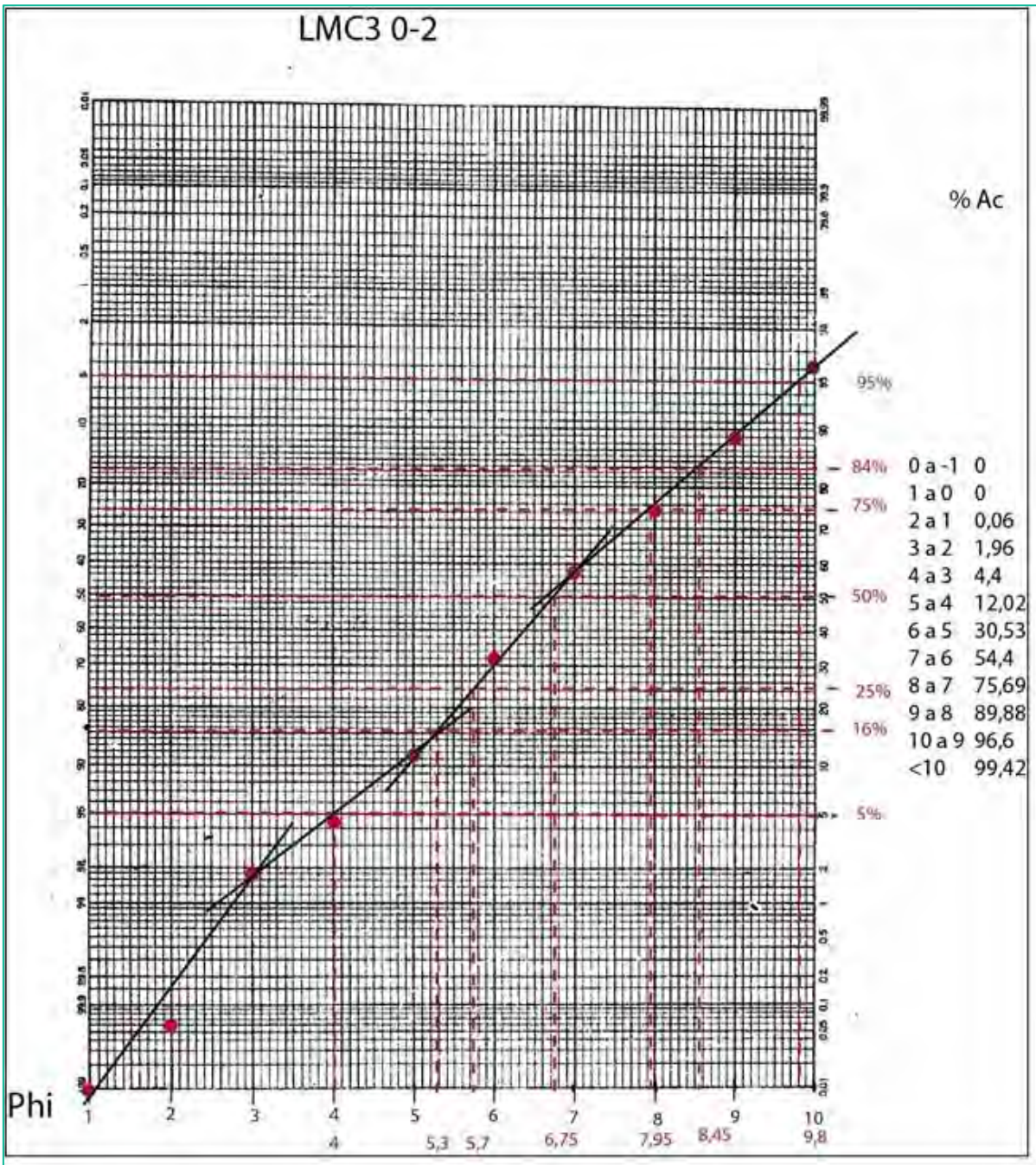
0 a -1	0
1 a 0	0,15
2 a 1	0,73
3 a 2	1,49
4 a 3	3,15
5 a 4	12,69
6 a 5	36,09
7 a 6	61,5
8 a 7	78,95
9 a 8	89,6
10 a 9	95,84
<10	100


LMC2 50-52
% Ac
0 a -10
1 a 0 0
2 a 1 0,35
3 a 2 1,46
4 a 3 2,74
5 a 4 14,28
6 a 5 43,22
7 a 6 69,02
8 a 7 83,03
9 a 8 91,41
10 a 9 96,51
<10 100,01
95%
84%
75%
50%
25%
16%
5%
Phi
1
2
3
4
4,25
5
5,1
5,5
6
6,35
7
7,4
8
8,1
9
9,7
10

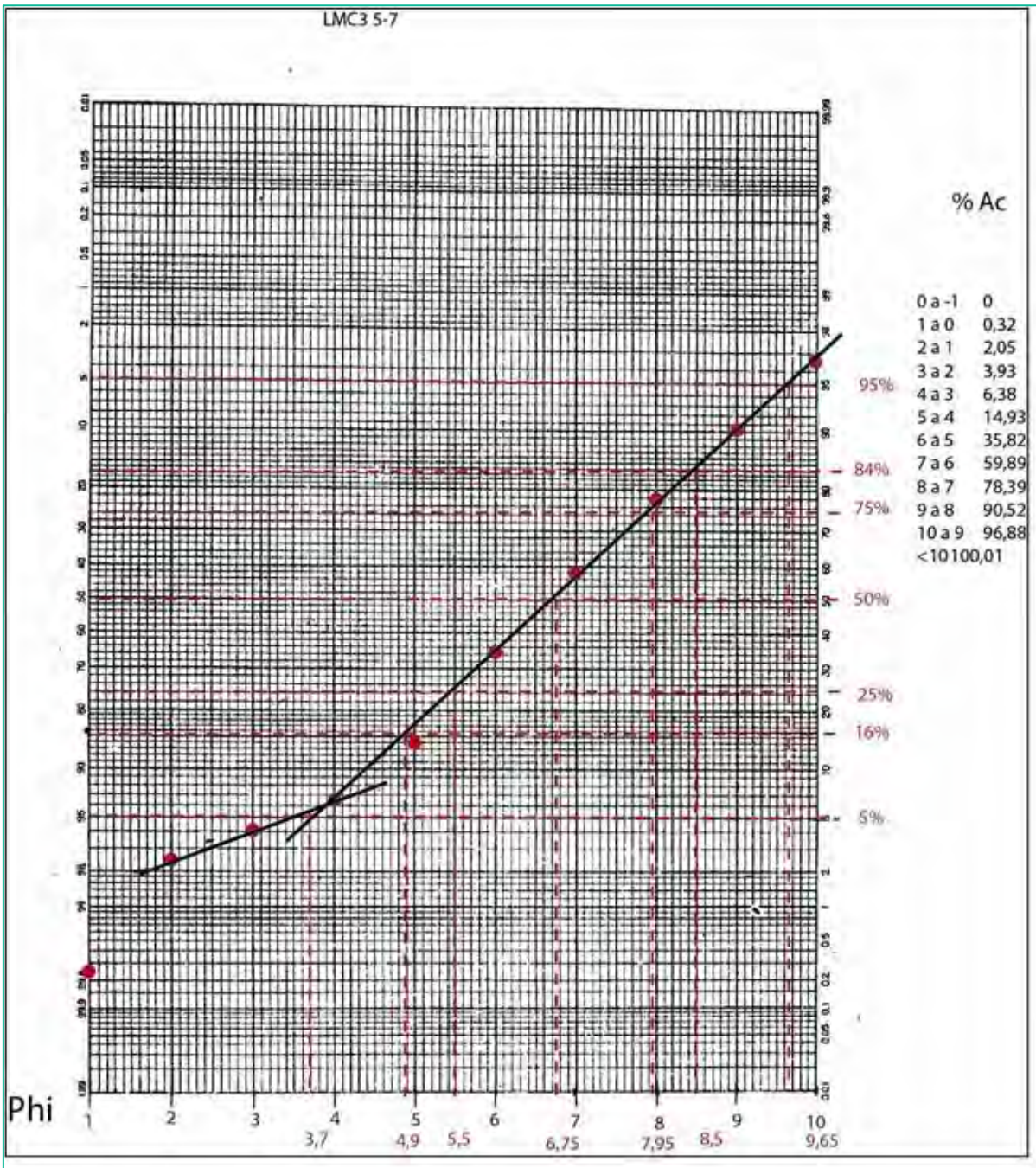
LMC2 55-57

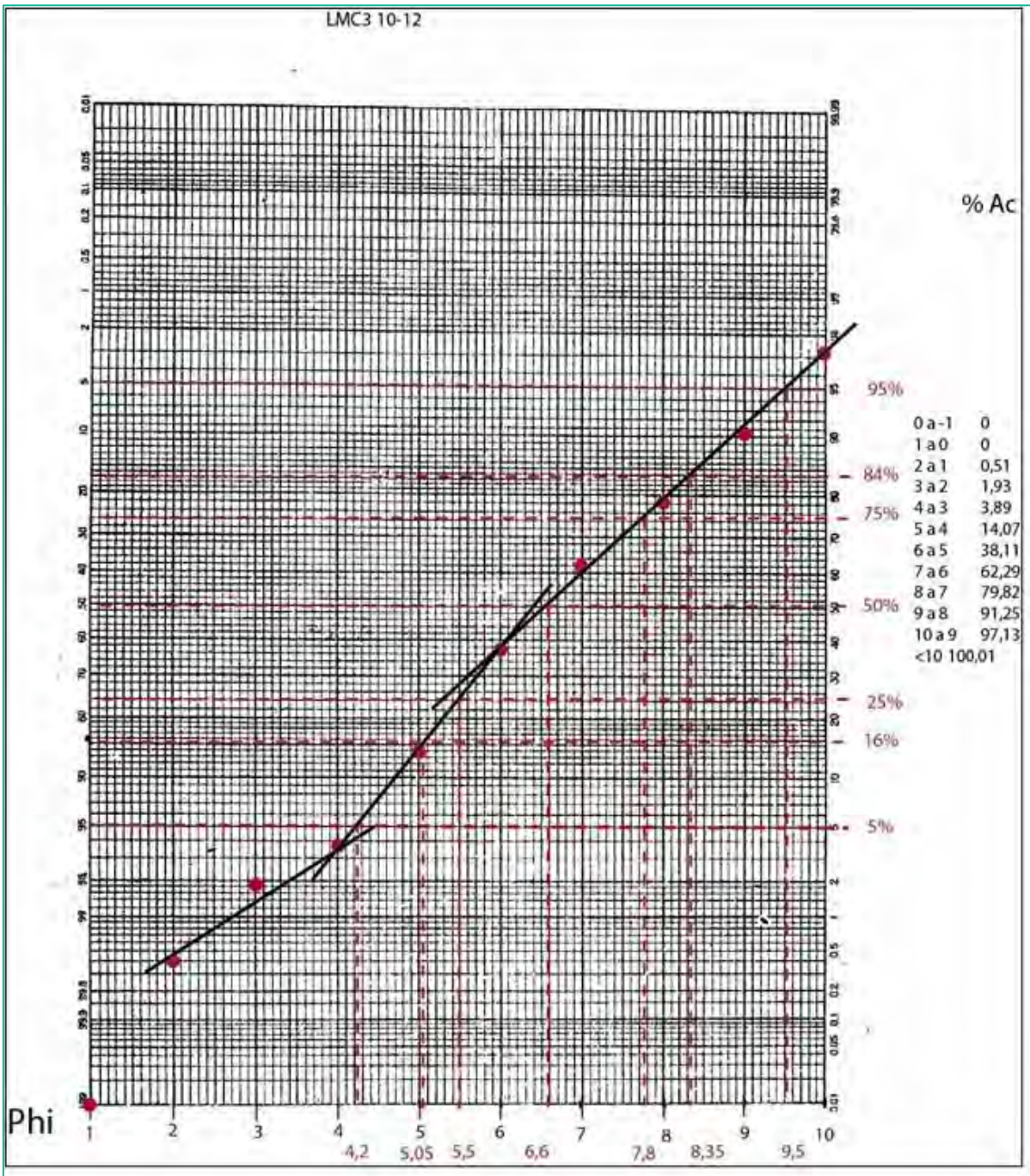

% Ac
0 a -1 0
1 a 0 0
2 a 1 0,38
3 a 2 1,29
4 a 3 2,51
5 a 4 13,27
6 a 5 39,35
7 a 6 62,95
8 a 7 78,22
9 a 8 88,85
10 a 9 95,61
<10 100,01
95%
84%
75%
50%
25%
16%
5%
Phi
1
2
3
4
4,4
5
5,15
5,5
6
6,35
7
7,7
8
8,4
9
9,9
10

LMC3 0-2

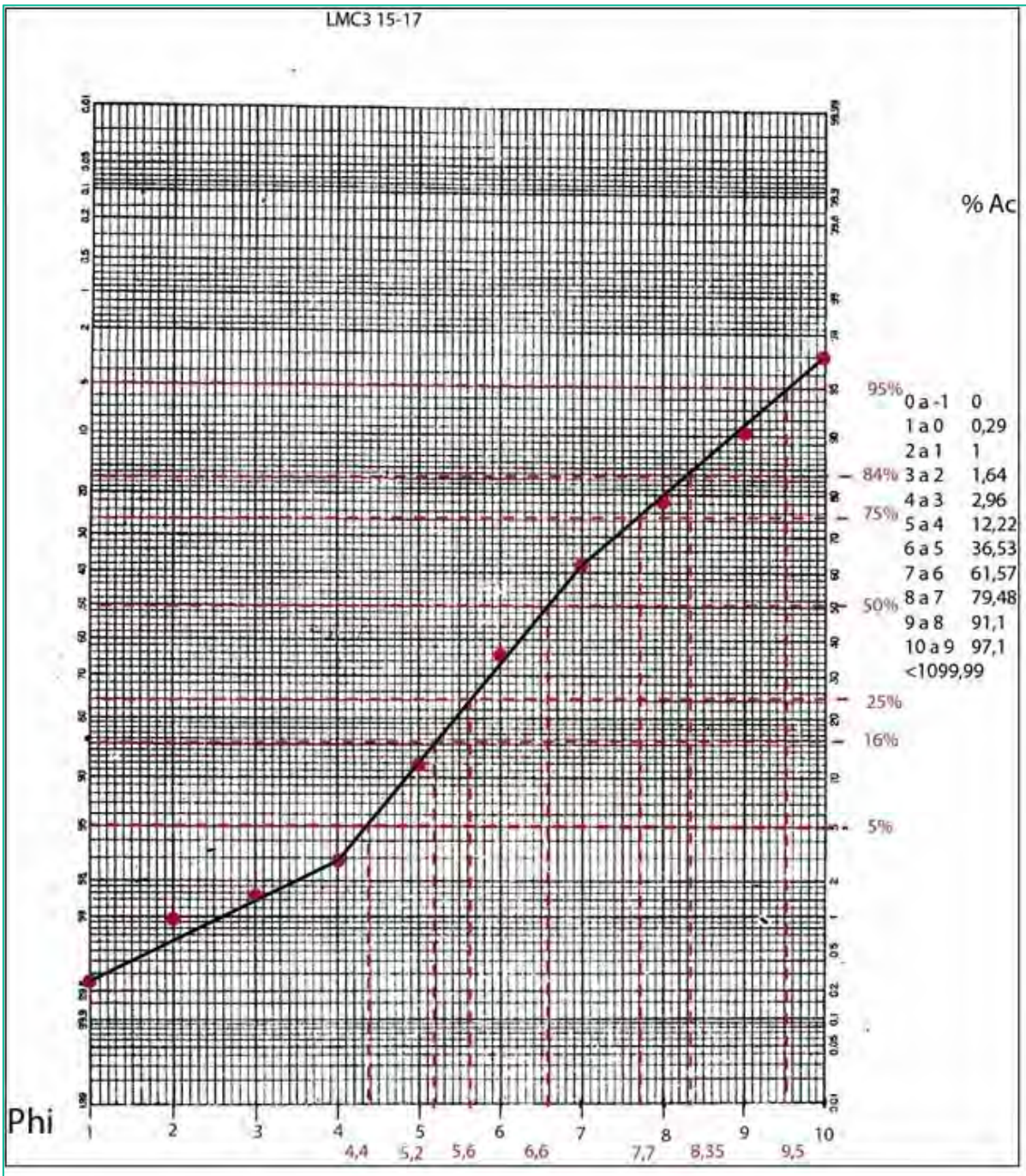


0 a -1	0
1 a 0	0
2 a 1	0,06
3 a 2	1,96
4 a 3	4,4
5 a 4	12,02
6 a 5	30,53
7 a 6	54,4
8 a 7	75,69
9 a 8	89,88
10 a 9	96,6
<10	99,42

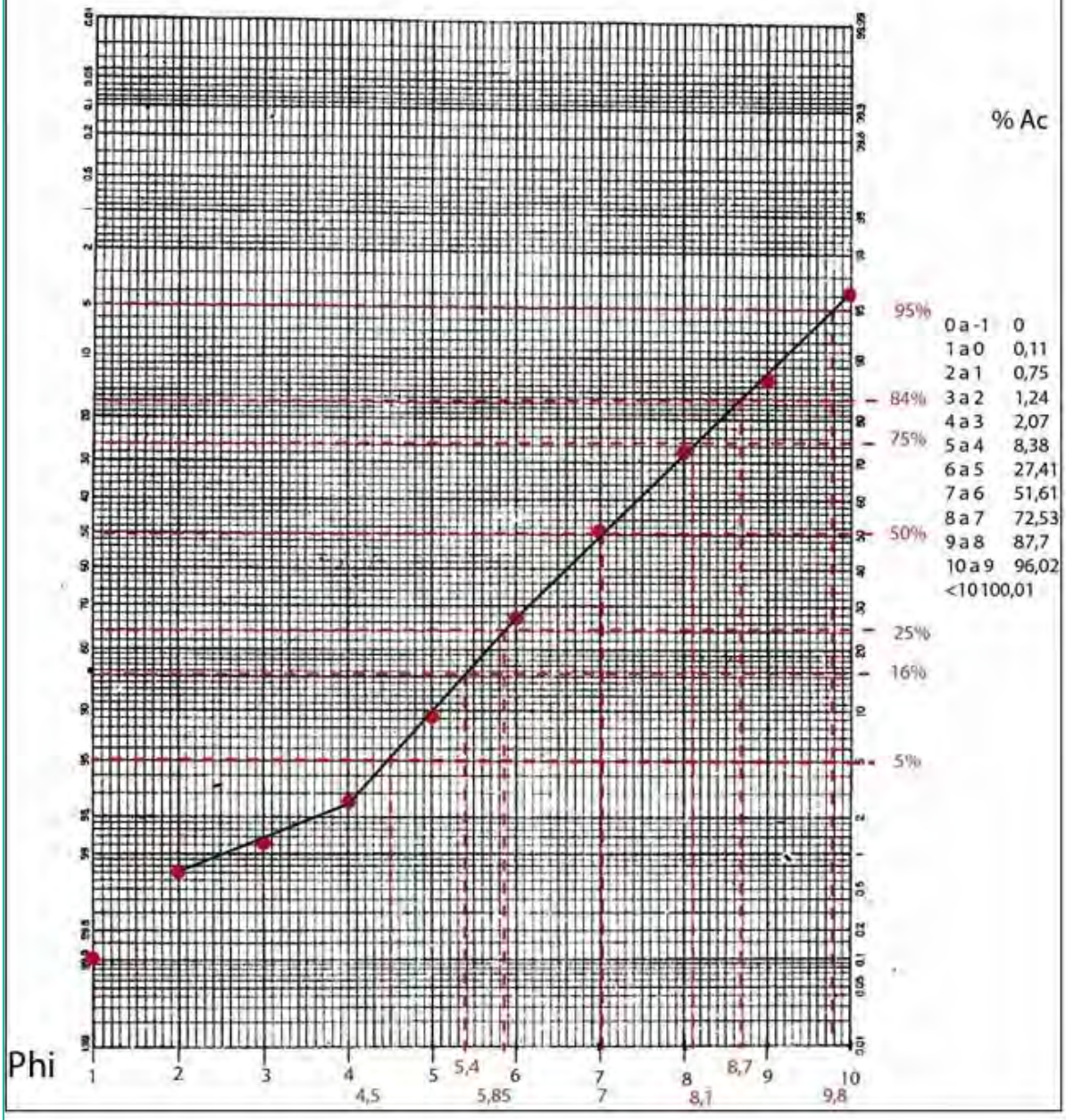

LMC3 5-7
% Ac
0 a -1 0
1 a 0 0,32
2 a 1 2,05
3 a 2 3,93
4 a 3 6,38
5 a 4 14,93
6 a 5 35,82
7 a 6 59,89
8 a 7 78,39
9 a 8 90,52
10 a 9 96,88
<10 100,01
95%
84%
75%
50%
25%
16%
5%
Phi
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
3,7
4,9
5,5
6,75
7,95
8,5
9,65


LMC3 10-12
% Ac
95%
84%
75%
50%
25%
16%
5%
0 a -1 0
1 a 0 0
2 a 1 0,51
3 a 2 1,93
4 a 3 3,89
5 a 4 14,07
6 a 5 38,11
7 a 6 62,29
8 a 7 79,82
9 a 8 91,25
10 a 9 97,13
<10 100,01
Phi
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
4,2
5,05
5,5
6,6
7,8
8,35
9,5

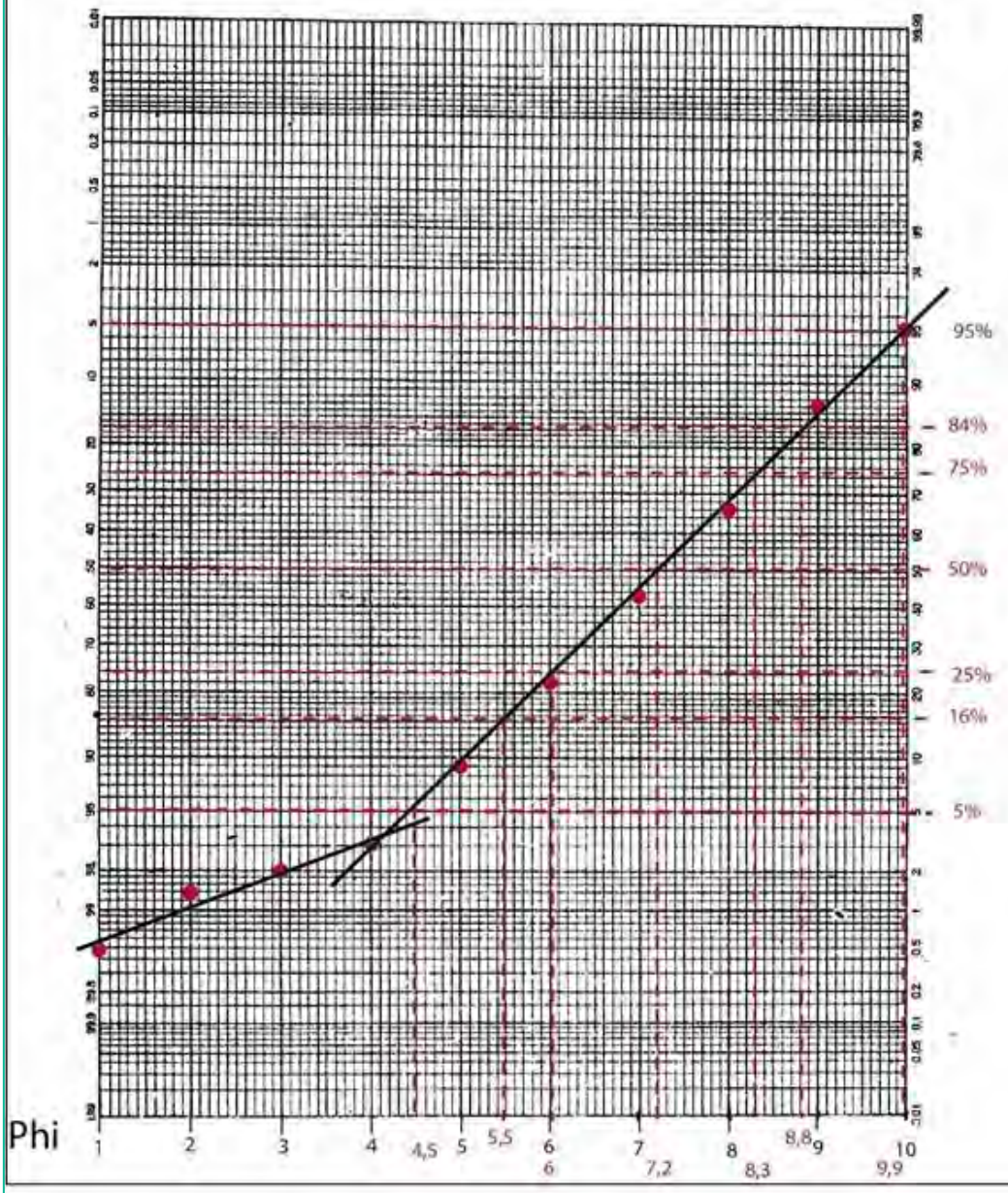
LMC3 15-17


% Ac
95%
84%
75%
50%
25%
16%
5%
0 a -1 0
1 a 0 0,29
2 a 1 1
3 a 2 1,64
4 a 3 2,96
5 a 4 12,22
6 a 5 36,53
7 a 6 61,57
8 a 7 79,48
9 a 8 91,1
10 a 9 97,1
<1099,99
Phi
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
4,4
5,2
5,6
6,6
7,7
8,35
9,5

LMC3 20-22

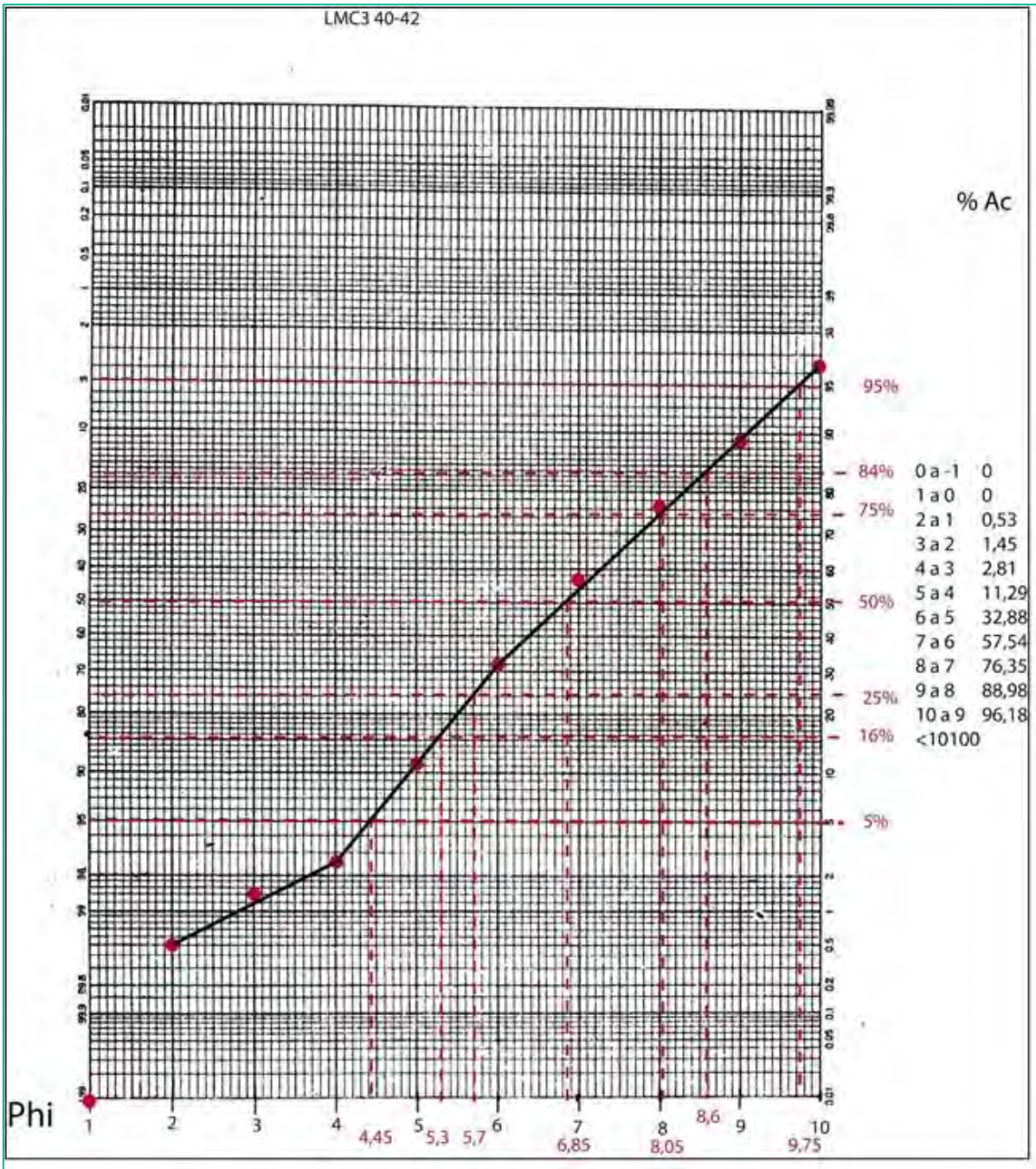

% Ac
95%
84%
75%
50%
25%
16%
5%
0 a -1 0
1 a 0 0,11
2 a 1 0,75
3 a 2 1,24
4 a 3 2,07
5 a 4 8,38
6 a 5 27,41
7 a 6 51,61
8 a 7 72,53
9 a 8 87,7
10 a 9 96,02
<10 100,01
Phi
1
2
3
4
4,5
5
5,4
5,85
6
7
7
8
8,1
8,7
9
10
9,8

LMC3 30-32

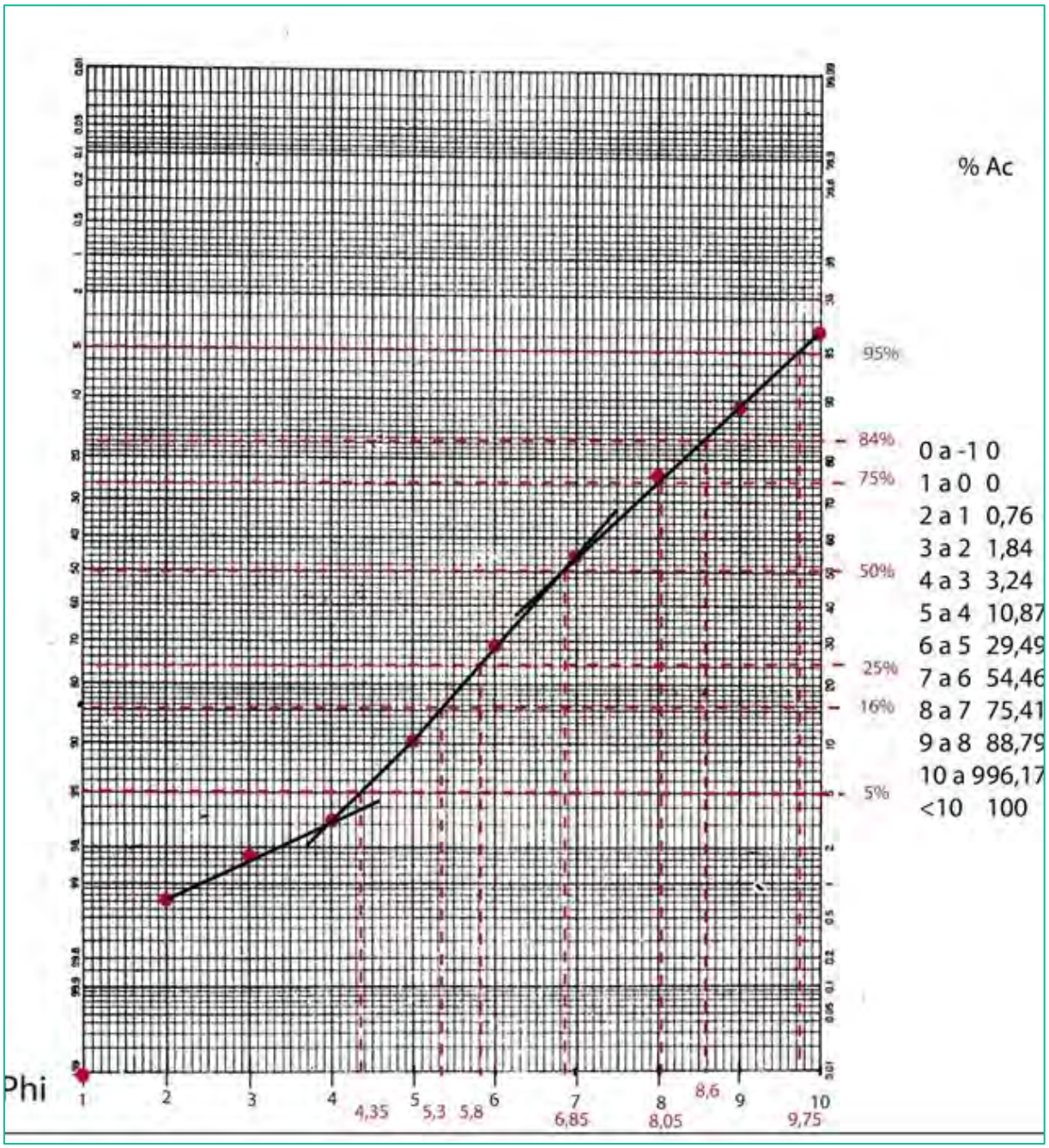


0 a -1	0
1 a 0	0,5
2 a 1	1,59
3 a 2	2,02
4 a 3	3,12
5 a 4	8,26
6 a 5	22,16
7 a 6	43,71
8 a 7	67,35
9 a 8	85,58
10 a 9	95,47
<10	100,01

LMC3 40-42



0 a -1	0
1 a 0	0
2 a 1	0,53
3 a 2	1,45
4 a 3	2,81
5 a 4	11,29
6 a 5	32,88
7 a 6	57,54
8 a 7	76,35
9 a 8	88,98
10 a 9	96,18
<10100	


% Ac
95%
84%
75%
50%
25%
16%
5%
0 a -1 0
1 a 0 0
2 a 1 0,76
3 a 2 1,84
4 a 3 3,24
5 a 4 10,87
6 a 5 29,49
7 a 6 54,46
8 a 7 75,41
9 a 8 88,79
10 a 996,17
<10 100
Phi
1
2
3
4
4,35
5
5,3
5,8
6
7
6,85
8
8,05
8,6
9
10
9,75

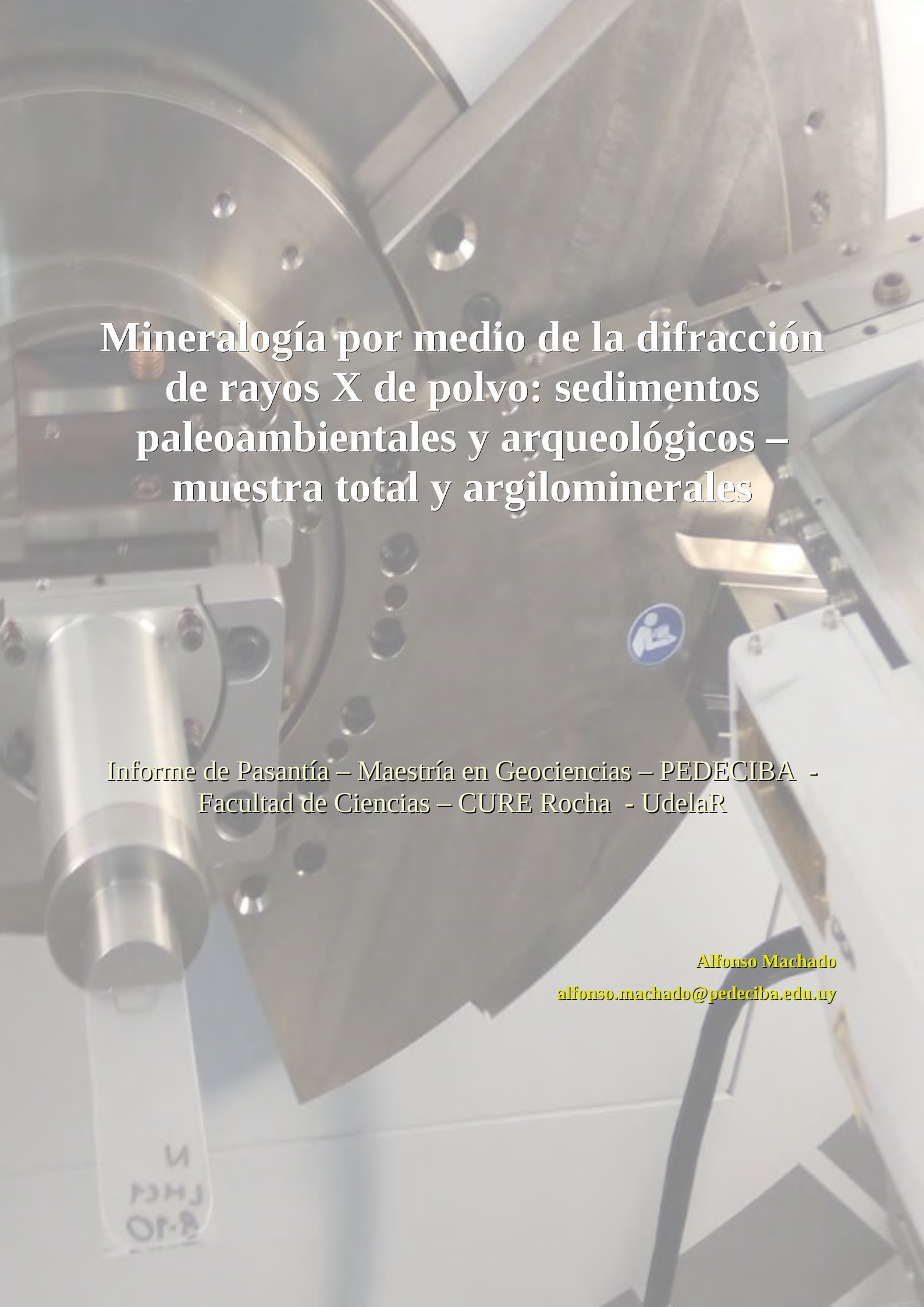
Percentiles LMC1	0-2	5-7	10-12	15-17	20-22	25-27	30-32	35-37	40-42	50-52	55-57
0,05	4,5	4,7	4,4	4,7	5,2	4,5	4,1	4,05	3,3	4,45	4,5
0,16	5,1	5,4	5,4	5,4	6,1	5,2	5	4,8	4,8	5,2	5,2
0,25	5,4	5,8	5,9	5,8	6,6	5,6	5,4	5,2	5,2	5,6	5,6
0,5	6,6	6,8	7,1	6,8	7,5	6,7	6,3	6,2	6,3	6,4	6,35
0,75	7,9	8	8,2	8	8,5	7,9	7,5	7,65	7,7	7,85	7,8
0,84	8,5	8,6	8,7	8,5	8,9	8,6	8,3	8,4	8,5	8,5	8,5
0,95	9,8	9,8	9,8	9,6	9,8	9,8	10	10	10	10	10

Percentiles LMC2	0-2	5-7	10-12	15-17	20-22	25-27	30-32	35-37	40-42	45-47	50-52	55-57
0,05	4,8	3,55	4,42	4,8	4,6	4,5	4,3	4,1	4,3	4,25	4,25	4,4
0,16	5,9	4,7	5,1	5,6	5,2	5,2	5,25	5,1	5,35	5,15	5,1	5,15
0,25	5,45	6,15	5,5	6	5,6	5,6	5,8	5,6	5,95	5,55	5,5	5,5
0,5	7,5	7,55	6,2	7,1	6,55	6,65	7	7	7	6,7	6,35	6,35
0,75	8,5	8,2	7,55	8,2	7,75	7,9	8	8	8,1	7,9	7,4	7,7
0,84	9	9,1	8,1	8,72	8,3	8,5	8,55	8,7	8,6	8,5	8,1	8,4
0,95	10	9,65	9,4	9,82	9,55	9,75	9,7	10	9,7	9,7	9,7	9,9

Percentiles LMC3	0-2	5-7	10-12	15-17	20-22	30-32	40-42	45-47
0,05	4	3,7	4,2	4,4	4,5	4,5	4,45	4,35
0,16	5,3	4,9	5,05	5,2	5,4	5,5	5,3	5,3
0,25	5,7	5,5	5,5	5,6	5,85	6	5,7	5,8
0,5	6,75	6,75	6,6	6,6	7	7,2	6,85	6,86
0,75	7,95	7,95	7,8	7,7	8,1	8,3	8,05	8,05
0,84	8,45	8,5	8,35	8,35	8,7	8,8	8,6	8,6
0,95	9,8	9,65	9,5	9,5	9,8	9,9	9,75	9,75

ANEXO III

Informe final de la Pasantía: Mineralogía por medio de la difracción de rayos X de polvo: sedimentos paleoambientales y arqueológicos muestra total y argilominerales. CURE – UdelaR.



Mineralogía por medio de la difracción de rayos X de polvo: sedimentos paleoambientales y arqueológicos – muestra total y argilominerales

Informe de Pasantía – Maestría en Geociencias – PEDECIBA - Facultad de Ciencias – CURE Rocha - UdelaR

Alfonso Machado

alfonso.machado@pedeciba.edu.uy

Introducción

Se presenta el informe final de la Pasantía “Mineralogía por medio de la difracción de rayos X de polvo: sedimentos paleoambientales y arqueológicos – muestra total y argilominerales”, realizada en diferentes etapas comenzando entre los días 17 de mayo y 4 de junio de 2021 y culminando con la etapa del procesamiento de datos el 1ro de julio de 2022 y posterior elaboración de Informe. La misma fue realizada en régimen mixto presencial – virtual dada la situación de medidas por pandemia que aun se mantenían al momento del comienzo. La parte presencial se realizó en el Departamento de Desarrollo Tecnológico (DDT) CURE-UdelaR, sede Rocha. Se accedió a la invitación del Lic. Germán Azcune (DDT-CURE-UdelaR) como responsable de la pasantía. Se contó con la participación de la Dra. María Eugenia Pérez, el Téc. Heinkel Bentos Pereira (DDT-CURE-UdelaR), la Dra. Carola Castiñeira Latorre (Investigadora Independiente CONICET- Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" - División Paleontología de Vertebrados e Investigadora Adscripta de la División Mineralogía, Petrología y Sedimentología del Museo de La Plata - FCNyM – UNLP).

El presente estudio se contextualiza en el marco del Proyecto de Tesis “Ocupaciones humanas, paleoclimas y paleoambientes del Holoceno en la cuenca de la Laguna Negra” donde se estudian los cambios ambientales, el impacto de estos cambios sobre las poblaciones pasadas, así como el impacto de las respuestas humanas sobre los ecosistemas. Se combinan datos arqueológicos con indicadores paleoambientales y paleoclimáticos para centrarse en la interrelación cultura/ambiente en la prehistoria del este de Uruguay.

En el área de trabajo se encuentra el sitio arqueológico “Los Indios”, ubicado junto al bañado Las Maravillas, cuenca de la Laguna Negra. El sitio fue ocupado por sociedades de cazadores-recolectores durante el período arcaico durante parte del Holoceno temprano (*circa* C14 9000–7000 años AP) y posteriormente en el formativo por los “constructores de cerritos” durante el Holoceno medio y tardío (C14 5000-400 AP) (López Mazz 2013). Entre los objetivos de la Tesis se encuentran: i- interpretar las condiciones y cambios paleoambientales y paleoclimáticos existentes durante la ocupación humana del Holoceno en el sitio arqueológico y su entorno; ii- comprender y describir en base al registro, los procesos culturales y naturales involucrados en la formación del sitio arqueológico; iii- delimitar temporalmente la presencia del ambiente de bañado en la zona; iv- aportar al conocimiento sobre la génesis de la Laguna Negra y sus posibles conexiones marinas del Holoceno. Se plantea el estudio paleolimnológico de la estratigrafía en base al análisis multivariado, basado en la colecta de testigos de fondo sedimentario de ambientes lénticos. Se realizaron análisis de materia orgánica, carbonatos, granulometría, mineralogía, así como radiocarbono, silicofitolitos y diatomeas.

Dos de los métodos principales de análisis de mineralogía son, en caso de arenas por microscopio petrográfico y por difracción de rayos X (DRX) tanto en muestra total (arenas, limos y arcillas) como en argilominerales. La DRX es el estudio de los materiales de una muestra en base a su composición cristalográfica. En este caso se trata de sedimentos estratificados en fondos de ambientes lénticos. Se analizó una muestra correspondiente a cada unidad estratigráfica (UE) del testigo LMC1 del bañado Las Maravillas,

una muestra de la UE inferior de la excavación arqueológica LIVD, tres muestras del sitio Cambara I, así como dos muestras del sitio Zeballos en el bañado de Santa Teresa completando un total de once muestras de sedimentos.

En el presente informe se desarrollan los fundamentos teóricos, la metodología así como los resultados, discusión y conclusiones, alcanzadas durante el proceso de pasantía.

1- Fundamentos teóricos

Los rayos X son ondas electromagnéticas con una longitud de onda (λ) en el rango de los Angstrom (10^{-10}m). La difracción es un fenómeno característico de las ondas que se basa en la desviación de éstas al encontrar un obstáculo o rendija (Figura 1). Esta rendija debe ser comparable en magnitud a la longitud de onda incidente y se denomina foco ya que funciona como un nuevo emisor que genera un desvío en la dirección de la onda incidente. Al sumar rendijas se genera una combinación característica de frecuencias de onda, la cual genera un diagrama de interferencia compuesto por una secuencia de interferencias constructivas (en fase o suma) y destructivas (antifase o cancelamiento). Asimismo, las rendijas pueden estar ordenadas de forma paralela o cuadriculada, lo que genera diferentes diagramas de difracción.

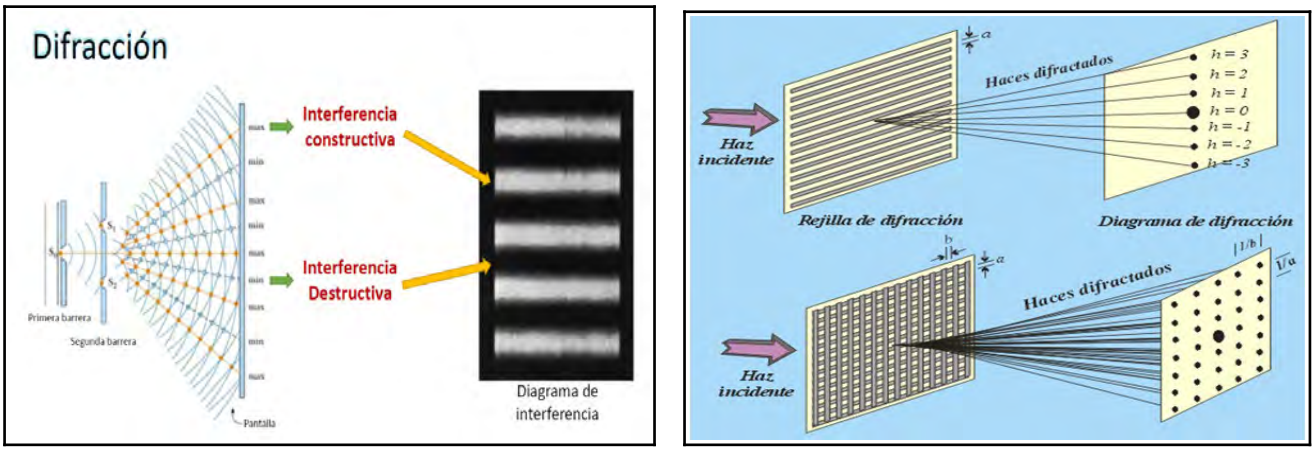


Figura 1: Modelo de difracción de dos ventanas, diagrama de difracción (izqu); Rendijas paralelas y cuadrícula (Der).

Según la Ley de Bragg (1923), las superficies de los cristales en tanto elementos materiales con estructura atómica periódica, son capaces de producir interferencias constructivas bajo la influencia de una longitud de onda similar a la distancia interatómica (por ejemplo rayos X), prediciendo los ángulos de difracción (Figura 2). De esta forma, los diagramas de difracción generados por un arreglo de rejilla cuadriculada se asemejan a los de un cristal, por lo que los cristales funcionan como foco o rejilla ante la incidencia de los rayos X. No obstante, la diferencia entre un plano cuadriculado de rendijas y un cristal es que el plano se manifiesta en dos dimensiones (x, y) y el cristal en tres dimensiones (x, y, z). Para develar ésto es esencial la Cristalografía como el estudio de los cristales en tanto materiales sólidos cuyas partículas constituyentes están dispuestas en un modelo ordenado que se extiende en las tres dimensiones espaciales.

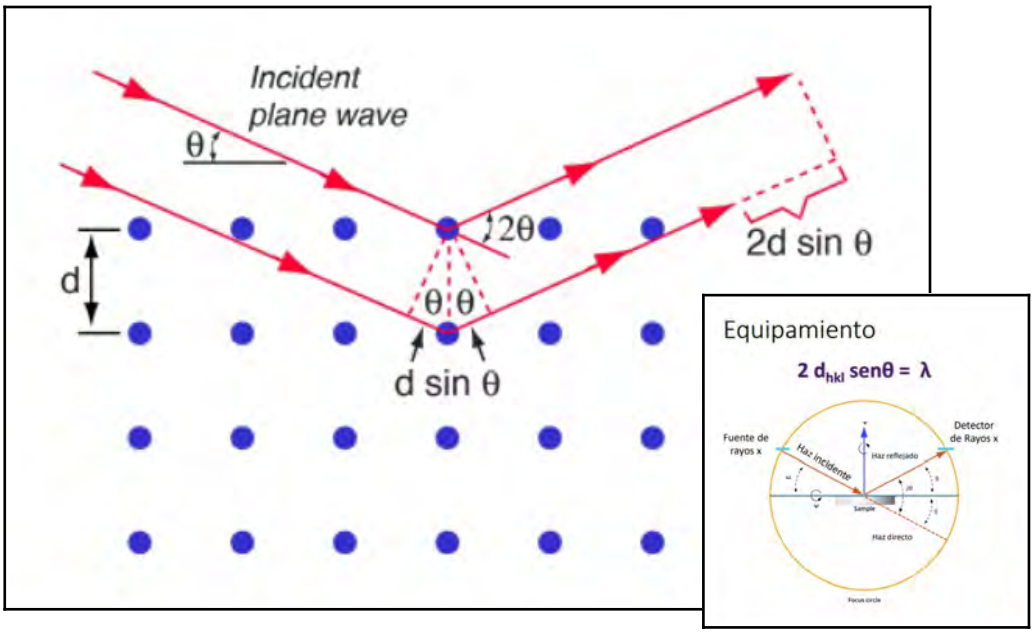


Figura 2: difracción de rayos X en plano cristalino con distancias (d) y ángulo (θ)

Asimismo la Unión Internacional de Cristalografía define un cristal como el material sólido que presenta un patrón de difracción no difuso y bien definido, diferenciándolos de esta manera de los materiales denominados amorfos, que pueden encontrarse en la naturaleza (ceniza volcánica, sílice biogénico: silicofitolitos, diatomeas, otros), así como en la cultura material (sintéticos) a través de por ejemplo el vidrio antropogénico (Figura 3).

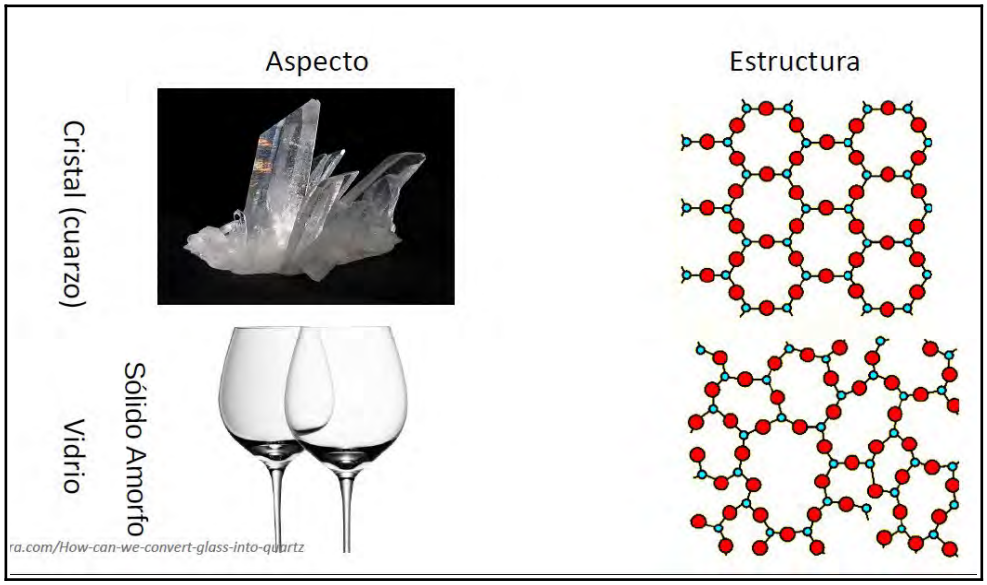


Figura 3: Cuarzo y vidrio (estructuras internas).

La celda unidad refiere a la unidad mínima de significado cristalográfico, por la cual se repite su patrón para formar la estructura cristalina. Dentro de esta celda unidad se encuentran los planos cristalinos. El estudio de la geometría de estos planos es esencial para el estudio de la difracción de rayos X. En este marco, el índice de Miller permite identificar unívocamente un sistema de planos cristalinos, por medio de la ubicación de las intersecciones de cada eje, tomar los inversos de esos valores y reducirlos a números enteros.

Como una consecuencia del arreglo regular de los átomos, la dispersión coherente de los rayos X resulta en interferencias constructivas a ciertos ángulos bien definidos dando lugar a un patrón de difracción o difractograma que grafica intensidad en función del angulo 2 *theta.* Por tanto, este difractograma es característico de cada fase cristalina, es decir de la composición de la fase así como del arreglo tridimensional de sus elementos constituyentes. Mediante la obtención del difractograma de una muestra cristalina podremos entonces determinar cuáles son las fases cristalinas presentes, la existencia de modificaciones periódicas en la estructura, así como también la cuantificación de fases entre otras (Figura 4).

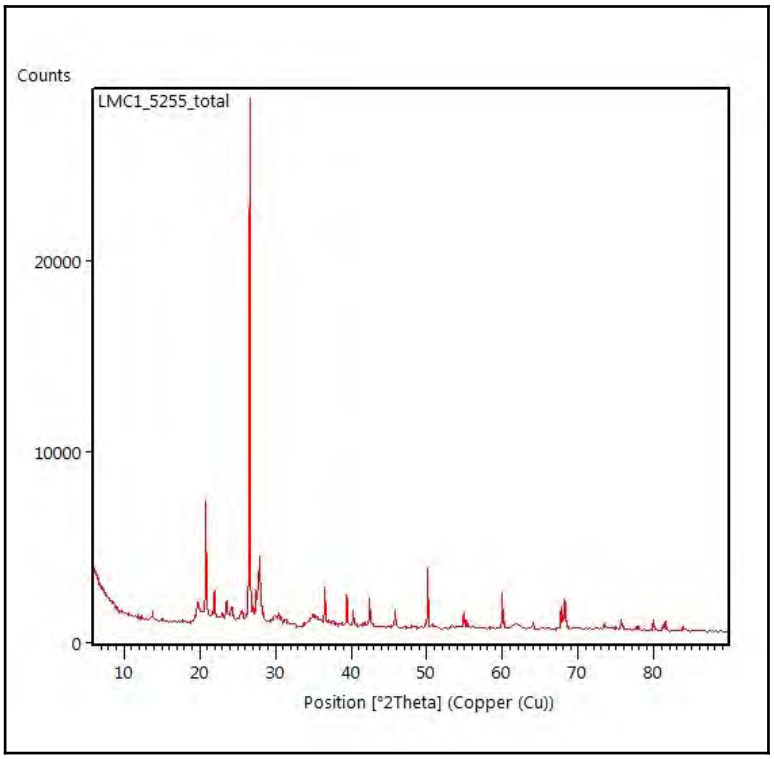


Figura 4: difractograma con patrón de difracción en muestra de polvo (tomado del presente trabajo).

2- Metodología y Estrategia de Investigación

2.1- Selección de las muestras

Se analizaron once muestras correspondientes a una muestra por UE (N=5) del *core* 1 (prof. cm: 8, 47, 52), una muestra obtenida en la base de la excavación V del sitio arqueológico Los Indios ubicado junto al bañado Las Maravillas (LIVEUE12), tres muestras del testigo Cambara I (prof. cm: 30 y 60, 90) ubicado junto al canal Andreoni, bañado de Santa Teresa correspondiente a dos muestras del testigo Z3 (prof. cm: 62 y 188).



Figura 4: ubicación de muestreos

2.2- Tratamiento de las muestras en laboratorio

La difracción de rayos X es una técnica que cubre una importante variedad casos y materiales por lo cual se utilizó para identificar la mineralogía de sedimentos de contextos paleoambientales y arqueológicos. Para ello se preparó una fracción mineral, eliminando la materia orgánica con el fin de disminuir las interferencias en el análisis. Asimismo se eliminaron los carbonatos para evitar la cimentación de partículas.

Para analizar la muestra total se realizó un sub muestreo buscando la representatividad, luego se molió la cantidad necesaria en mortero de ágata para evitar contaminación. Producto de ésto se colocó en el porta muestra del equipo para su lectura.

Posteriormente, se procedió a separar una fracción de sedimentos menores a 1/256mm (materiales de tamaño arcilla) con el objetivo de identificar los argilominerales de la muestra en tres preparados (natural, glicolada y calcinada) a través de la difractometría de rayos X, obteniendo así las distancias interplanares caracterpisticas de cada una de ellas. La primer variante (preparado natural) presenta su distancia interplanar natural mientras que en las otras dos se observan alteraciones específicas en él, que determinan la mineralogía de la muestra. Estas alteraciones se corresponden de la siguiente manera: i- en el caso de la muestra glicolada se genera el intercambio de agua interplanar de las arcillas del grupo de la esmectita por etilen glicol, lo que hace separar los planos basales notoriamente dado el tamaño mayor de las moléculas de etlien glicol respecto a las de agua; ii- el calcinado se realiza para remover capas de agua interplanar, lo que repercute en la contracción del espacio interplanar de arcillas expansivas así como en un mejor desarrollo en los planos de arcillas no expansivas.

En base a los difractogramas obtenidos, se comparan los picos de los mismos para las tres variantes de cada muestra. Dependiendo de la variación conocida de los picos de intensidad, se pueden identificar ciertas arcillas como es el caso de las expansivas esmectita, montmorillonita, vermiculita. Asimismo otros argilominerales como la illita y la caolinita mantienen constante la distancia interplanar en los tres estados, aunque con una señal más intensa en calcinado que en las otras dos reparaciones. Asimismo la caolinita y hayoisita son constantes en la muestra natural y glicolada y no presentan picos en muestra calcinada (Tabla 1).

Arcilla	Espaciado basal 001 Natural	Espaciado basal 001 Glicolado	Espaciado basal 001 Calcinado
Caolinita	7,15 Å	7,15 Å	----------
Hayoisita	10 Å	10 Å	----------
Esmectita	14 Å	17,2 Å	10 Å
Montmorillonita	15 Å	17 Å	9 Å
Vermiculita	14 Å	15 Å	12 Å
Illita	10 Å	10 Å	10 Å (más intenso)
Clorita	14 Å	14 Å	14 Å (más intenso)

Tabla 1: Distancia en ángstrom (Å) del espaciado 001 del plano basal natural, glicolado y calcinado.

2.3- Preparación

Una muestra total ideal debería estar compuesta de polvo fino con infinito número de partículas en todas las orientaciones posibles. Asimismo debe tener la distribución de orientaciones aleatoria, es decir sin orientación preferencial.

2.3.1- Eliminación de materia orgánica y carbonato. Secado

Se atacó la materia orgánica con peróxido de hidrógeno (H_2O_2) en plancha de calor a baja temperatura, por el tiempo que estuvo reaccionando. Luego se lavaron las muestras con agua destilada y se secaron en estufa a 50°C hasta obtener una masa constante.

Para eliminar el carbonato de la muestra se colocó la misma con ácido clorhídrico (HCl) a razón de 100ml en 500ml de agua destilada. Luego del ataque durante 24 horas comenzó a realizarse una serie de lavados con agua destilada luego se secaron en estufa a 50°C hasta obtener una masa constante.

2.3.2- Muestra total -Sub muestreo

Para lograr representatividad de la muestra, la misma se colocó en una placa de petri, se mezcló y dividió en cuatro partes similares, se escogieron dos opuestas que a su vez se mezclaron y dividieron de la misma manera y así sucesivamente hasta alcanzar la cantidad deseada para cubrir el porta muestra del equipo (Figura 5).



Figura 5: sub-muestreo para análisis de muestra total.

2.3.3- Muestra total - molienda y tamiz

Se realizó la molienda por medio de un mortero de ágata que, como se explica en el apartado anterior, se utiliza con el fin de evitar contaminación de la muestra. Se buscó un tamaño menor a 20µm tratando de no realizar sobre molienda de la muestra.

Al finalizar la molienda se procedió al tamizado en malla de 50µm para homogeneizar el tamaño de grano a ser analizado en el difractómetro, con el fin de obtener representatividad de la muestra (Figura 6).



Figura 6: Molienda y tamizado.

2.3.4- Muestra total - Montaje al difractómetro

Para evitar la orientación preferencial de la cara a ser medida, se procedió a apretar el polvo sin frotarlo, se utilizó un portamuestras de carga posterior, y una hoja afilada para quitar el sobrante (Figura 7).



Figura 7: carga posterior muestra total en el porta muestras del difractómetro.

2.3.5- Argilominerales - separación

La fracción de muestra sin moler a partir del cuarteo anterior, se toma para esta etapa que consta de dos métodos: por un lado la separación mecánica de psamitas y pelitas por medio de un tamiz de 62µm (4phi = 1/16mm) de apertura de malla. Posteriormente, para separar dentro de la fracción pelítica las arcillas de los limos, se utilizó el Método Internacional de la Pipeta (Carver & Douglas 1972; Day 1965) que se basa en la Ley de Stokes. Para esto último es necesario agregar al agua con la muestra, hexametafosfato de sodio $(NaPO_3)_6$ 4% y agitarlo por 2 horas con el fin de desflocular los sedimentos más finos. Del sobrenadante que luego de batido decantó durante 60´51´´ se toma una alícuota representativa de la fracción correspondiente al tamaño de las arcillas.

2.3.6- Argilominerales - montaje en al difractómetro

Una vez obtenida la fracción correspondiente al tamaño de las arcillas se procede al montaje por cuadriplicado de cada muestra, por medio del uso de portaobjetos donde se colocó con una pipeta pasteur, la suspensión de agua con partículas obtenida de la separación (Figura 8). El paso siguiente fue secar los preparados en una cámara, con calor de luz incandescente. Un preparado de cada muestra se sometió a vapor de etilen glicol en cámara cerrada de vidrio. Otro preparado se sometió a calor por medio de mufla para su calcinación por 2hs a 550°C. El tercer preparado se mantuvo natural y la cuarto se guardó como respaldo. Luego las muestras naturales, glicoladas y calcinadas fueron sometidas a su medición por medio del difractómetro.

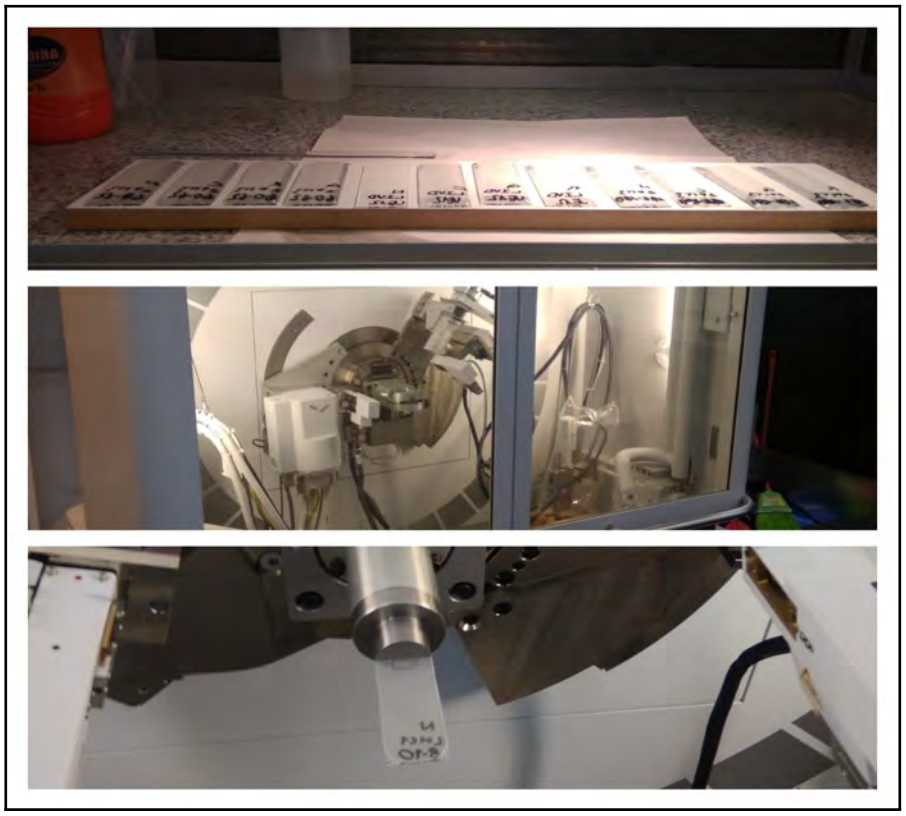


Figura 8: Muestra de argilominerales montaje y medición.

2.4- Equipamiento y proceso de lectura de muestras

El Sistema de difracción de Rayos-X *Panalytical Empyrean* (2ª Gen.) está compuesto por: cabina (incluye la electrónica de medida y control, utilizando un sistema de microprocesador y un generador de alta tensión); goniómetro de alta precisión; tubo cerámico de rayos X; módulos ópticos para haz incidente y difractado; plataforma porta muestras; detector para medir la intensidad del haz difractado.

El equipo está diseñado para cubrir una amplia variedad de aplicaciones por difracción de rayos X, por lo que en este trabajo se utilizaron muestras de polvo en capilares de vidrio y dispersión de rayos X a bajo ángulo en nanopolvos.

El proceso de lectura de la muestra se realizó por medio del barrido gonio bajo la lógica de la geometría de Brag - Brentano. Este marco conceptual fue ideado para el estudio de la difracción de rayos X y se basa en la relación del movimiento angular del emisor y el detector con respecto a la muestra. El detector gira alrededor de la muestra, que gira sobre sí misma a la mitad de la velocidad que el primero: i- el valor de θ es la mitad de 2θ durante todo el barrido: ii- el ángulo haz incidente – superficie de la muestra es igual al ángulo superficie de la muestra - haz difractado y $\omega=\theta$; iii- solamente los cristales que tienen planos paralelos a la superficie de la muestra participan de la señal colectada en el difractograma.

Los porta muestras están adaptados a diferentes situaciones como son el montaje de muestra total (polvo suelto comprimido) o el preparado en porta objetos (arcilla: natural, glicolada, calcinada), como se vio en el apartado anterior. La muestra total se coloca en un porta muestra de carga posterior con el fin de evitar la

orientación preferencial de los cristales. En el caso de los porta objetos éstos son colocados en un soporte (Figura 9).

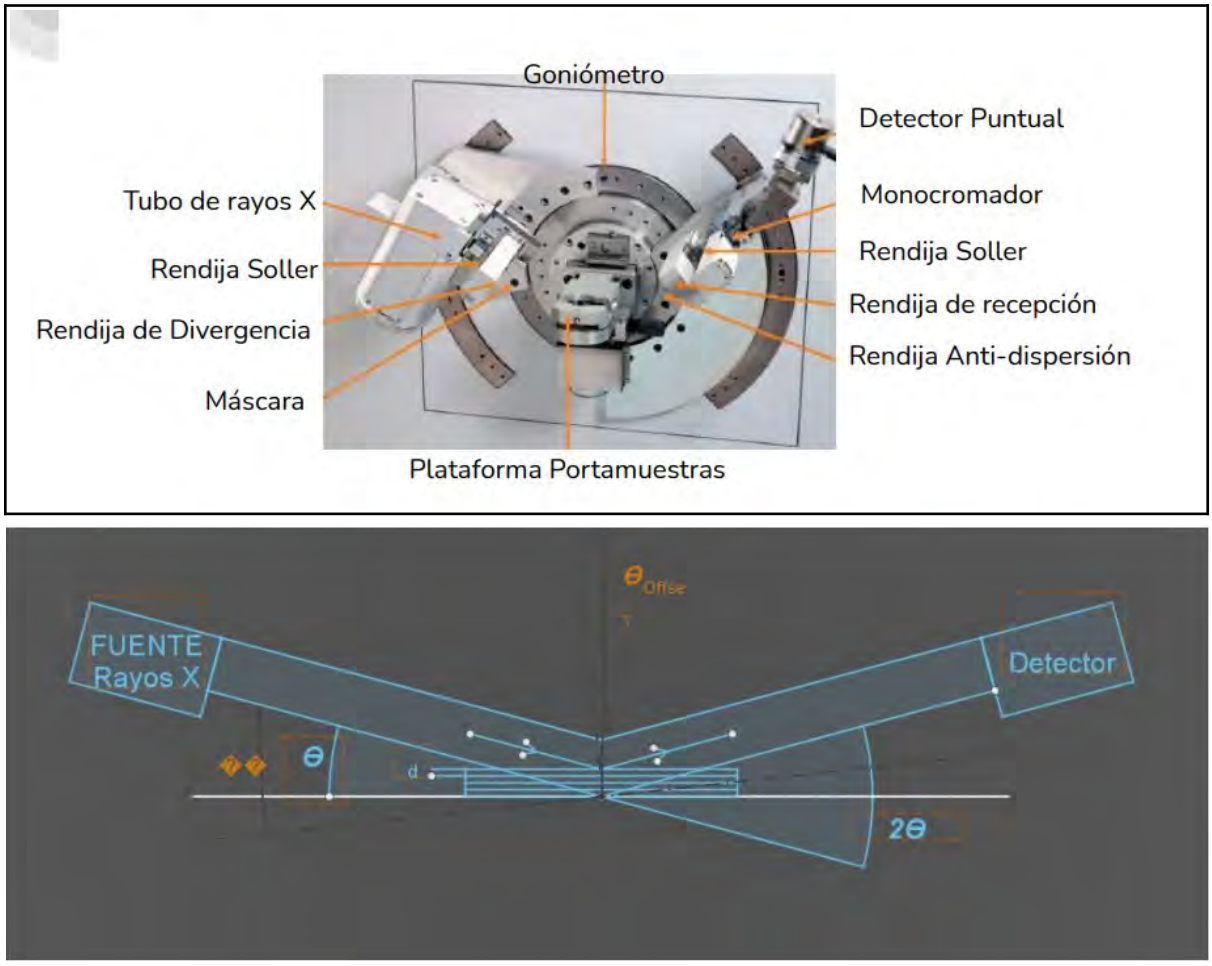


Figura 9: Componentes del equipo para el proceso de escaneado (arriba) y esquema geométrico de difracción (abajo).

2.5- Procesamiento de datos

Los datos obtenidos están dados en intensidad por la posición del ángulo 2 *Theta* y existen dos principales formas de búsqueda de los minerales característicos de cada difractograma. Por un lado, puede hacerse uso del *software* específico *HigtScore (© Copyright 2022 - Malvern Panalytical Ltd.*), al cual se le introduce la planilla de datos y el mismo devuelve los minerales que corresponden a cada pico del gráfico. Asimismo, es posible realizar la búsqueda en cartillas compartidas públicamente *onloine* y avaladas por la comunidad científica como Mincryst (*Crystallographic and Crystallochemical Database for Minerals and their Structural Analogues* http://database.iem.ac.ru/mincryst/).

En el presente trabajo se utilizó el *software* para la búsqueda de minerales, no obstante se presenta un ejemplo con el uso de *data online*.

2.5.1- High Score Plus - PANalitycal

Los datos obtenidos durante el barrido son mostrados en un gráfico de intensidad versus posición 2 Theta, en el cual se observan picos para una serie de planos que difractan en una posición del detector y ángulo dados. Estos gráficos representan los minerales característicos de la muestra. Los mismos son identificados mediante el uso del *software High Score* por medio de la consulta en la bases de datos instalada previamente.

Al iniciar el programa lo primero que se realizó fue la apertura de los difractogramas que se vana a analizar. Se abrieron en tandas correspondientes a los cuatro dfractogramas de cada muestra (mustra total, natural, glicolado, calcinado). Primero se identificó el *background,* es decir todas las señales que figuran a la base del mismo y que son debido a interferencias como cristales desorientados, fluorescencia, entre otros. Esta señales se eliminaron por el programa aceptando los valores por defecto. De cualquier modo previamente a aceptar se inspecciona la línea propuesta en concordancia con la original.

Luego de aceptar el *background* se procedió a la búsqueda de picos característicos de cada mineral presentes en la muestra. Para ello se abrió una ventana para el ajuste de los parámetros de búsqueda. Se utilizaron los parámetros por defecto y el método por mínimo de derivada segunda. Se ejecutó "*Search Peaks*" y se aceptaron todos los resultados satisfactorios sugeridos. En este paso se realizaron las restricciones de búsqueda en función de la información disponible, ya que las bases de datos son cada vez más grandes (big data). De esta forma se quitaron grandes grupos de elementos conocidos como ausentes: se trabajó exclusivamente con el grupo de minerales.

De esta manera, el programa despliega una lista de candidatos, la cual se examina uno a uno aceptando aquellos coherentes con la muestra y que además presenten varias señales altas de luminiscencias registradas (Figura 10). De este modo se confirma la lista de minerales presentes en la muestra.

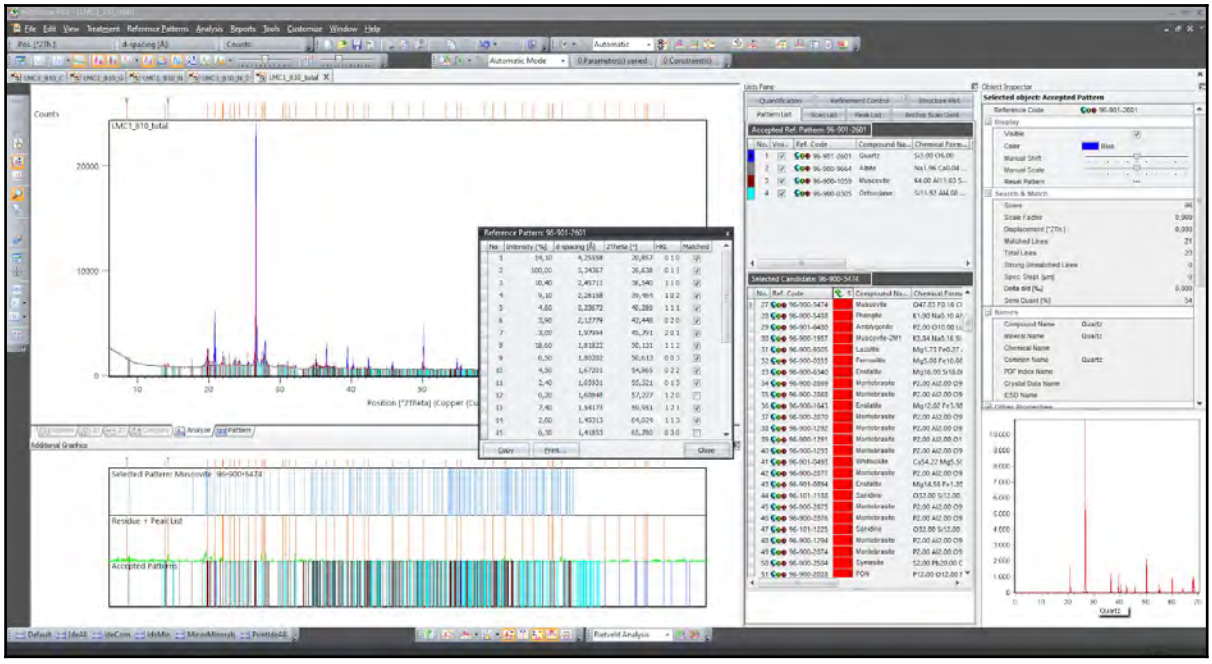


Figura 10: Programa High Score Plus – PANalitycal. Lista de candidatos y características de luminiscencia de uno seleccionado presente en la muestra (Cuarzo).

Luego de reconocer los picos, estos se “limpian” quitando la señal K *alpha* 2, ya que genera un pico secundario en la misma señal, lo cual es innecesario para identificar los datos y genera una distorsión al menos visual en la señal. De este modo, los picos quedan identificados bajo la señal de K *alpha* 1 que es la más intensa.

2.5.2- Mincryst – Base de datos

Este método implica la búsqueda individualizada de los minerales con probabilidad de estar presentes en la muestra. Se trabajó con los antecedentes geológicos de la zona de forma previa, de esta manera se obtuvo un listado de minerales con una alta probabilidad de presencia. En general en el planeta y particularmente en nuestra región de estudio es muy frecuente la presencia del cuarzo, el feldespato, las plagioclasas, entre otros silicatos. De esta manera, se realizan búsquedas en servidores especializados en datos de DRX mineralógicos tales como el ángulo de difracción en función del índice de luminosidad asociado. En dichas búsquedas se contrastan los valores característicos de cada mineral, comenzando con el de mayor indice de luminosidad, con los valores del resultado del análisis de DRX.

Para procesar los datos con este método es necesario acceder el sitio WEB http://database.iem.ac.ru/mincryst/index.php. Mediante el mismo se accede al menú: *Welcome/Name and or Specification* donde se accede a *Alphabetical listing.* Allí se selecciona la inicial del mineral buscado, se despliega la lista de minerales de la inicial seleccionada. De esa lista se selecciona el mineral buscado y se despliega una lista con todas las variantes de ese mineral, seleccionamos la buscada mediante su número específico de tarjeta para esa base de datos. Allí se despliega una tarjeta a modo de ficha técnica con una serie de datos del mineral tales como la fórmula, la clase de simetría entre otros (Tabla 2).

Name:	**QUARTZ**		
Specification:	[1], alpha, structure type - **alpha-quartz**		
Formula:	SiO_2		
Symmetry Class:	trigonal		
Space Group:	P 3(2)21		
Unit Cell Parameters:	a = 4.9140 | c = 5.4050		
Number of Formula Unit:	**Z** = 3	*Unit Cell Volume, Å^3*:	**V_c** = 113.03
Number of Atomic Position per full Unit Cell:	**P/U** = 9	*Molar Volume, cm^3/mol*:	**V_m** = 22.69
Number of Reflexes used in Structure Determination:	-	*X-ray density, g/cm^3:*	**P** = 2.65
R-factor:	-	*MU, 1/cm*:	**M** = 91.201
Wave Length for Calculated Powder Diffraction Patterns:	Cu=1.54056	*Mass attenuation coefficient, cm^2/g*:	**μ/p** = 34.452
Theta-Interval for CPDP:	**T/I** = 1-45		

Tabla 2: Ejemplo de tarjeta de Cuarzo *Alpha,* tomado de la base de datos de MINCRYST (http://database.iem.ac.ru/mincryst/s_carta.php?QUARTZ+3895**).**

El paso siguiente fue seleccionar *CPDS Card* donde se despliega una planilla que presenta los valores del indice de luminosidad para cada posición del ángulo 2 **θ** (Tabla 3). En esta planilla se buscan los valores de la muestra, así sucesivamente se van integrando/descartando minerales en cuanto a su parecencia o ausencia en la muestra.

N/N	H	K	L	d(hkl)	I/I_0*100, %%
1	1	0	-1	3.34363	100.00
2	1	0	1	3.34363	42.80
3	1	0	0	4.25565	28.30
4	1	1	2	1.81797	19.80
5	1	1	0	2.45700	10.20
6	1	0	2	2.28136	9.20
7	2	0	3	1.37499	9.20
8	2	1	-1	1.54167	8.00
9	2	0	0	2.12782	7.80
10	3	0	-1	1.37208	7.00
11	2	1	-2	1.38219	7.00
12	2	1	1	1.54167	6.60
13	3	1	0	1.18030	5.10

14	2	0	-2	1.67181	5.00
15	1	1	1	2.23674	4.80
16	1	1	4	1.18401	4.50
17	2	1	3	1.19988	4.30
18	3	0	2	1.25603	3.40
19	2	0	1	1.97992	3.30
20	1	0	4	1.28789	3.10

Tabla 3: Planilla de valores indice de luminiscencia en función de de la posición 2 . Ej. QUARTZ, [1], alpha, structure type -alpha-quartz - CPDS Card (http://database.iem.ac.ru/mincryst/s_carta.php?QUARTZ+3895**).**

3- Antecedentes del área de estudio

3.1- Geología del área de estudio

La exhumación regional del escudo durante el Permo-Triásico expuso gran parte de la porción norte del zócalo, y el sur posteriormente fue afectado por la apertura del Océano Atlántico Sur durante el Mesozoico (Hueck et al. 2017).

3.1.1- Basamento

El basamento de la zona de estudio es denominado Complejo Cerro Olivo (Masquelin et al. 2001) y consiste de granitoides de diferente composición, gneises graníticos y migmatitas, intercalados con rocas máficas, rocas calcosilicatadas, y cuarcitas. Grupo Rocha

Complejo Granitico Santa Teresa (Cámbrico): ubicado en la región oriental del Departamento de Rocha es una de las mayores intrusiones del Uruguay. Su extensión alcanza aproximadamente 800 km^2 de área expuesta, invadiendo la secuencia metamórfica de bajo grado del Grupo Rocha (Hasui et al. 1975). Se reconocen doce facies graníticas diferentes que fueron agrupadas en dos suites magmáticas denominadas, respectivamente, como Suite Calco-alcalina Santa Teresa (STCS) y Suite Peraluminosa Sierra de la Blanqueada (SBPS). Esta última se encuentra al Oeste de la cuenca y presenta seis facies graníticas, inequigranulares y porfirograníticas, de composición monzo y sieno graníticas con muscovita, turmalina, ilmenita y monacita como principales accesorios (Muzzio y Artur 1999). Por su parte el STCS se localiza principalmente a lo largo de la costa atlántica, al Este de la cuenca de estudio y consiste principalmente en granitos porfídicos gris-rosados, según la nomenclatura IUGS (Streckeisen, 1976), con megacristales de microclina euédricos a subédricos de hasta 10 cm con inclusiones minerales (biotita, cuarzo o plagioclasa). Los principales minerales accesorios son apatito, circón, alanita, esfena y magnetita. También están presentes minerales secundarios como clorita, sericita y turmalina (Muzzio y Artur 1999).

Formación Arequita (Cretácico): Se compone principalmente de rocas hipabisales y efusivas ácidas con estructuras en derrames y filones. De acuerdo con Bossi et al. (1981), los términos efusivos son predominantemente riolíticos, de textura porfirítica y matriz afanítica a holocristalina, con fenocristales de cuarzo y sanidina, color rojizo. Subordinadamente aparecen dacitas y traquitas de texturas similares a las anteriores; las primeras a cuarzo-oligoclasa, las segundas a ortosa-albita. Las estructuras más frecuentes son fluidales.

Formación Puerto Gómez (Cretácico): Esta unidad está constituida por basaltos de textura vesicular con relleno de zeolita, calcita, anhidrita y yeso, que indican derrames subacuáticos en medios lacunares. Las andesitas son de textura porfírica y matriz afanítica con fenocristales de andesina y augita con cierta proporción de cuarzo en los intersticios de los fenocristales de feldespato (Bossi et al. 1981).

3.1.2- Sedimentación Cenozoica (Cuaternario)

Formación Chuy (Pleistoceno): compuesta por sedimentos arenosos, arcillo-arenosos, finos a medios de color blanco amarillento a rojizo, de sedimentación marina litoral, donde alternan desde pelitas hasta areniscas gruesas (Bossi y Navarro 1988; Bossi et al. 1998; Preciozzi et al. 1985). Es el resultado de una gran transgresión marina pleistocena responsable de la formación de la cuchilla de la Angostura. Se trata de arenas medias a gruesas, feldespáticas, de regular selección, color gris. Arenas medias muscovíticas, con óxido de hierro, de tonalidades ocráceas. Litologías arcillo arenosas y arcillo gravillosas, de mineralogía cuarzosa, fósilíferas, con escaso óxido de hierro. Arcillas verdes arenosas y/o limosas, ocasionalmente fósilíferas, con concreciones de óxido de hierro (Preciozzi et al. 1985).

Formación Libertad (Pleistoceno): se caracteriza por lodolitas y loess con porcentaje variable de arenas y arcillas. Es común la presencia de concreciones de forma variable de carbonato de calcio. Los sedimentos son de color pardo a pardo rojizo. El ambiente de sedimentación es continental peridesértico con períodos de mayor humedad que permiten acumulación de material fino por transporte eólico y su removilización junto a los mantos de alteración por escurrimiento, deslizamientos en masa y solifluxión (Preciozzi et al. 1985). La mineralogía de estos detritos es fundamentalmente cuarzosa y feldespática. Dentro de estas litologías texturalmente los términos dominantes son limo arcillo arenoso, y limo arcilloso. Otra litología presente aunque menos frecuente es el loess. El carbonato de calcio está presente en forma pulverulenta, en concreciones y en pequeños lentes. En términos generales los porcentajes de carbonato son del orden del 2 al 4%. Otra característica menos conspicua son pequeñas concreciones de óxido de hierro y rosetas de yeso (Preciozzi et al. 1985).

Formación Dolores (Pleistoceno): definida por Goso (1970), está integrada por depósitos arcillo-limosos y limo-arcillosos, formando lodolitas y areniscas arcillosas muy finas, con contenidos variables de arena y gravilla flotante, de matriz masiva con un grado de compactación variable en función del tenor de arcilla. El carbonato de calcio está presente y se encuentra distribuido de forma dispersa, pulvurulento o concrecional Sus colores pardos, subordinadamente gris y gris verdoso, de sedimentación continental relacionada a fenómenos eólicos de sedimentos finos (loess) provenientes de las zonas áridas de la pampa Argentina al SW de Uruguay, así como a fenómenos de coluviación con formación de flujos de barro, que se re-depositan en las zonas topográficamente más bajas (Bossi et al.1998; Goso 1970; Preciozzi et al 1985).

Formación Villa Soriano (Holoceno): Se encuentra compuesta principalmente de sedimentos arenosos a gravillosos, con lechos intercalados de cantos, arcillas y limos de color gris (Preziosi et al. 1985). Existe consecución de estratos de arena con más o menos arcillas y la presencia de especies de agua salobre que permiten identificar la formación como de ambiente ingresivo sobre el continente durante el máximo transgresivo Holoceno (Bossi et al. 1998; Bossi y Navarro 1998; Preciozzi et al. 1985). Las arenas finas y medias son de regular a buena selección en general bien rodadas, de mineralogía cuarzosa, localmente apreciables cantidades de feldespato, los colores son pardo, rojizo, blanco amarillento, gris y gris verdoso (Preziosi et al. 1985).

Para el Holoceno existe el estudio realizado por Blasi et al. (2005) donde describen que “la fracción arcilla presentó predominio de iIllita sobre clorita-caolinita, abundante cuarzo y en menor proporción feldespatos” en un contexto cronológico de 3.800 a 5.250 años AP (Blasi et al. 2005). Asimismo, para el lapso correspondiente 1980 - 950 años AP, en la fracción arcilla se identificó la clorita como argilomineral predominante. La caolinita, cuarzo y feldespato aparecen en baja proporción mientras que no se registra presencia de illita (Blasi et al. 2005).

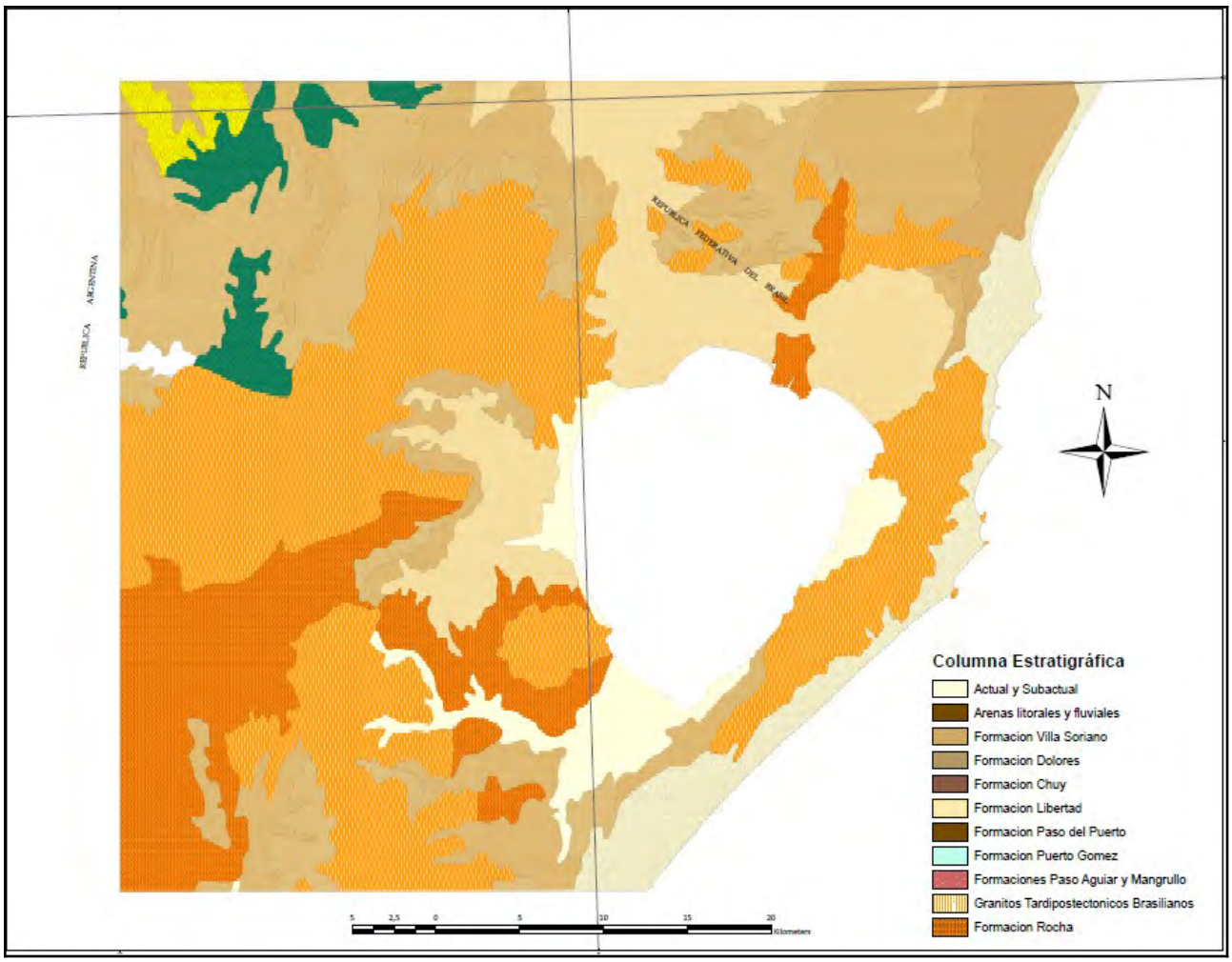


Figura 11: Mapa geológico del área de estudio (Preciozzi et al. 1985 modificado por Loureiro et all. 2016 Congreso Uruguayo de Geología).

Origen de la muestra	Mineralogía	Fuente
Granito Santa Teresa	Microclina Biotita Cuarzo Plagioclasa Apatito Circón Alanita Esfena Magnetita Muscovita Turmalina Ilmenita Monacita Clorita Sericita Turmalina	Muzzio y Artur 1999
Arequita	Cuarzo Sanidina Dacitas Traquitas Oligoclasa Ortosa-albita	Bossi et al. 1981
Puerto Gómez	Zeolita Calcita Anhidrita Andesitas Andesina Augita Cuarzo Feldespato	Bossi et al. 1981
Chuy	Feldespato Cuarzo Muscovita	Preciozzi et al. 1985
Libertad y Dolores*	Cuarzo Feldespato	Preciozzi et al. 1985
Villa Soriano	Cuarzo Feldespato	Preciozzi et al. 1985
Bañado Sta Teresa	Illita clorita-caolinita cuarzo feldespato	Blasi et al. 2005

TOTAL	Microclina Biotita Cuarzo Oligoclasa Plageoclasa Muscovita Apatito Circón Alanita Esfena Magnetita Turmalina Ilmenita Monacita Clorita Sericita Turmalina Sanidina Dacitas Traquitas Ortosa-albita Zeolita Calcita Anhidrita Andesina Augita	

4- Resultados

Cambara

4.1- Cambara I_30

Los resultados para este muestra presentan los siguientes difractogramas (Figura 12).

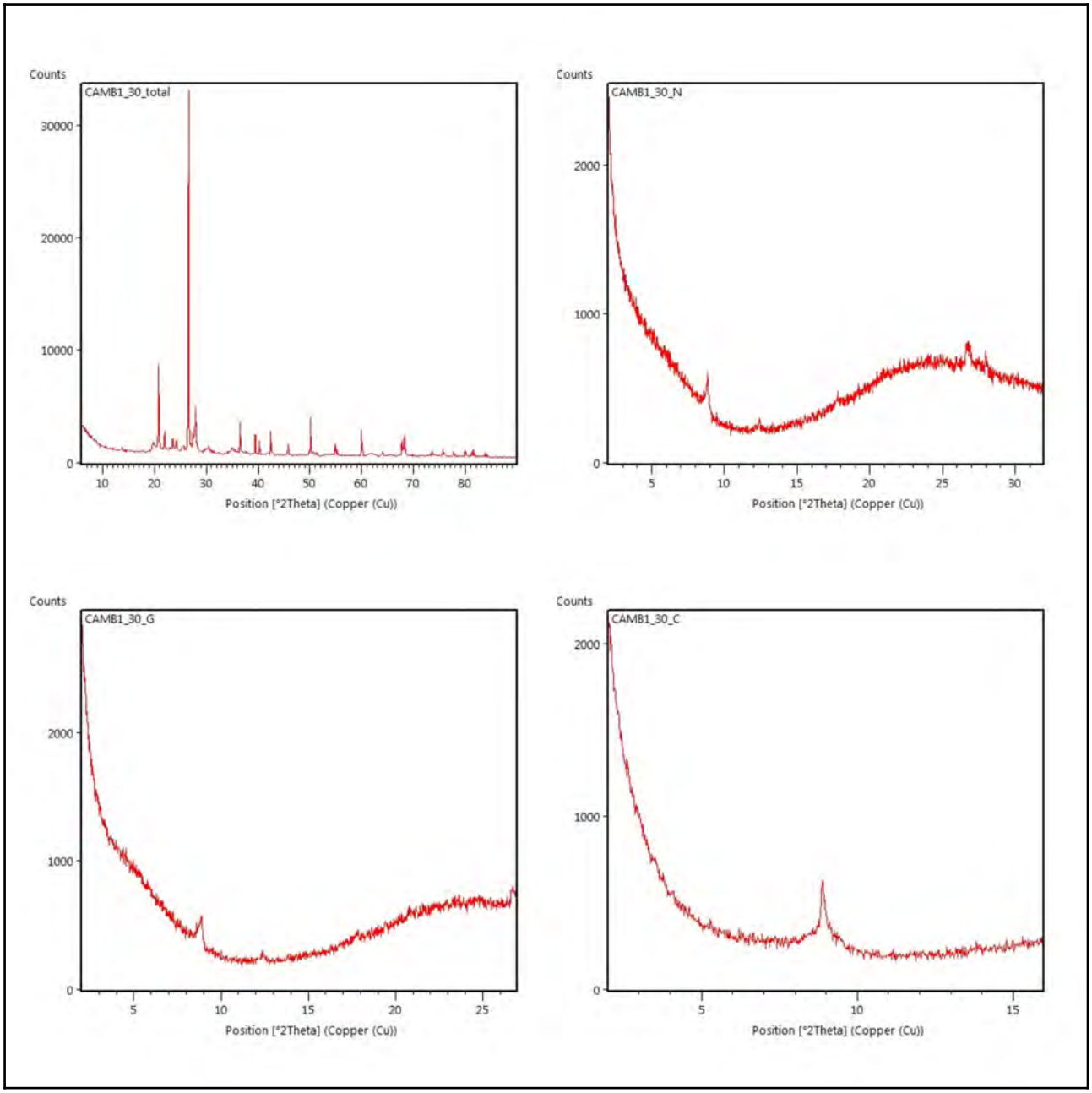


Figura 12: Cambara 1 difractogramas, muestra total y de argilominerales natural, glicolada y calcinada.

4.1.1- Muestra Total.

Cuarzo

Microclina

Ortoclasa

Muscovita

Albita

Dolomita

4.1.2- Argilominerales - Natural

Illita

Caolinita

4.1.3- Argilominerales -Glicolado

Illita

Caolinita

4.1.4- Argilominerales -Calcinado

Illita

4.2- Cambara I_60

Los resultados para este muestra presentan los siguientes difractogramas (Figura 13).

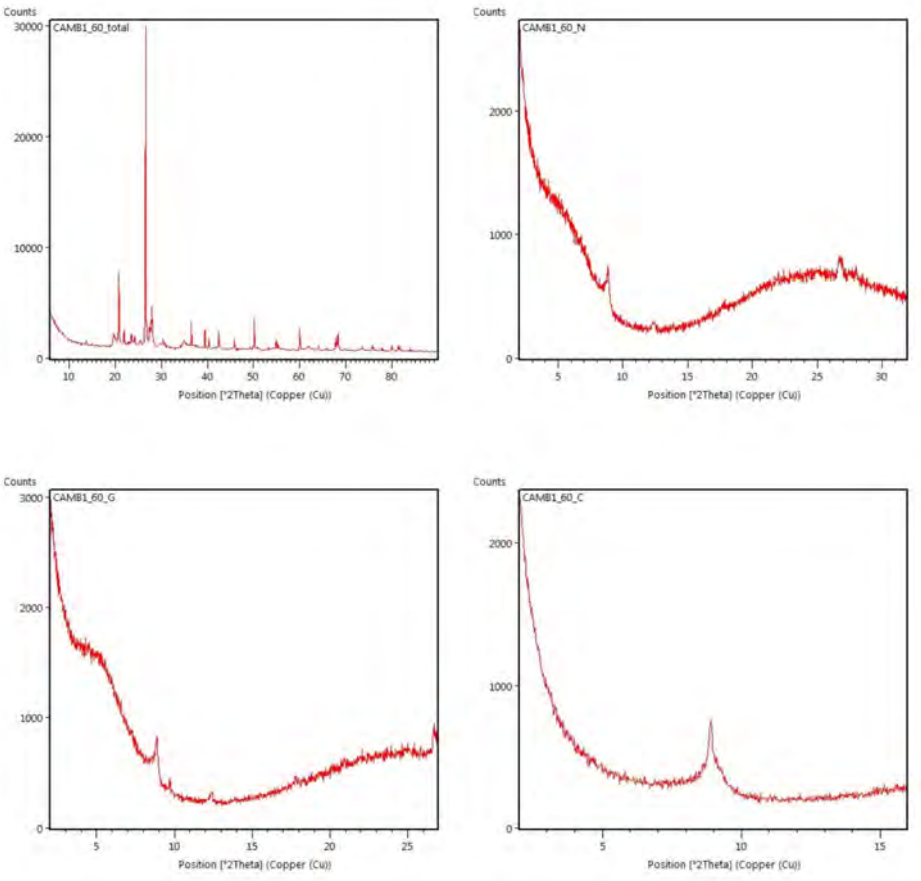


Figura 13: Cambara I_60 difractogramas, muestra total y de argilominerales natural, glicolada y calcinada.

4.2.1- Muestra total

Oligoclasa

Cuarzo

Ortoclasa

Illita

4.2.2- Argilominerales – Natural

Illita

Caolinita

4.2.3- Argilominerales –Glicolado

Illita

caolinita

4.2.4- Argilominerales – Calcinado

Illita

4.3- Cambara I_90

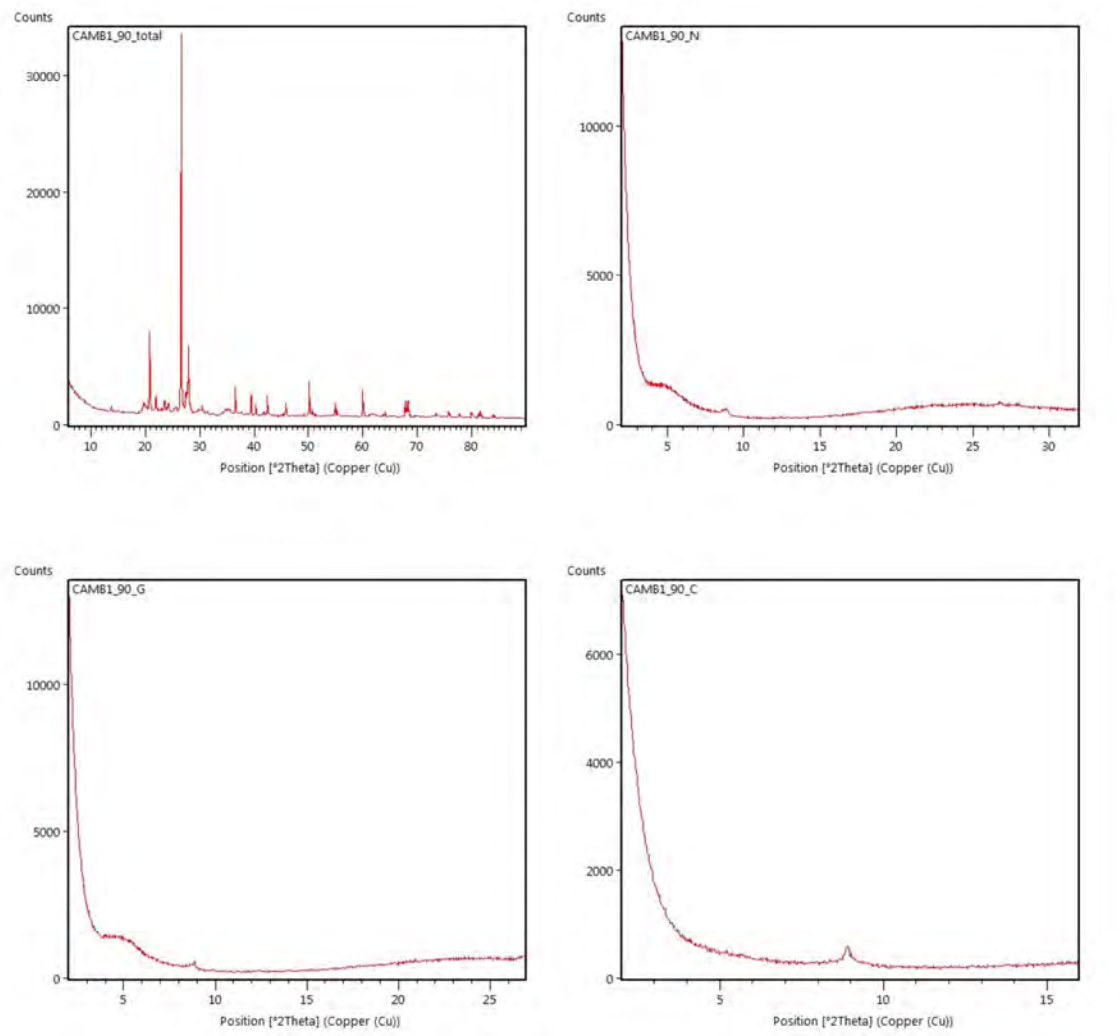


Figura 14: Cambara I_90 difractogramas, muestra total y de argilominerales natural, glicolada y calcinada.

Los resultados para este muestra presentan los siguientes difractogramas (Figura 14).

4.3.1- Muestra Total

Cuarzo

Albita

Ortoclasa

Barberiite

Muscovita

4.3.2- Argilominerales – Natural

Illita

4.3.3- Argilominerales – Glicolado

Illita

Caolinita

4.3.4- Argilominerales – Calcinado

Illita

Bañado Las Maravillas - Corer 1

4.4- Las Maravillas Corer 1_08-10

Los resultados para este muestra presentan los siguientes difractogramas (Figura 15).

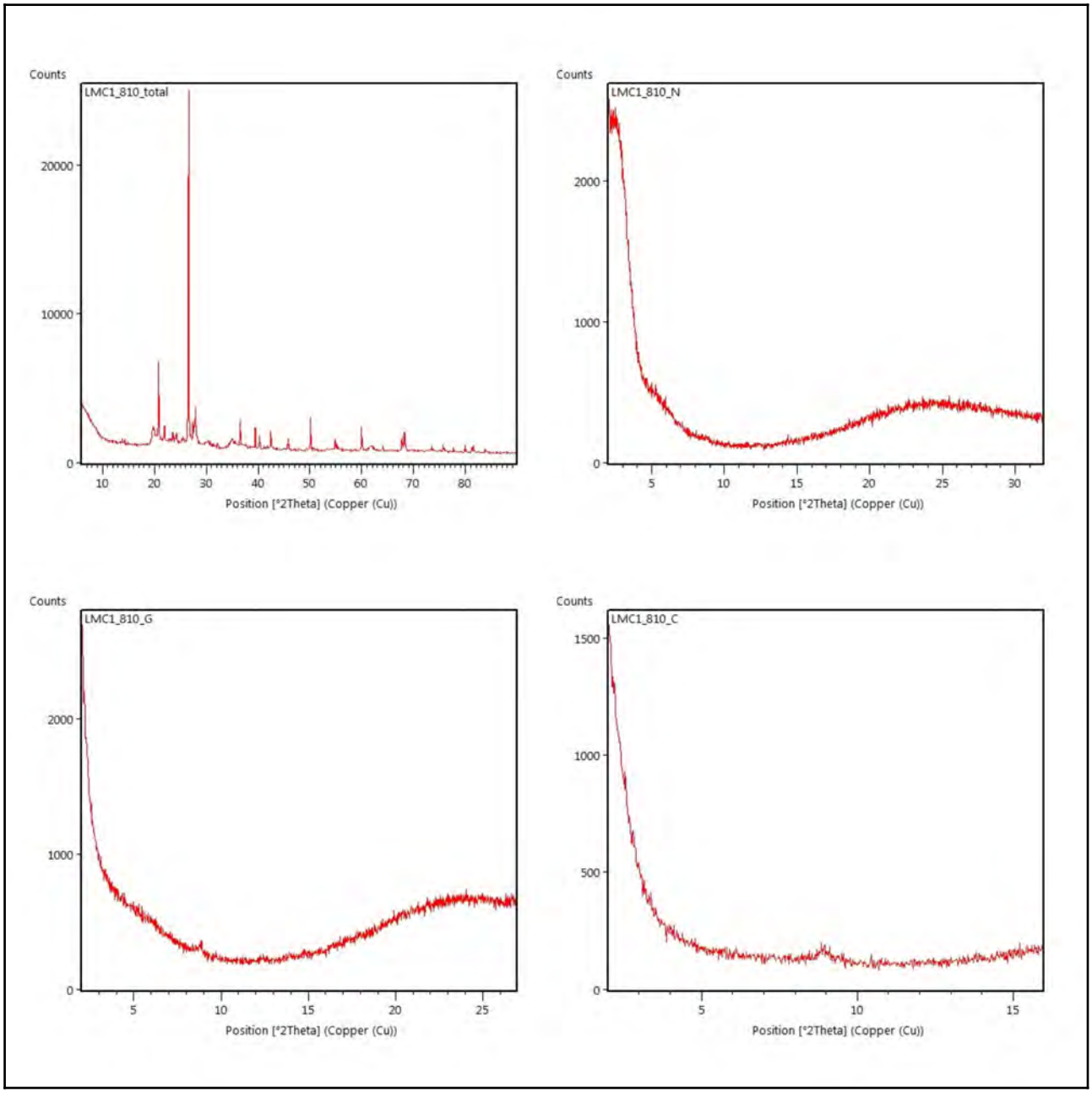


Figura 15: difractogramas LMC1_810

4.4.1- Muestra Total

Cuarzo

Albita

Muscovita

Ortoclasa

4.4.2- Argilominerales – Natural

Illita

4.4.3- Argilominerales – Glicolado

Illita

4.4.4- Argilominerales –Calcinado

Illita

4.5- Las Maravillas Corer 1_47-50

Los resultados para este muestra presentan los siguientes difractogramas (Figura 16).

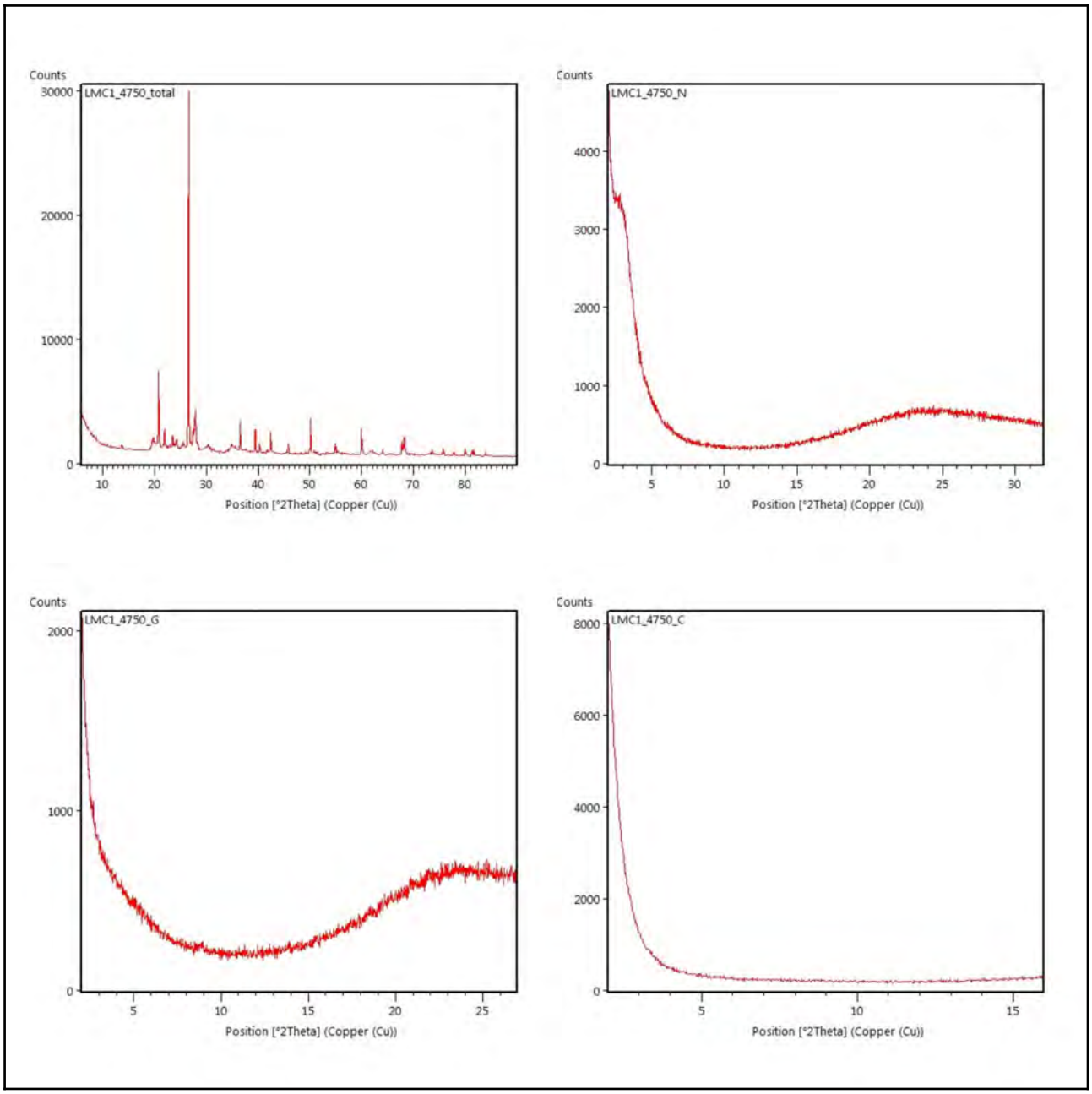


Figura 16: LMC1 47_50

4.5.1- Muestra Total

Cuarzo

Albita

Ortoclasa

Muscovita

4.5.2- Argilominerales – Natural

No presenta señal reconocida.

4.5.3- Argilominerales – Glicolado

No presenta señal reconocida.

4.5.4- Argilominerales –Calcinado

Sin picos.

4.6- Las Maravillas Corer 1_52-55

Los resultados para este muestra presentan los siguientes difractogramas (Figura 17).

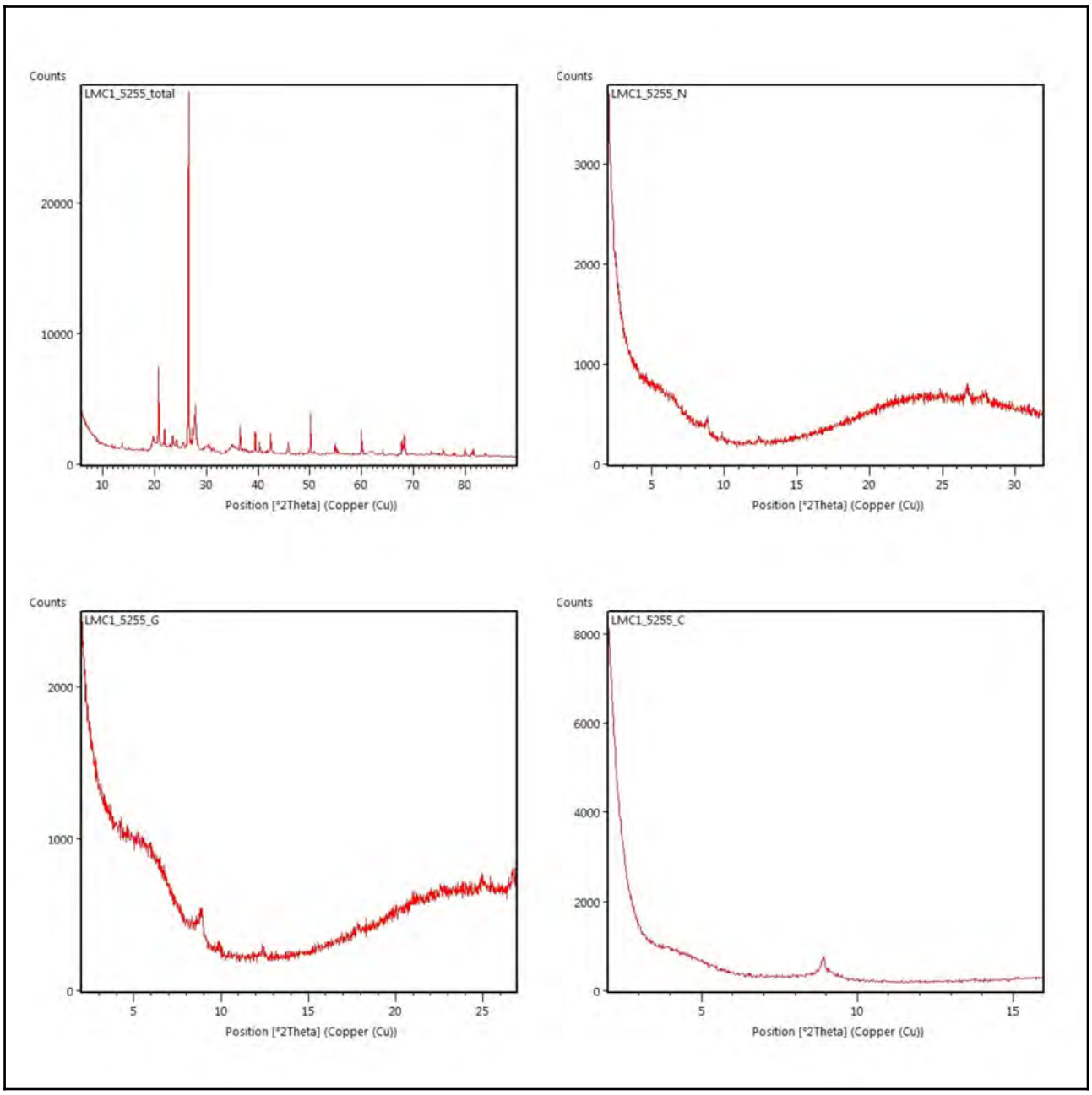


Figura 17: LMC1_5255

4.6.1- Muestra total

Cuarzo

Albita

Ortoclasa

Muscovita

4.6.2- Argilominerales – Natural

Illita

Caolinita

4.6.3- Argilominerales – Glicolado

Illita

Caolinita

4.6.4- Argilominerales – Calcinado

Illita

Sitio arqueológico - Los Indios VD

4.7- Los Indios VD-UE12

Los resultados para este muestra presentan los siguientes difractogramas (Figura 18).

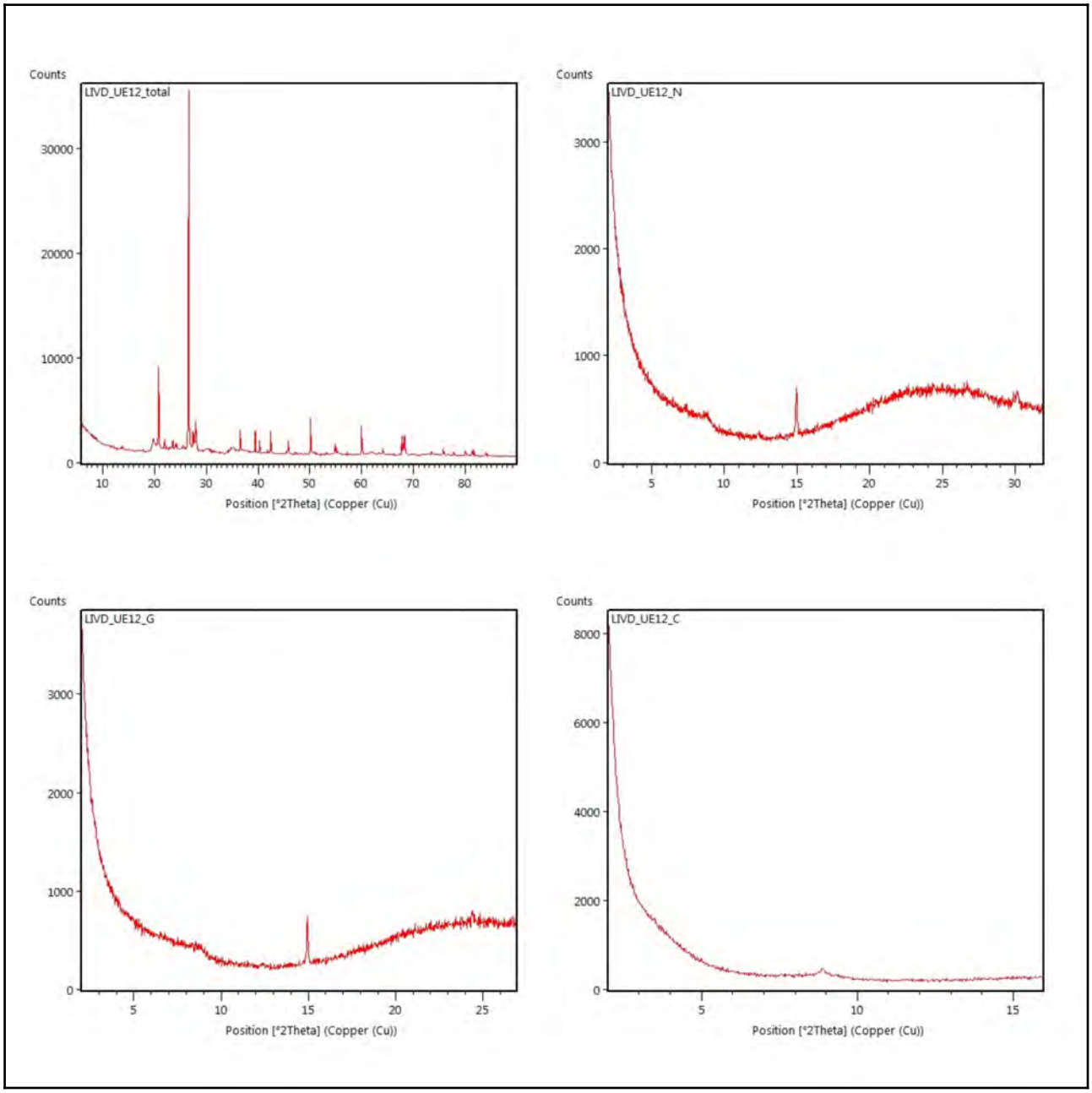


Figura 18: LIVD_UE12

4.7.1- Muestra Total

Cuarzo

Albita

Muscovita

Ortoclasa

Illita

4.7.2- Argilominerales – Natural

Illita

Caolinita

4.7.3- Argilominerales – Glicolado

Illita

Caolinita

4.7.4- Argilominerales – Calcinado

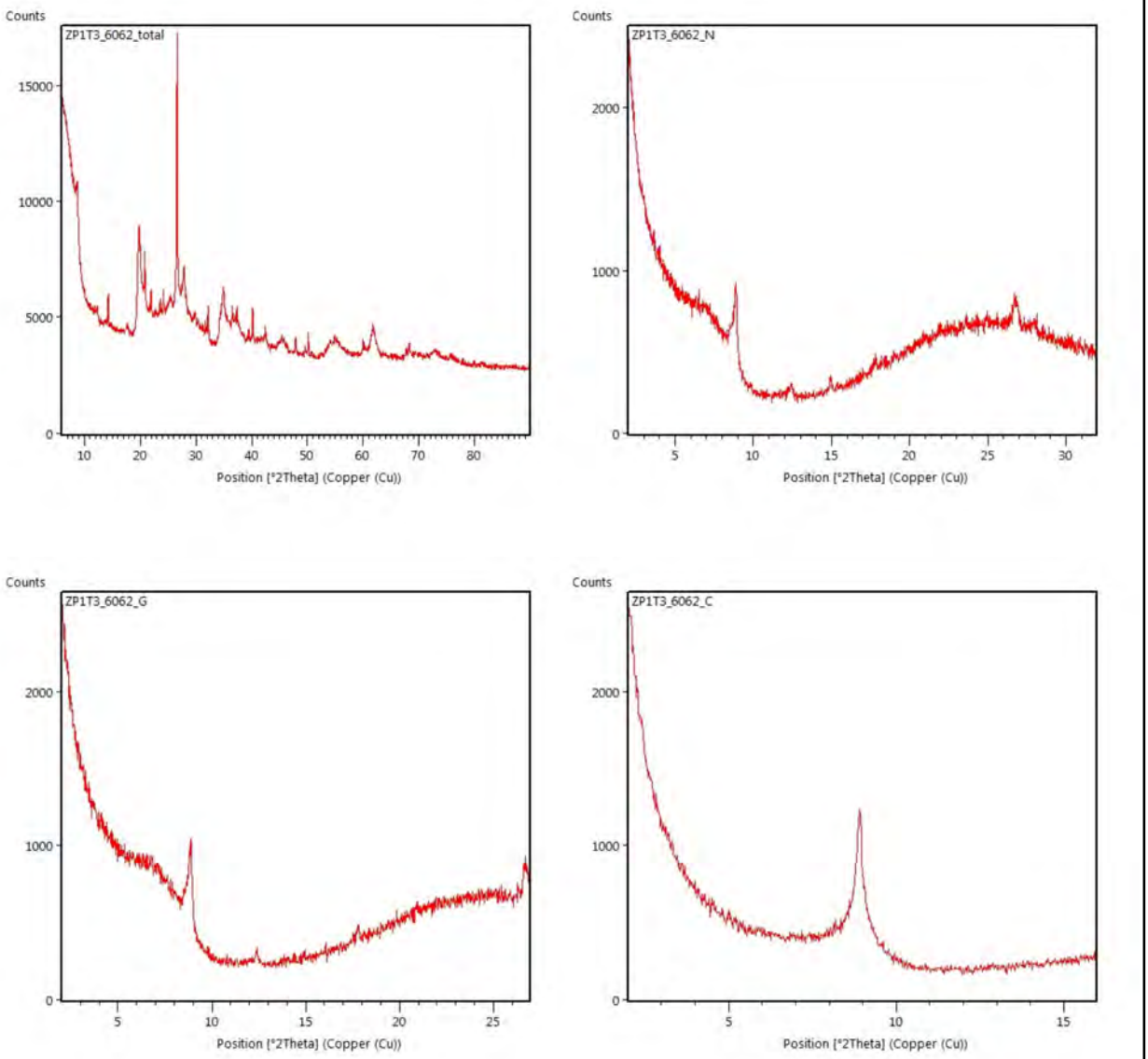
Illita

Bañado Santa Teresa - ZP113

4.8- ZP113_60_62

Los resultados para este muestra presentan los siguientes difractogramas (Figura 19).

Figura 19



4.8.1- Muestra total

Cuarzo

Albita

Biotita

Muscovita

4.8.2- Argilominerales – Natural

Illita

4.8.3- Argilominerales – Glicolada

Illita

caolinita

4.8.4- Argilominerales – Calcinada

Illita

4.9- ZP113_186-188

Los resultados para este muestra presentan los siguientes difractogramas (Figura 20)

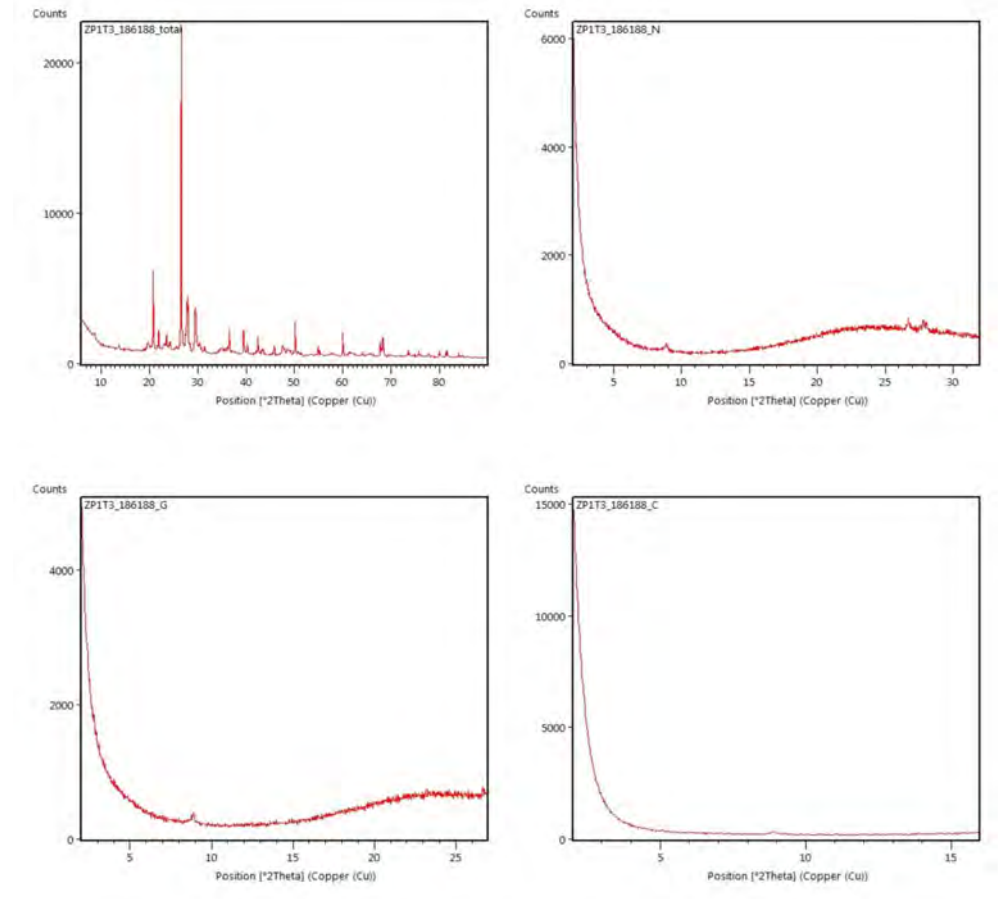


Figura 20: ZP113_188

4.9.1- Muestra Total

Cuarzo

Magnesio Calcita

Oligoclasa

Calcita

Microclina

Illita

Ortoclasa

Albita

4.9.2- Argilominerales – Naturales

Illita

4.9.3- Argilominerales – Glicolado

Illita

4.9.4- Argilominerales – Calcinado

Illita

5- Discusión

5.1.1- Cambara 1

En general se encuentra cuarzo, feldespato, illita y caolinita en todo el perfil mineralógico del muestreo lo que es una asociación coherente con ambientes hidromórficos donde se da la neoformación de arcillas como las mencionadas. No obstante albita y muscovita aparecen en la base y la superficie del muestreo, estando ausente en la parte media, en los 30cm de profundidad; asimismo se ve la presencia de dolomita en superficie (30cm).

En muestra total aparecen tectosilicatos como los cuarzos, plagioclasas (ortoclasa, oligoclasa, albita) y filosilicatos como la muscovita los que son también comunes en los antecedentes por lo que es factible deducir un traslado de las zonas de afloramientos por procesos de escorrentías a zonas deprimidas. La barberiite por su lado, pudo haber sido una señal errónea o mal interpretada, ya que es muy difícil por el tipo de mineral que se forma en actividad volcánica, se mantiene estable en suelos de 200 a 600°C y se descompone en la humedad (https://www.mindat.org/min-513.html). Asimismo, no se encuentra registrado para la región.

Los argilominerales presentes son la illita y la caolinita. En ambos casos son minerales arcillososos provenientes de la meteorización de rocas ígneas y metamórficas principalmente por la alteración de los feldespatos (Ehlers 1983; Heinrich 1965). Con frecuencia se ven asociadas entre sí y junto al cuarzo (Heinrich 1965). Por estos motivos se deduce la coherencia con su entorno mineralógico descrito en los antecedentes.

5.1.2- Las maravillas corer 1

Los minerales presentes en la muestra son regulares en los sectores analizados en el sentido que no presentan modificaciones, perteneciendo todos al grupo de los silicatos que componen los granitos de la zona (Cuarzo, Albita, Ortoclasa, Muscovita). La illita se presenta como el argilomineral constante en dos de los tres análisis realizas (uno no obruvo resultados en argilominerales), no obstan en el sector inferior (50cm) se encuentra tambièn caolinita. Ambos argilominerales son el producto de la meteorizaciòn del conjunto de minerales presentes en lamuestra antes mencionados (cuarzos y feldespatos) en condiciones hidromótficas. Esta muestra inferior está ubicada por datación radiocarbónica por el presente proyecto de Tesis en *circa* ^{14}C 5000 años AP

5.1.3- Los indios VD UE12

Se trata de la única muestra de sedimentos arqueológicos analizada en el presente trabajo, perteneciendo a un nivel de ocupación humana ubicado entre los *circa* ^{14}C 7000 y 9000 años AP según López Mazz (2013). La muestra total presenta los minerales típicos de la zona dominados por la presencia de cuarzo, feldespato y mica, junto a sub productos como illita, caolinita a nivel de argilominerales, que fueron formados en

condiciones de anegamiento. Ésto es coherente con el sitio arqueológico el cual tuvo tales condiciones posteriormente al Holoceno temprano (Machado, López Mazz y Piñeiro 2019). Asimismo, la muestra pertenece según los autores al tope de la formación Dolores (Machado, López Mazz y Piñeiro 2019), lo cual indica que se incrementa la variedad de minerales descrita para esta formación según las fuentes consultadas (Preciozzi et al. 1985; Goso 1970; Bossi et al 1998), discriminando los feldespatos en Albita y Ortoclasa. Asimismo se describen en el presente trabajo, argilominerales neoformados como la illita y la caolinita.

5.1.4- ZP113

En la muestra ubicada a 60cm de profundidad, aparecen los minerales típicos de la zona (Cuarzo, feldespato, biotita y muscovita), con illita y caolinita como componentes argilominerales. Se trata de la depsitacion de materiales duros locales como cuarzos y feldespatos, que son alterados posteriormente a la formación de arcillas como las mencionadas, bajo condiciones hidromórficas.

En el caso del análisis de la muestra inferior (188cm) se encontraron una mayor variedad de minerales ya que además del cuerzo presente, se encuentran cuatro variedades de feldespatos (Ortoclasa, Microclina, Oligoclasa, Albita), presentes en antecedentes (Mussio y Artur 1999). Asimismo, se encuentra calcita y magnesio lo cual es distintivo en el conjunto de muestras analizadas. No obstante es coherente con la formación de este mineral en condiciones de meteorización o hidrotermales para rocas ígneas calcoalcalinas lo cual concuerda con los antecedentes de la zona. Asimismo se encuentra illita a nivel de argilominerales, lo cual concuerda con la formación en condiciones hidromórficas para las mismas rocas mencionadas.

6- Conclusiones

La técnica por difracción de rayos X para polvo de sedimentos paleolomnológicos y arqueológicos se presenta como una forma práctica y confiable para la realización de análisis de mineralogía. Entre las ventajas se destaca la cantidad de muestra necesaria, la cual es acorde a los sistemas de muestreos y sub muestreos empleados. Asimismo, el procedimiento de preparación de muestra para su análisis en el difractómetro es relativamente sencillo desde el punto de vista de las destrezas básicas desarrolladas en laboratorios de suelos, rocas o sedimentos. El análisis es sumamente veloz en el sentido que varias muestras pueden ser leídas por el equipo en relativamente poco tiempo. Asimismo presenta la pasibilidad de analizar muestra total como argilomineral, lo cual se presenta muy valioso dado que, a diferencia de las fracciones mayores como las psamitas, los argilominerales no cuentan con técnicas simples para su descripción.

En general los minerales representados en las muestras analizadas, concuerdan con los descritos en antecedentes de la zona o cuenca, lo cual es coherente con la fomación de sedimentos por meteorización, transporte por escorrentía a sectores más bajos del terreno y posterior depsitación y diagénesis de nuevos minerales como son el caso de los argilominerales como illitas y caolinitas que se forman bajo condiciones hidromorficas.

Para el caso de la formación Dolores, aunque debe contrastarse con más cantidad de muestreos analizados, en principio y de acuerdo al presente trabajo es posible describir una composición con argilominerales no expansivos como la illita. Asimismo contiene caolinita la cual tiene posibles usos alfareros, durante el holoceno tardìo (Lòpez Mazz 2001).

En comparación a las muestras analizadas por Blasi et al (2005) presenta coincidencia en illita y caolinita en torno a los 5.000 años AP entre LN 1 y 3 y LMC1, lo que indicaría que probablemente los depósitos hayan estado sometidos a similares condiciones hidromorficas así como de disponibilidad de materiales similares.

BIBLIOGRAFÍA

Blasi Adriana, Carola Castiñeira, Laura del Puerto, Hugo Inda, Roberto Bracco Roberto y Felipe García-Rodríguez 2005 Sedimentación holocena en los bañados de Santa Teresa y el registro arquelógico, planicie costera del departamento de Rocha, Uruguay. En Anales/Proceedings: Actas XVI Congreso Geologico Argentino. Simposio Geologia del Cuaternario, Paleontologia, Geoarqueologia, Paleoclimas y Paleoambientes, 1: 1-5. Buenos Aires

Bossi J. y Navarro R. 1998. Geología del Uruguay. Tomo II. Departamento de Publicaciones Universidad de la República.

Bossi J., Lorenzo F., Montaño J., Campa N., Morales H., Gancio F., Schipilov A., Piñeyro D., Sprechmann P. 1998. Geocarta Geocarta – Carta Geológica del Uruguay a escala 1/500.000 Versión 1.1, Geoeditores S.R.L, Facultad de Agronomía, Uruguay.

Bragg B y W. H., M.A., Macmillan F.R.S. 1913. The Reflection o f X-rays by Crystals. Cavendish Professor of Physics in the University of Leeds ; and W. L. Bragg, B.A., Trinity College, Cambridge.

López Mazz, José Ma. 2001 La estructuras tumulares (cerrtios) del litoral atlántico del uruguayo, en: Latin American Antiquity, SAA Society for American Archaelogy, 12 (3): 231-255

López Mazz, J. 2013 Early human occupation of Uruguay: Radiocarbon database and archaeological implications. Quaternary International, 301: 94-103.

Carver R. E., Douglas L. A. 1972 Procedures in Sedimentary Petrology. Revista Soil Science, Volume 114 – Issue 6-p500, Wiley, New York.

Day, P., 1965 Particle fractionation and particle size analysis methods of soil analysis. En: Black, C (Ed.) Methods of soil analysis, Part I. American. Society of Agronomy, Wisconsin 545-566.

Goso, H., 1970 El Cuaternario. Programa de Estudio y Levantamiento de Suelos. MGAP. Montevideo.

Hasui Y., 1975 Geologia da folha de São Roque, Boletim IG 6:157, DOI: 10.11606, ISSN 2316-8978, V 6, p157-183, Sao Paulo State University.

Hueck M, Oriolo S, Dunkl I, Wemmer K, Oyhantçabal P, Schanofsk Mi, Stipp Basei MA, Siegfried S. 2017 Phanerozoic low-temperature evolution of the Uruguayan Shield along the South American passive margin. Journal of the Geological Society. Downloaded from http://jgs.lyellcollection.org/ at Niedersachsische Staats Und Universitatsbibliothek.

Machado A., López Mazz J., Piñeiro G. 2019 Site Formation Processes Since the Early Holocene in a Planosol Sequence from the Laguna Negra Basin. En: Advances in Coastal Geoarchaeology in Latin America Selected papers from the GEGAL Symposium at La Paloma, Uruguay. Inda H., García-Rodríguez F. Editores. The Latin American Studies Book Series. Springer Nature Switzerland.

Masquelin, H., Silva A., Porcher C., Fernandes L, Morales, E. 2001 Geología y geotermobarometria de la suite metamórfica chafalote, basamento prebrasiliano, sureste del uruguay. XI Congreso Latinoamericano III Congreso Uruguayo de Geilogía. Montevideo.

Muzio R, Artur A. 1999 Petrological features of the Santa Teresa Granitic Complex Southeastern Uruguay. Journal of South American Earth Sciences 12 (1999) 501±510.

Loureiro, J; Pérez, C; Spoturno, J; Faraone, M; Guerrero, S; y Sánchez, L 2016 Actualización del mapa geológico del Uruguay a escala 1:500.000.

Preciozzi F, Spoturno J, Heinzen W, Rossi P. 1985 Carta Geológica del Uruguay a Escala 1:500.000, Ministerio de Industria y Energía. Dirección Nacional de Minería y Geología, Uruguay.

Streckeisen, A.L., 1976 Classification and Nomenclature of Igneous Rocks. N. Jahrb. Miner. Abh., 107, 144-240.

ANEXO IV

Ilustración y descripción de los principales morfotipos de silicofitolitos (del Puerto 2015: 256 – 263)

Anexo I:

Ilustración y Descripción de los Principales Morfotipos de Silicofitolitos

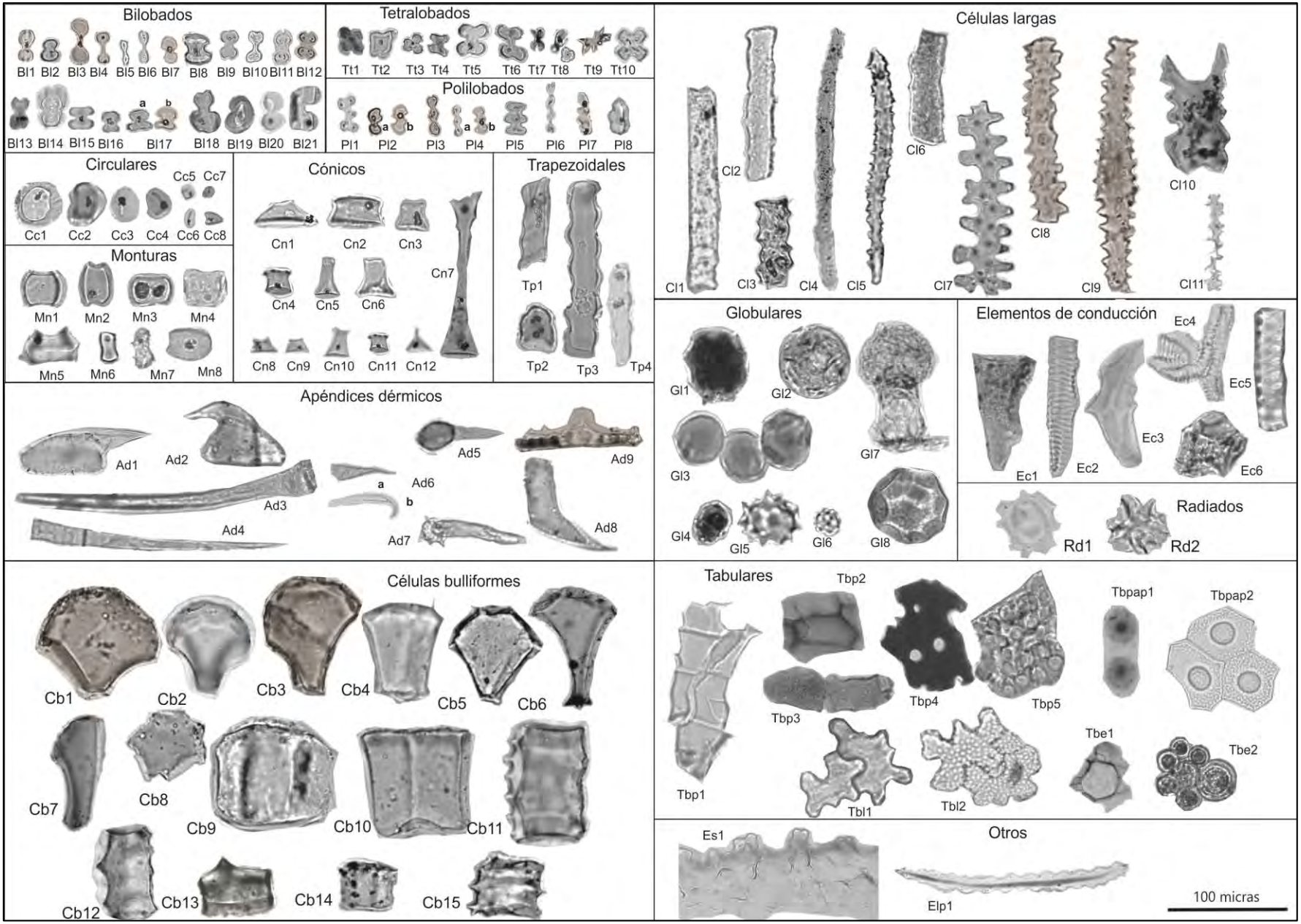


Figura AI.1 Ilustración de los principales morfotipos de silicofitolitos identificados en la colección de referencia (Anexo II) y en los materiales analizados. La descripción de los mismos se detalla en la Taba AI.1

Tabla AI.1 Descriptores de los morfotipos de silicofitolitos. Fuente: ICPN 1.1 (Madella et al. 2005); del Puerto 2009; Zucol et al. 2010; Petterer et al. 2011

I.	Bilobados (Bl)
Bl1	Elemento en forma de pesa de gimnasio con dos extremos ensanchados de final convexo e inserción bien delimitada al istmo central.
Bl2	Elemento en forma de pesa de gimnasia con cuerpo botuliforme e inserción del istmo poco delimitada.
Bl3	Elemento en forma de pesa de gimnasia con dos cabezuelas globosas e inserción del istmo central bien delimitada.
Bl4	Elemento en forma de pesa de gimnasia con dos cabezuelas globosas, istmo central paralelo e inserción de las cabezuelas bien delimitada.
Bl5	Elemento en forma de pesa de gimnasia con inserción del istmo central mal delimitada.
Bl6	Elemento en forma de pesa de gimnasia con dos cabezuelas de final convexo o recto con 2 apéndices en cada una e inserción del istmo central mal delimitada.
Bl7	Elemento en forma de pesa de gimnasia con dos cabezuelas de final convexo, istmo central de lados simétricamente cóncavos y marcada inserción.
Bl8	Elemento en forma de pesa de gimnasia con cuerpo prismático refringente y con una de sus superficies marcadamente bilobada.
Bl9	Elemento en forma de pesa de gimnasia con dos cabezuelas hendidas, bilobuladas, istmo central de lados paralelos en inserción bien marcada.
Bl10	Elemento en forma de pesa de gimnasia con dos cabezuelas hendidas, bilobuladas, istmo central de simétricamente cóncavos en inserción bien marcada.
Bl11	Elemento en forma de pesa de gimnasia con dos cabezuelas profundamente excavadas, istmo central bien marcado de bordes paralelos rectos o con leve simetría cóncava.
Bl12	Elemento en forma de pesa de gimnasia con dos cabezuelas profundamente excavadas, istmo central bien marcado de bordes con simetría marcadamente cóncava.
Bl13	Elemento en forma de pesa de gimnasia con dos cabezuelas hendidas, bilobuladas, istmo central mal delimitado.
Bl14	Elemento en forma de pesa de gimnasia con dos cabezuelas largas de final convexo y con la constricción del istmo central poco delimitada, dando un contorno de aspecto ovoide.
Bl15	Elemento en forma de pesa de gimnasia con dos cabezuelas levemente hendidas o de final recto y con el istmo central corto y poco delimitado.
Bl16	Elemento en forma de pesa de gimnasia comprimida, con una cabezuela de final convexo y otra hendida (bilobada). Istmo escasamente definido.
Bl17	Elemento en forma de pesa de gimnasia comprimida, con una cabezuela de final convexo y otra hendida (bilobada). Istmo corto de lados con marcada simetría cóncava.
Bl18	Elemento en forma de pesa de gimnasia con dos cabezuelas de diferente volumen (forma de guitarra) y final convexo o levemente hendido.
Bl19	Elemento en forma de pesa de gimnasia heterogéneo, con la cara plana mayor bilobada y el cuerpo cilíndrico o cónico que termina en una superficie aguzada o redondeada.
Bl20	Elemento heterogéneo forma de pesa de gimnasia, con una cara plana bilobada y la otra cara aquillada que termina en una superficie delgada.
Bl21	Elemento en forma de pesa de gimnasia heterogénea o tubo de teléfono, con un lateral de lóbulos marcados y el otro de contorno convexo.

II.	**Tetralobados (Tt)**
Tt1	Elemento en forma de cruz, con 4 lóbulos tan anchos como largos y centro abultado. Simetría cuadrilateral (diferencia <a 10% entre largo y ancho) y tamaño >a 15 micras.
Tt2	Elemento en forma de cruz con cuerpo prismático refringente y con una de sus superficies marcadamente tetralobada.
TT3	Elemento en forma de cruz, con 4 lóbulos tan anchos como largos y centro abultado. Simetría cuadrilateral (diferencia <a 10% entre largo y ancho) y tamaño <a 15 micras.
Tt4	Elemento en forma de cruz con extremidades que terminan en lóbulos poco definidos y de contorno angular.
Tt5	Elemento en forma de cruz, con 4 lóbulos tan anchos como largos y el centro delgado. Relación largo-ancho >a 10%.
Tt6	Elemento en forma de cruz, con 4 lóbulos más largos que anchos y el centro delgado. Relación largo-ancho >a 10%.
Tt7	Elemento en forma de cruz, con 4 lóbulos más largos que anchos y el centro muy delgado que termina en una de las caras aquillada de extremo delgado. Relación largo-ancho >a 10%.
Tt8	Elemento en forma de cruz, con 3 o 4 lóbulos y centro abultado. El cuerpo es un cilindro corto o cono truncado, con al menos una cara plana en forma de cruz. Tamaño <a 15 micras.
Tt9	Elemento en forma de cruz heterogéneo, de centro delgado con lóbulos finos y largos, con proyecciones laterales.
Tt10	Elemento en forma de cruz, con cuatro lóbulos de extremos redondeados y laterales rectos. Simetría bilateral.
III.	**Polilobados (Pl)**
Pl1	Elemento polilobado con más de dos constricciones centrales y tres lóbulos dispuestos asimétricamente. Los lóbulos de los extremos presentan una hendidura central (bilobados) o borde recto.
Pl2	Elemento polilobado con más de dos constricciones centrales y tres lóbulos dispuestos asimétricamente. Los lóbulos de los extremos son cabezuelas de borde entero convexo.
Pl3	Elemento polilobado con más de dos constricciones centrales y tres lóbulos dispuestos simétricamente. Los lóbulos de los extremos presentan una hendidura central (bilobados).
Pl4	Elemento polilobado con más de dos constricciones centrales y tres lóbulos dispuestos simétricamente. Los lóbulos de los extremos son cabezuelas de borde entero convexo.
Pl5	Elemento polilobado con más de dos constricciones centrales y tres lóbulos más anchos que largos dispuestos simétricamente. Los lóbulos de los extremos presentan borde aplanado o levemente hendido.
Pl6	Elemento polilobado con más de dos constricciones centrales y cuatro lóbulos o más dispuestos asimétricamente. Los lóbulos de los extremos presentan una hendidura central (bilobados).
Pl7	Elemento polilobado con más de dos constricciones centrales y cuatro lóbulos o más dispuestos asimétricamente. Los lóbulos de los extremos son cabezuelas de borde entero convexo.
Pl8	Elemento polilobado heterogéneo. Una cara plana con más de dos constricciones centrales y lóbulos dispuestos asimétricamente y extremos convexos. La otra cara es aquillada y termina en una superficie aguzada.

IV.	Circulares (Cc)
Cc1	Elemento cilíndrico corto o estrechamente cónico de sección transversal circular a elíptica, mayor a 10 micras
Cc2	Elemento cilíndrico corto o estrechamente cónico de sección transversal en forma1 de media luna, al menos en una de sus caras planas. Tamaño mayor a 10 micras.
Cc3	Elemento cilíndrico corto con una cara plana mayor de sección transversal circular a elíptica y la cara menor que finaliza en un domo o quilla. Tamaño mayor a 10 micras.
Cc4	Elemento cilíndrico corto con una cara plana mayor de sección transversal en forma de media luna y la cara menor que finaliza en un domo o quilla. Tamaño mayor a 10 micras.
Cc5	Elemento cilíndrico corto o estrechamente cónico de sección transversal circular a elíptica. Tamaño menor a 10 micras
Cc6	Elemento cilíndrico corto o estrechamente cónico de sección transversal en forma de media luna, al menos en una de sus caras planas. Tamaño menor a 10 micras
Cc7	Elemento cilíndrico corto con una cara plana mayor de sección transversal circular a elíptica y la cara menor que finaliza en un domo o quilla. Tamaño menor a 10 micras.
Cc8	Elemento cilíndrico corto con una cara plana mayor de sección transversal en forma de media luna y la cara menor que finaliza en un domo o quilla. Tamaño menor a 10 micras.
V.	Cónicos (Cn)
Cn1	Elemento en forma de cono truncado, sin cintura demarcada. Relación altura:diámetro basal 1:2-3 y relación diámetro basal mayor:diámetro superior menor 2:1.
Cn2	Elemento en forma de cono truncado, sin cintura demarcada. Relación altura:diámetro basal 1:2-3 y relación diámetro basal mayor:diámetro superior menor 1-1,5:1.
Cn3	Elemento en forma de cono truncado, con cintura levemente demarcada. Relación altura:diámetro basal 1:1 y relación diámetro basal mayor:diámetro superior menor 1,5:1.
Cn4	Elemento en forma de cono truncado, con cintura levemente demarcada. Relación altura:diámetro basal 1:1 y relación diámetro basal mayor:diámetro superior menor 1,5:1. Superficie plana o cóncava en el lado basal mayor y carinada la opuesta.
Cn5	Elemento en forma de cono truncado, con cintura levemente demarcada. Relación altura:diámetro basal 3:2-1 y relación diámetro basal mayor:diámetro superior menor 3:2-1.
Cn6	Elemento en forma de cono truncado con un de sus lados adelgazado, finalizando en una quilla.
Cn7	Elemento en forma de cono truncado con cintura demarcada. Relación altura:diámetro basal de 3:1. Lado basal mayor plano o cóncavo y el opuesto carinada.
Cn8	Elemento en forma de cono truncado, sin cintura demarcada. Relación altura:diámetro basal 1:2-3 y relación diámetro basal mayor:diámetro superior menor 2:1. Tamaño menor a 10 μm.
Cn9	Elemento en forma de cono truncado, sin cintura demarcada. Relación altura:diámetro basal 1:2-3 y relación diámetro basal mayor:diámetro superior menor 1-1,5:1. Tamaño menor a 10 μm.
Cn10	Elemento en forma de cono truncado, con cintura levemente demarcada. Relación altura:diámetro basal 1,5:1 y relación diámetro basal mayor:diámetro superior menor 1,5:1. Tamaño menor a 10 μm.

Cn11	Elemento en forma de cono truncado, con cintura levemente demarcada. Relación altura:diámetro basal 1:1 y relación diámetro basal mayor:diámetro superior menor 1,5:1. Una o ambas superficies planas carinadas. Tamaño menor a 10 μm.
Cn12	Elemento en forma de cono truncado con uno de sus lados basales puntiagudo, en forma de embudo. Tamaño menor a 10 μm.

VI. Trapezoidales (Tp)

Tp1	Elemento trapezoidal corto (relación ancho-largo ≤ 1:3) de bordes lisos a levemente ondulados y extremos planos a levemente cóncavos.
Tp2	Elemento trapezoidal corto con la cara plana mayor de contorno sinuoso a crenado y extremos planos a levemente cóncavos o cóncavos
Tp3	Elemento trapezoidal largo (relación ancho-largo > 1:3) de bordes lisos a levemente ondulados y extremos planos a levemente cóncavos.
Tp4	Elemento trapezoidal largo con la cara plana mayor de contorno sinuoso a crenado y extremos planos a levemente cóncavos o convexos.

VII. En forma de silla de montar (Mn)

Mn1	Elemento en forma de silla de montar, con relación largo:ancho de 1:1
Mn2	Elemento en forma de silla de montar, con relación largo:ancho de>1,5:1
Mn3	Elemento en forma de silla de montar, con relación largo:ancho de 1:1,5
Mn4	Elemento en forma de silla de montar, con cuerpo piramidal y lados de una de las caras de contorno cuadrangular.
Mn5	Elemento en forma de silla de montar, con cuerpo colapsado
Mn6	Elemento en forma de silla de montar, con relación largo:ancho de 1:>2 y tamaño menor a 8 μm.
Mn7	Elemento en forma de silla de montar con una cara cóncava y la otra convexa y relación largo:ancho de 1:>2. Tamaño menor a 8 μm.
Mn8	Elemento en forma de silla de montar con una cara cóncava y la otra convexa y relación largo:ancho de 1:2.

VIII. Apéndices dérmicos (Ad)

Ad1	Macro pelos (>50 micras) unicelulares aciculares
Ad2	Macro pelos (>50 micras) unicelulares unciformes
Ad3	Macro pelos (>50 micras) unicelulares de cuerpo cilíndrico y extremos aguzado
Ad4	Macro pelos pluricelulares: 2-5 células
Ad5	Micro pelos (<50 micras) unicelulares aciculares
Ad6	Micro pelos (<50 micras) unicelulares de cuerpo cilíndrico y extremos aguzado
Ad7	Micro pelos (<50 micras) unicelulares de cuerpo cilíndrico con el extremo romo y base nodular o plana en forma de estrella
Ad8	Micro pelos (<50 micras) unicelulares unciformes
Ad9	Papilas

IX. Células bulliformes (Cb)

Flabeliformes:

Cb1	Elemento en forma de flabelo con relación largo:ancho de 1:1-1,5, extremo semicircular y ambos lados convexos en la zona basal del abanico.
Cb2	Flabelo de extremo semicircular y lados convexos en la zona basal. Relación largo:ancho de 1:0,75-0,5. Sector basal delgado.
Cb3	Flabelo de cuerpo asimétrico, extremo semicircular y ambos lados convexos en la zona basal.
Cb4	Flabelo de contorno cuneiforme, laterales rectos y sector basal ancho (1/2 de la longitud total del abanico)

Cb5	Flabelo de contorno cuneiforme, extremo semicircular y lados laterales rectos en la base del abanico. Sector basal estrecho, 1/3 a 1/4 de la longitud total.
Cb6	Flabelo de contorno cuneiforme con extremo semicircular corto y laterales convexos. Sector basal muy estrecho, 1/5 de la longitud del abanico.
Cb7	Flabelo de cuerpo asimétrico, extremo semicircular con un lateral convexo y el otro resto en la base del abanico
Cb8	Elemento en forma de flabelo con relación largo:ancho de 1:1,5, extremo semicircular y ambos lados convexos en la zona basal del abanico. Sector basal cóncavo.
Poliédricas:	
Cb9	Elemento bulliforme poliédrico de contorno globoso con alguno de sus lados cóncavo y con extremos convexos. Relación largo:ancho 1:1,5-2
Cb10	Elemento bulliforme poliédrico de laterales cóncavos y extremos rectos. Relación largo:ancho 1,5:1
Cb11	Elemento bulliforme poliédrico de contorno recto y superficie levemente estriada y/o fascetada. Relación largo:ancho de 2:1 y tamaño >50 µm
Cb12	Elemento bulliforme poliédrico de contorno recto o fascetado y superficie levemente sulcada. Relación largo:ancho de 2:1 y tamaño < 50 µm
Cb13	Elemento bulliforme poliédrico de contorno recto con una pronunciada papila en uno de sus lados. Relación largo:ancho de 2:1
Cb14	Elemento bulliforme poliédrico de contorno recto y relación largo:ancho de 1:1. Tamaño <50 µm
Cb15	Elemento bulliforme poliédrico de contorno recto y superficie marcadamente sulcada. Relación largo:ancho de 1:1 y tamaño <50 µm

X. Células largas (Cl)

Cl1	Elemento elongado de contorno liso o levemente ondulado y tamaño >50µm.
Cl2	Elemento elongado de contorno ondulado y tamaño >50µm.
Cl3	Elemento elongado de contorno ondulado y tamaño <50µm
Cl4	Elemento elongado de contorno liso o levemente ondulado y tamaño >50µm. Relación largo:ancho mayor a 5:1
Cl5	Elemento elongado de contorno ondulado y tamaño >50µm. Relación largo:ancho mayor a 5:1
Cl6	Elemento elongado de contorno liso o levemente ondulado y tamaño <50µm.
Cl7	Elemento elongado de contorno lobulado y superficie papilada con lados paralelos. Tamaño >50µm.
Cl8	Elemento elongado de contorno lobulado y ondulado y superficie papilada con lados paralelos. Tamaño >50µm.
Cl9	Elemento elongado de contorno ondulado y superficie equinada con lados paralelos en los extremos y sector central ensanchado. Tamaño >50µm.
Cl10	Elemento elongado de contorno recto o levemente ondulado y uno o ambos de sus extremos cóncavos.
Cl11	Elemento elongado de contorno dendriforme o crenado. Tamaño <50µm y relación largo ancho $\geq$ 5:1

XI. Globulares (Gl)

Gl1	Globular a subglobular de superficie lisa >12 micras.
Gl2	Globular a subglobular de superficie suavemente rugosa de diámetro >12 micras.
Gl3	Globular a subglobular de superficie lisa a granulada de diámetro >12 micras.
Gl4	Globular a subglobular de superficie lisa a granulada de diámetro <10 micras.
Gl5	Globular a subglobular de superficie equinada de diámetro >5 micras.

Gl6	Globular de superficie equinada de diámetro <5 micras.
Gl7	Subglobular con superficie rugosa y una proyección o pie de base plana (cistolito).
Gl8	Globular a subglobular facetado.

XII. Tabulares poliédricos (Tbp)

Tbp1	Elemento laminar irregular, de menos de 6 caras con ángulos marcados.
Tbp2	Elementos laminares de más de 6-8 lados y superficie lisa.
Tbp3	Elementos laminares de más de 6-8 lados y superficie granulada o pilada.
Tbp4	Elementos tabulares opacos con perforaciones sistemáticas.
Tbp5	Elementos tabulares con perforaciones sistemáticas en forma de panal.

XIII. Tabulares esferoidales (Tbe)

Tbe1	Elementos tabulares esféricos a esferoidales de contornos lisos o levemente ondulados y con una marca circular en el centro o protuberancia silícea en el tejido sub-epidérmico (base de pelo).
Tbe2	Elementos tabulares esferoidales con anillos concéntricos y contorno liso. Los anillos centrales ocasionalmente se encuentran completamente silicificados conformando un centro circular silíceo.

XIV. Tabulares lobulados (Tbl)

Tbl1	Elementos laminares en forma de piezas de puzle, de superficie lisa o suavemente rugosa.
Tbl2	Elementos laminares en forma de piezas de puzle, de superficie equinada.

XV. Tabulares papilosos (Tbpap)

Tbpap1	Elementos laminares rectangulares a ovoides de borde liso u ondulado, con papilas grandes centrales (1-4) y satelitales menores.
Tbpap2	Elementos laminares rectangulares o poliédricos de borde liso y superficie punteada o perforada, con una papila grande central (1-4) y satelitales menores.

XVI. Radiados (Rd)

Rd1	Elemento radiado o estrellado formado por un cuerpo y proyecciones de sección transversal plana o circular.
Rd2	Elemento esférico con pliegues o crestas radiados.

XVII. Elementos de conducción (Ec)

Ec1	Cilindros lisos
Ec2	Cilindros con engrosamiento anular
Ec3	Cilindros con engrosamiento helicoidal
Ec4	Cilindros ramificados con engrosamiento helicoidal
Ec5	Cilindros con punteaduras alternas
Ec6	Elementos irregulares con superficie lisa, granulada o estriada (traqueidas cortas)

XVIII. Esqueletos silíceos (Es)

Es1	Fragmentos de tejidos fuertemente silicificados que incluyen células tabulares papilosas, apéndices dérmicos papilados, cistolitos papilados y complejos estomáticos.

Otros

Elp1	Elongados polilobulados con acanaladura central

ANEXO V

Informe final del curso Modelado 3D: Fotogrametría y Mapeo 3D con legado de imágenes. Sitio arqueológico Los Indios, bañado Las Maravillas, cuenca de la Laguna Negra

Fotogrametría y Mapeo 3D con legado de imágenes. Sitio arqueológico Los Indios, bañado Las Maravillas, cuanca de la Laguna Negra

Alfonso Machado

Curso Mapeo 3D
Maestría en Geociencias – PEDECIBA
Profesor Dr. Rodrigo Torres

Introducción

El presente trabajo utiliza un legado de imágenes de vuelo con drone para el mapeo tridimensional del sitio arqueológico Los Indios. Los productos sirven de soporte informático/físico al desarrollo de la Tesis de maestría “Ocupaciones humanas, paleoclimas y paleoambientes del Holoceno en la cuenca de la Laguna Negra”. En el desarrollo de la Tesis se estudian los cambios climáticos y ambientales del pasado (paleoclima y paleoambiente), el impacto de estos cambios sobre las poblaciones, así como el impacto de las respuestas humanas sobre los ecosistemas. Para ello se combinan datos arqueológicos provenientes principalmente de la excavación V del sitio Los Indios, ubicado en una península inserta en el bañado las Maravillas, cuenca de la Laguna Negra (Rocha – Uruguay) con indicadores paleoambientales y paleoclimáticos provenientes de los análisis multivariados de testigos de fondo del bañado.

Luego del árido y frío final del Pleistoceno existente hasta hace 12.500 años antes del presente (AP), el paleoclima se volvió definitivamente más húmedo y caluroso hace *circa* ^{14}C 8500 y el punto de máximo calor alcanzado por esta tendencia tuvo lugar entre los *circa* ^{14}C 8000 y los 6000 años AP, coincidiendo con las propuestas globales para el Óptimo Climático (del Puerto *et al.* 2011). Este período es conocido como Holoceno temprano (9000 a 6000 AP).

Posteriormente, a partir de *circa* ^{14}C 6000 AP, existió un cambio hacia un clima más árido y frío con una marcada estacionalidad que caracterizó al Holoceno medio. Durante este período surgió entre las sociedades de la zona, la práctica de construcción de túmulos conocidos como “Cerritos de indios”, con origen en la zona de India Muerta hace 5000 años AP y aproximadamente hace 3000 años AP en las zonas de lagunas costeras. Éstas sociedades generaron una de las mayores modificaciones alotrópicas de las tierras bajas durante la prehistoria (López Mazz y Bracco 1994; López Mazz 2001).

El sitio arqueológico Los Indios fue ocupado por cazadores recolectores durante el período arcaico en el Holoceno temprano (C^{14} 9000–7000 años AP) y posteriormente en el formativo por los “constructores de cerritos” (*circa* C^{14} 3000-400 AP) (López Mazz 2013). En primer lugar, el sitio se destaca por ser el único que registra ocupaciones durante el Holoceno temprano en toda la cuenca de la Laguna Merín. Por otro lado, presenta un hiato arqueológico comprendido entre el séptimo y el tercer milenio antes del presente. Estas características tan particulares han generado el planteamiento de los objetivos del presente proyecto de Tesis.

El modelado 3D georreferenciado del sitio arqueológico fue realizado con imágenes de legado, tomadas por dos vuelos de *drone,* sin georreferenciación, en el mes de abril de 2014. En el marco del curso “Mapeo 3D” se utilizaron, para el presente trabajo de fin de curso, los programas *Agisoft Metashape User Versión 1.7* para la creación de la nube de puntos georreferenciados, nube densa, maya de alambre, textura, ortomosaico y Modelo digital de elevación (DEM). Posteriormente se utilizó el programa *Cloud Compare V2.12 alpha,* con el que se realizaron los modelos digitales del terreno (MDT) así como curvas de nivel.

En el presente informe se exponen los objetivos, la metodología, los resultados, las conclusiones, así como la bibliografía utilizada.

Objetivos

El objetivo general del trabajo es generar modelos del terreno en tres dimensiones, los cuales puedan manipularse para el estudio del terreno en diferentes aspectos, así como para obtener salidas gráficas de calidad para la difusión y la divulgación.

Los objetivos específicos son georreferenciar los modelos del terreno y así obtener datos espacialmente coherentes a nivel global, a partir del sitio, tales como lugares de muestreos paleolimnológicos así como arqueológicos. Otro objetivo es generar modelos de elevación de curvas de nivel que faciliten la visualización del drenaje del terreno en cuanto a los depósitos naturales y antrópicos relevados.

Contexto Geográfico del Sitio Arqueológico y Antecedentes

La fosa geológica que da lugar a la cuenca de la laguna Merín se remonta a la distención tectónica de Gondwana y posteriormente fue colmatada de sedimentos e intrusiones magmáticas, así como modelada por dinámica oceánica durante millones de años, derivando en el sistema de lagos, lagunas y charcas que se extiende por el litoral atlántico desde el sureste brasilero hasta el centro sur uruguayo. Este sistema tuvo orígenes diferenciales durante el final del Cuaternario, en ensenadas o partes terminales de las planicies de inundación de los ríos, relacionados a la costa atlántica (Montaña y Bossi 1998; Panario y Gutiérrez 2011).

El origen y la evolución de la laguna Negra tiene diferentes interpretaciones, que pueden ser complementarias en el sentido que se trata de un proceso geomorfológico antiguo que se modifica y reactiva a lo largo del tiempo según los pulsos de los niveles relativos del mar: i- Retroceso marino Pleistoceno final (Panario y Gutiérrez 2011). ii- Retroceso marino Holoceno medio (del Puerto et al. 2011; Inda 2011). iii- Captura del A° India Muerta por el Aº Cebollatí, Holoceno tardío (Montaña y Bossi 1995; Bracco et al. 2012).

El sistema orográfico de la cuenca de la laguna Negra es de rocas cristalinas muy antiguas y genera una topografía con interfluvios al norte y noroeste en la zona Potrero Grande de Santa Teresa, al este y sur con la cuchilla La Angostura, al suroeste en la sierra Los Difuntos, al oeste en la sierra Bella Vista y al noroeste en la sierra La Blanqueada. Las altitudes mayores alcanzan los 170 msnm y se puede apreciar en estas estribaciones, un sistema de caminos que hace posible el tránsito regional, donde las zonas lacustres y anegadizas dominan el territorio (Figura 1).

El entorno del sitio arqueológico Los Indios está conformado por dos planicies aluviales que forman penínsulas distanciadas 2 Km entre sí (este Los Indios - oeste Península Oeste), formando un cuello de botella en la zona baja dominada por las dinámicas del arroyo Los Indios, los bañados Santa Teresa y Las Maravillas, así como por la Laguna Negra.





Figura 1: Mapa geomofológico y arqueológico de la cuenca de la Laguna Negra (izquierda). Imágen satelital Google Earth, escala de sitio; ubicación de muestreos paleolimnológicos y excavación arqueológica (derecha).

Si bien se destacan conjuntos de "cerritos de indios" del Holoceno tardío (*circa* ^{14}C 2900 a 770 años AP), se registró un componente arqueolóico previo datado en el Holoceno temprano (López Mazz et al. 2009). El mismo fue recuperado de la excavación V, con cronologías radiocarbónicas de entre AMS ^{14}C 7100 y 8809 años AP (López Mazz et al. 2009). Se trata del único sitio con registro correspondiente a este período para el este de Uruguay y la cuenca de la laguna Merin. Los análisis realizados sobre el material lítico demuestran que el rango de desplazamientos disminuyó con el paso del tiempo, lo que concuerda con una preferencia sobre materias primas regionales (cuarcita, cuarzo blanco y riolita) acompasando el abandono de materias de mejor calidad para la talla y de carácter alóctono (Gascue et al. 2009).

La Unidad de Estratificación (UE) del Holoceno temprano es granulométricamente limo arenosa, bimodal, de color gris claro, interpretada como un depósito antiguo donde se desarrolló un horizonte eluvial de suelo, denotando largos períodos de anegamiento (Machado, Piñeiro López Mazz 2019). En la misma se encuentran materiales óseos muy degradados pero sin evidencias de rodamiento, así como líticos representativos de todas las etapas de talla (López Mazz et al. 2013). Existen dos UE inferiores, con abundancia de materiales arqueológicos líticos, compuestas por el tope de la Fm Dolores como un grupo estratigráfico con diferenciación interna en cuanto a color, textura y forma. Estas son interpretadas como el producto de los procesos de agrietamiento y relleno, característico del tope de la formación Dolores a causa de las diferencias de humedad existentes en diferentes escalas de tiempo (Machado 2014).

Mediante la batería de fechados obtenida de las excavaciones del sitio, se observa un hiato arqueológico y sedimentario en la transición del Holoceno temprano al Holoceno medio y durante casi todo transcurso de este último (*circa* ^{14}C 7100 y 2900 años AP) (López Mazz 2001; 2013). No se ha determinado aún la/s causante/s de esta falta de registro, quedando abierto un gran campo de estudio en torno a los cambios ambientales acaecidos con el ascendente aumento de temperatura y humedad así como por el transgresivo marino del Holoceno, en relación a los períodos de ocupación y abandono del sitio.

Metodología

Fotos - Legado de imágenes

En el marco del Proyecto Poblamiento Temprano del Este de Uruguay (CSIC I+D Grupos 2011-2015) dirigido por el Dr. José López Mazz y en conjunto con la empresa *L´ Avión Jaune* (https://lavionjaune.com/) de Montpellier – Francia, se llevaron a cabo una serie de vuelos con un done modelo Pixi (Figura 2), equipado con una cámara Canon EOS 400D Digital, que registró fotografías en RGV e IR. Los vuelos fueron realizados sobre algunas áreas relacionadas a sitios y paisajes arequeológicos de la zona UTM Sur22 del Departamento de Rocha – Uruguay, y las fotografías fueron guardadas en cuatro carpetas: Camino Escuela Potrero Grande RGV (n=37) IR (N=38); India Muerta RGV (n=13) IR (N=15); Los Indios (16_04_2014) RGV (n=79), IR (n=80), (19_04_2014) RGV (n=56), IR (n=119); Farrapos (n=60), IR (n=61). Para el presente trabajo se seleccionaron las carpetas correspondientes a los vuelos en el sitio arqueológico Los Indios. Los datos de las fotos de cada carpeta se representan en la siguiente tabla (Tabla 1):

Propiedad	**Valor**			
	16_04_2014 RGV	**16_04_2014 IR**	**19_04_2014 RGV**	**19_04_2014 IR**
Tipo de archivo	jpg	jpg	jpg	jpg
Dimensiones	38888x2592px	38888x2592px	38888x2592px	38888x2592px
Resolución Hor,	72ppp	72ppp	72ppp	72ppp

Ver				
Tamaño	3,48MB	2,72MB	3,35MB	3,6MB
Unidad de resolución	2	2	2	2
Representación de color	No calibrado	No calibrado	No calibrado	No calibrado
Velocidad ISO	ISO-200	ISO-200	ISO-200	ISO-200
Punto F	f/4	f/4	f/5	F/5
Tiempo de exposición	1/1000s	1/2000s	1/1000s	1/1000s
Compensación de exposición	0 paso	0 paso	0 paso	0 paso
Programación de exposición	Manual	Manual	Manual	Manual
Balance de blanco	Manual	Manual	Manual	Manual
Modo de medición	Diseño	Parcial	Parcial	Parcial
Modo flash	Sin flash	Sin flash	Sin flash	Sin flash
Distancia focal	25mm	27mm	25mm	27mm
Versión EXIF	0221	0221	0221	0221

Cuadro 1: datos de fotografías



Figura 2: *Drone* modelo pixi, equipado con cámara Canon, empresa *L´avión Jaune*

ArgisoftMetashape

Flujo de Trabajo

El vuelo seleccionado en primera instancia para su procesado con Programa específico fue el del día 19 de abril de 2014 (RGV) dado que comprende la mayor área. Con el programa *Argisoft Metashape* se cargaron las fotos al mismo por medio del comando Menú/Flujo de

trabajo/Adjuntar fotos, luego se alinearon (Menú/Flujo de trabajo/Alinear fotos). En este paso el Programa utilizó las 56 fotos, con lo que posteriormente se realizó la nube de puntos (Figura 3) (Menú/Flujo de trabajo/crear nube) en calidad media.

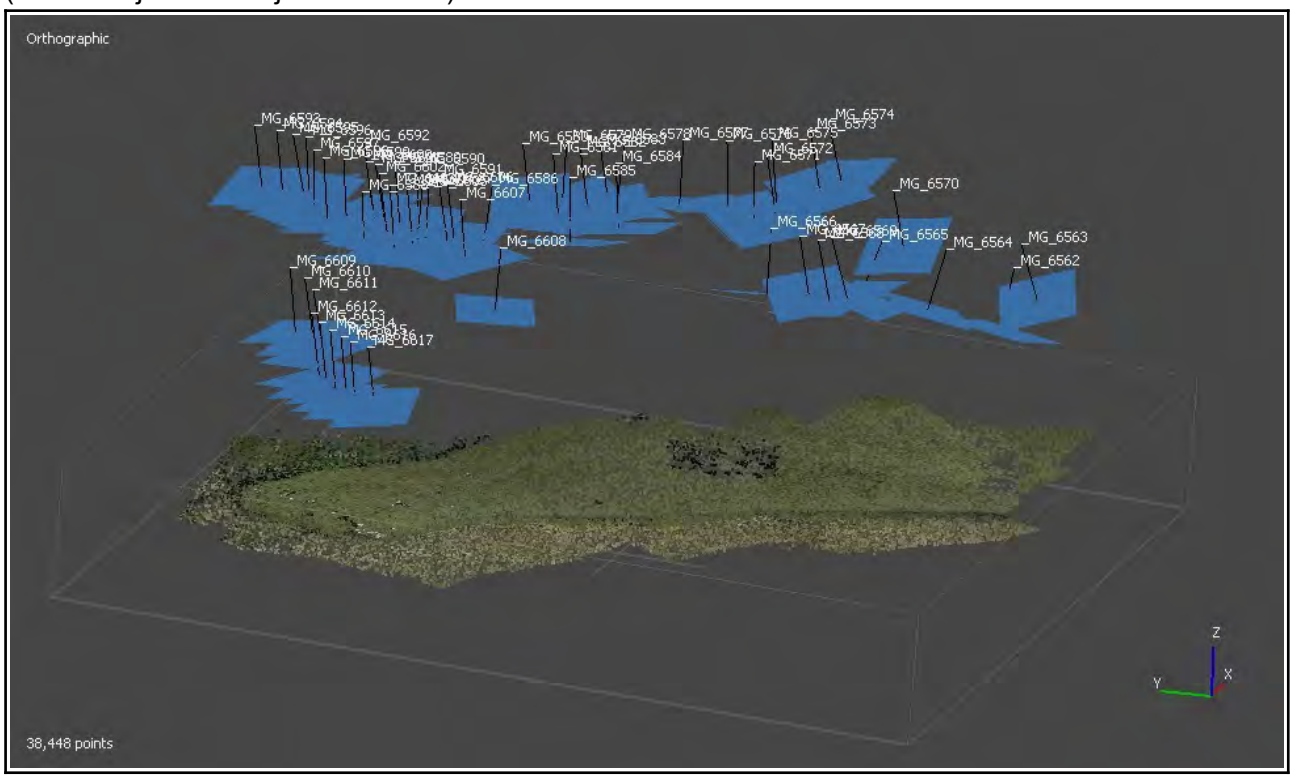


Figura 3: nube de puntos con posición de cámaras.

Para ajustar los parámetros de referencia, en el Menú/Ver/Referencias/Configuración se colocó Sistemas de Coordenadas WGS 84 UTM zona 22S, Referencia de cameras WGS 84, Referencia de marcadores WGS 84 UTM zona 22S. En Referencias/Precisión de Puntos de Apoyo se utilizó 0,5m. Posteriormente se orientó el modelo en el espacio y ajustó el volumen de trabajo. El modelo se orientó al norte, tomando como referencia la imagen IDE.uy (Figura 4).

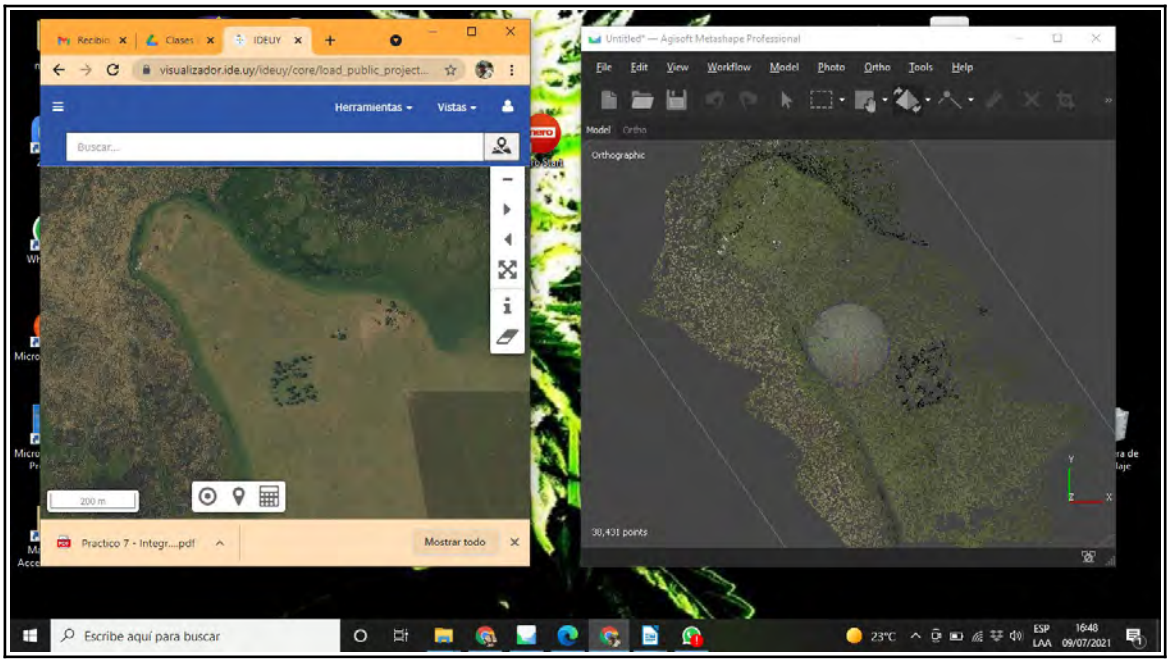


Figura 4: orientación geográfica del modelo (izquierda imagen IDE.uy 2017; derecha modelo en Metashape imágenes 2014)

Luego de tener el modelo ajustado y orientado, se realizó la nube densa (Menú/Flujo de trabajo/Crear nube densa) en calidad media (Figura 5).



Figura 5: nube densa

Posteriormente se creó la malla (Menú/Flujo de trabajo/malla), obteniendo el modelo de malla de alambre así como el sólido (Figura 6).

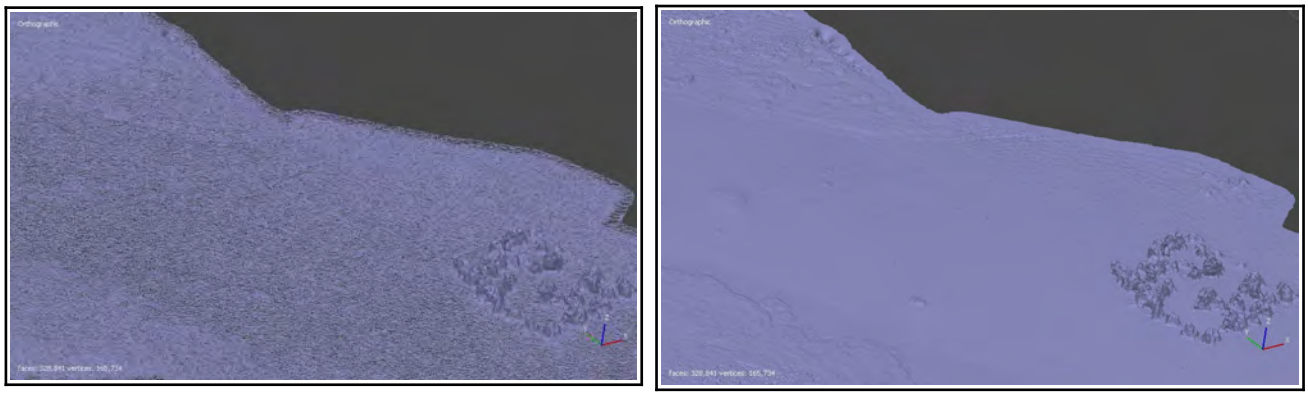


Figura 6: modelo maya de alambre (izquierda); modelo sólido (derecha).

El paso siguiente fue realizar el modelo con textura (Menú/Flujo de trabajo/textura) (Figuras 7). Luego se duplicó el proyecto y procedió a la georreferenciación.



Figura 7: modelo texturado

Georreferenciación

Se realizó la georreferenciación en el bloque duplicado, con el apoyo del manual del Programa *Argisoft Metashape* así como con el tutorial del Práctico 7 del curso. Dado que el proyecto no contó con fotografías georrefereniadas así como tampoco con dianas georreferenciadas con alta precisión (por ejemplo DGPS), se realizó una adaptación al proceso. Se tomaron puntos duros de referencia como afloramientos rocosos reconocios en campo, luego por medio del sitio WEB de IDE.uy (https://visualizador.ide.uy/ideuy/core/load_public_project/ideuy/#) se tomó referencia de los puntos mediante el botón de Información (Figura 8). Esa información fue cargada en una planilla guardada en archivo .csv conformando cinco puntos con ID: D1, D2, D3, D4, D5 (Cuadro 2).

ID	X	Y	Z
D1	249018.49178	6245877.23235	10.65
D2	248990.63171	6245851.21581	10.28
D3	248960.96379	6245820.60673	9.32
D4	248938.11274	6245816.37253	8.60
D5	249163.36714	6245759.58920	12.29

Cuadro 2: valores UTM 22 Sur de puntos conocidos (IDE.uy)

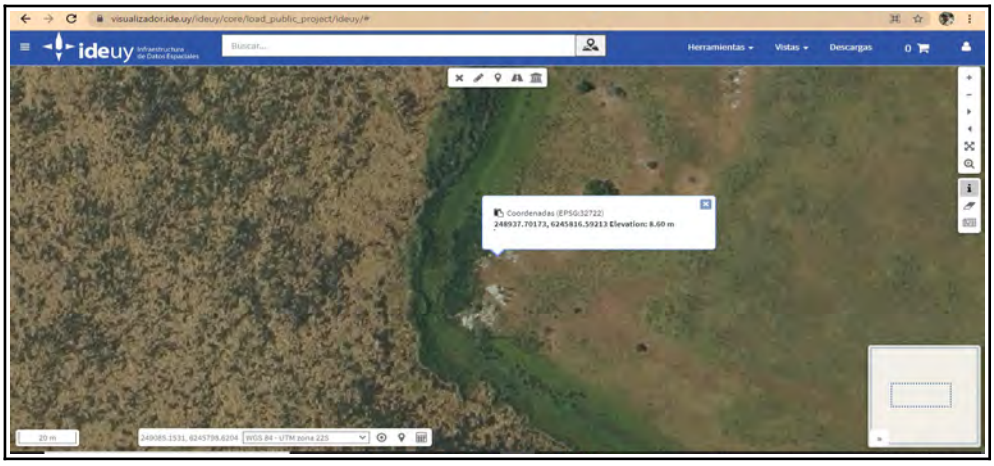


Figura 8: IDE.uy información en el punto.

Marcadores

En el programa *Metashape* se adjuntaron los marcadores con click derecho sobre el punto/adjuntar marcador en modo nube densa (Figura 9). En el directorio se clikeó/botón derecho sobre el marcador/renombrar para que el nombre coincida con el ID del cuadro .cvs. Con el menúi/Referencias/Importar tabla, se seleccionó la tabla .cvs corroborando en el cuadro de diálogo que el sistema de coordenadas se encuentre en UTM zona 22S. En Referencias/Optimizar cámaras/Adaptativo se intentó mejorar la precisión, no obstante el error total previo a la operación registró 0,266928m y posteriormente 0,269665m, y cada marcador incurrió en el siguiente error (Cuadro 3):

ID	Error antes	Error después
D1	0,447786	0,453475
D2	0,196752	0,195086
D3	0,269139	0,271726
D4	0,140291	0,141864
D5	0,157838	0,161049

Cuadro 3: error en marcadores previo y posterior a optimización



Figura 9: Marcadores (D1, D2, D3, D4, D5) Programa *Metashape.*

Luego, con el modelo ya georreferenciado se procedió a generar el ortomosaico y el Modelo Digital de Elevación (MED) (Figuras 10 y 11).

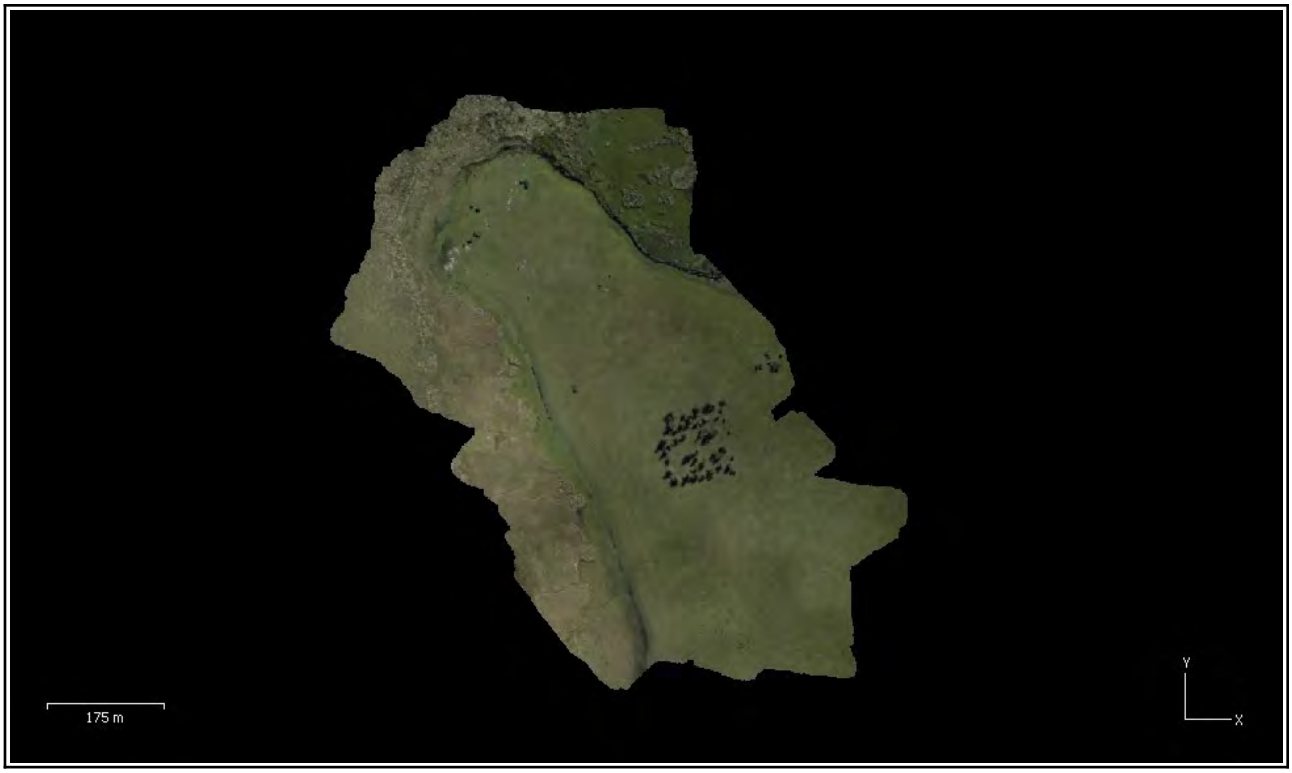


Figura 10: ortomosaico

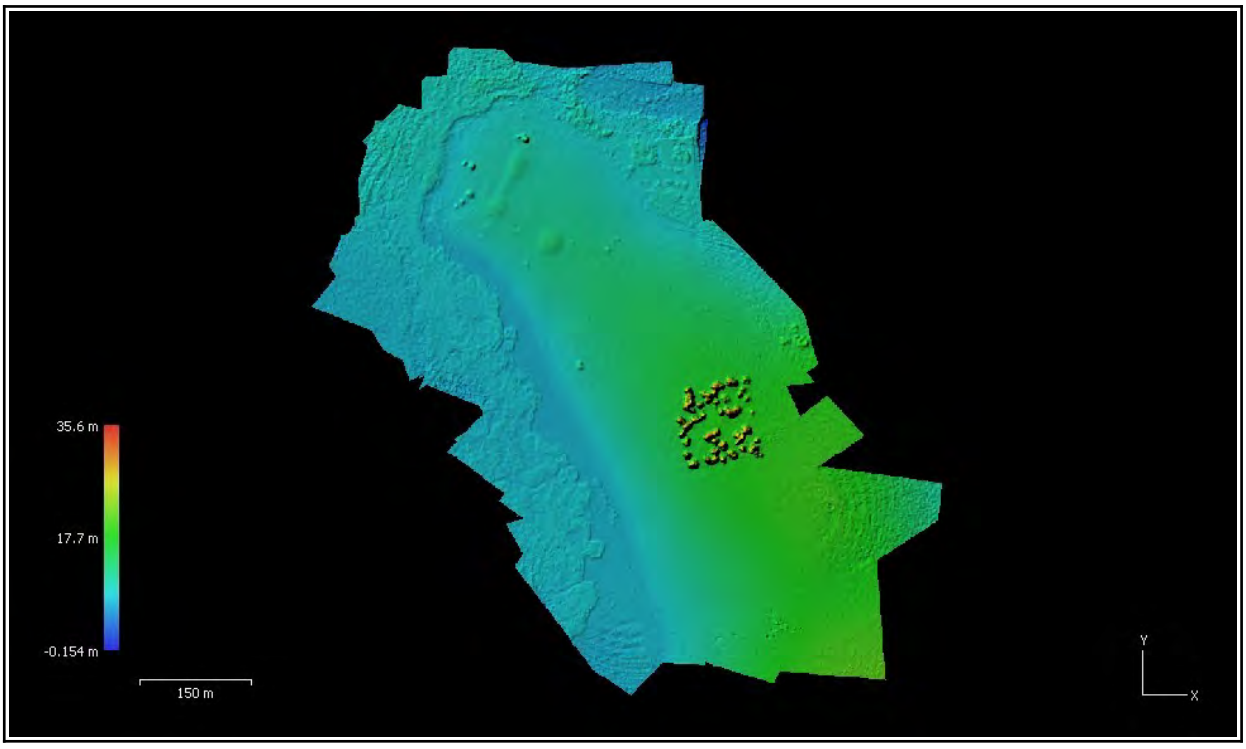


Figura 11: MDE

Se procedió a guardar los productos del Proyecto de acuerdo al directorio utilizado en el curso de la siguiente manera:

01 FOTOS

Los Indios RGV 16_04_14

_MG_6464 - _MG_6544.jpg

Los Indios IR 16_04_14

_MG_6459 - _MG_6339.jpg

Los Indios RGV 19_04_14

_MG_6562 - _MG_6618.jpg

Los Indios IR 19_04_14

_MG_6635 - _MG_6753.jpg

02 PHOTOSCAN (psx)

Los Indios_16_04_14.psx

Los Indios v2.psx (corresponde a 19_04_14)

03 ORTOMOSAICO (tif)

Los Indios_16_04_14_RGV.tif

Los Indios_19_04_14_RGV.tif

04 DEM (tif)

Los Indios_16_04_14_RGV.tif

Los Indios_19_04_14_DEM_tif

05 CURVAS DE NIVEL (shp)

06 MODELO 3D (obj)

Los Indios_16_04_14_RGV_.obj

Los Indios_19_04_14_RGV_.obj

0**7 NUBE_PUNTOS**

Los Indios nube de puntos _19_04_14_.txt

Los Indios nube de puntos_19_04_14_.obj

Los Indios nube de puntos_19_04_14_.ply

08 PDF3D (pdf)

Los Indios_19_04_14_.pdf

09 INFORME (pdf)

Los Indios_16_04_14_Informe

Los Indios_19_04_14_Informe

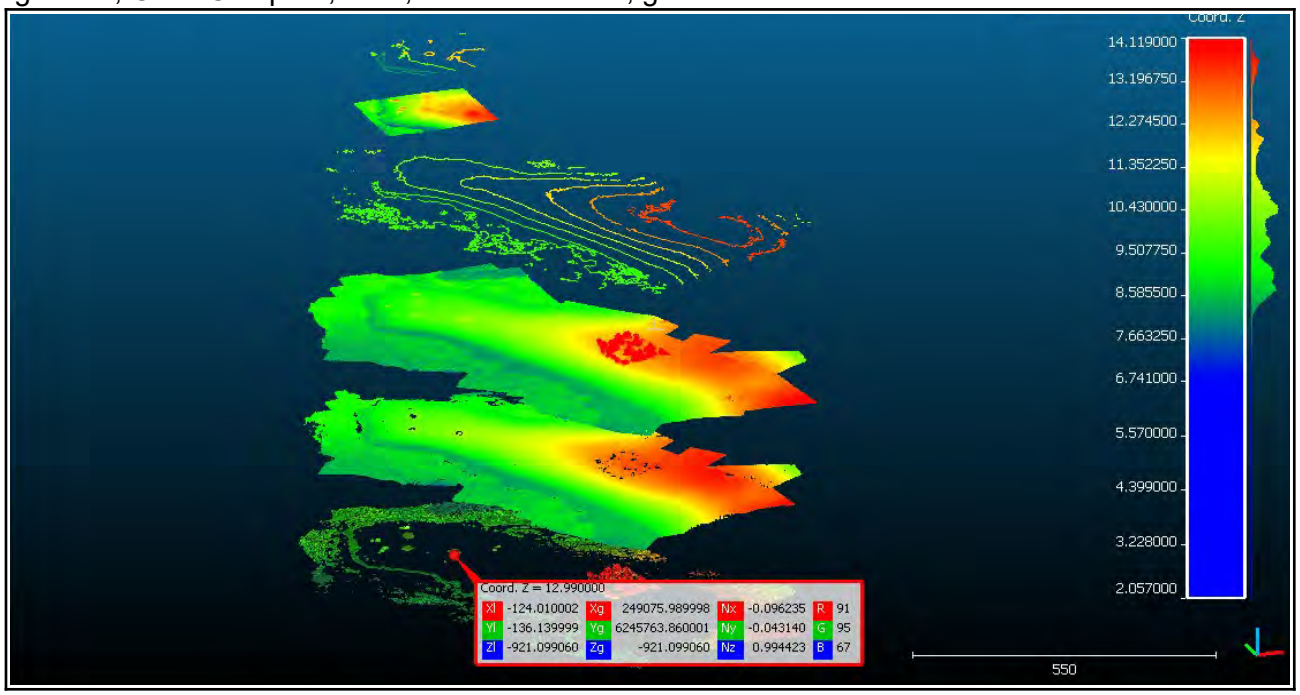
Los Indios_Informe Final

Posteriormente se procesaron las fotos del vuelo del 16_04_14_RGV, se generó la nube de puntos, la nube densa, y se realizó la georreferenciación utilizando los mismos puntos/marcadores que para el modelo Los Indios 19_04_14_RGV (Figura 12). Asimismo, el modelo fue procesado en malla, alambre, MED y ortomosaico. Posteriormente la nube densa en formato .txt fue abierta y procesada en el Programa CloudCompare.

CloundCompare

Se abre el archivo Los Indios: nube densa_16_04_14 y 19_04_14. Se aceptan los parámetros. Siguiendo los pasos del Practico 6 del curso, se generaron modelos georreferenciados de elevación (DEM) así como modelos de curvas de nivel (Figura 12).

Figura 12; CloudCompare, MDT, curvas de nuvel, georreferenciado.



Resultados y discusión

La resolución de imagen en el terreno es buena, no obstante las mismas fueron guardadas en formato .jpg, lo cual no es lo más recomendable ya que con el paso del tiempo y el uso, este formando va a perder data. De todos modos se logró una buena resolución en los modelos.

Los productos procesados con *Metashape* tienen una buena resolución en cuanto a imágen. En lo relativo a la georreferenciación, la resolución no es la mejor que se pudo haber logrado, ya que no se tuvo la posibilidad de trabajar en campo con DGPS. De tal modo y al realizar las referencias en base a la IDE.uy supera el metro. No obstante esxiste la posibilidad de acceder al sitio con un DGPS, lo que podría “calibrar” la georreferenciación del sitio, aumentando la resolución y disminuyendo el margen. En caso de DGPS es posible trabajar con errores sub métricos, del rango menos a 10cm. Para tal ocasión se trabajará con un equipo Trimble DGPS con posproceso en tiempo real, lo cual permitirá obtener una gran resolución en los puntosa de referencia (afloramiwntos rocosos, esquina de excavación, otros.

Al pasar la nube densa al Programa CloudCompare, ésta mantuvo las coordenadas absolutas y permitiendo generar un valor (x, y, z) a cada punto consultado. Los modelos generados con este programa no colmaron las expectativas dado que se esperaba pudieran filtrar toda la vegetación alta. No obstante dado el tipo de vegetación del sitio es muy difícil poderla eliminar para construir un MDT, ya que la vegetación existente en el bañado es bastante alta con respecto a su entorno. Ésto hace que en los modelos esta zona se represete más alta de lo que en realidad es al “pelo de agua”.

La metodología generada durante el curso es satisfactoria con respecto a los objetivos del programa y procesamiento de trabajo final.

Conclusiones

Los resultados presentados, además de arrojar nuevos datos que ayudan a la interpretación del registro arqueológico y paleoambiental, nos impulsan al planteo de nuevas preguntas e inquietudes. Los cerritos que están en conjuntos, ¿con qué frecuencia se unen en la

base? ¿Es producto de la acción directa de construcción o del posterior achatamiento de los cerritos y su acción sobre el sedimento circundante? Estas preguntas constituyen hipótesis de trabajo que pueden ser contrastadas a través del análisis de una muestra de conjuntos representativa de la expresión cultural tratada.

El modelado digital en general es una herramienta ágil y didáctica dada su dinámica de variabilidad y representación del terreno por un medio que no es convencional como lo son la fotografía o la carta topográfica. Estos formatos digitales también promueven una difusión mayor, en tiempos de una dinámica cibernáutica. El hecho de que los archivos sean interactivos le agrega al receptor un aditivo nuevo y diferente a los tradicionales medios gráficos. Este trabajo será presentado con una copia digital en DVD, donde se puede acceder a los modelos para interactuar con ellos en cuanto a la visualización.

Con relación al registro digital, en todos los casos, la posibilidad de poder realizar estudios métricos a la réplica ante la eventual destrucción de la pieza arqueológica es positiva. Asimismo los MDT funcionan como registro de sitio ante la eventual destrucción de los mismos, como es corriente en casos de Arqueología de impacto. En cuanto a los modelos digitales y su difusión dentro de marcos educativos principalmente e institucionales en general, nos resulta una muy buena herramienta. Estos modelos de sitios arqueológicos pueden ser difundidos mediante la Internet. De esta manera también nos queda pendiente intentar llegar a las poblaciones locales, principalmente aquellas que poseen el cuidado de sitios arqueológicos. Pensamos que debe existir una educación, en el sentido más cabal del 106 concepto de patrimonio arqueológico. La difusión y contemplación estatal dentro de marcos educativos, de investigaciones arqueológicas realizadas, resulta fundamental y los modelos digitales de sitios creemos son una muy buena herramienta didáctica, incluso cuando pueden ser interactuados por los usuarios.

Bibliografía

Agisoft Metashape User Manual: Professional Edition, Version 1.7 Publication date 2021 Copyright © 2021 Agisoft LLC

Bracco R (1992) l Arqueología ¿una ciencia pura y aislada? Arqueología MEC:15–31

CloudCompare Version 2.6.1 User manual

del Puerto L, García-Rodríguez F, Bracco R, Castiñeira C, Blasi A, Inda H, Mazzeo N, Rodríguez A (2011) Evolución Climática Holocénica Para el Sudeste del Uruguay: Análisis Multi-proxy en Testigos de Lagunas Costeras. In: García-Rodríguez F (ed) El Holoceno en la Zona Costera de Uruguay. Universidad de la República, Montevideo, pp 117–154

Gascue A, López Mazz J, Villarmarzo E, De León V, Sotelo M, Alzugaray S (2009) La organización de la tecnología lítica de los pobladores Tempranos del este de Uruguay. Intersecciones en Antropología, Facultad de Ciencias Sociales, UNCPBA, Argentina 10:63–73

Inda H (2011) Paleolimnología de cuerpos de agua someros del sudeste del Uruguay: evolución holocena e impacto humano. Editorial Académica Española, Madrid

López Mazz J (2001) Las estructuras tumulares (cerritos) del litoral atlántico uruguayo. Latin Amer Antiquity SAA Soc Amer Archaeol 12(3):231–255

López Mazz J (2013) Early human occupation of Uruguay: radiocarbon database and archaeological implications. Quatern Int 30:1–10

Machado Arnaud, Alfonso, Gustavo Piñeiro Barceló and José López Mazz. 2017 Site Formation Processes Since the Early Holocene in a Planosol Sequence from the Laguna Negra Basin archaeological implications. Springer. ISSN 2366-3421 ISSN 2366-343X (electronic) The Latin American Studies Book Series ISBN 978-3-030-17827-7 ISBN 978-3-030-17828-4 (eBook) https://doi.org/10.1007/978-3-030-17828-4

Panario D, Gutiérrez O (2011) Introducción a la Geomorfología de Lagunas Costeras, Lagos Someros y Charcas de Uruguay. In: García-Rodríguez F (ed) El Holoceno en la Zona Costera de Uruguay. Universidad de la República, Montevideo, pp 49–63

ANEXO VI

Informe de dataciones radiocarbónicas. Laboratorio AMS de radiocarbono de la Universidad de Arizona, Estados Unidos. Núcleo 1.

THE UNIVERSITY OF ARIZONA

UNIVERSITY OF ARIZONA AMS LABORATORY

RADIOCARBON ANALYTICAL REPORT

Machado, A. (AA112538 - AA112540)
Order #2553

Machado, A. (AA112538 - AA112540) – Radiocarbon Analytical Report

Summary Page

The following analytical report contains 14C analysis from the University of Arizona. This report contains:

1. Summary page, includes data qualifiers, non-conformances, and data summary (page 1)
2. Individual sample reports (pages 2-4)

Data Qualifiers: Fraction Modern Carbon and Radiocarbon Age were calculated as weighted averages of combined machine runs to reduce overall error. A small sample correction is applied to samples with a carbon mass less than 0.50 mg.

Non-Conformances: None.

Report generated by: Richard Cruz

Report Generation Date: 5/1/2019

Reviewer: Greg Hodgins

Date: 5/1/2019

Signature:



Data Summary

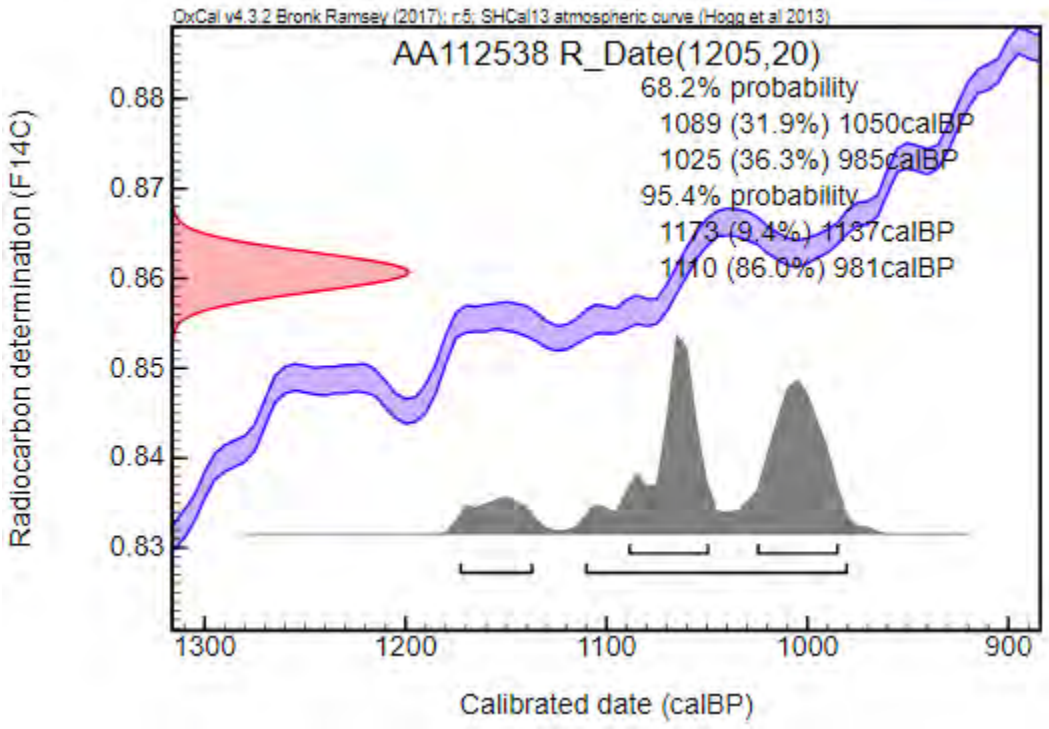
AA	lab #	sample ID	MATERIAL	MASS (mg)	d13C value	Fraction Modern	14C age BP
AA112538	X34225	LMC1-01	sediment	2.04	-25.2	0.8607 +- 0.0022	1205 +- 20
AA112539	X34226	LMC1-02	sediment	0.52	-17.0	0.6009 +- 0.0019	4091 +- 26
AA112540	X34227	LMC1-03	sediment	0.68	-19.2	0.5331 +- 0.0016	5054 +- 23

Machado, A. (AA112538 - AA112540) – Radiocarbon Analytical Report

Data Report (1 of 3)

User Information	***Laboratory Information***
Submitter: Machado, A. User ID: LMC1-01 Expected age: 1000 BP Sample origin: Uruguay, Rocha, Los Indios	AA-number: AA112538 Laboratory number: X34225 Sample type: sediment Pretreatment: Acid Carbon yield: 2.0% Carbon mass: 2.04 mg

Results	
$\delta^{13}C$ (± 0.1‰, 1σ):	-25.2 ‰
Fraction of modern carbon (±1σ):	0.8607 +- 0.0022
Uncalibrated ^{14}C Age (±1σ):	1205 +- 20 *14C years BP*
Calibration Program / Dataset:	OxCal 4.3 / ShCal13 atmospheric
Calendar Age Range (68%):	1089 calBP to 985 calBP
Calendar Age Range (95%):	1173 calBP to 981 calBP

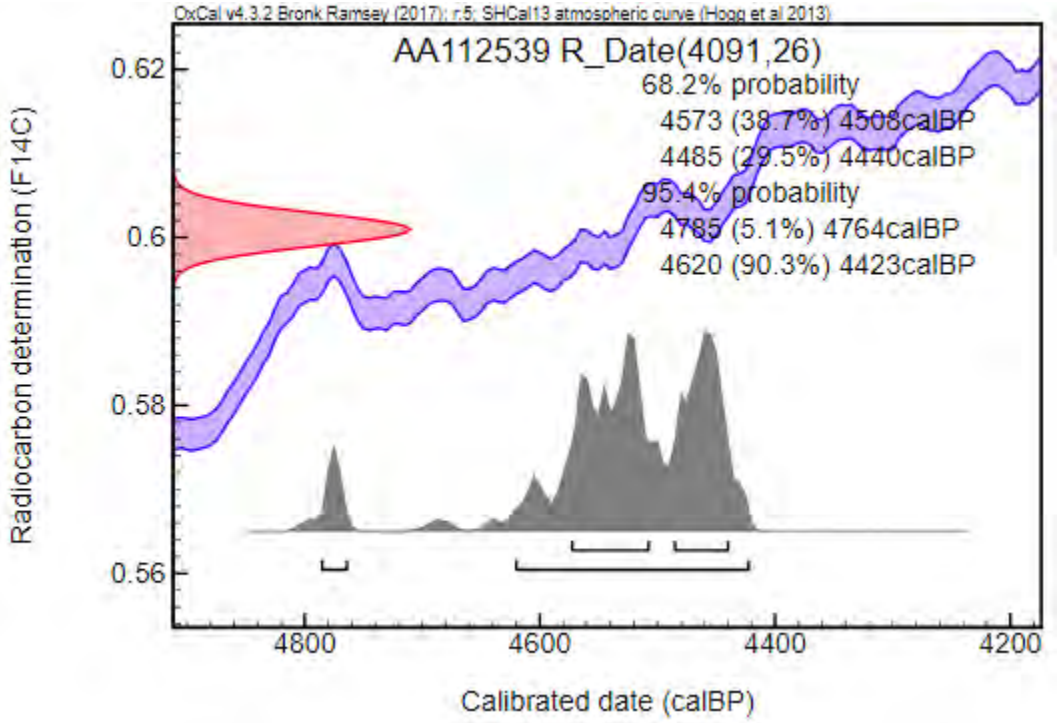


Machado, A. (AA112538 - AA112540) – Radiocarbon Analytical Report

Data Report (2 of 3)

User Information	*Laboratory Information*
Submitter: Machado, A. User ID: LMC1-02 Expected age: 4000 BP Sample origin: Uruguay, Rocha, Los Indios	AA-number: AA112539 Laboratory number: X34226 Sample type: sediment Pretreatment: Acid Carbon yield: % Carbon mass: 0.52 mg

Results	
$\delta^{13}C$ (± 0.1‰, 1σ):	-17.0 ‰
Fraction of modern carbon (±1σ):	0.6009 +- 0.0019
Uncalibrated ^{14}C Age (±1σ):	4091 +- 26 *14C years BP*
Calibration Program / Dataset:	OxCal 4.3 / ShCal13 atmospheric
Calendar Age Range (68%):	4573 calBP to 4440 calBP
Calendar Age Range (95%):	4785 calBP to 4423 calBP

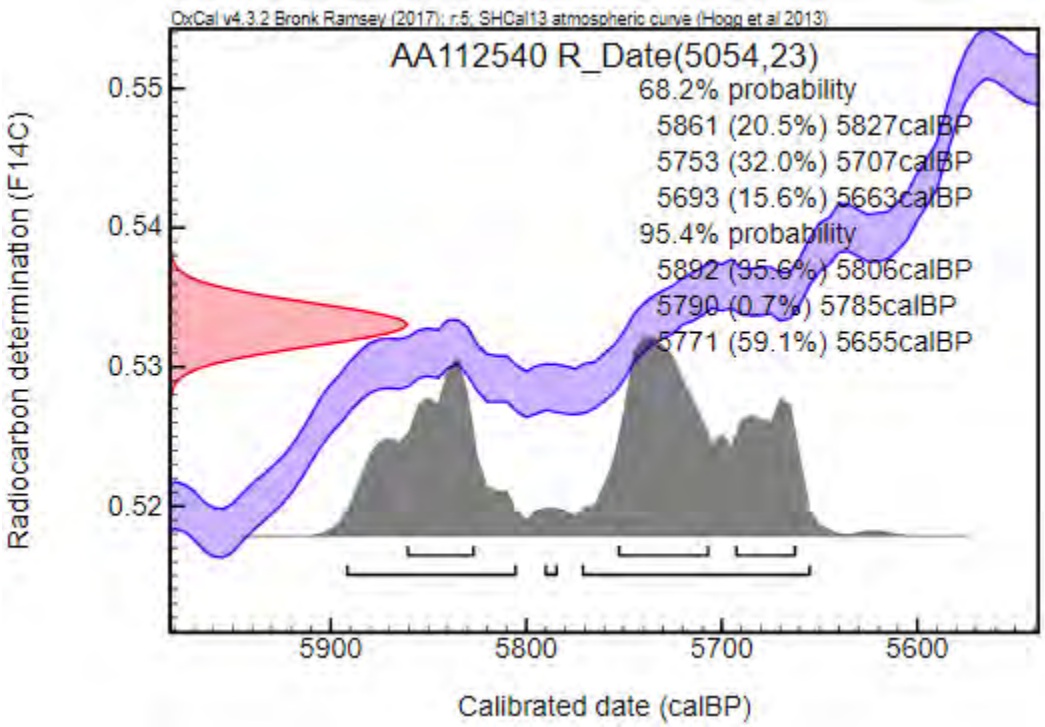


Machado, A. (AA112538 - AA112540) – Radiocarbon Analytical Report

Data Report (3 of 3)

User Information	*Laboratory Information*
Submitter: Machado, A. User ID: LMC1-03 Expected age: 4000 BP Sample origin: Uruguay, Rocha, Los Indios	AA-number: AA112540 Laboratory number: X34227 Sample type: sediment Pretreatment: Acid Carbon yield: 0.27% Carbon mass: 0.68 mg

Results	
$\delta^{13}C$ (± 0.1‰, 1σ):	-19.2 ‰
Fraction of modern carbon (±1σ):	0.5331 +- 0.0016
Uncalibrated ^{14}C Age (±1σ):	5054 +- 23 *14C years BP*
Calibration Program / Dataset:	OxCal 4.3 / ShCal13 atmospheric
Calendar Age Range (68%):	5861 calBP to 5663 calBP
Calendar Age Range (95%):	5892 calBP to 5655 calBP



ANEXO VII

Informes de los resultados de análisis granulométricos mediante contador laser de partículas Mastersized. Laboratorio de sedimentos de Santa Rosa, Universidad de La Pampa. Núcleos 1, 2, 3.

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C1 0-2 - Average

SOP Name:

Measured:
Martes, 15 de Octubre de 2019 10:22:00 a.m.

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Measured by:
Usuario

Analysed:
Martes, 15 de Octubre de 2019 10:22:01 a.m.

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Obscuration:
17.57 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.315 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 21.56

% Silt (3.9 - 31 um) = 65.08

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 11.92

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = .8

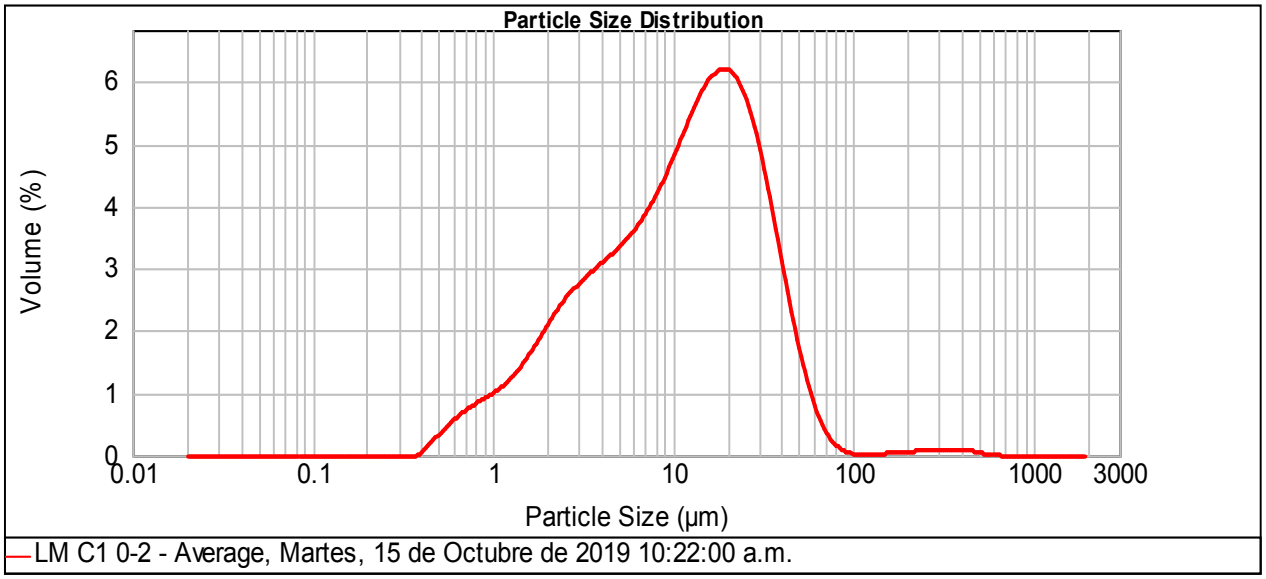
Fine sand (125 - 250 um) = .22

% Medium sand (250 - 500 um) = .39

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = .03

d(0.1): 1.990 um **d(0.5):** 11.790 um **d(0.9):** 34.825 um



Size (µm)	Volume In %
0.010	3.49
1.000	6.57
2.000	11.49
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	15.89
7.800	22.89
15.600	26.59
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	11.62
62.500	0.80
125.000	0.22
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	0.39
500.000	0.03
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C1 5-7 - Average

SOP Name:

Measured:
Martes, 15 de Octubre de 2019 10:33:56 a.m.

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Measured by:
Usuario

Analysed:
Martes, 15 de Octubre de 2019 10:33:57 a.m.

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Obscuration:
16.35 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.291 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 24.61

% Silt (3.9 - 31 um) = 66.46

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 7.45

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = .78

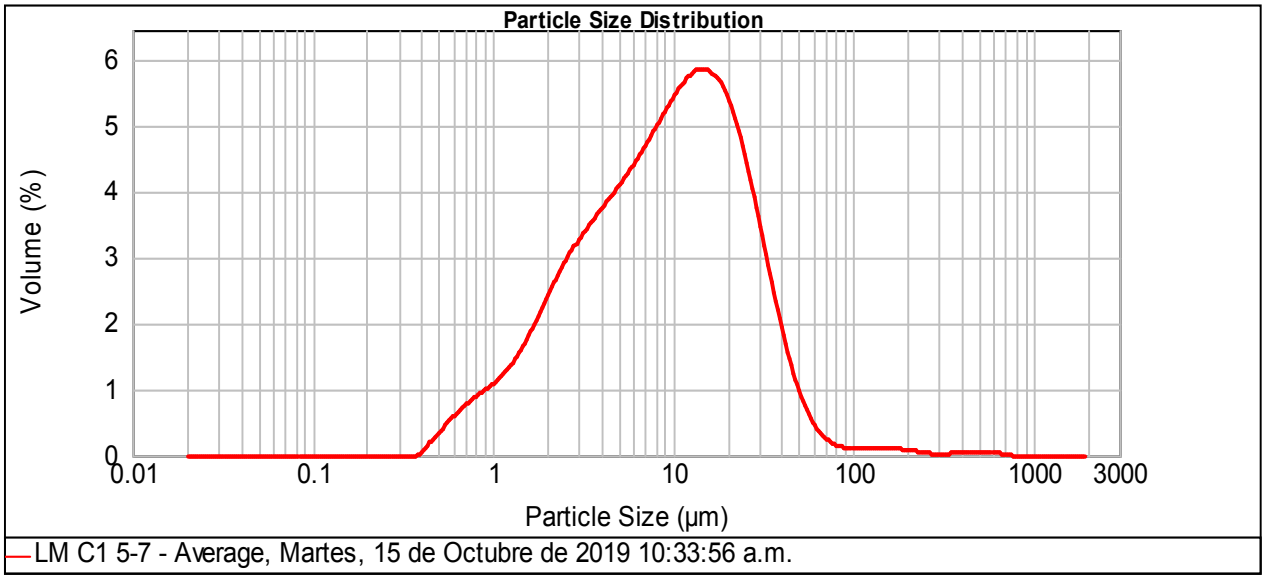
Fine sand (125 - 250 um) = .42

% Medium sand (250 - 500 um) = .18

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = .1

d(0.1): 1.864 um **d(0.5):** 9.355 um **d(0.9):** 29.580 um



Size (µm)	Volume In %
0.010	3.68
1.000	7.37
2.000	13.56
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	19.34
7.800	25.00
15.600	22.33
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	7.25
62.500	0.78
125.000	0.42
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	0.18
500.000	0.10
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C1 10-12 - Average

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Sample bulk lot ref:

SOP Name:

Measured by:
Usuario

Result Source:
Averaged

Measured:
Viernes, 11 de Octubre de 2019 10:12:34 a.m.

Analysed:
Viernes, 11 de Octubre de 2019 10:12:35 a.m.

Particle Name:
Default

Particle RI:
1.520

Dispersant Name:
Water

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Absorption:
0.1

Dispersant RI:
1.330

Analysis model:
General purpose

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Weighted Residual:
1.351 %

Sensitivity:
Normal

Obscuration:
18.02 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 28.17

% Silt (3.9 - 31 um) = 62.13

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 7.85

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = .68

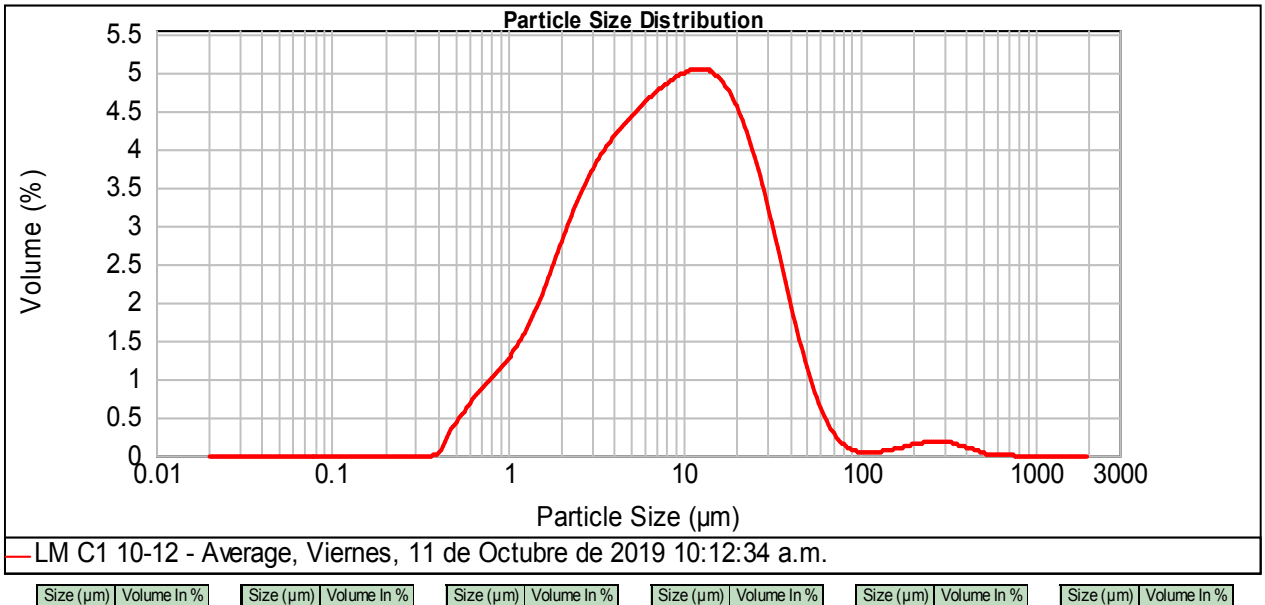
Fine sand (125 - 250 um) = .52

% Medium sand (250 - 500 um) = .62

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = .03

d(0.1): 1.687 um **d(0.5): 8.149 um** **d(0.9): 30.557 um**



Size (µm)	Volume In %
0.010	4.22
1.000	8.57
2.000	15.38
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	20.44
7.800	22.60
15.600	19.29
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	7.65
62.500	0.68
125.000	0.52
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	0.62
500.000	0.03
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C1 15-17 - Average

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Sample bulk lot ref:

SOP Name:

Measured by:
Usuario

Result Source:
Averaged

Measured:
Viernes, 11 de Octubre de 2019 09:17:41 a.m.

Analysed:
Viernes, 11 de Octubre de 2019 09:17:42 a.m.

Particle Name:
Default

Particle RI:
1.520

Dispersant Name:
Water

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Absorption:
0.1

Dispersant RI:
1.330

Analysis model:
General purpose

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Weighted Residual:
1.265 %

Sensitivity:
Normal

Obscuration:
18.84 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 23.78

% Silt (3.9 - 31 um) = 66.05

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 8.65

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = .67

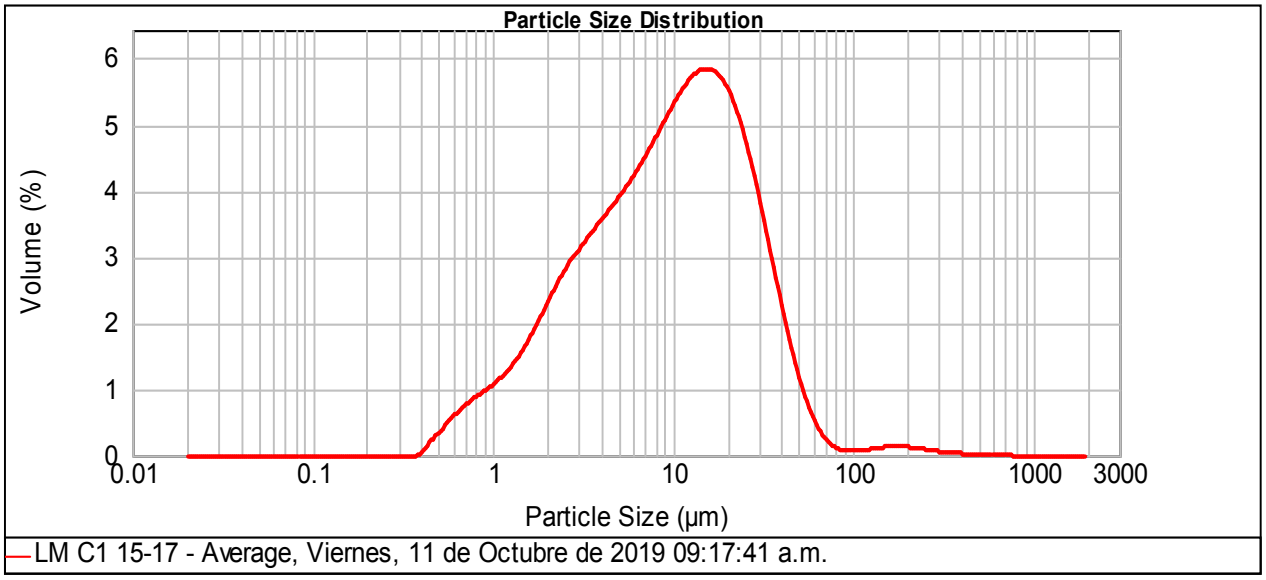
Fine sand (125 - 250 um) = .57

% Medium sand (250 - 500 um) = .23

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = .04

d(0.1): 1.887 um **d(0.5): 9.856 um** **d(0.9): 31.212 um**



Size (µm)	Volume In %
0.010	3.68
1.000	7.17
2.000	12.94
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	18.56
7.800	24.57
15.600	23.15
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	8.42
62.500	0.67
125.000	0.57
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	0.23
500.000	0.04
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C1 20-22 - Average

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Sample bulk lot ref:

SOP Name:

Measured by:
Usuario

Result Source:
Averaged

Measured:
Viernes, 11 de Octubre de 2019 09:23:49 a.m.

Analysed:
Viernes, 11 de Octubre de 2019 09:23:50 a.m.

Particle Name:
Default

Particle RI:
1.520

Dispersant Name:
Water

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Absorption:
0.1

Dispersant RI:
1.330

Analysis model:
General purpose

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Weighted Residual:
1.372 %

Sensitivity:
Normal

Obscuration:
14.22 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 23.01

% Silt (3.9 - 31 um) = 63.97

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 9.83

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = 1.58

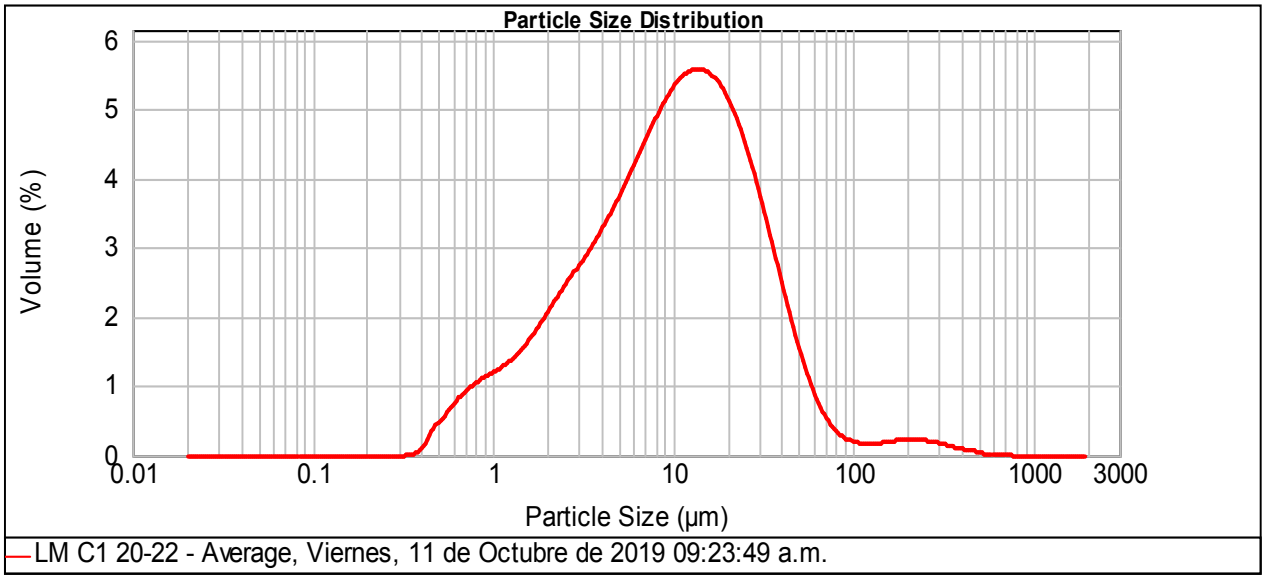
Fine sand (125 - 250 um) = .96

% Medium sand (250 - 500 um) = .61

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = .04

d(0.1): 1.772 um **d(0.5): 10.193 um** **d(0.9): 35.574 um**



Size (µm)	Volume In %
0.010	4.53
1.000	7.01
2.000	11.48
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	18.08
7.800	24.28
15.600	21.84
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	9.60
62.500	1.58
125.000	0.96
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	0.61
500.000	0.04
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C1 25-27 - Average

SOP Name:

Measured:
Martes, 15 de Octubre de 2019 10:39:10 a.m.

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Measured by:
Usuario

Analysed:
Martes, 15 de Octubre de 2019 10:39:11 a.m.

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Obscuration:
14.21 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.274 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 21.77

% Silt (3.9 - 31 um) = 65.52

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 10.38

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = 1.44

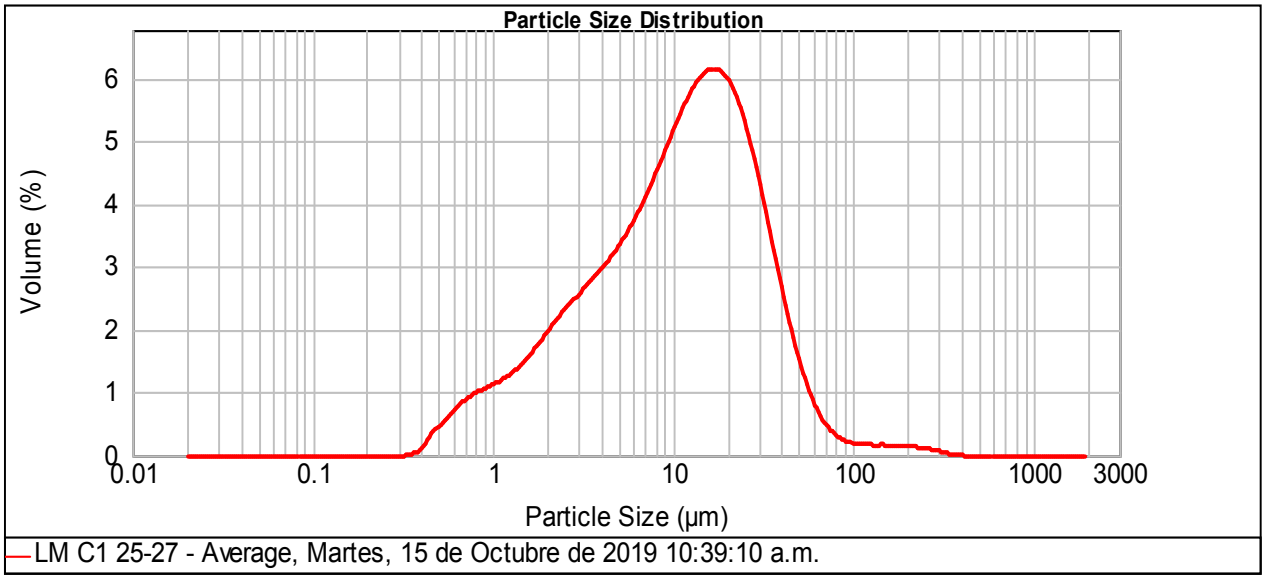
Fine sand (125 - 250 um) = .71

% Medium sand (250 - 500 um) = .17

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = 0

d(0.1): 1.842 um **d(0.5):** 11.298 um **d(0.9):** 34.499 um



Size (µm)	Volume In %
0.010	4.38
1.000	6.63
2.000	10.76
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	16.23
7.800	24.38
15.600	25.18
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	10.12
62.500	1.44
125.000	0.71
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	0.17
500.000	0.00
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C1 30-32 - Average

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Sample bulk lot ref:

SOP Name:

Measured by:
Usuario

Result Source:
Averaged

Measured:
Martes, 15 de Octubre de 2019 10:44:47 a.m.

Analysed:
Martes, 15 de Octubre de 2019 10:44:48 a.m.

Particle Name: Default	**Accessory Name:** Hydro 2000MU (A)	**Analysis model:** General purpose	**Sensitivity:** Normal
Particle RI: 1.520	**Absorption:** 0.1	**Size range:** 0.020 to 2000.000 um	**Obscuration:** 17.39 %
Dispersant Name: Water	**Dispersant RI:** 1.330	**Weighted Residual:** 1.244 %	**Result Emulation:** Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 18.47

% Silt (3.9 - 31 um) = 65.77

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 11.63

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = 1.82

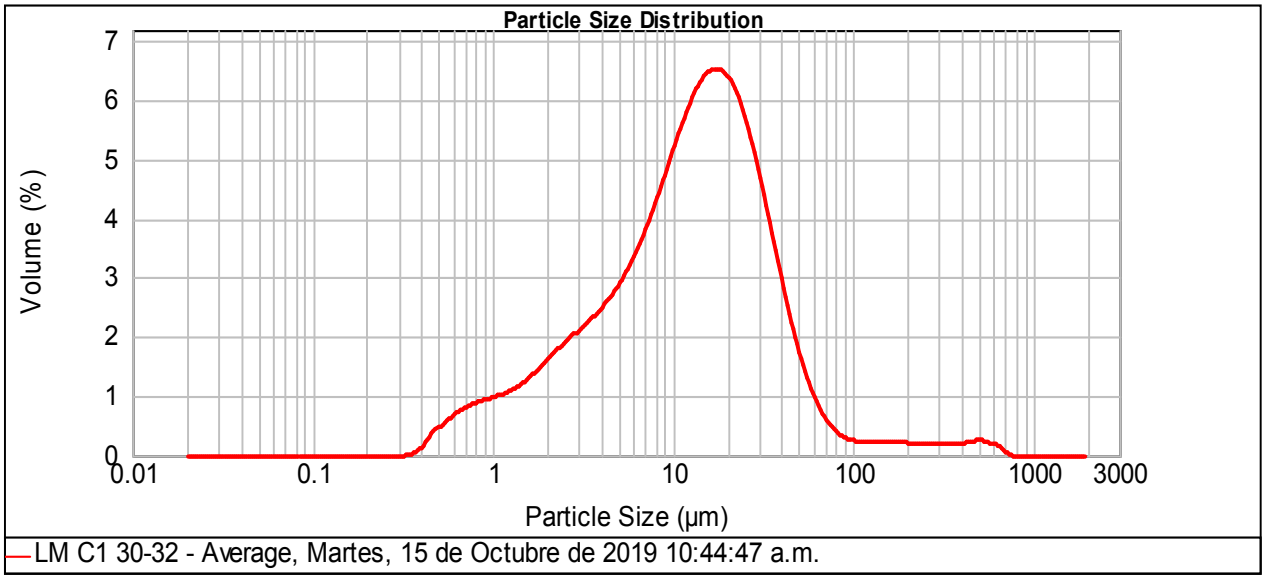
Fine sand (125 - 250 um) = .97

% Medium sand (250 - 500 um) = .92

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = .43

d(0.1): 2.073 um **d(0.5):** 12.987 um **d(0.9):** 38.952 um



Size (µm)	Volume In %
0.010	4.08
1.000	5.54
2.000	8.86
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	14.39
7.800	24.66
15.600	27.00
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	11.34
62.500	1.82
125.000	0.97
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	0.92
500.000	0.43
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C1 35-37 - Average

SOP Name:

Measured:
Martes, 15 de Octubre de 2019 10:29:21 a.m.

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Measured by:
Usuario

Analysed:
Martes, 15 de Octubre de 2019 10:29:22 a.m.

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Obscuration:
14.60 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.258 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 18.48

% Silt (3.9 - 31 um) = 63.97

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 12.46

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = 1.92

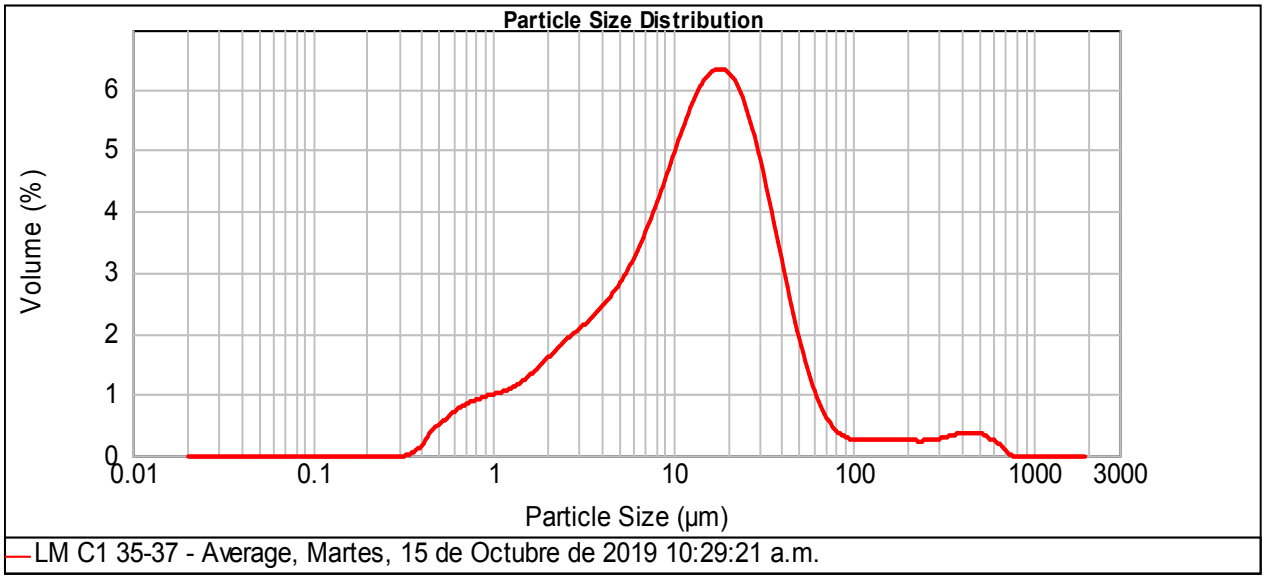
Fine sand (125 - 250 um) = 1.17

% Medium sand (250 - 500 um) = 1.45

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = .55

d(0.1): 2.039 um **d(0.5): 13.423 um** **d(0.9): 41.862 um**



Size (µm)	Volume In %
0.010	4.26
1.000	5.54
2.000	8.68
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	13.93
7.800	23.54
15.600	26.79
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	12.16
62.500	1.92
125.000	1.17
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	1.45
500.000	0.55
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C1 40-42 - Average

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Sample bulk lot ref:

SOP Name:

Measured by:
Usuario

Result Source:
Averaged

Measured:
Martes, 15 de Octubre de 2019 10:50:11 a.m.

Analysed:
Martes, 15 de Octubre de 2019 10:50:12 a.m.

Particle Name:
Default

Particle RI:
1.520

Dispersant Name:
Water

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Absorption:
0.1

Dispersant RI:
1.330

Analysis model:
General purpose

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Weighted Residual:
1.304 %

Sensitivity:
Normal

Obscuration:
13.27 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 20.14

% Silt (3.9 - 31 um) = 62.73

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 10.86

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = 1.71

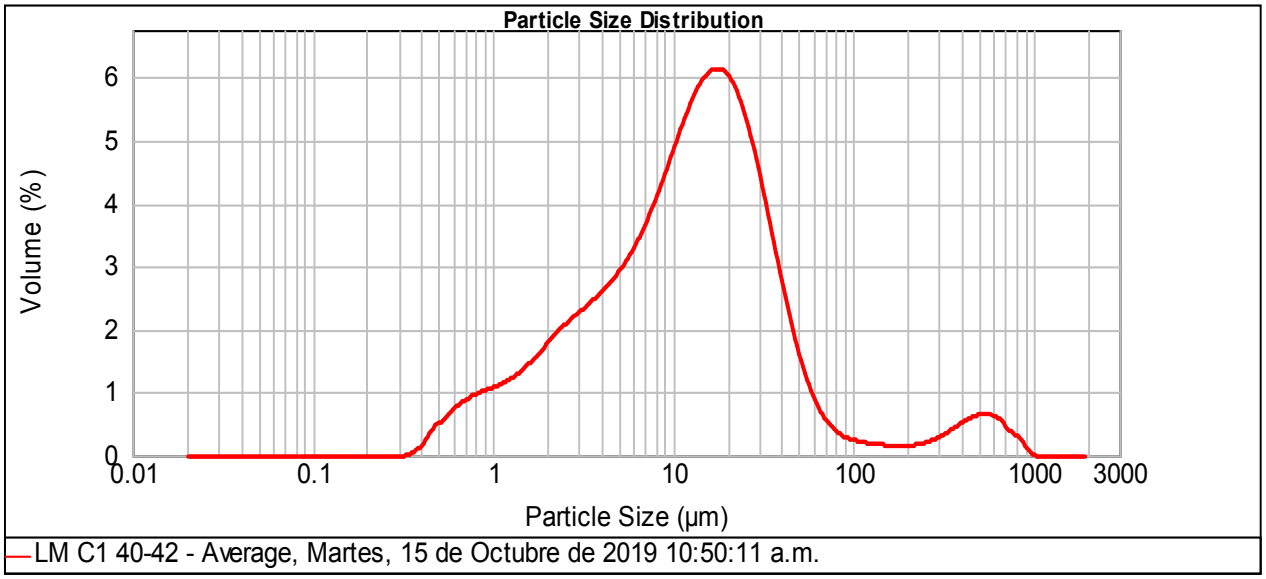
Fine sand (125 - 250 um) = .76

% Medium sand (250 - 500 um) = 1.9

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = 1.91

d(0.1): 1.897 um **d(0.5): 12.783 um** **d(0.9): 42.999 um**



Size (µm)	Volume In %
0.010	4.44
1.000	6.16
2.000	9.54
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	14.33
7.800	23.18
15.600	25.49
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	10.59
62.500	1.71
125.000	0.76
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	1.90
500.000	1.91
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C1 45-47 - Average

SOP Name:

Measured:
Martes, 15 de Octubre de 2019 10:55:49 a.m.

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Measured by:
Usuario

Analysed:
Martes, 15 de Octubre de 2019 10:55:50 a.m.

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Obscuration:
14.69 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.314 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 20.53

% Silt (3.9 - 31 um) = 67.11

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 9.57

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = .76

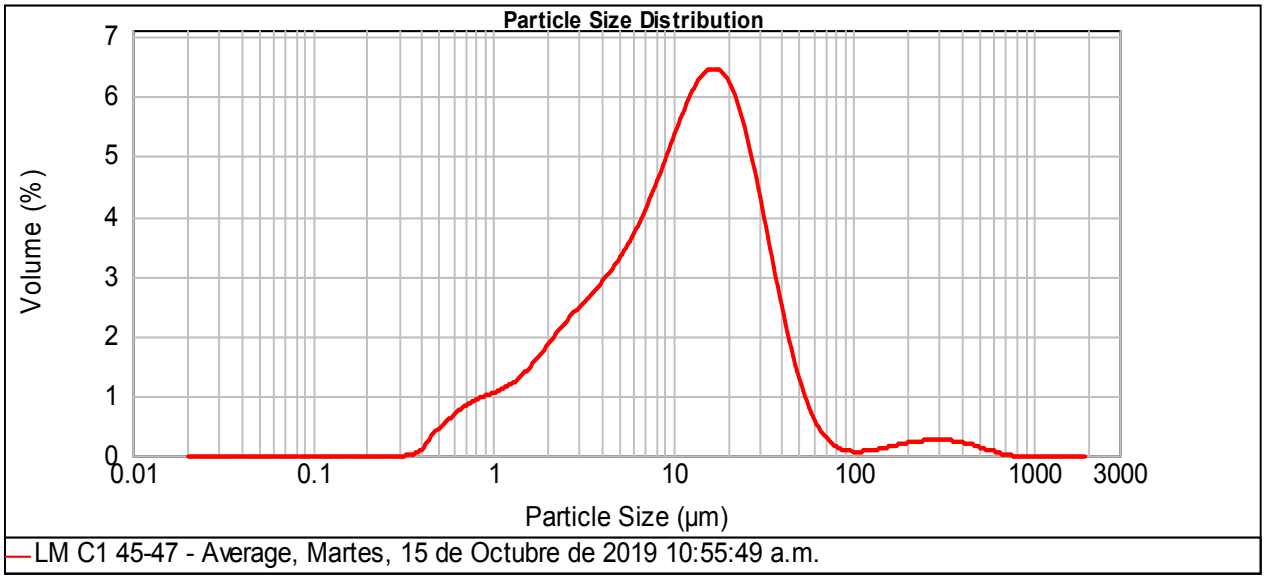
Fine sand (125 - 250 um) = .81

% Medium sand (250 - 500 um) = 1.06

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = .17

d(0.1): 1.960 um **d(0.5):** 11.651 um **d(0.9):** 34.042 um



Size (µm)	Volume In %
0.010	4.11
1.000	6.13
2.000	10.29
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	16.06
7.800	25.19
15.600	26.12
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	9.31
62.500	0.76
125.000	0.81
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	1.06
500.000	0.17
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C1 50-52 - Average

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Sample bulk lot ref:

SOP Name:

Measured by:
Usuario

Result Source:
Averaged

Measured:
Martes, 15 de Octubre de 2019 11:01:31 a.m.

Analysed:
Martes, 15 de Octubre de 2019 11:01:32 a.m.

Particle Name:
Default

Particle RI:
1.520

Dispersant Name:
Water

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Absorption:
0.1

Dispersant RI:
1.330

Analysis model:
General purpose

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Weighted Residual:
1.309 %

Sensitivity:
Normal

Obscuration:
13.50 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 21.38

% Silt (3.9 - 31 um) = 67.05

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 9.45

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = 1.09

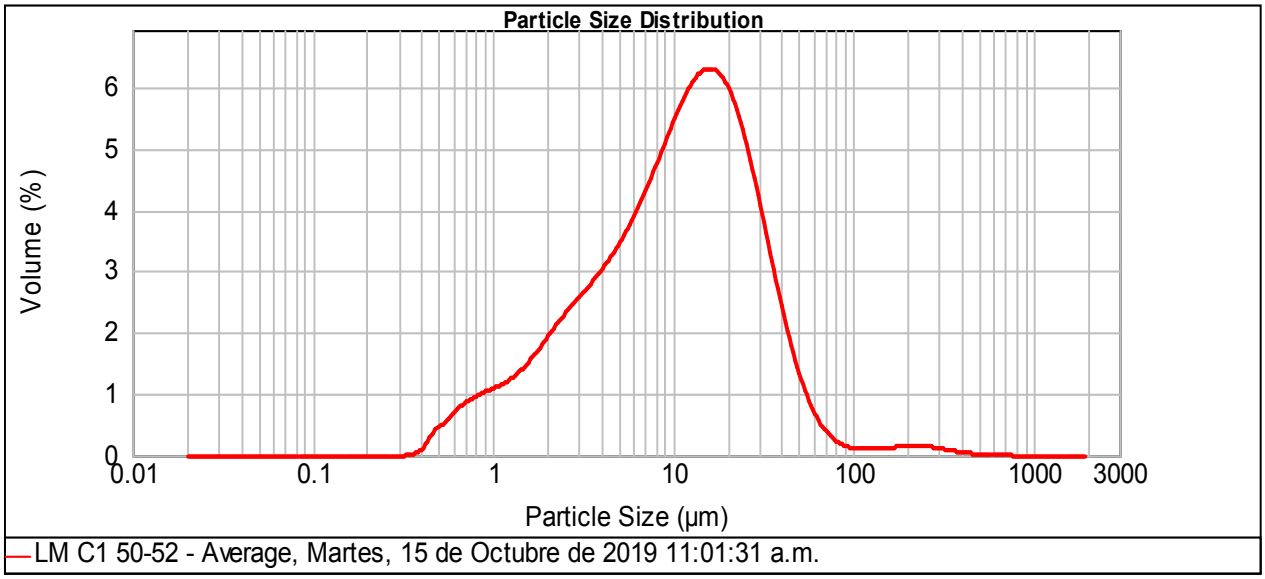
Fine sand (125 - 250 um) = .62

% Medium sand (250 - 500 um) = .38

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = .04

d(0.1): 1.897 um **d(0.5): 11.055 um** **d(0.9): 33.045 um**



Size (µm)	Volume In %
0.010	4.23
1.000	6.41
2.000	10.74
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	16.82
7.800	25.49
15.600	24.98
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	9.20
62.500	1.09
125.000	0.62
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	0.38
500.000	0.04
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C1 55-57 - Average

SOP Name:

Measured:
Viernes, 11 de Octubre de 2019 09:29:23 a.m.

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Measured by:
Usuario

Analysed:
Viernes, 11 de Octubre de 2019 09:29:24 a.m.

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Obscuration:
13.41 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.330 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 21.31

% Silt (3.9 - 31 um) = 67.27

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 9.08

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = .67

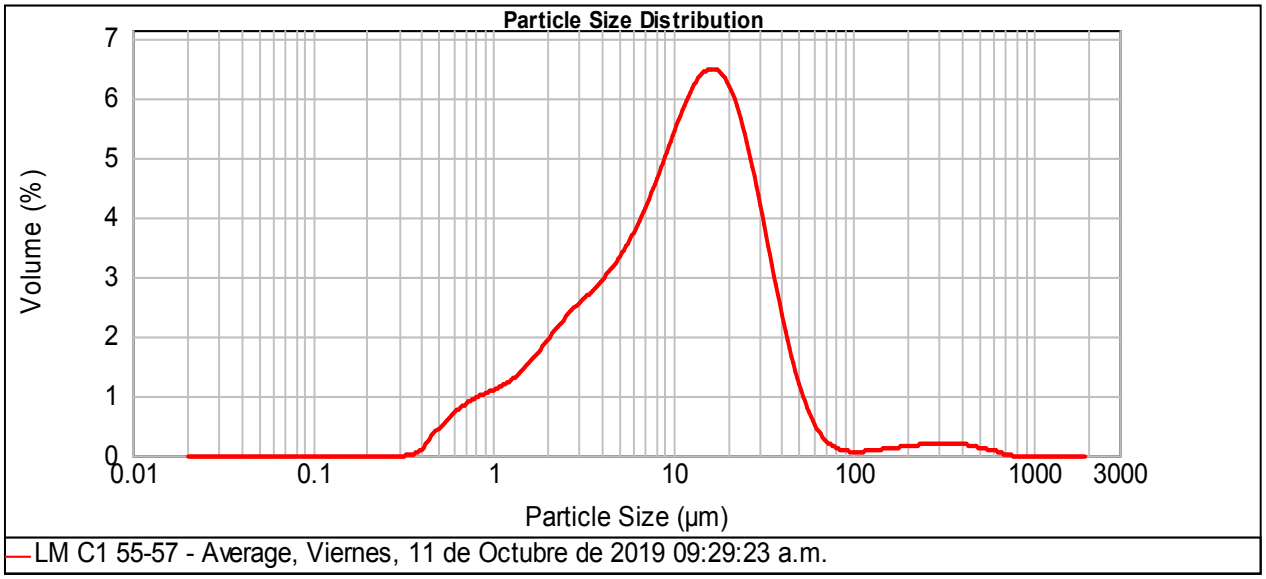
Fine sand (125 - 250 um) = .63

% Medium sand (250 - 500 um) = .86

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = .18

d(0.1): 1.888 um **d(0.5): 11.322 um** **d(0.9): 32.790 um**



Size (µm)	Volume In %
0.010	4.24
1.000	6.47
2.000	10.61
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	16.19
7.800	25.46
15.600	25.87
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	8.83
62.500	0.67
125.000	0.63
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	0.86
500.000	0.18
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C2 0-2 - Average

SOP Name:

Measured:
Lunes, 28 de Octubre de 2019 09:21:33 a.m.

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Measured by:
Usuario

Analysed:
Lunes, 28 de Octubre de 2019 09:21:34 a.m.

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Obscuration:
11.72 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.579 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 38.26

% Silt (3.9 - 31 um) = 54.97

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 4.71

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = 1.51

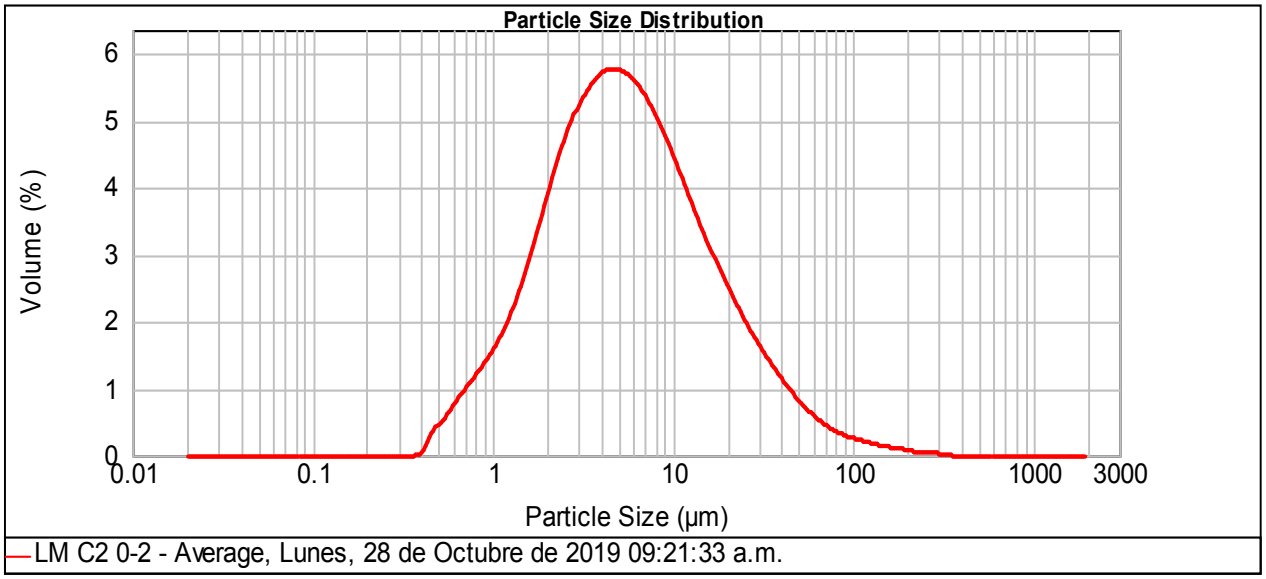
Fine sand (125 - 250 um) = .49

% Medium sand (250 - 500 um) = .06

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = 0

d(0.1): 1.461 um **d(0.5): 5.326 um** **d(0.9): 23.735 um**



Size (µm)	Volume In %
0.010	4.95
1.000	11.64
2.000	21.66
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	25.46
7.800	19.06
15.600	10.55
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	4.61
62.500	1.51
125.000	0.49
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	0.06
500.000	0.00
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C2 5-7 - Average

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Sample bulk lot ref:

SOP Name:

Measured by:
Usuario

Result Source:
Averaged

Measured:
Viernes, 25 de Octubre de 2019 09:59:52 a.m.

Analysed:
Viernes, 25 de Octubre de 2019 09:59:53 a.m.

Particle Name:
Default

Particle RI:
1.520

Dispersant Name:
Water

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Absorption:
0.1

Dispersant RI:
1.330

Analysis model:
General purpose

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Weighted Residual:
1.296 %

Sensitivity:
Normal

Obscuration:
14.46 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 17.55

% Silt (3.9 - 31 um) = 60.35

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 15.34

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = 3.07

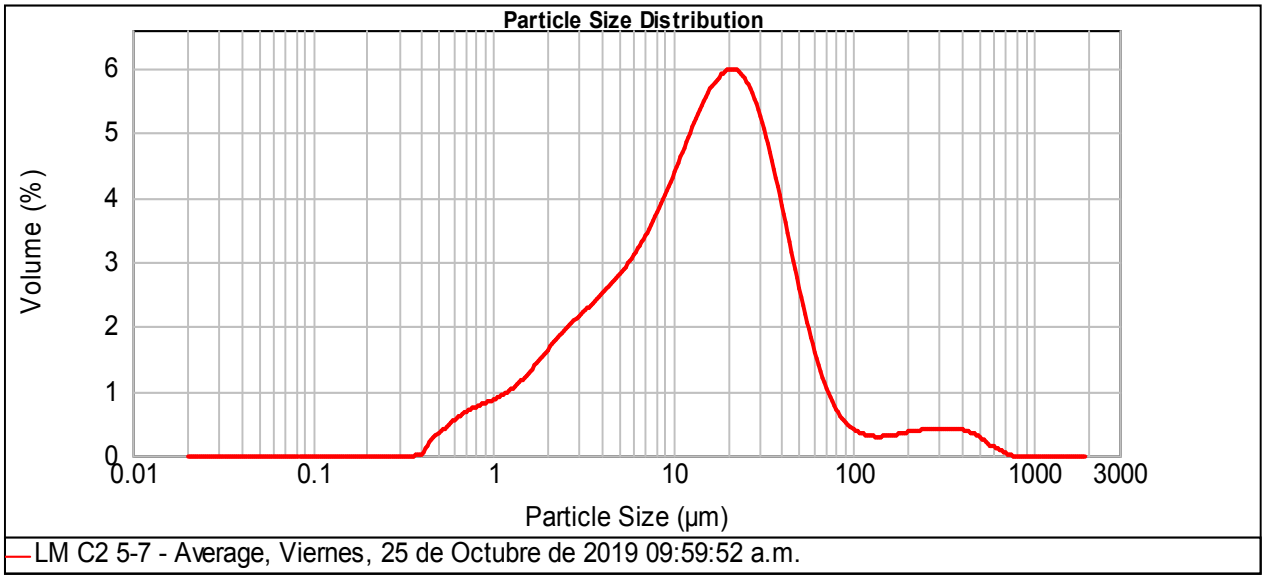
Fine sand (125 - 250 um) = 1.53

% Medium sand (250 - 500 um) = 1.81

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = .34

d(0.1): 2.277 um **d(0.5): 14.783 um** **d(0.9): 49.271 um**



Size (µm)	Volume In %
0.010	3.23
1.000	5.32
2.000	9.01
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	13.50
7.800	20.89
15.600	26.28
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	15.02
62.500	3.07
125.000	1.53
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	1.81
500.000	0.34
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C2 10-12 - Average

SOP Name:

Measured:
Jueves, 24 de Octubre de 2019 10:09:53 a.m.

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Measured by:
Usuario

Analysed:
Jueves, 24 de Octubre de 2019 10:09:54 a.m.

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Obscuration:
13.90 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.230 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 18.92

% Silt (3.9 - 31 um) = 65.56

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 13.33

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = 1.16

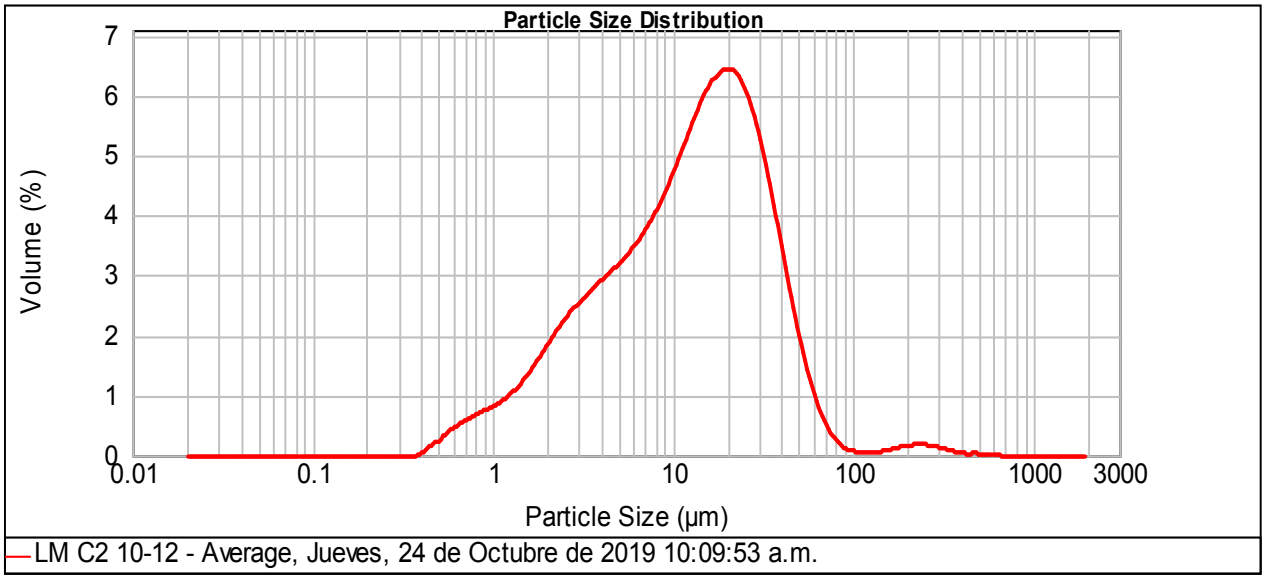
Fine sand (125 - 250 um) = .58

% Medium sand (250 - 500 um) = .42

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = .03

d(0.1): 2.268 um **d(0.5):** 13.004 um **d(0.9):** 37.276 um



Size (µm)	Volume In %
0.010	2.83
1.000	5.58
2.000	10.52
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	15.27
7.800	22.77
15.600	27.84
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	13.01
62.500	1.16
125.000	0.58
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	0.42
500.000	0.03
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C2 15-17 - Average

SOP Name:

Measured:
Miércoles, 23 de Octubre de 2019 10:48:37 a.m.

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Measured by:
Usuario

Analysed:
Miércoles, 23 de Octubre de 2019 10:48:38 a.m.

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Obscuration:
14.90 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.349 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 29.05

% Silt (3.9 - 31 um) = 63.54

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 6.1

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = .68

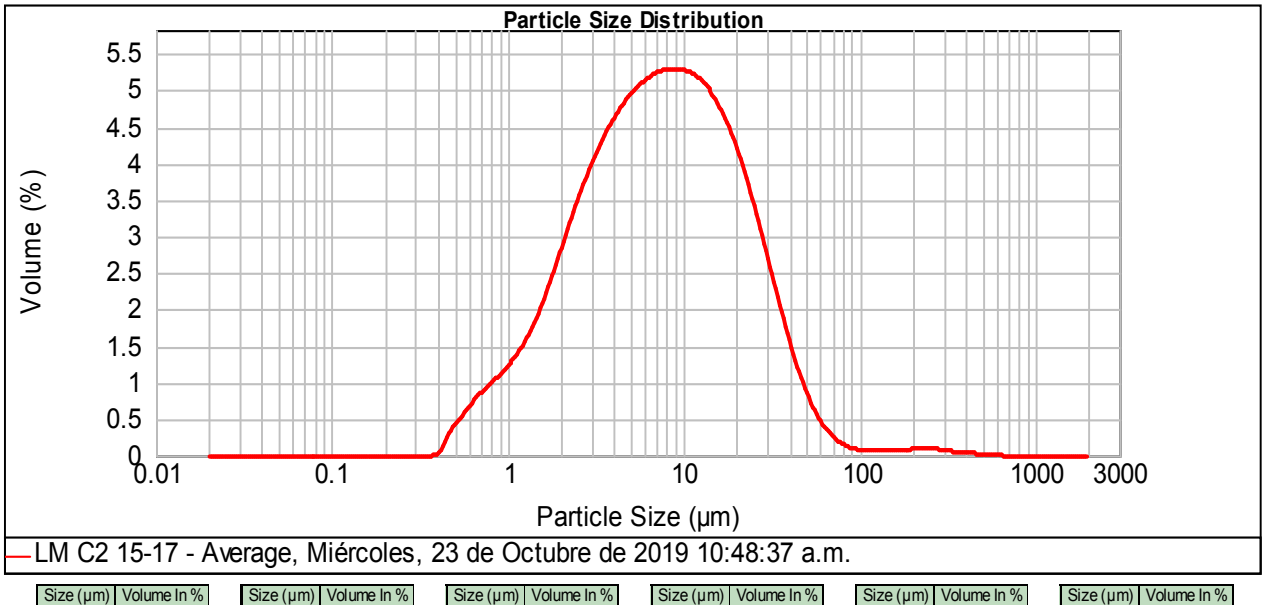
Fine sand (125 - 250 um) = .36

% Medium sand (250 - 500 um) = .26

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = .01

d(0.1): 1.706 um **d(0.5): 7.411 um** **d(0.9): 27.034 um**



Size (µm)	Volume In %
0.010	4.18
1.000	8.45
2.000	16.41
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	22.71
7.800	23.45
15.600	17.54
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	5.94
62.500	0.68
125.000	0.36
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	0.26
500.000	0.01
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C2 20-22 - Average

SOP Name:

Measured:
Jueves, 24 de Octubre de 2019 10:16:19 a.m.

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Measured by:
Usuario

Analysed:
Jueves, 24 de Octubre de 2019 10:16:20 a.m.

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Obscuration:
14.99 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.236 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 20.92

% Silt (3.9 - 31 um) = 66.98

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 10

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = .85

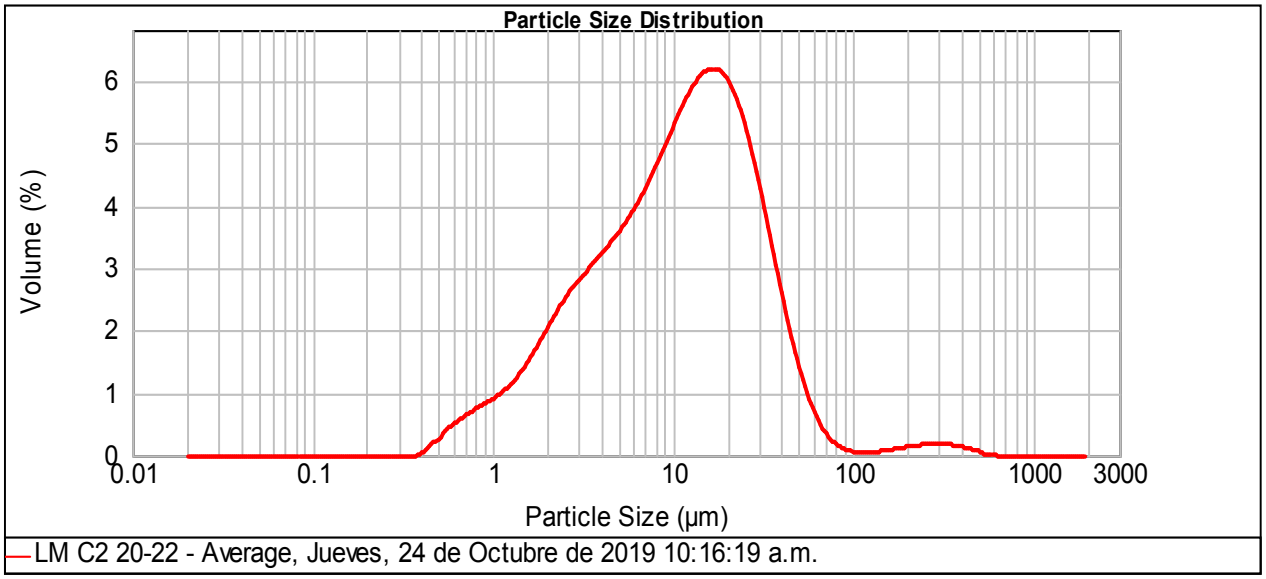
Fine sand (125 - 250 um) = .53

% Medium sand (250 - 500 um) = .7

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = .02

d(0.1): 2.108 um **d(0.5):** 11.175 um **d(0.9):** 33.659 um



Size (µm)	Volume In %
0.010	3.09
1.000	6.20
2.000	11.64
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	17.21
7.800	24.78
15.600	25.24
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	9.74
62.500	0.85
125.000	0.53
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	0.70
500.000	0.02
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C2 25-27 - Average

SOP Name:

Measured:
Miércoles, 23 de Octubre de 2019 09:42:01 a.m.

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Measured by:
Usuario

Analysed:
Miércoles, 23 de Octubre de 2019 09:42:02 a.m.

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Obscuration:
15.68 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.268 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 22.76

% Silt (3.9 - 31 um) = 64.49

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 10.85

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = .96

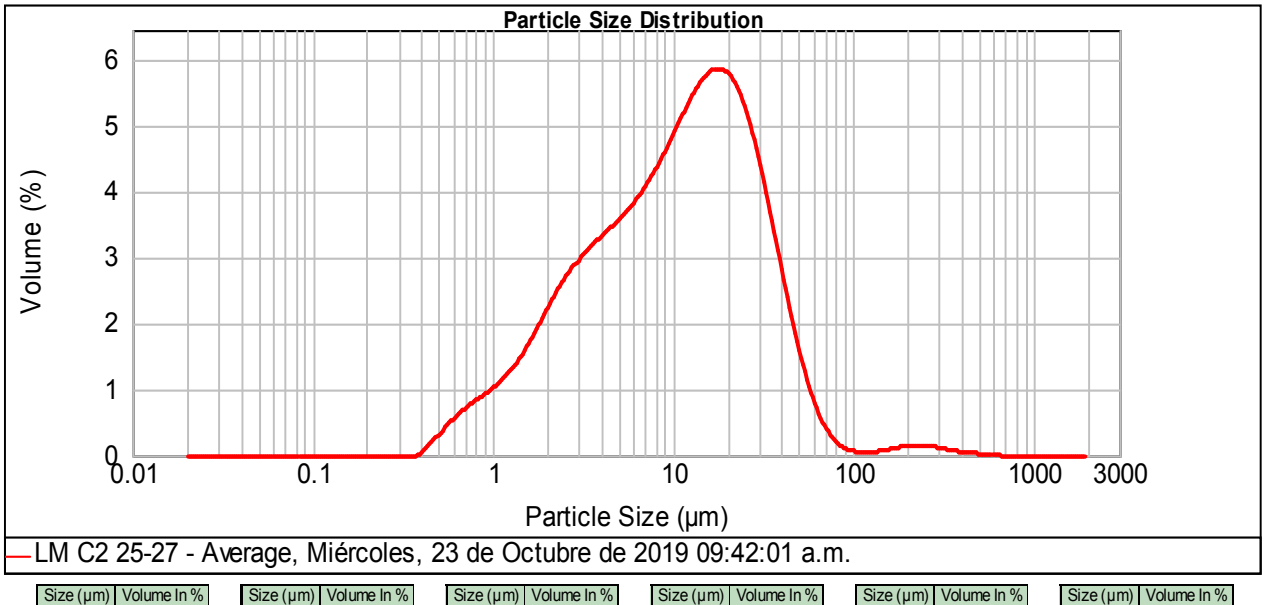
Fine sand (125 - 250 um) = .53

% Medium sand (250 - 500 um) = .39

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = .02

d(0.1): 1.945 um **d(0.5):** 10.917 um **d(0.9):** 34.417 um



Size (µm)	Volume In %
0.010	3.47
1.000	6.93
2.000	12.37
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	16.97
7.800	23.05
15.600	24.74
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	10.58
62.500	0.96
125.000	0.53
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	0.39
500.000	0.02
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C2 30-32 - Average

SOP Name:

Measured:
Miércoles, 23 de Octubre de 2019 11:27:27 a.m.

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Measured by:
Usuario

Analysed:
Miércoles, 23 de Octubre de 2019 11:27:28 a.m.

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Obscuration:
14.52 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.425 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 25.45

% Silt (3.9 - 31 um) = 62.18

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 8.58

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = 1.66

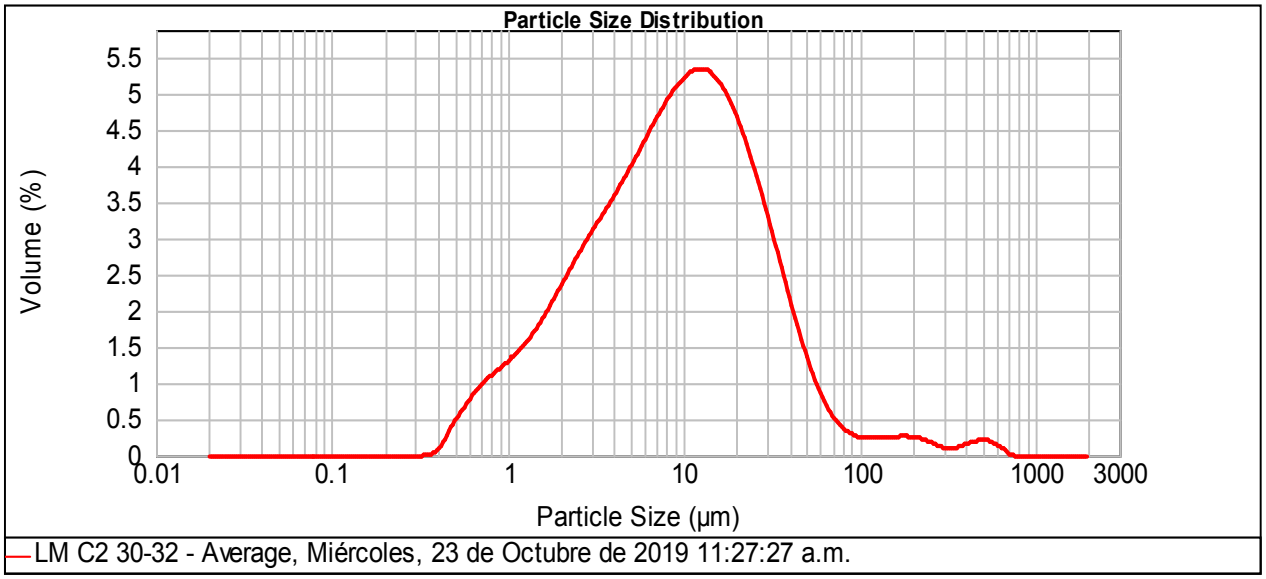
Fine sand (125 - 250 um) = 1.13

% Medium sand (250 - 500 um) = .67

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = .34

d(0.1): 1.662 um **d(0.5): 9.247 um** **d(0.9): 35.051 um**



Size (µm)	Volume In %
0.010	4.73
1.000	7.86
2.000	12.86
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	18.99
7.800	23.61
15.600	19.78
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	8.38
62.500	1.66
125.000	1.13
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	0.67
500.000	0.34
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C2 35-37 - Average

SOP Name:

Measured:
Miércoles, 23 de Octubre de 2019 11:36:09 a.m.

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Measured by:
Usuario

Analysed:
Miércoles, 23 de Octubre de 2019 11:36:10 a.m.

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Obscuration:
16.26 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.366 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 25.55

% Silt (3.9 - 31 um) = 60.69

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 9.46

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = 1.9

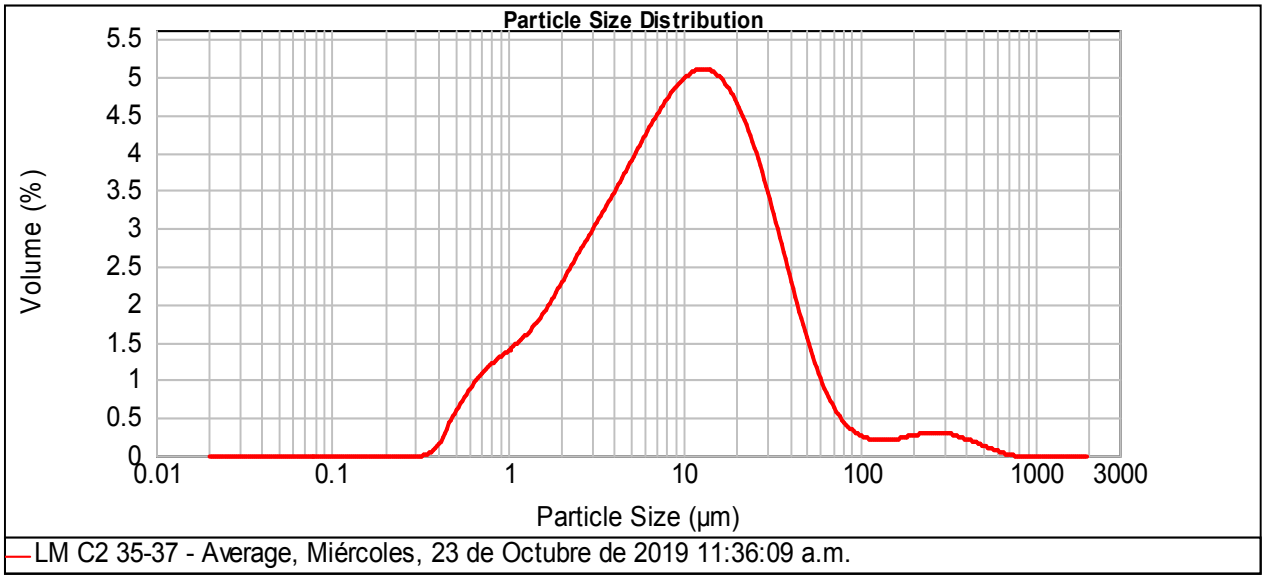
Fine sand (125 - 250 um) = 1.09

% Medium sand (250 - 500 um) = 1.14

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = .16

d(0.1): 1.576 um **d(0.5): 9.458 um** **d(0.9): 37.497 um**



Size (µm)	Volume In %
0.010	5.30
1.000	7.88
2.000	12.37
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	18.39
7.800	22.61
15.600	19.90
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	9.25
62.500	1.90
125.000	1.09
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	1.14
500.000	0.16
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C2 40-42 - Average

SOP Name:

Measured:
Miércoles, 23 de Octubre de 2019 10:16:26 a.m.

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Measured by:
Usuario

Analysed:
Miércoles, 23 de Octubre de 2019 10:16:27 a.m.

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Obscuration:
13.35 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.369 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 25.32

% Silt (3.9 - 31 um) = 64.46

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 7.6

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = 1.23

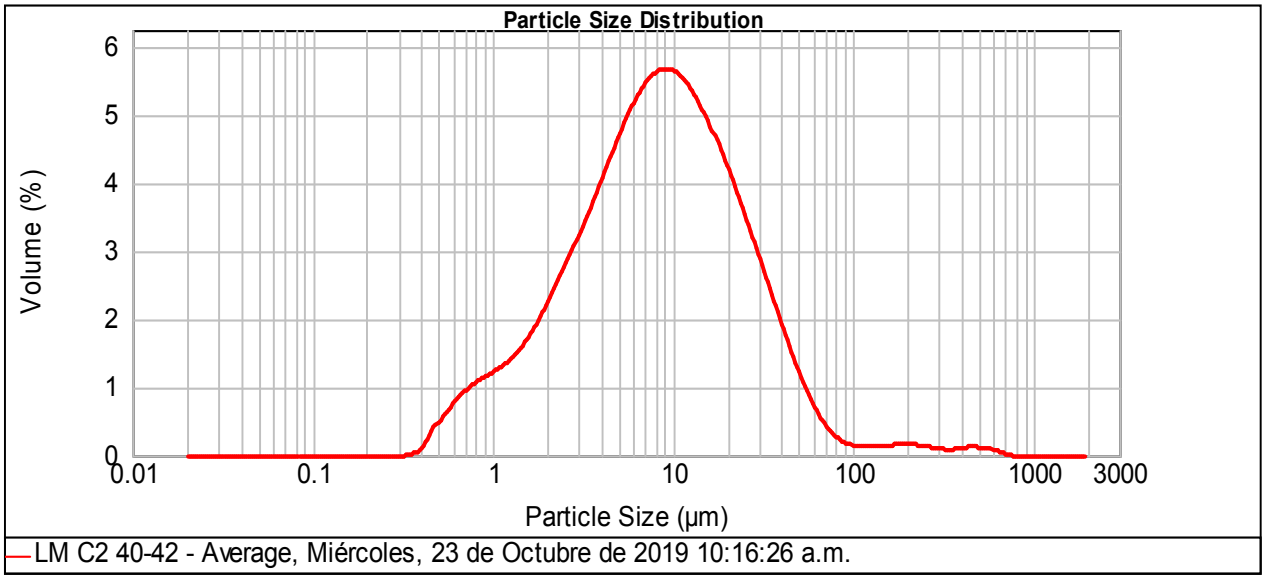
Fine sand (125 - 250 um) = .68

% Medium sand (250 - 500 um) = .51

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = .19

d(0.1): 1.728 um **d(0.5): 8.345 um** **d(0.9): 31.368 um**



Size (µm)	Volume In %
0.010	4.66
1.000	7.30
2.000	13.36
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	22.20
7.800	24.75
15.600	17.69
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	7.43
62.500	1.23
125.000	0.68
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	0.51
500.000	0.19
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C2 45-47 - Average

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Sample bulk lot ref:

SOP Name:

Measured by:
Usuario

Result Source:
Averaged

Measured:
Miércoles, 23 de Octubre de 2019 10:41:59 a.m.

Analysed:
Miércoles, 23 de Octubre de 2019 10:42:00 a.m.

Particle Name:
Default

Particle RI:
1.520

Dispersant Name:
Water

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Absorption:
0.1

Dispersant RI:
1.330

Analysis model:
General purpose

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Weighted Residual:
1.285 %

Sensitivity:
Normal

Obscuration:
14.11 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 21.05

% Silt (3.9 - 31 um) = 66.02

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 9.77

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = 1.66

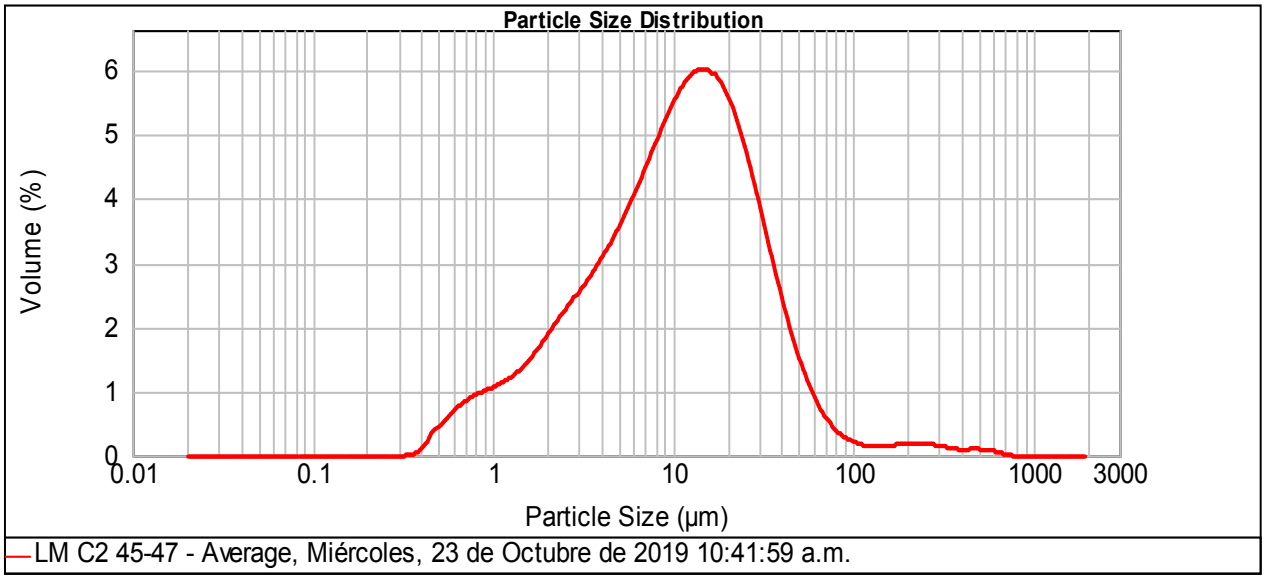
Fine sand (125 - 250 um) = .76

% Medium sand (250 - 500 um) = .58

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = .15

d(0.1): 1.933 um **d(0.5): 10.897 um** **d(0.9): 35.337 um**



Size (µm)	Volume In %
0.010	4.16
1.000	6.24
2.000	10.65
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	17.45
7.800	25.41
15.600	23.40
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	9.54
62.500	1.66
125.000	0.76
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	0.58
500.000	0.15
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C2 50-52 - Average

SOP Name:

Measured:
Jueves, 24 de Octubre de 2019 10:25:35 a.m.

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Measured by:
Usuario

Analysed:
Jueves, 24 de Octubre de 2019 10:25:36 a.m.

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Obscuration:
13.34 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.258 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 16.98

% Silt (3.9 - 31 um) = 68.44

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 11.84

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = 1.28

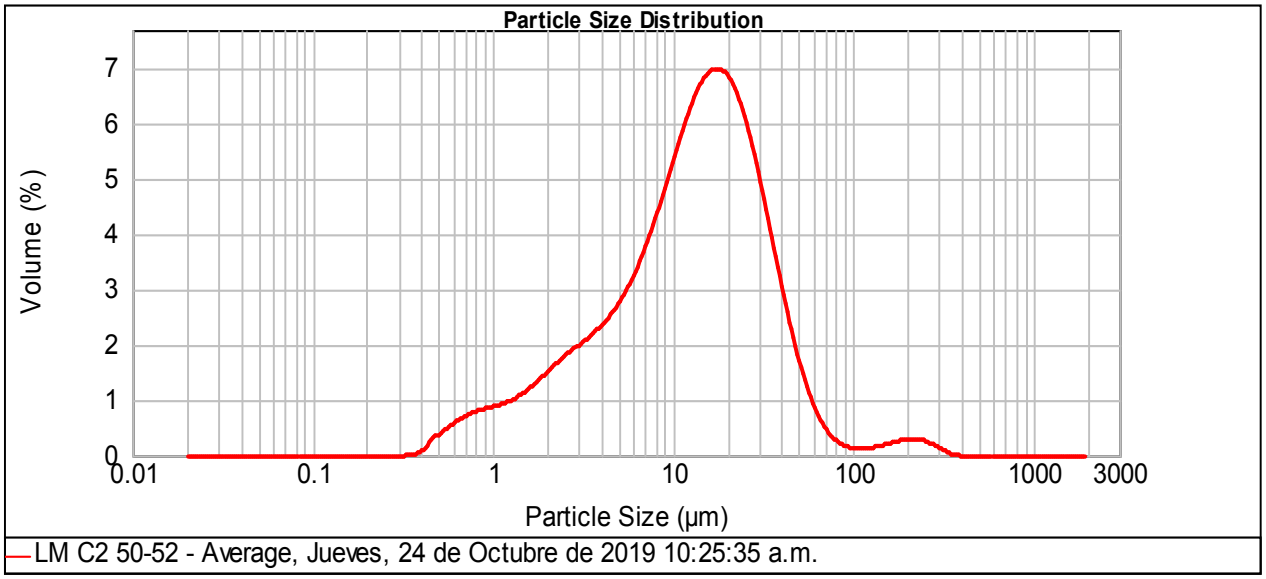
Fine sand (125 - 250 um) = 1.11

% Medium sand (250 - 500 um) = .35

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = 0

d(0.1): 2.288 um **d(0.5): 13.374 um** **d(0.9): 36.535 um**



Size (µm)	Volume In %
0.010	3.50
1.000	5.10
2.000	8.38
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	14.01
7.800	25.80
15.600	28.94
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	11.54
62.500	1.28
125.000	1.11
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	0.35
500.000	0.00
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C2 55-57 - Average

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Sample bulk lot ref:

SOP Name:

Measured by:
Usuario

Result Source:
Averaged

Measured:
Lunes, 28 de Octubre de 2019 09:11:16 a.m.

Analysed:
Lunes, 28 de Octubre de 2019 09:11:17 a.m.

Particle Name:
Default

Particle RI:
1.520

Dispersant Name:
Water

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Absorption:
0.1

Dispersant RI:
1.330

Analysis model:
General purpose

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Weighted Residual:
1.269 %

Sensitivity:
Normal

Obscuration:
15.87 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 21.79

% Silt (3.9 - 31 um) = 64.67

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 11.03

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = 1.22

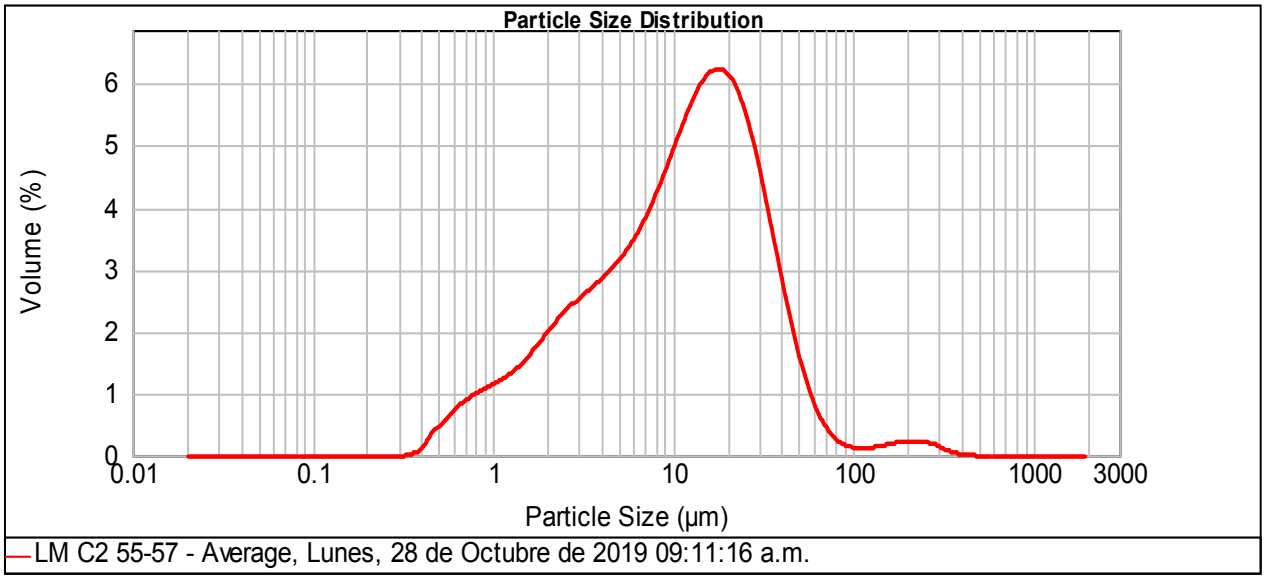
Fine sand (125 - 250 um) = .91

% Medium sand (250 - 500 um) = .38

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = 0

d(0.1): 1.821 um **d(0.5): 11.803 um** **d(0.9): 35.458 um**



Size (µm)	Volume In %
0.010	4.40
1.000	6.76
2.000	10.63
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	15.27
7.800	23.60
15.600	26.08
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	10.76
62.500	1.22
125.000	0.91
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	0.38
500.000	0.00
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C3 0-2 - Average

SOP Name:

Measured:
Jueves, 03 de Octubre de 2019 10:46:43 a.m.

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Measured by:
Usuario

Analysed:
Jueves, 03 de Octubre de 2019 10:46:44 a.m.

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Obscuration:
15.45 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.362 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 23.73

% Silt (3.9 - 31 um) = 63.49

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 7.8

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = 2.44

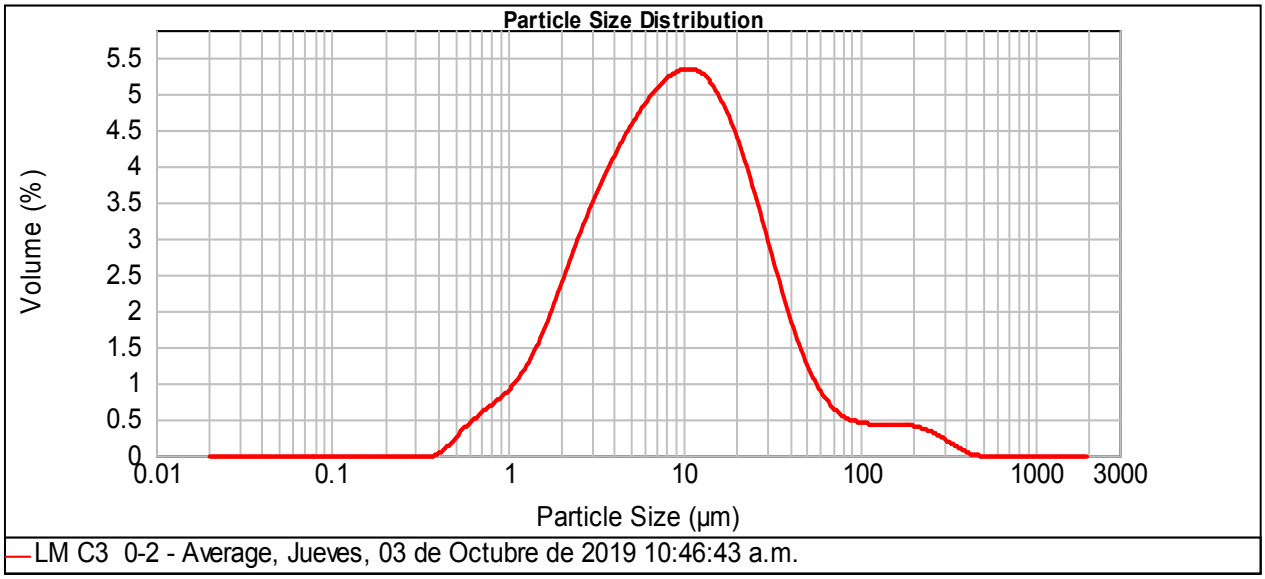
Fine sand (125 - 250 um) = 1.9

% Medium sand (250 - 500 um) = .64

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = 0

d(0.1): 2.061 um **d(0.5): 9.017 um** **d(0.9): 36.602 um**



Size (µm)	Volume In %
0.010	2.82
1.000	6.72
2.000	14.19
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	21.29
7.800	23.87
15.600	18.51
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	7.62
62.500	2.44
125.000	1.90
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	0.64
500.000	0.00
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C3 5-7 - Average

SOP Name:

Measured:
Jueves, 03 de Octubre de 2019 10:00:58 a.m.

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Measured by:
Usuario

Analysed:
Jueves, 03 de Octubre de 2019 10:00:59 a.m.

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Obscuration:
16.79 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.419 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 21.62

% Silt (3.9 - 31 um) = 63.25

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 8.75

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = 2.45

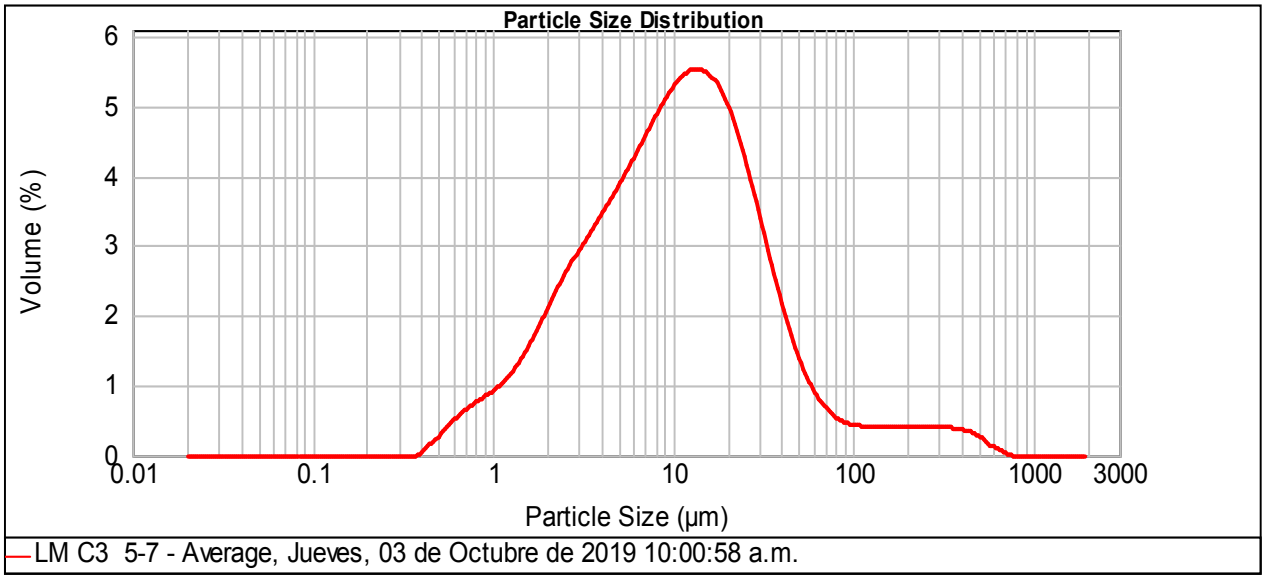
Fine sand (125 - 250 um) = 1.88

% Medium sand (250 - 500 um) = 1.73

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = .32

d(0.1): 2.075 um **d(0.5): 10.502 um** **d(0.9): 41.738 um**



Size (µm)	Volume In %
0.010	3.13
1.000	6.36
2.000	12.13
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	18.50
7.800	24.07
15.600	20.89
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	8.55
62.500	2.45
125.000	1.88
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	1.73
500.000	0.32
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C3 10-12 - Average

SOP Name:

Measured:
Jueves, 03 de Octubre de 2019 10:07:21 a.m.

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Measured by:
Usuario

Analysed:
Jueves, 03 de Octubre de 2019 10:07:22 a.m.

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Obscuration:
16.12 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.277 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 20.19

% Silt (3.9 - 31 um) = 65.49

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 10.44

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = 1.96

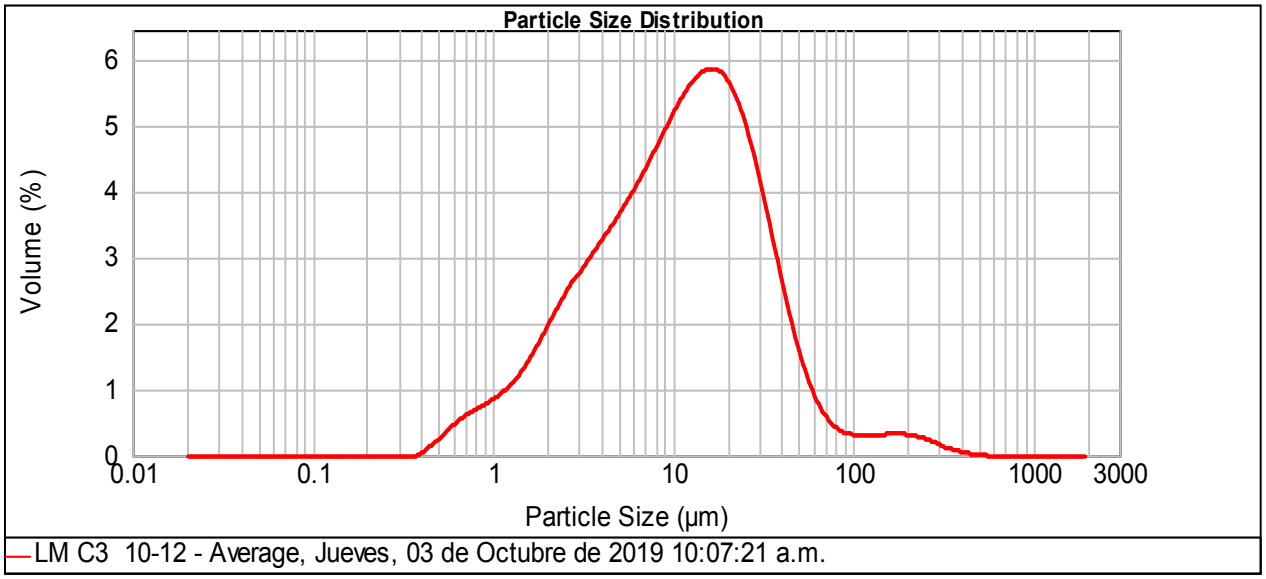
Fine sand (125 - 250 um) = 1.42

% Medium sand (250 - 500 um) = .51

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = 0

d(0.1): 2.195 um **d(0.5):** 11.336 um **d(0.9):** 37.342 um



Size (µm)	Volume In %
0.010	2.88
1.000	5.88
2.000	11.43
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	17.53
7.800	24.18
15.600	24.04
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	10.18
62.500	1.96
125.000	1.42
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	0.51
500.000	0.00
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C3 15-17 - Average

SOP Name:

Measured:
Jueves, 03 de Octubre de 2019 10:19:53 a.m.

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Measured by:
Usuario

Analysed:
Jueves, 03 de Octubre de 2019 10:19:54 a.m.

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Obscuration:
17.17 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.271 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 20.51

% Silt (3.9 - 31 um) = 67.02

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 9.5

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = 1.32

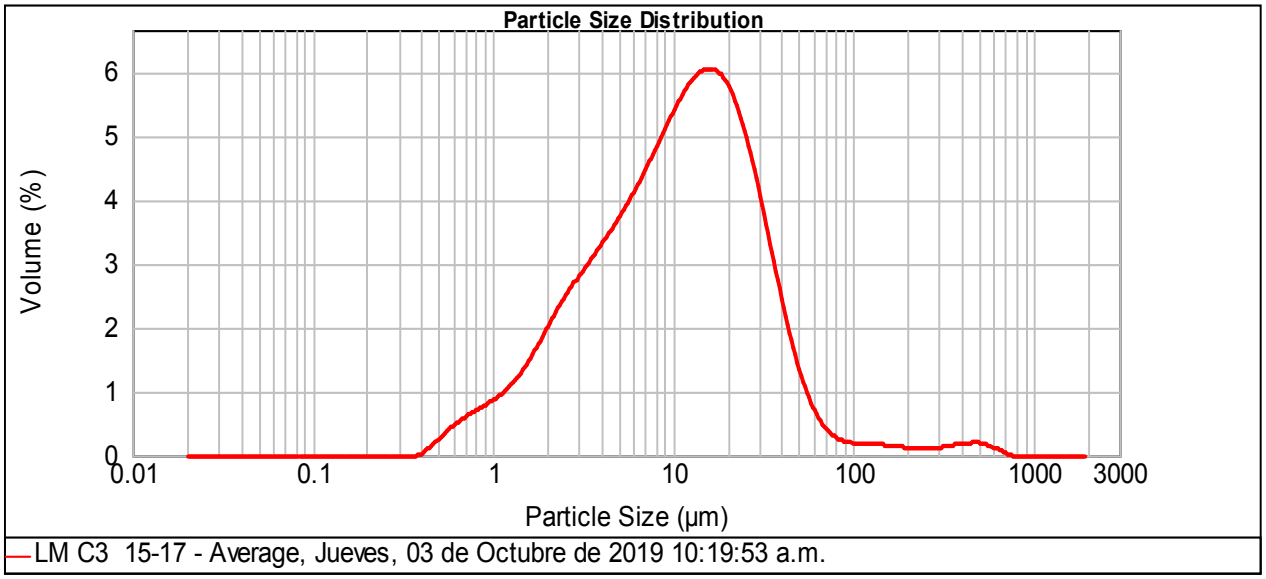
Fine sand (125 - 250 um) = .64

% Medium sand (250 - 500 um) = .71

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = .29

d(0.1): 2.171 um **d(0.5):** 10.991 um **d(0.9):** 34.392 um



Size (µm)	Volume In %
0.010	2.89
1.000	6.00
2.000	11.62
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	17.91
7.800	25.04
15.600	24.31
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	9.26
62.500	1.32
125.000	0.64
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	0.71
500.000	0.29
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C3 20-22 - Average

SOP Name:

Measured:
Jueves, 03 de Octubre de 2019 10:27:07 a.m.

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Measured by:
Usuario

Analysed:
Jueves, 03 de Octubre de 2019 10:27:08 a.m.

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Obscuration:
19.14 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.354 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 27.48

% Silt (3.9 - 31 um) = 63.97

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 6.48

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = .83

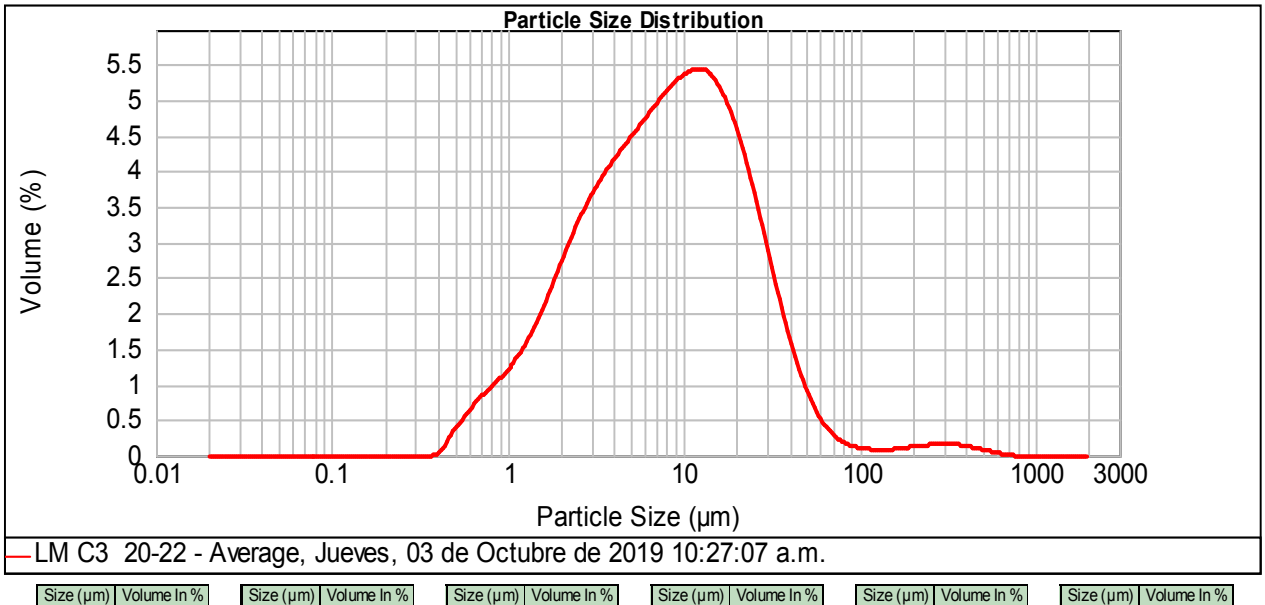
Fine sand (125 - 250 um) = .49

% Medium sand (250 - 500 um) = .64

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = .11

d(0.1): 1.735 um **d(0.5): 8.183 um** **d(0.9): 28.761 um**



Size (µm)	Volume In %
0.010	3.99
1.000	8.32
2.000	15.17
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	20.92
7.800	24.20
15.600	19.03
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	6.31
62.500	0.83
125.000	0.49
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	0.64
500.000	0.11
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C3 30-32 - Average

SOP Name:

Measured:
Jueves, 03 de Octubre de 2019 10:34:12 a.m.

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Measured by:
Usuario

Analysed:
Jueves, 03 de Octubre de 2019 10:34:13 a.m.

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Obscuration:
18.08 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.448 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 32.65

% Silt (3.9 - 31 um) = 58.97

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 5.26

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = 1.1

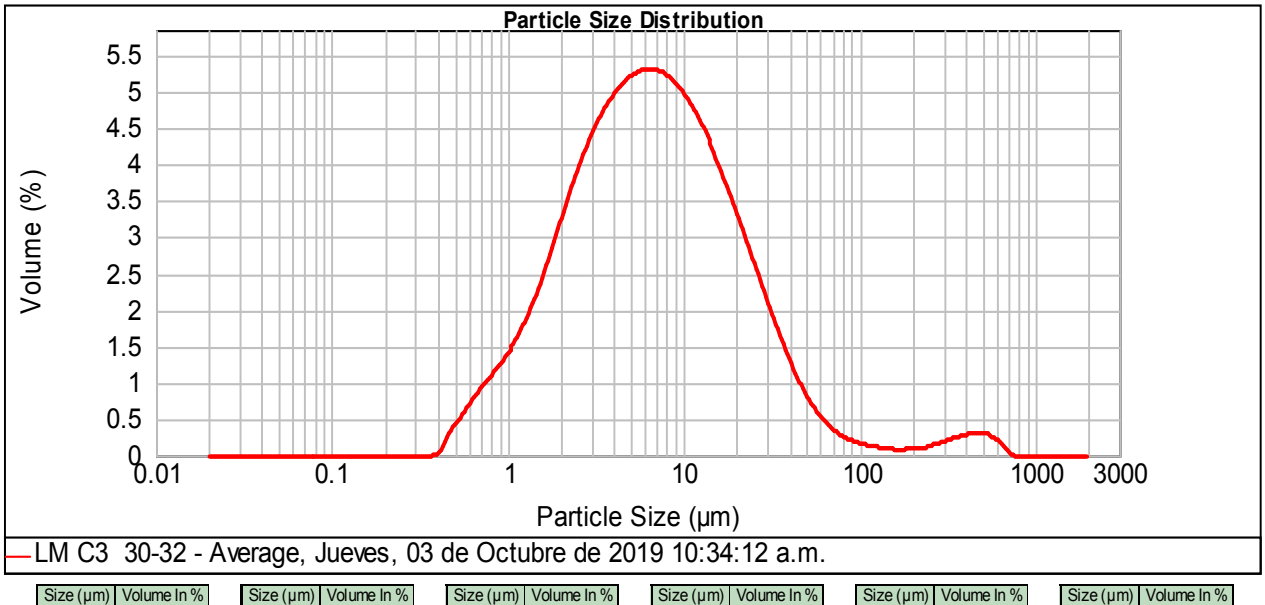
Fine sand (125 - 250 um) = .43

% Medium sand (250 - 500 um) = 1.09

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = .5

d(0.1): 1.571 um **d(0.5): 6.502 um** **d(0.9): 27.710 um**



Size (µm)	Volume In %
0.010	4.54
1.000	9.89
2.000	18.23
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	23.64
7.800	21.55
15.600	13.90
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	5.14
62.500	1.10
125.000	0.43
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	1.09
500.000	0.50
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C3 40-42 - Average

SOP Name:

Measured:
Jueves, 03 de Octubre de 2019 10:39:56 a.m.

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Measured by:
Usuario

Analysed:
Jueves, 03 de Octubre de 2019 10:39:57 a.m.

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Obscuration:
13.07 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.343 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 23.65

% Silt (3.9 - 31 um) = 64.84

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 8.7

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = 1.35

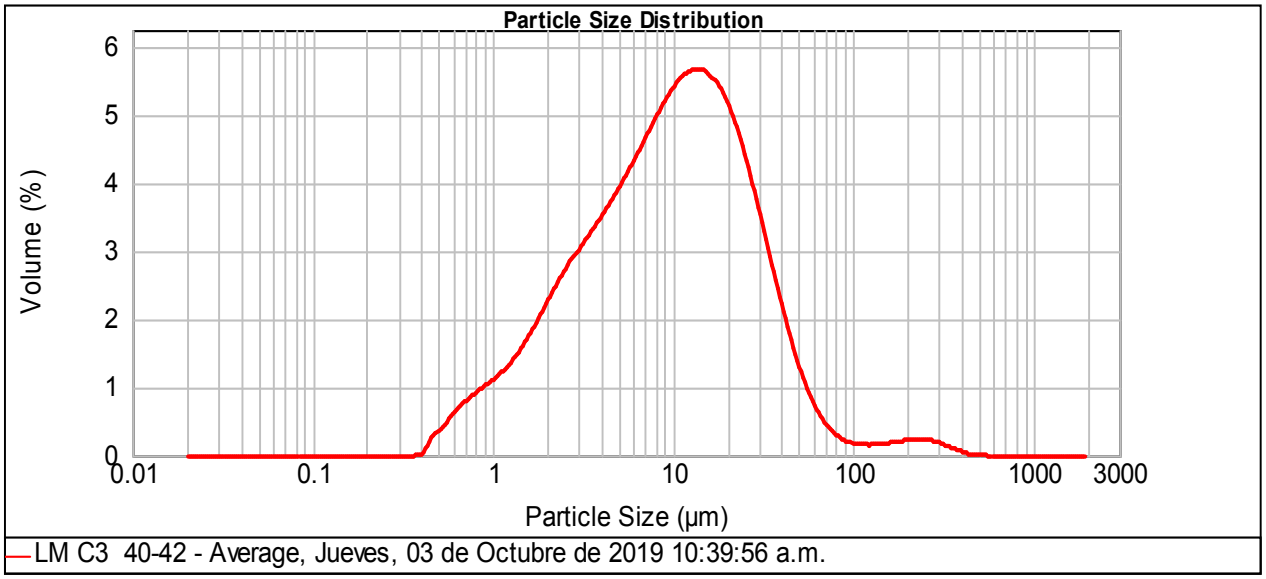
Fine sand (125 - 250 um) = .92

% Medium sand (250 - 500 um) = .53

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = 0

d(0.1): 1.860 um **d(0.5): 9.765 um** **d(0.9): 33.271 um**



Size (µm)	Volume In %
0.010	3.82
1.000	7.20
2.000	12.63
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	18.81
7.800	24.66
15.600	21.59
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	8.48
62.500	1.35
125.000	0.92
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	0.53
500.000	0.00
1000.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Volume In %
2000.000	

Size (µm)	Volume In %

Operator notes: *ultrasonido*

MASTERSIZER 2000

Result Analysis Report

Sample Name:
LM C3 45-47 - Average

Sample Source & type:
Claudia Montoya

Sample bulk lot ref:

SOP Name:

Measured by:
Usuario

Result Source:
Averaged

Measured:
Jueves, 03 de Octubre de 2019 10:59:57 a.m.

Analysed:
Jueves, 03 de Octubre de 2019 10:59:58 a.m.

Particle Name:
Default

Particle RI:
1.520

Dispersant Name:
Water

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Absorption:
0.1

Dispersant RI:
1.330

Analysis model:
General purpose

Size range:
0.020 to 2000.000 um

Weighted Residual:
1.400 %

Sensitivity:
Normal

Obscuration:
14.29 %

Result Emulation:
Off

% Clay (0 - 3.9 um) = 24.59

% Silt (3.9 - 31 um) = 64.36

% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 7.81

% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = 1.4

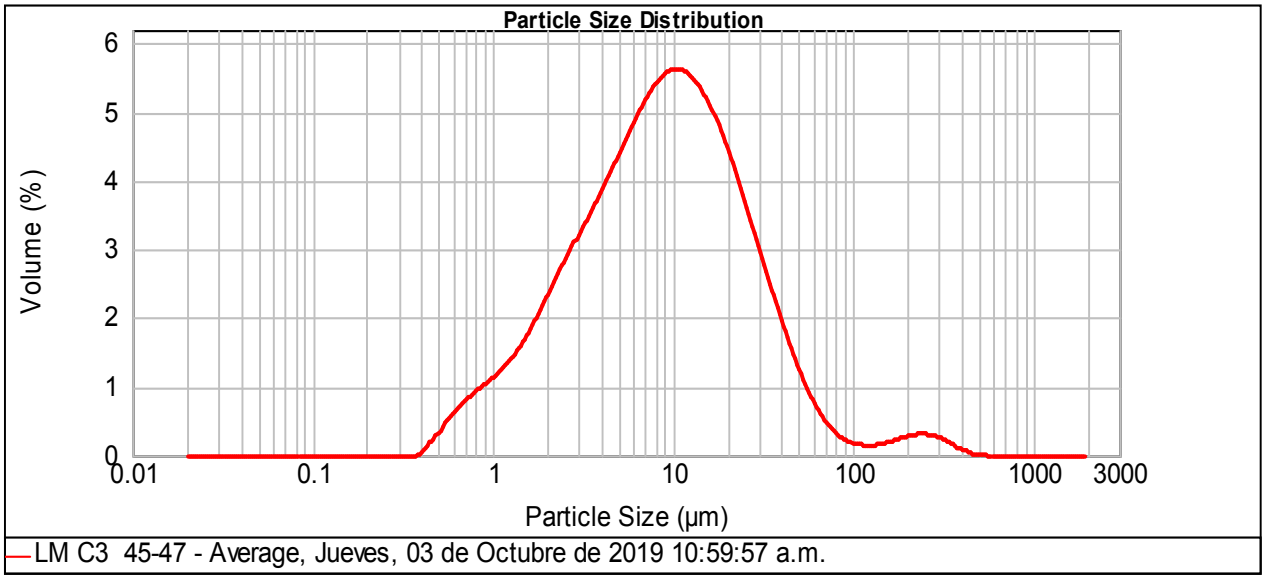
Fine sand (125 - 250 um) = 1.08

% Medium sand (250 - 500 um) = .76

% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) = 0

% Coarse sand (500 - 1000 um) = 0

d(0.1): 1.839 um **d(0.5): 8.839 um** **d(0.9): 32.850 um**



Size (µm)	Volume In %
0.010	3.83
1.000	7.38
2.000	13.38
3.900	

Size (µm)	Volume In %
3.900	20.95
7.800	24.97
15.600	18.62
31.300	

Size (µm)	Volume In %
31.300	7.63
62.500	1.40
125.000	1.08
250.000	

Size (µm)	Volume In %
250.000	0.76
500.000	0.00
1000.000	0.00
2000.000	

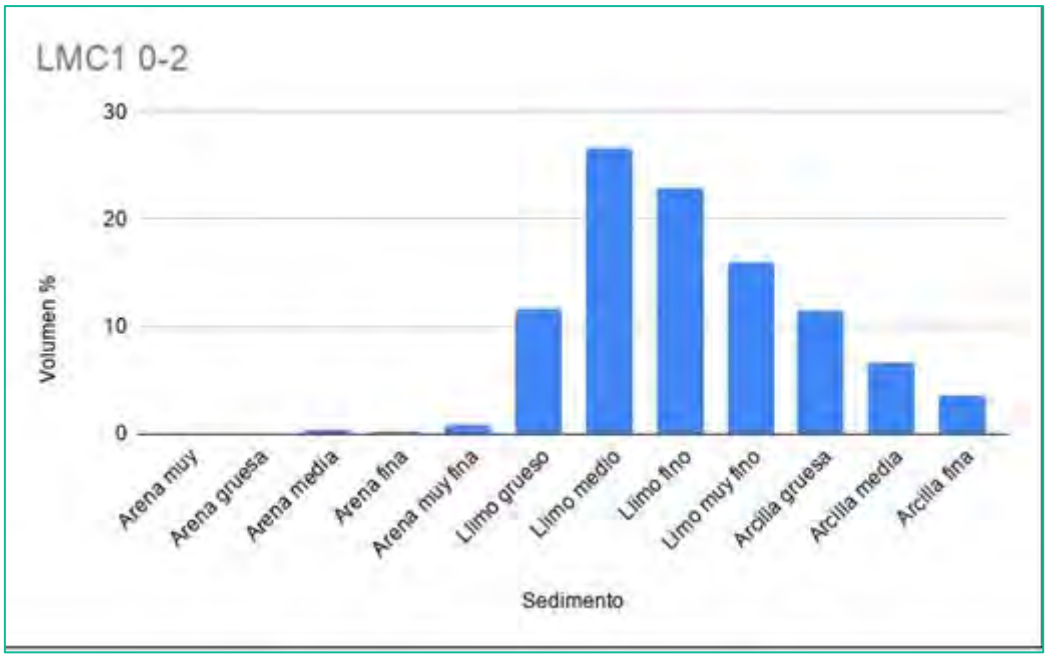
Size (µm)	Volume In %
2000.000	

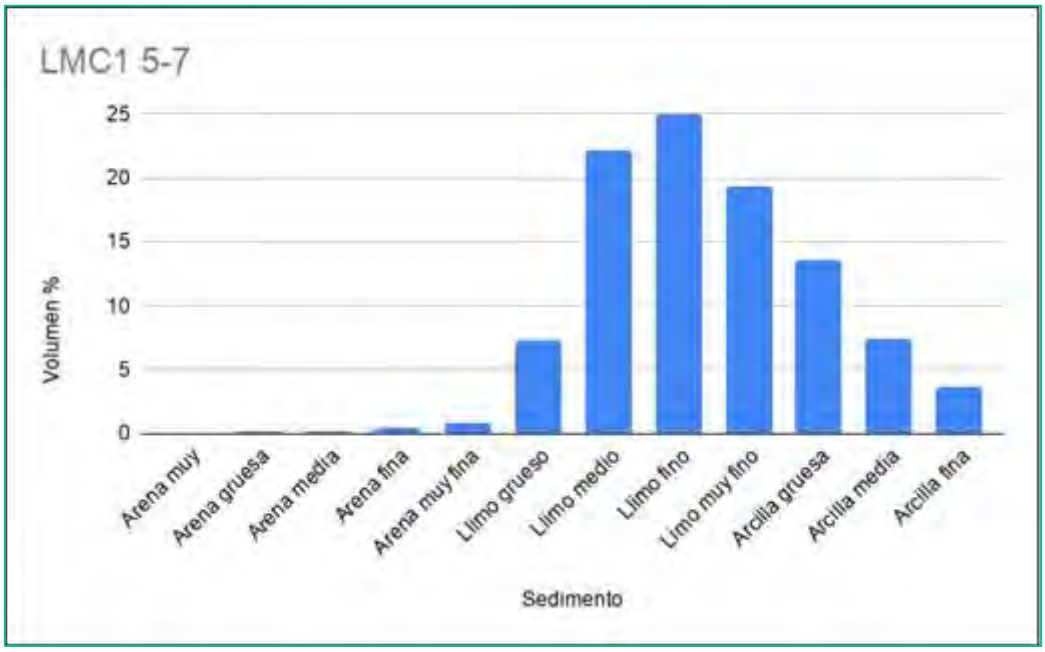
Size (µm)	Volume In %

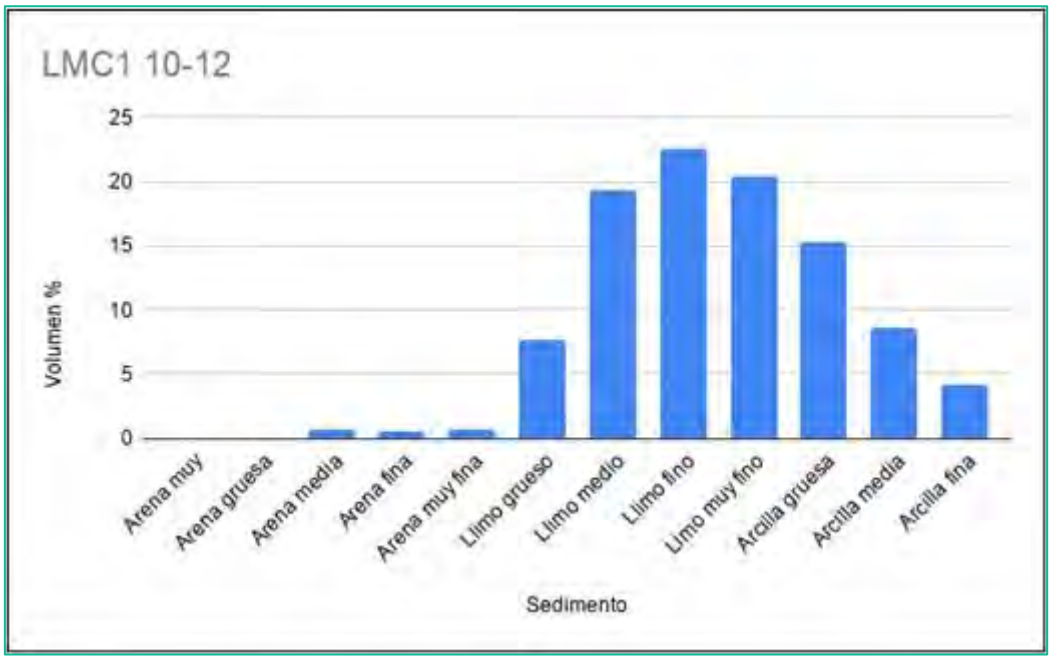
Operator notes: *ultrasonido*

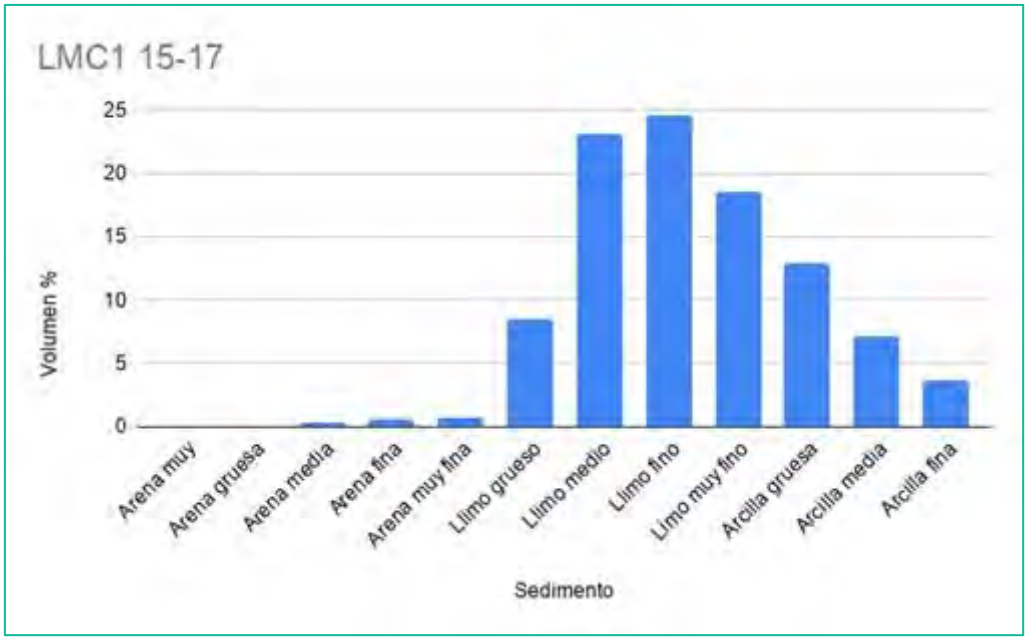
ANEXO VIII

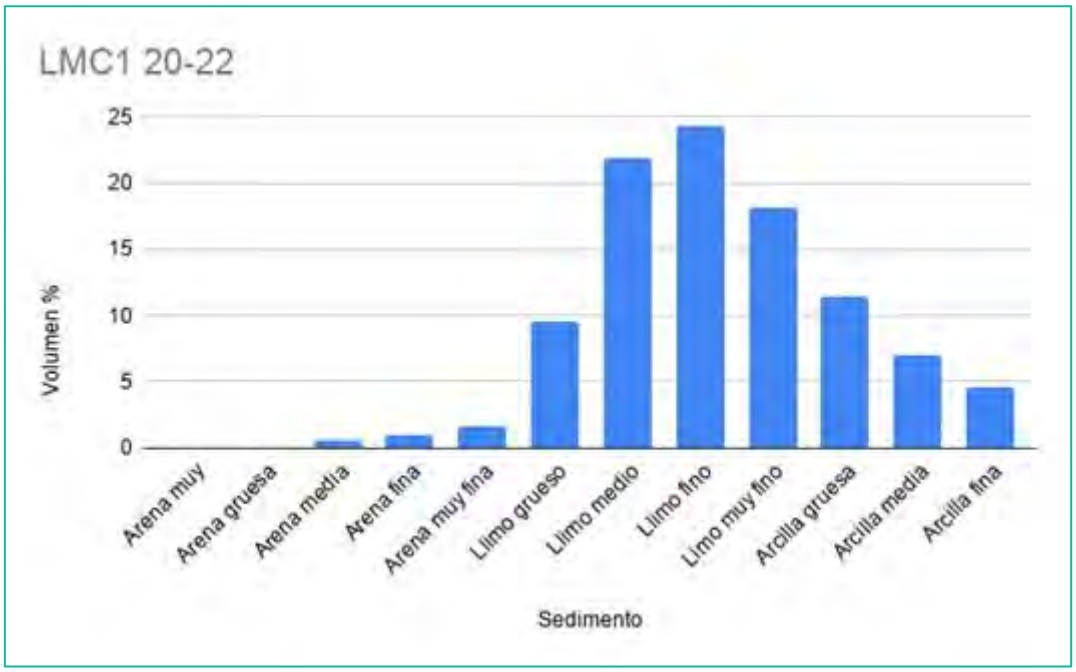
Histogramas de la granulometría, Núcleos 1, 2, 3.

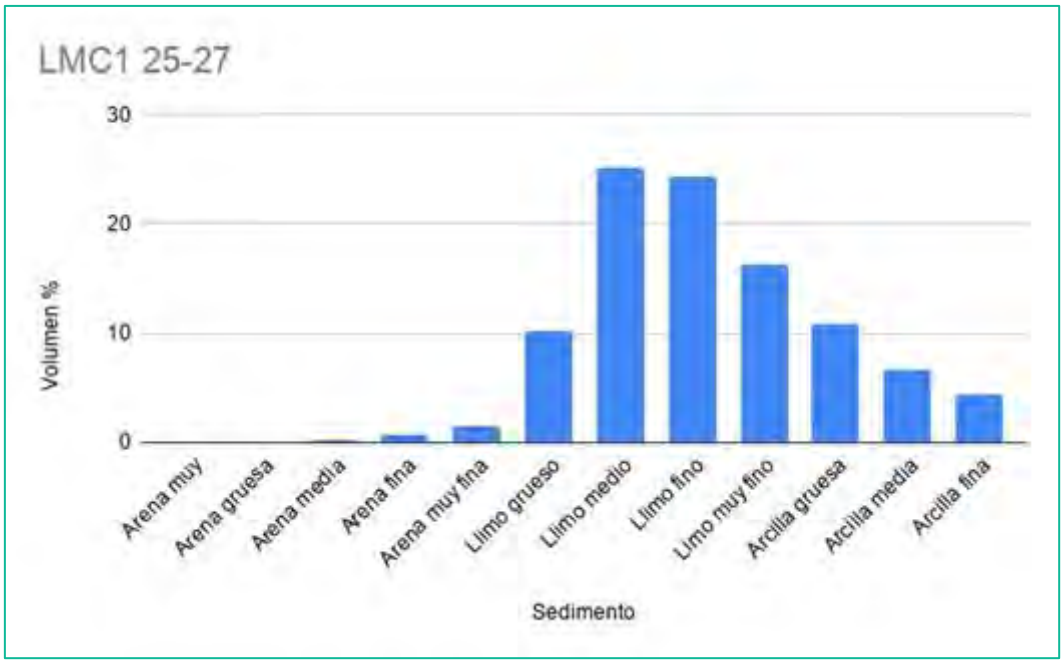

LMC1 0-2
30
20
10
0
Volumen %
Arena muy
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimento

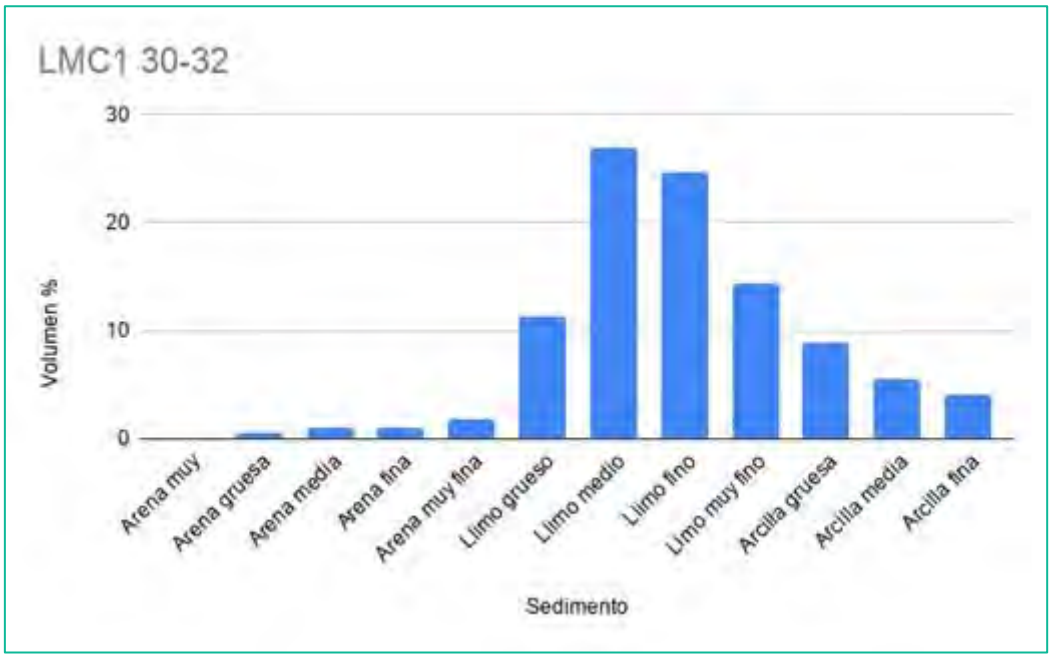

LMC1 5-7
25
20
15
10
5
0
Volumen %
Arena muy
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimento

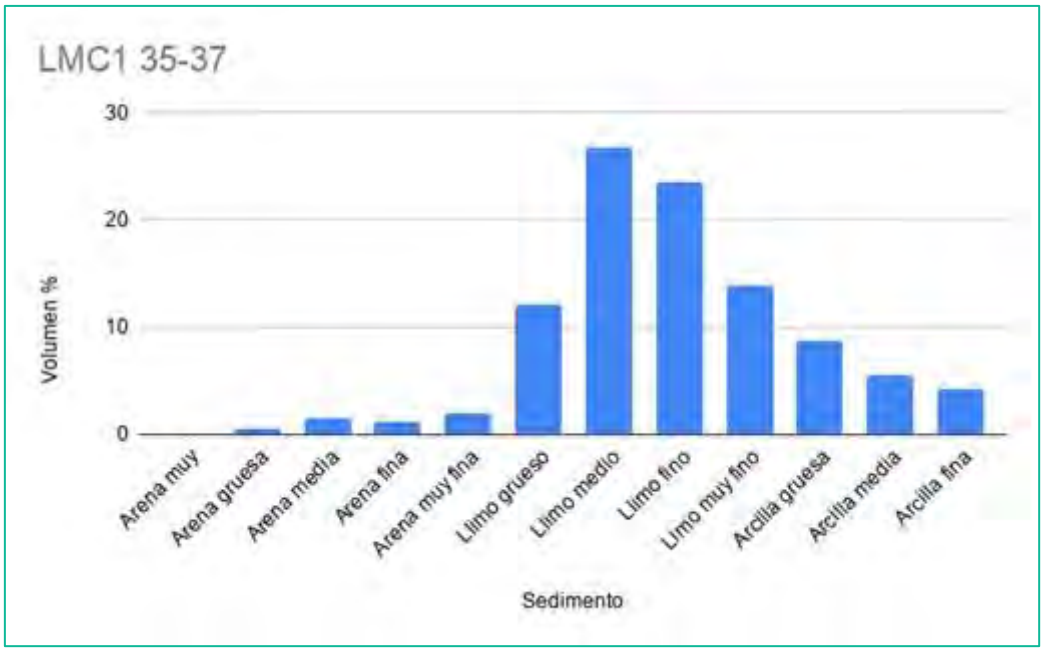

LMC1 10-12
25
20
15
10
5
0
Volumen %
Arena muy
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimento

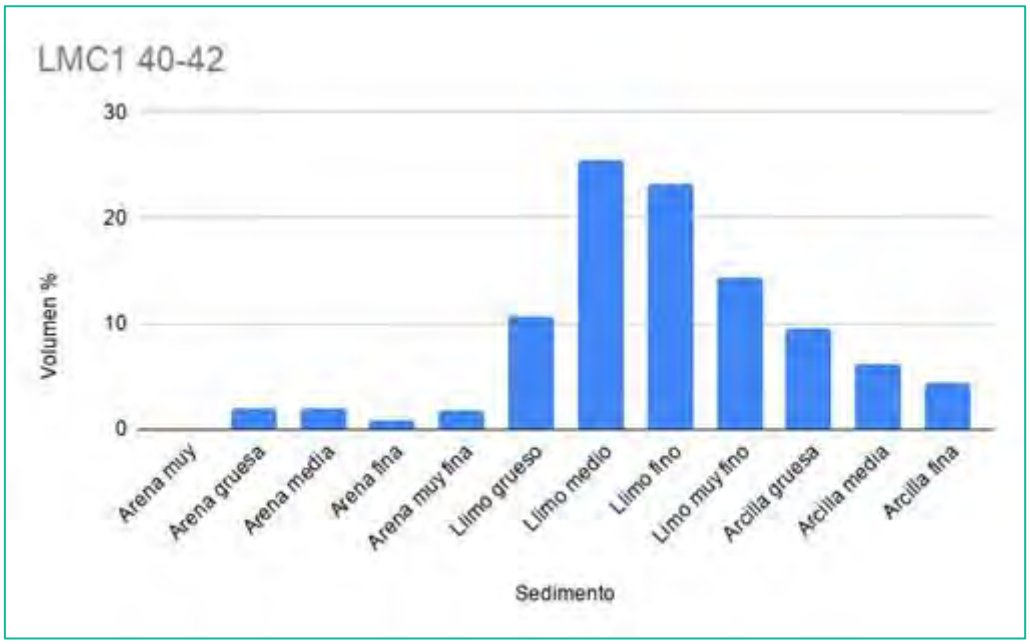

LMC1 15-17
25
20
15
10
5
0
Volumen %
Arena muy
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimento

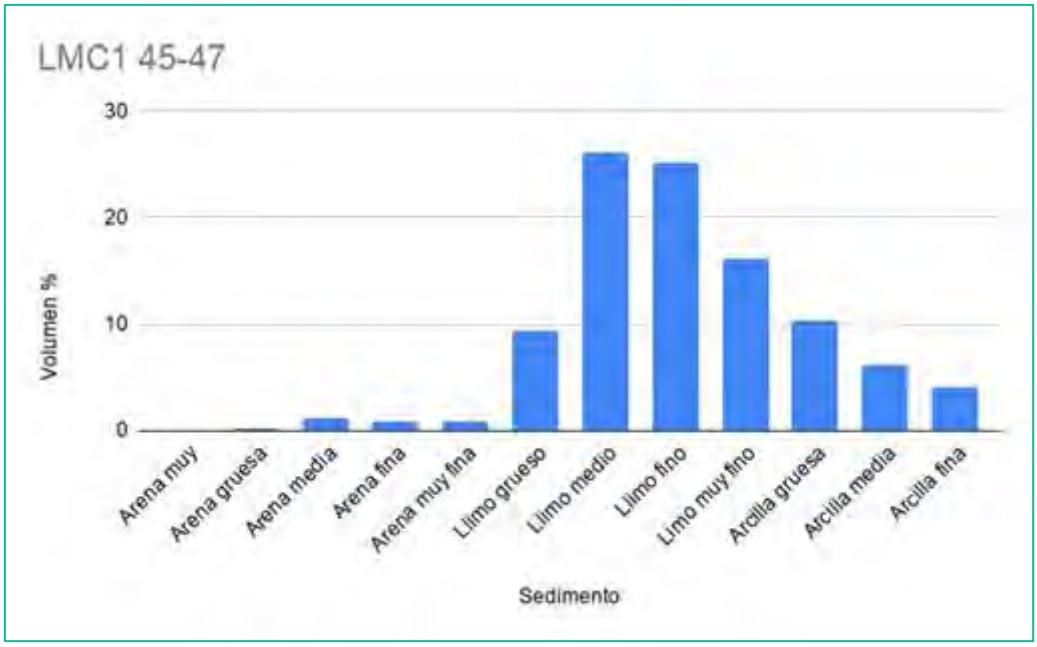

LMC1 20-22
25
20
15
10
5
0
Volumen %
Arena muy
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimento

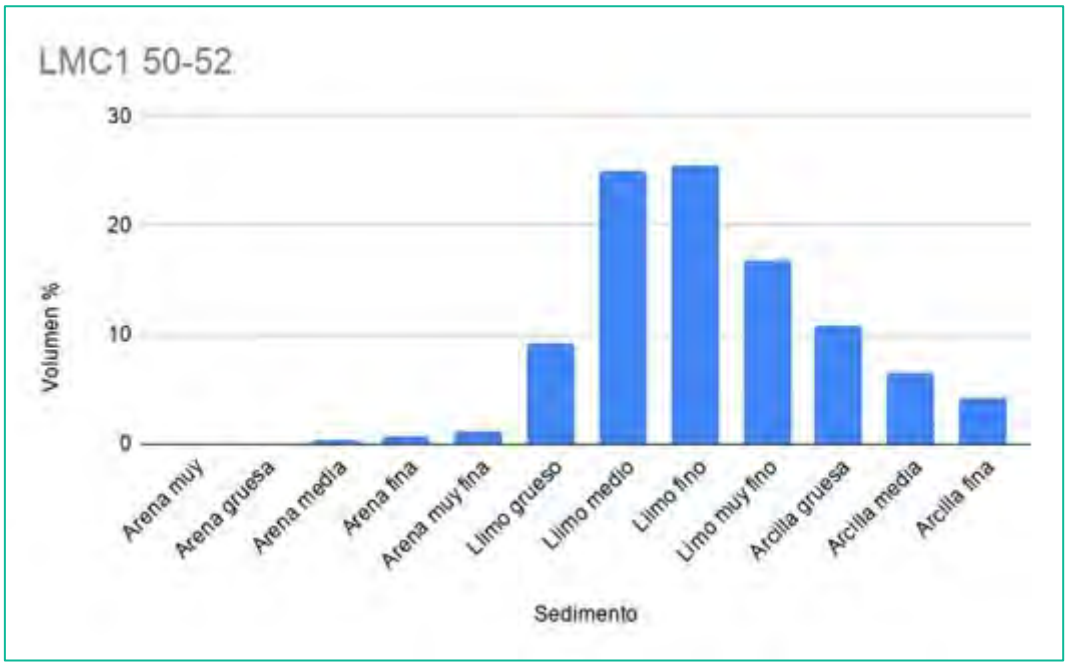

LMC1 25-27
30
20
10
0
Volumen %
Arena muy
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimento

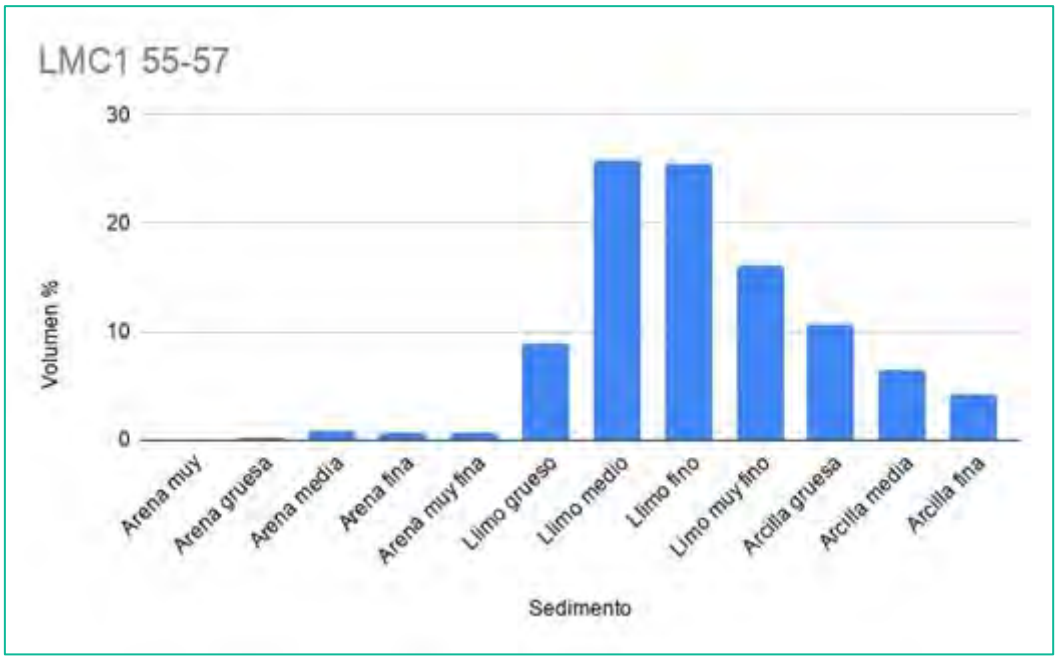

LMC1 30-32
30
20
10
0
Volumen %
Arena muy
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimento

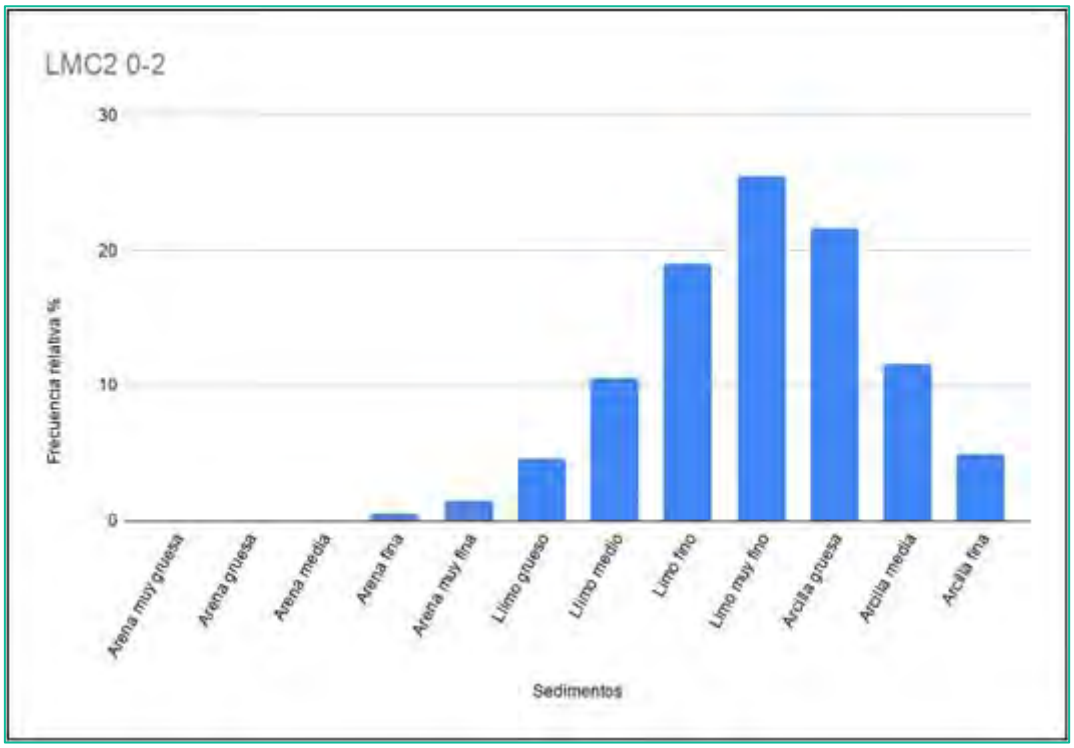

LMC1 35-37
30
20
10
0
Volumen %
Arena muy
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimento

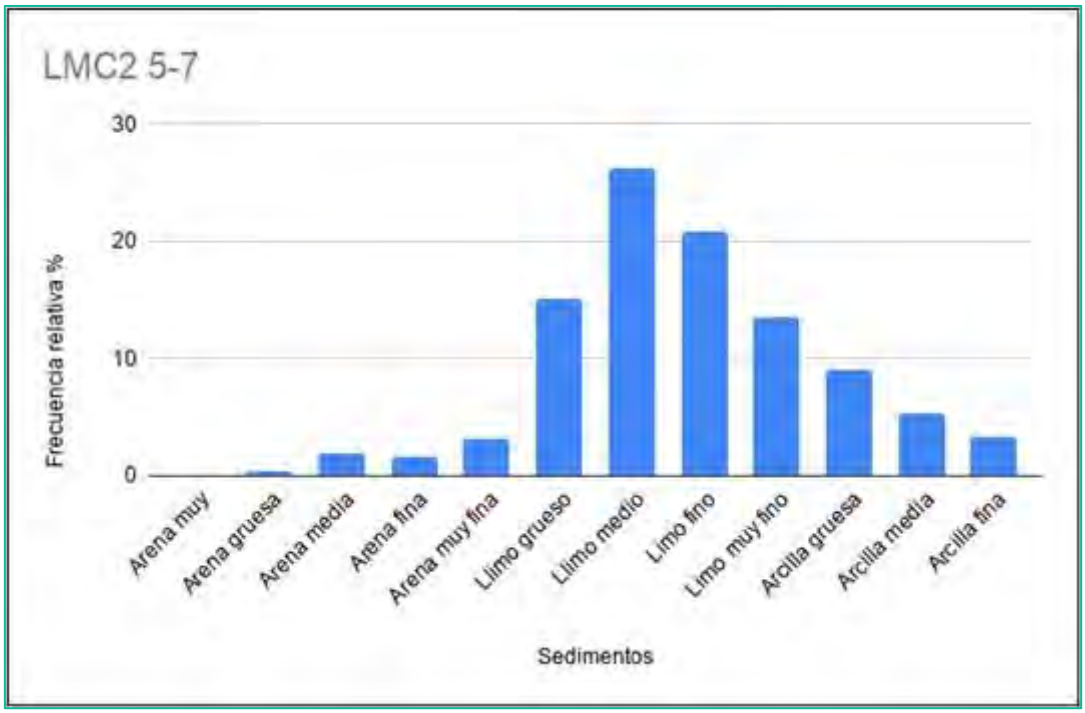

LMC1 40-42
30
20
10
0
Volumen %
Arena muy
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimento

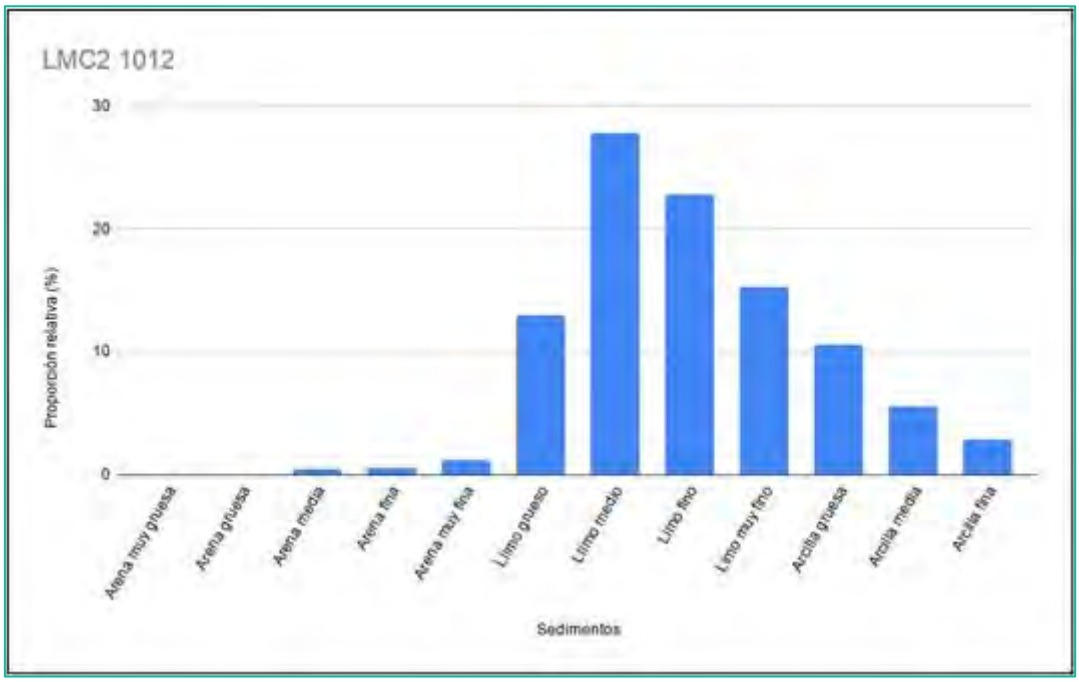

LMC1 45-47
30
20
10
0
Volumen %
Arena muy
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimento

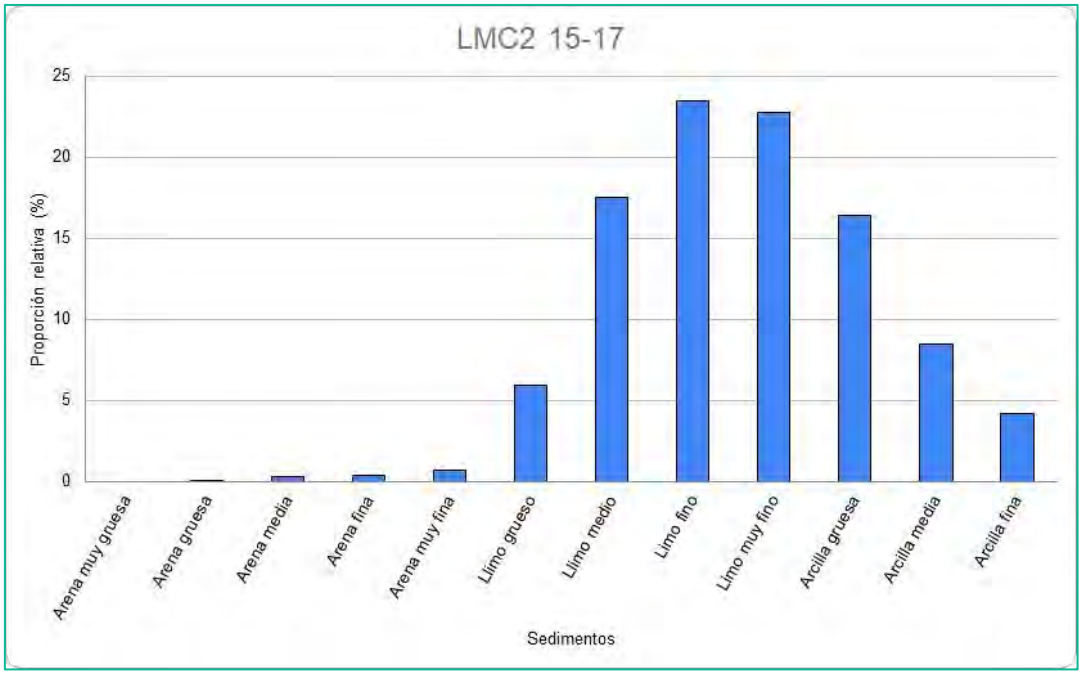

LMC1 50-52
30
20
10
0
Volumen %
Arena muy
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimento

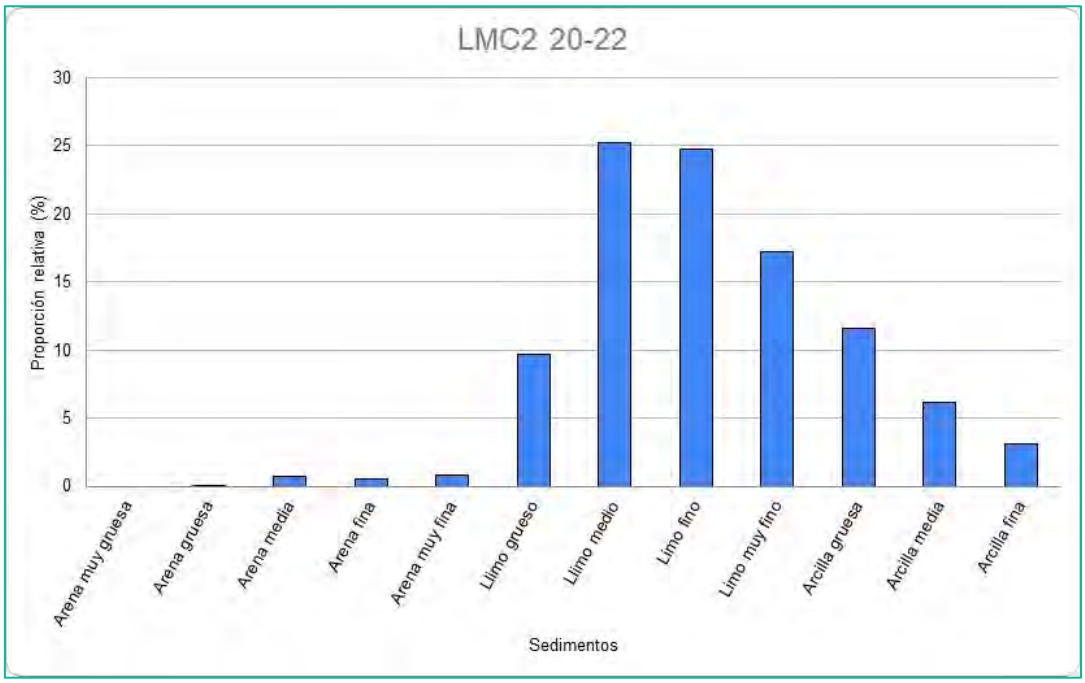

LMC1 55-57
30
20
10
0
Volumen %
Arena muy
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimento

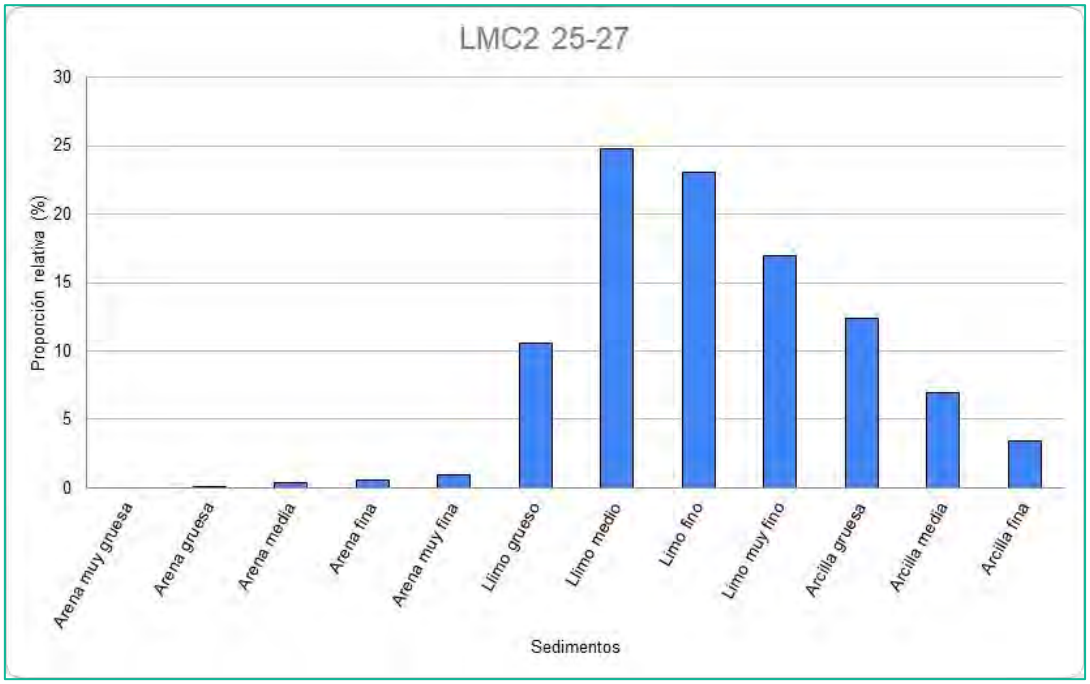

LMC2 0-2
30
20
10
0
Frecuencia relativa %
Arena muy gruesa
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimentos

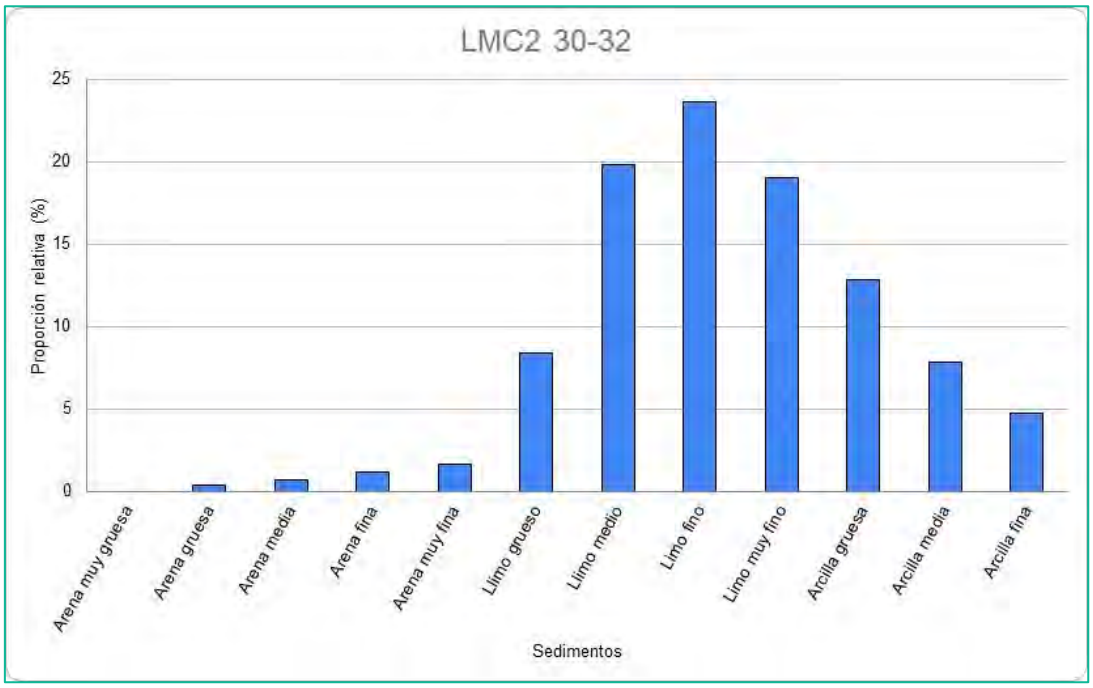

LMC2 5-7
30
20
10
0
Frecuencia relativa %
Arena muy
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimentos

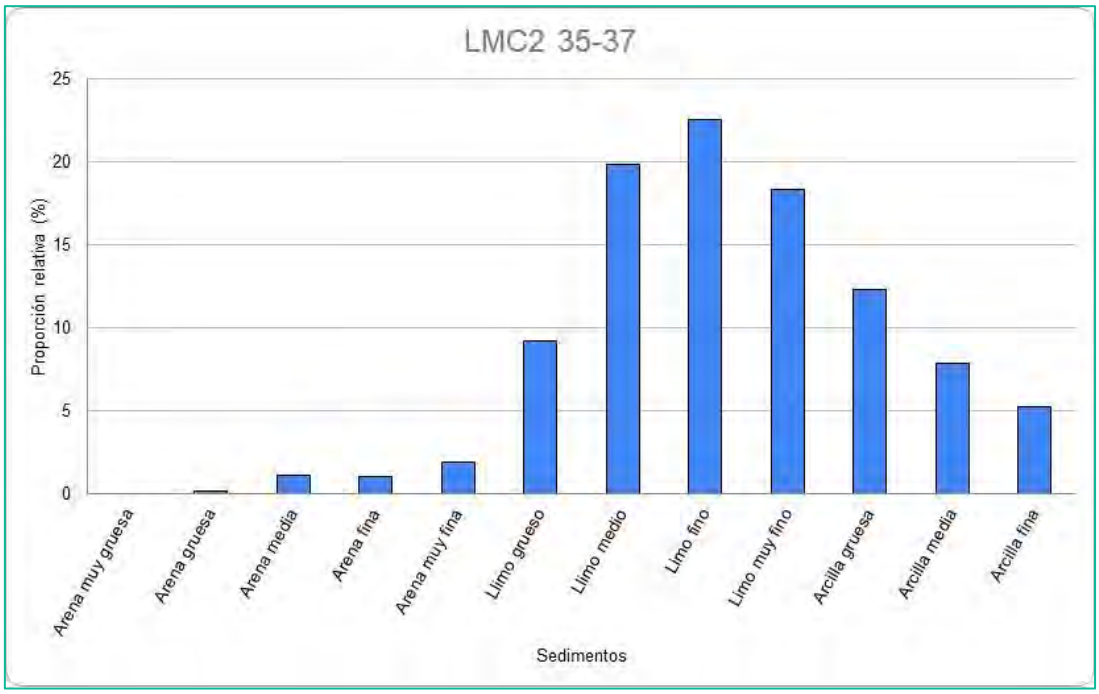

LMC2 1012
30
20
10
0
Proporción relativa (%)
Arena muy gruesa
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimentos

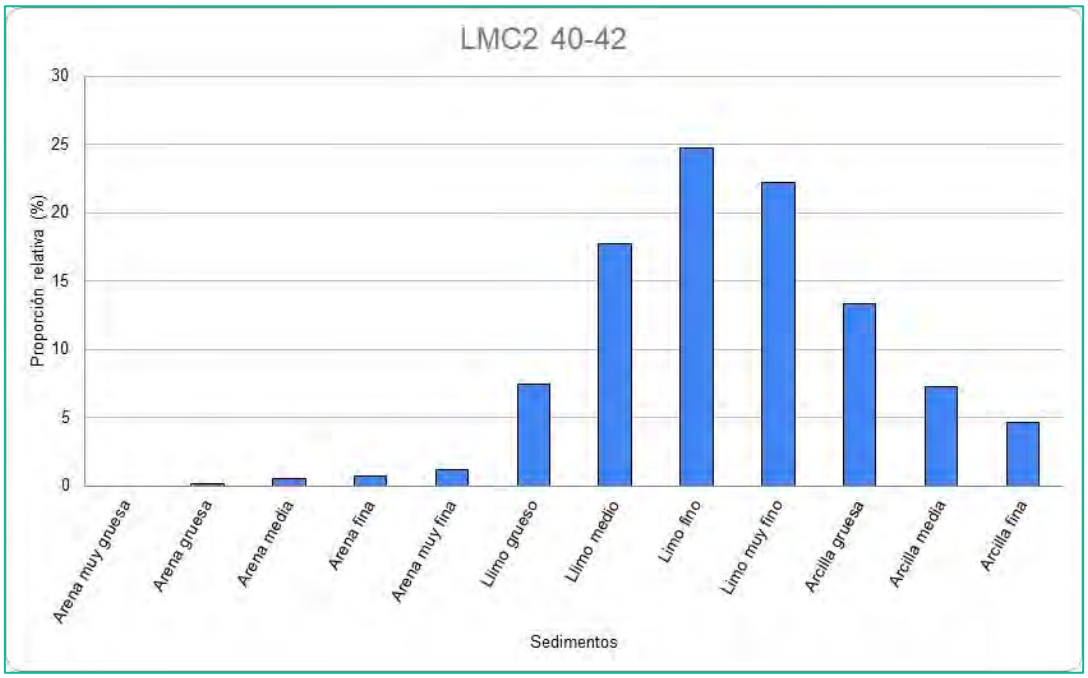

LMC2 15-17
25
20
15
10
5
0
Proporción relativa (%)
Arena muy gruesa
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimentos

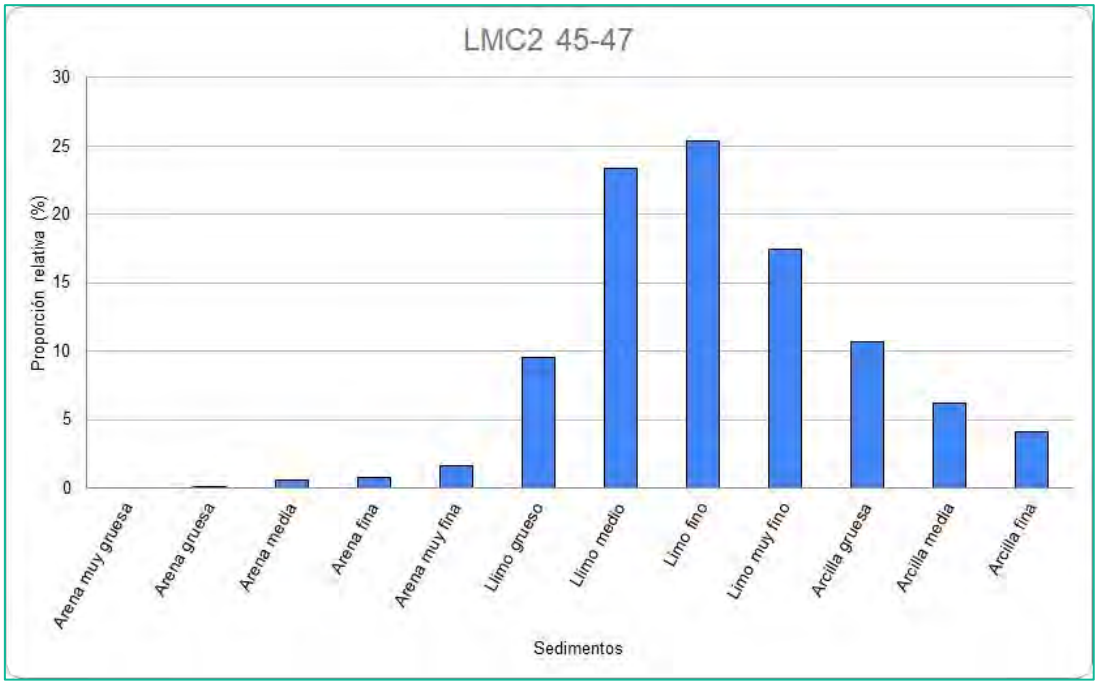

LMC2 20-22
Proporción relativa (%)
30
25
20
15
10
5
0
Arena muy gruesa
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimentos

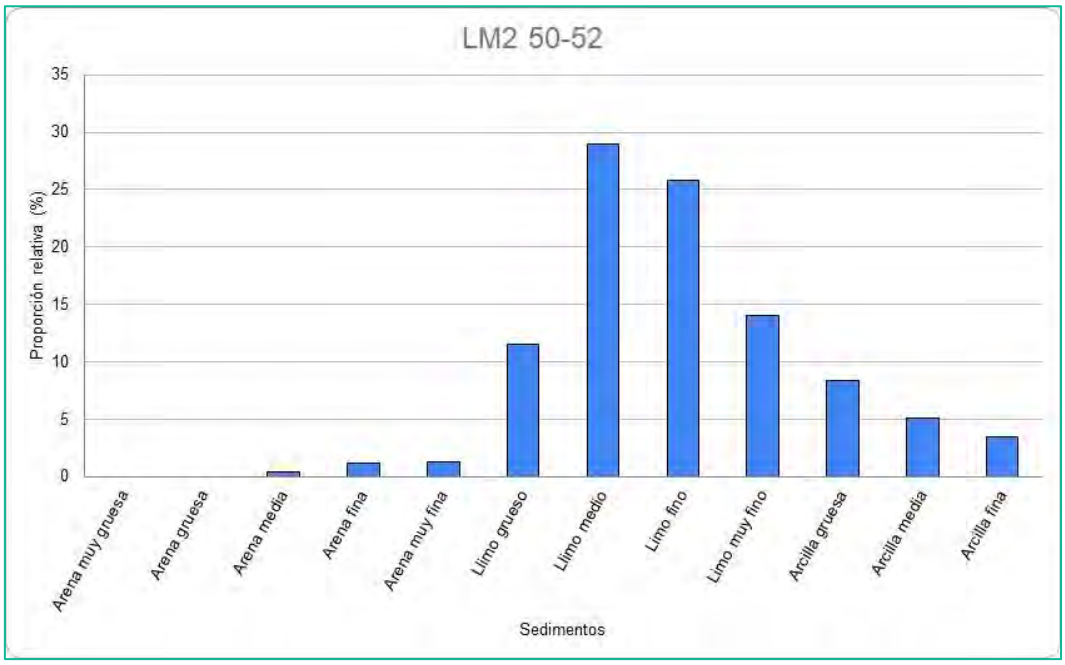

LMC2 25-27
Proporción relativa (%)
30
25
20
15
10
5
0
Arena muy gruesa
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimentos

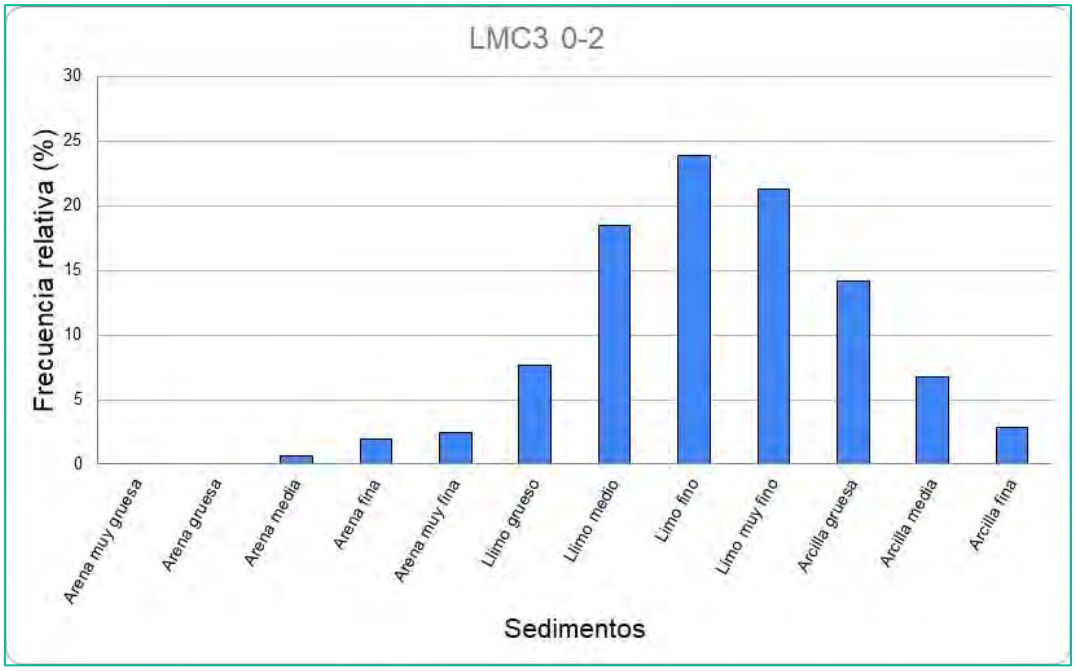

LMC2 30-32
Proporción relativa (%)
25
20
15
10
5
0
Arena muy gruesa
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimentos

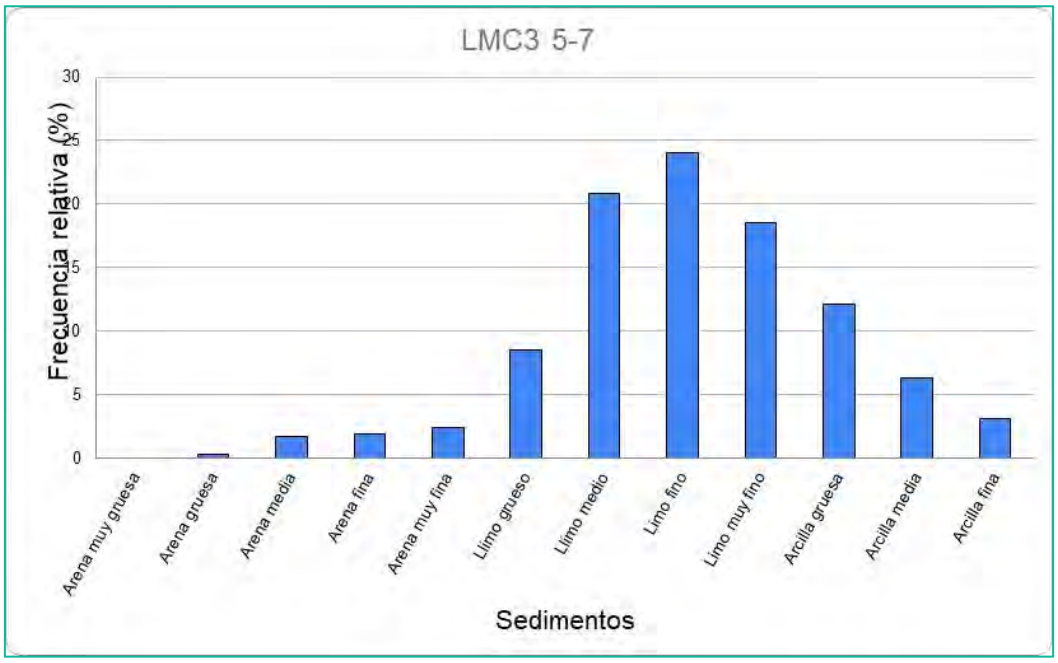

LMC2 35-37
Proporción relativa (%)
25
20
15
10
5
0
Arena muy gruesa
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimentos

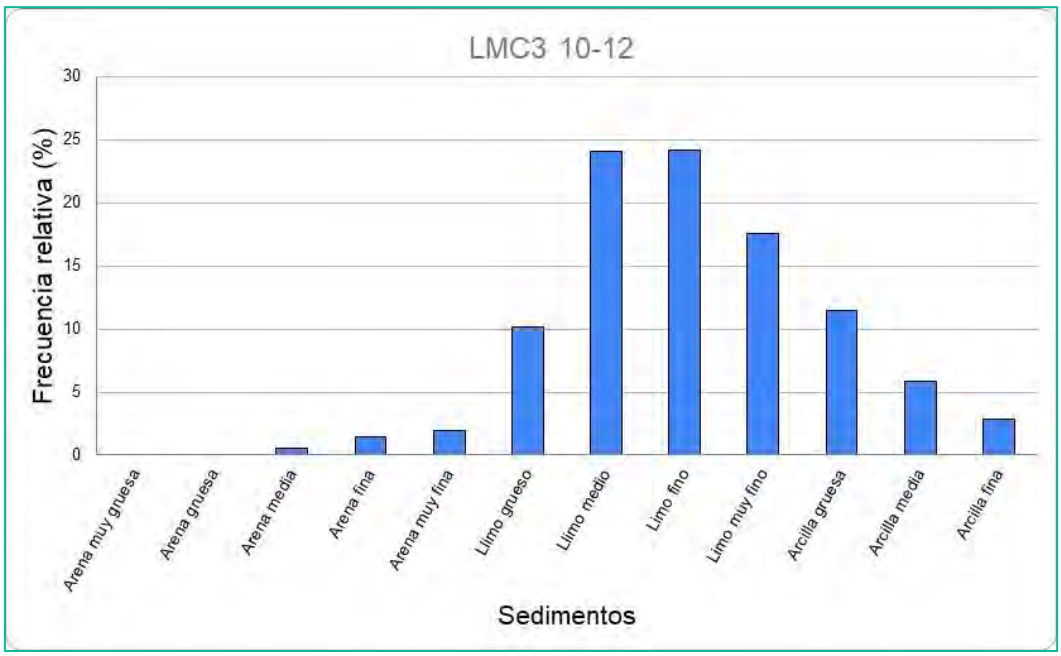

LMC2 40-42
Proporción relativa (%)
30
25
20
15
10
5
0
Arena muy gruesa
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimentos

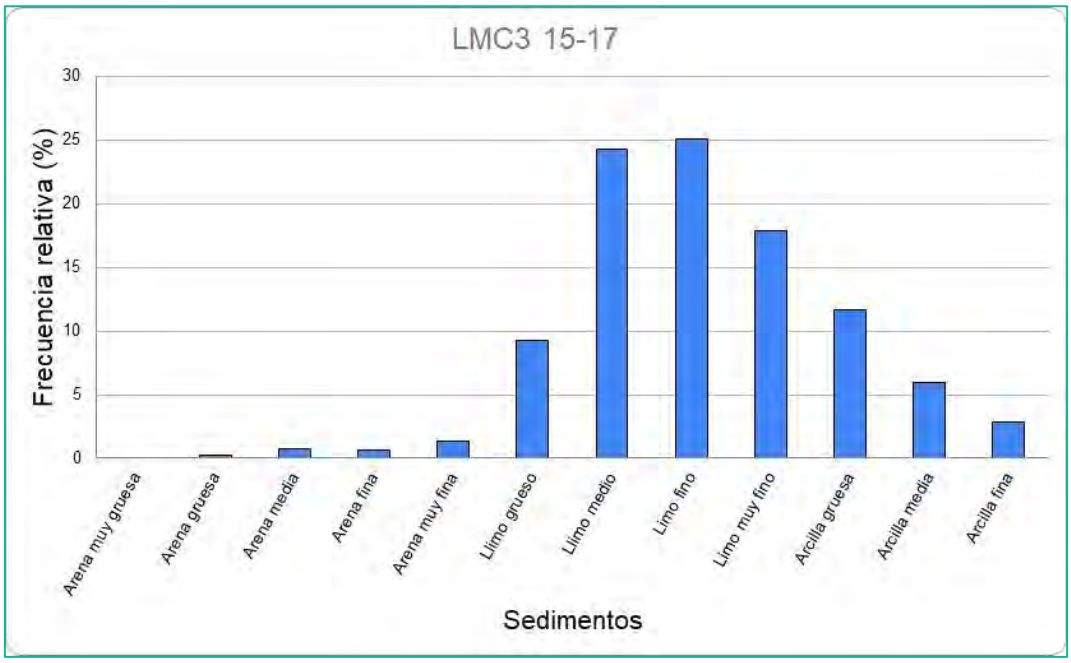

LMC2 45-47
Proporción relativa (%)
30
25
20
15
10
5
0
Arena muy gruesa
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimentos

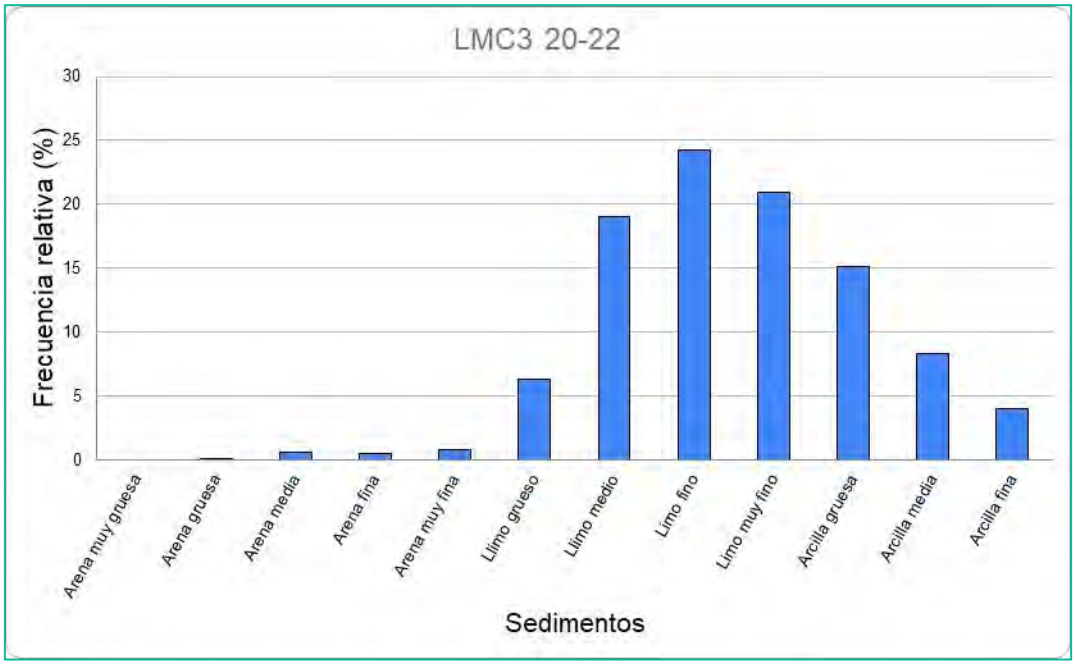

LM2 50-52
Proporción relativa (%)
35
30
25
20
15
10
5
0
Arena muy gruesa
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimentos

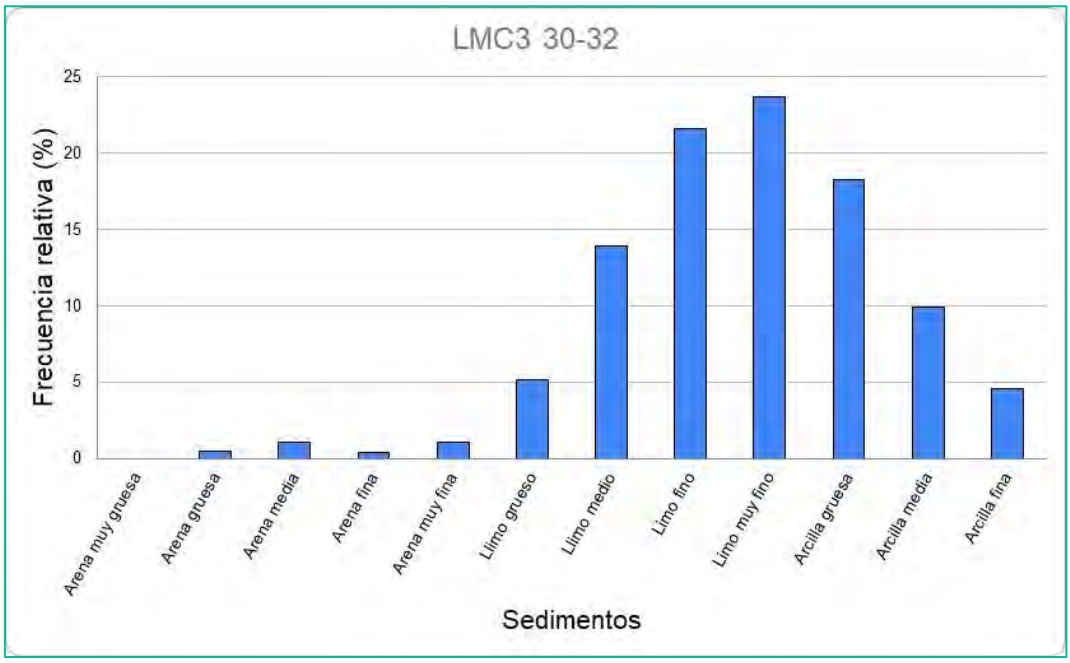

LMC3 0-2
Frecuencia relativa (%)
30
25
20
15
10
5
0
Arena muy gruesa
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimentos

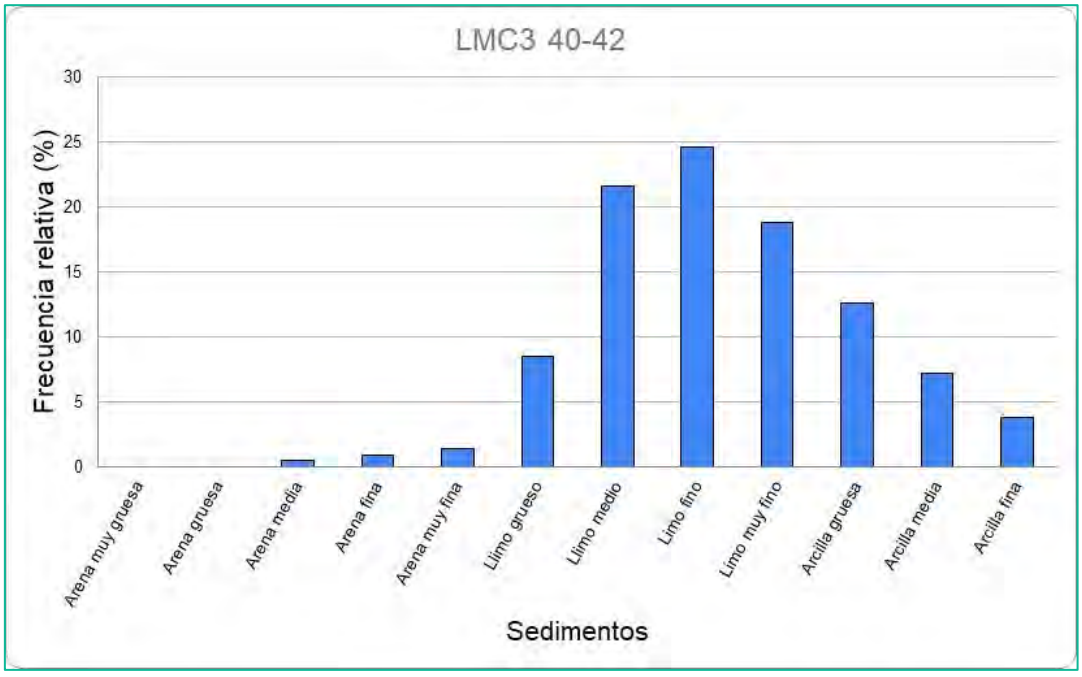

LMC3 5-7
Frecuencia relativa (%)
30
25
20
15
10
5
0
Arena muy gruesa
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimentos

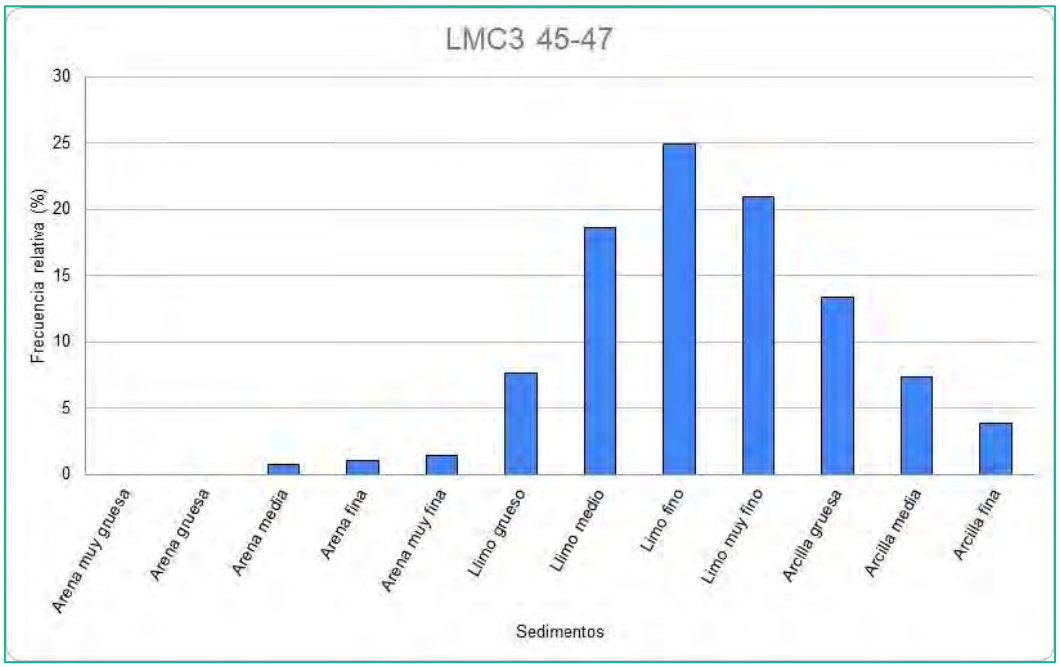

LMC3 10-12
Frecuencia relativa (%)
30
25
20
15
10
5
0
Arena muy gruesa
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimentos


LMC3 15-17
Frecuencia relativa (%)
30
25
20
15
10
5
0
Arena muy gruesa
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimentos


LMC3 20-22
Frecuencia relativa (%)
30
25
20
15
10
5
0
Arena muy gruesa
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimentos

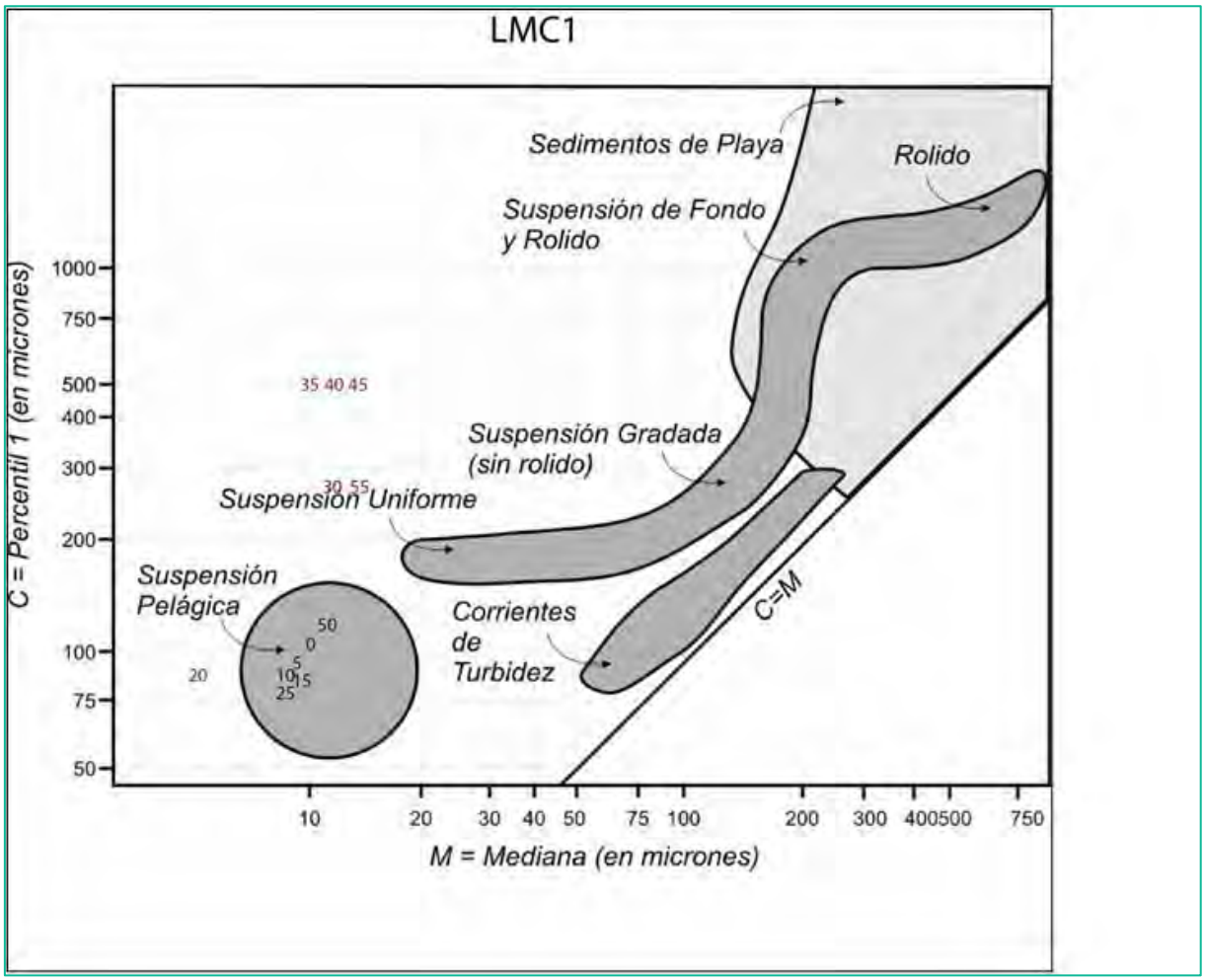

LMC3 30-32
Frecuencia relativa (%)
25
20
15
10
5
0
Arena muy gruesa
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimentos

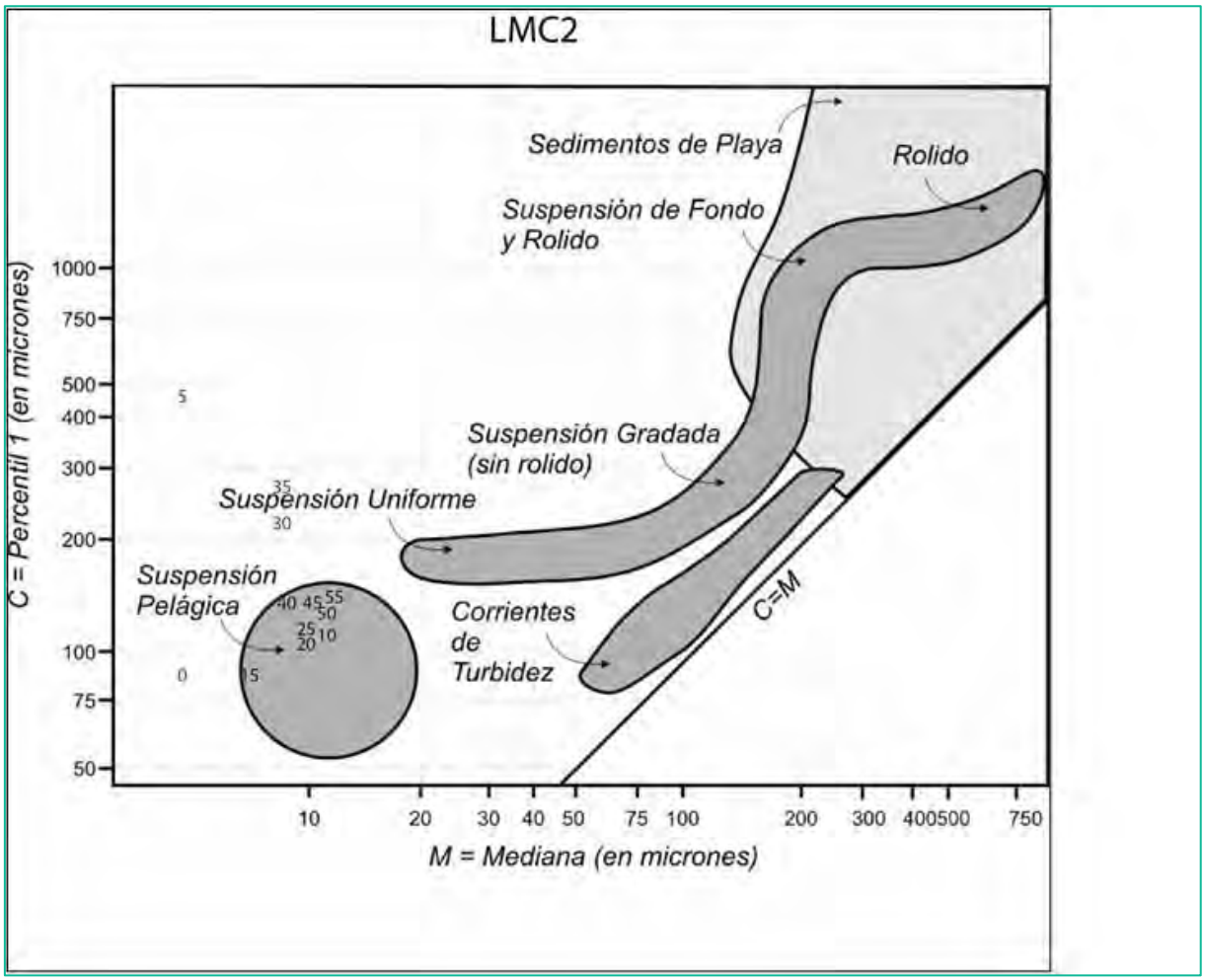

LMC3 40-42
Frecuencia relativa (%)
30
25
20
15
10
5
0
Arena muy gruesa
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimentos

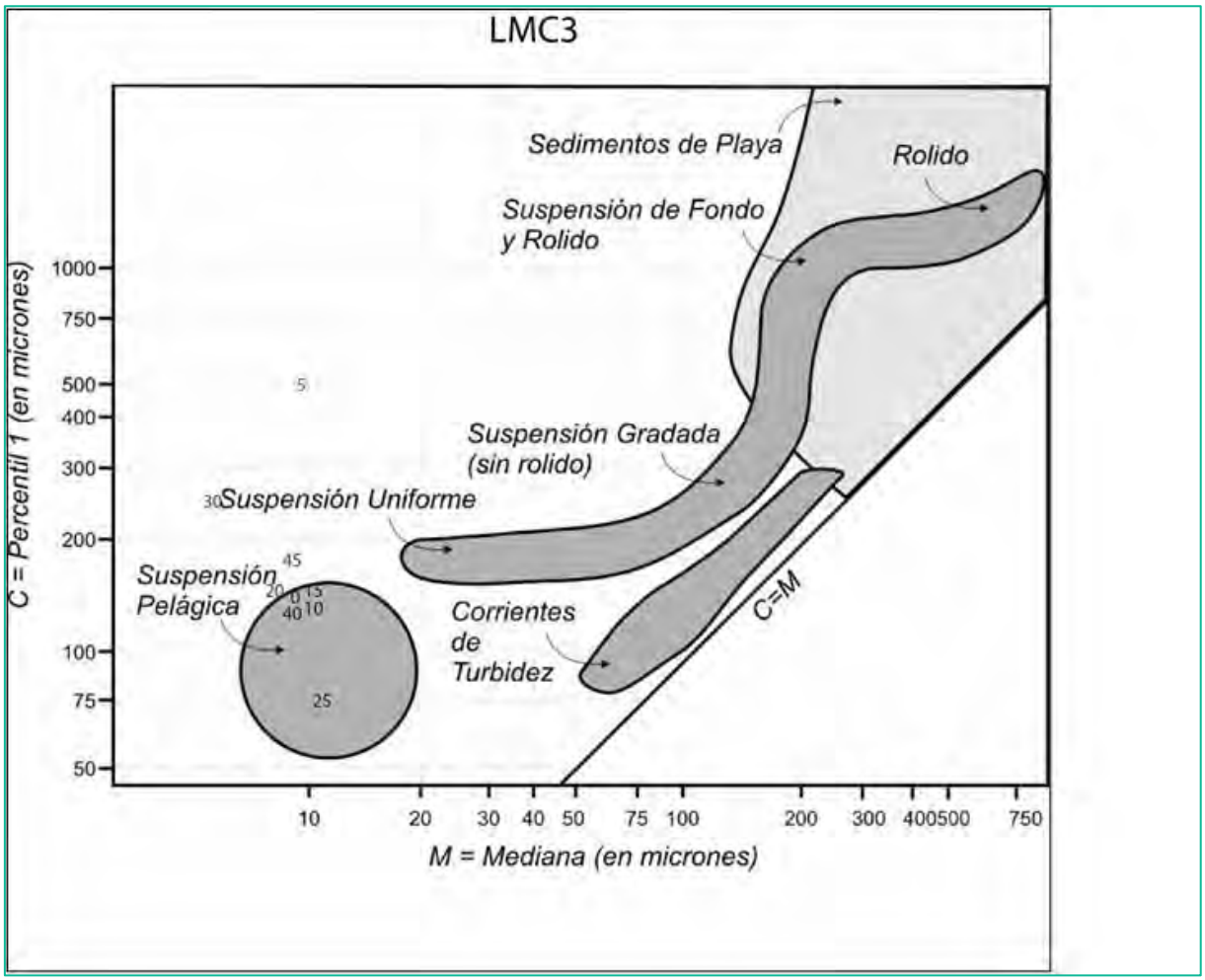

LMC3 45-47
Frecuencia relativa (%)
30
25
20
15
10
5
0
Arena muy gruesa
Arena gruesa
Arena media
Arena fina
Arena muy fina
Limo grueso
Limo medio
Limo fino
Limo muy fino
Arcilla gruesa
Arcilla media
Arcilla fina
Sedimentos

ANEXO IX

Diagramas de sistemas depositacionales, según Passega (1977). Núcleos 1, 2, 3.


LMC1
Sedimentos de Playa
Rolido
Suspensión de Fondo
y Rolido
Suspensión Gradada
(sin rolido)
Suspensión Uniforme
Suspensión
Pelágica
Corrientes
de
Turbidez
C=M
C = Percentil 1 (en micrones)
M = Mediana (en micrones)
1000
750
500
400
300
200
100
75
50
10
20
30
40
50
75
100
200
300
400
500
750
35 40 45
30 55
50
0
5
10
15
20
25


LMC2
Sedimentos de Playa
Rolido
Suspensión de Fondo
y Rolido
Suspensión Gradada
(sin rolido)
Suspensión Uniforme
Suspensión
Pelágica
Corrientes
de
Turbidez
C=M
C = Percentil 1 (en micrones)
M = Mediana (en micrones)
1000
750
500
400
300
200
100
75
50
10
20
30
40
50
75
100
200
300
400500
750


LMC3
Sedimentos de Playa
Rolido
Suspensión de Fondo
y Rolido
Suspensión Gradada
(sin rolido)
Suspensión Uniforme
Suspensión
Pelágica
Corrientes
de
Turbidez
C=M
C = Percentil 1 (en micrones)
1000
750
500
400
300
200
100
75
50
5
30
45
20
0
15
40
10
25
10
20
30
40
50
75
100
200
300
400
500
750
M = Mediana (en micrones)