

COMPARACIÓN DE DIFERENTES MATERIALES ORIGINALES ARCILLOSOS DE LA PLANICIE COSTERA DEL RÍO DE LA PLATA PARA SU UTILIZACIÓN EN ALFARERÍA ARTESANAL



Alumna: Evelin Noelí Sosa Fabr .

Director: Pablo Ontivero.

Codirectora: Laura Boff.

Año: 2022

Trabajo Final de la Licenciatura en Geología de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

RESUMEN

El presente Trabajo Final de Licenciatura plantea caracterizar y comparar materiales originales arcillosos de diferentes ambientes depositacionales de la Planicie Costera del Río de la Plata para su utilización en alfarería artesanal.

El motivo que impulsó a estudiar los horizontes arcillosos, se centra en que este material conforma la materia prima que permite confeccionar piezas de cerámica artesanal. Los artesanos de las localidades asentadas en la Planicie Costera y zonas aledañas, utilizan como insumo los mencionados horizontes de suelo de la Llanura Aluvional de la localidad de Berisso, específicamente de la playa del balneario La Balandra, para desempeñar el arte de la alfarería. A sabiendas de ello, se propuso generar un aporte teórico que permita a los artesanos conocer la materia prima que utilizan, realizando una descripción completa del suelo, y haciendo énfasis en caracterizar las propiedades físicas, químicas, mineralógicas, plásticas, de sinterabilidad y de resistencia mecánica de los horizontes arcillosos que emplean como insumo.

Utilizando como base los antecedentes previos de la zona de interés, se seleccionaron dos unidades geomorfológicas, Llanura Aluvional y Llanura de Fango Interior, representantes del ambiente fluvio-estuarico y marino respectivamente, de las localidades de Berisso y Ensenada, dichas unidades presentan en sus perfiles constituyentes horizontes arcillosos, los cuales podrían actuar como materia prima para los alfareros locales y aportar nuevos puntos de extracción de arcilla.

Las tareas necesarias para llevar a cabo el presente trabajo consistieron en la recopilación de antecedentes bibliográficos, cartográficos, tareas de campo, laboratorio y gabinete. Se llevaron a cabo cuatro calicatas en total, una por cada unidad geomorfológica en las distintas localidades, se realizaron descripciones morfológicas de las calicatas 1 y 2, y se muestrearon los horizontes arcillosos de las 4 calicatas. En laboratorio se hicieron análisis pedológicos de rutina que permitieron clasificar a los suelos según Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2017), y se determinaron los límites líquidos y plásticos de las muestras según American Society for Testing and Materials (ASTM, D4318), los cuales permitieron conocer el índice de plasticidad y

clasificar las muestras en base al diagrama de plasticidad de Casagrande. Además, se realizaron análisis específicos como difracción de rayos X, y se confeccionaron probetas cerámicas, las cuales fueron sinterizadas a diferentes temperaturas (900°, 1000° y 1100°C) para posteriormente evaluar su sinterabilidad y la resistencia mecánica de las probetas cerámicas.

Los resultados de los análisis texturales y mineralógicas marcan una notable diferencia entre la muestra 1, obtenida de la Llanura Aluvional de Berisso (La Balandra) y la muestra 2 de la Llanura Aluvional de Ensenada, siendo causantes de las diferencias de sinterabilidad encontradas entre ambas muestras, sin embargo se considera que tanto la muestra 1 como la muestra 2 son aptas para realizar objetos de cerámica en condiciones similares a la materia prima empleada en la industria, mientras que las muestras de la Llanura de Fango Interior, muestras 3 y 4, no se consideraron aptas para realizar piezas de cerámica, y se debe seguir investigando el posible campo de aplicación de estas arcillas.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	8
2.	ANTECEDENTES	11
3.	ÁREA DE ESTUDIO	13
4.	MARCO GEOLÓGICO	14
	4.1 Topografía e hidrología	14
	4.2 Estratigrafía	15
	4.3 Geomorfología	18
	4.3.1 Área de influencia marina	18
	4.3.2 Área de influencia fluvio-estuárica.....	19
	4.4 Suelos	19
5.	METODOLOGÍA.....	22
	5.1 Recopilación y evaluación de antecedentes	22
	5.2 Reconocimiento y tareas de campo.....	22
	5.3 Análisis físico-químicos y análisis mineralógico de las muestras de suelos.....	25
	5.3.1 Análisis granulométrico.....	25
	5.3.2 Resistencia eléctrica	25
	5.3.3 Conductividad eléctrica.....	26
	5.3.4 Carbono orgánico.....	26
	5.3.5 Ensayo de expansión libre.....	26
	5.3.6 Difracción de rayos X.....	26
	5.4 Análisis de plasticidad, sinterabilidad y resistencia mecánica de las muestras de suelos.27	
	5.4.1 Plasticidad (límites de Atterberg).....	27
	5.4.2 Color Munsell	28
	5.4.3 Absorción de agua	28
	5.4.4 Contracción lineal.....	28
	5.4.5 Ensayo de resistencia a la flexión.....	29
6.	RESULTADOS	32
	6.1 Resultados e interpretaciones de la morfología, análisis físico-químicos y análisis mineralógico de los suelos	32
	6.1.1 Descripción morfológica de los suelos	32

6.1.2 Resultados de los análisis físico-químicos de las muestras de suelos.....	40
6.1.3 Resultado del análisis mineralógico de las muestras de suelos.....	41
6.2 Resultados e interpretaciones de los análisis de plasticidad, sinterabilidad y resistencia mecánica.....	47
6.2.1 Plasticidad: límites de Atterberg.....	47
6.2.2 Sinterabilidad y resistencia mecánica.....	49
7. CONCLUSIONES Y DISCUSIONES.....	61
7.1 Conclusiones y discusiones de resultados morfológicos, análisis físico-químicos y análisis mineralógico.....	61
Calicata 1.....	61
Calicata 2.....	62
Calicata 3.....	64
Calicata 4.....	65
7.2 Conclusiones y discusiones de los análisis de plasticidad, sinterabilidad y resistencia mecánica.....	67
8. CONSIDERACIONES FINALES.....	72
9. AGRADECIMIENTOS.....	73
10. REFERENCIAS.....	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. <i>Área de estudio</i> . Tomado de Boff et al. (2019).....	13
Figura 2. <i>Esquema topo-estratigráfico</i> . Tomado de Gómez Samus et al. (2017).....	17
Figura 3. <i>Ubicación geográfica de las calicatas sobre mapa geomorfológico</i> . Modificado de Cabral et al. (2016).....	24
Figura 4. <i>Probetas enrasadas previo a la toma de muestra con pipeta</i> . Fuente propia.....	25
Figura 5. <i>Probetas de las muestras 1 y 2</i> . Fuente propia.....	29
Figura 6. <i>Probetas de las muestras 3 y 4</i> . Fuente propia.....	30
Figura 7. <i>Probetas de absorción en agua</i> . Fuente propia.....	30
Figura 8. <i>Máquina de ensayo universal INSTRON 5985</i> . Fuente propia.....	31
Figura 9. <i>Calicata 1</i> . Fuente propia.....	33
Figura 10. <i>Calicata 2</i> . Fuente propia.....	35
Figura 11. <i>Estructura migajosa del horizonte A</i> . Fuente propia.....	35

Figura 12. <i>Calicata 4</i> . Fuente propia.....	38
Figura 13. <i>Detalle de Slickensides muestra 4</i> . Fuente propia.....	39
Figura 14. <i>Triángulo de clases texturales según el sistema USDA</i>	41
Figura 15. <i>Difractograma de roca total de la muestra 1</i>	42
Figura 16. <i>Difractograma de roca total de la muestra 2</i>	42
Figura 17. <i>Difractograma de roca total de la muestra 3</i>	43
Figura 18. <i>Difractograma de roca total de la muestra 4</i>	43
Figura 19. <i>Difractograma de la muestra 1 orientada</i>	44
Figura 20. <i>Difractograma de la muestra 2 orientada</i>	45
Figura 21. <i>Difractograma de la muestra 3 orientada</i>	46
Figura 22. <i>Difractograma de la muestra 4 orientada</i>	47
Figura 23. <i>Diagrama de Casagrande empleado para la clasificación de las muestras</i>	49
Figura 24. <i>Probetas de contracción lineal y flexión a 900°C</i> . Fuente propia.....	50
Figura 25. <i>Detalle de la presencia de concreciones de Fe y Mn de la muestra 3</i> . Fuente propia	51
Figura 26. <i>Detalle de concreciones de Fe y Mn de la muestra 4</i> . Fuente propia.....	52
Figura 27. <i>Variación de color. De arriba hacia abajo 900°,1000° y 1100°C</i> . Fuente propia.....	52
Figura 28. <i>Detalle del corazón rojo de la muestra 1 a 900°C</i> . Fuente propia.....	53
Figura 29. <i>Contracción lineal a las tres temperaturas de la muestra 1</i> . Fuente propia.	56
Figura 30. <i>Contracción lineal a las tres temperaturas de la muestra 2</i> . Fuente propia.	56

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Calicatas abarcadas, ubicación, unidades geomorfológicas, horizontes muestreados y número de muestra</i>	23
Tabla 2. <i>Resultados analíticos</i>	40
Tabla 3. <i>Fases minerales identificadas</i>	44
Tabla 4. <i>Fases arcillosas identificadas</i>	47
Tabla 5. <i>Límites de Atterberg</i>	48
Tabla 6. <i>Color en todas las etapas</i>	53
Tabla 7. <i>Contracción lineal del secado</i>	54
Tabla 8. <i>Contracción lineal total después del secado y del sinterizado a 900°C</i>	54
Tabla 9. <i>Contracción lineal total después del secado y del sinterizado a 1000°C</i>	55

Tabla 10. <i>Contracción lineal total después del secado y del sinterizado a 1100°C</i>	55
Tabla 11. <i>Volumen de contracción y factor de contracción a 1000°C</i>	55
Tabla 12. <i>Volumen de contracción y factor de contracción a 1100°C</i>	55
Tabla 13. <i>Datos obtenidos del ensayo de absorción de agua</i>	57
Tabla 14. <i>Resultados ensayo de absorción de agua</i>	57
Tabla 15. <i>Resultados módulo de rotura muestra 1</i>	59
Tabla 16. <i>Resultados módulo de rotura muestra 2</i>	60

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. <i>Gráfico porosidad aparente - absorción de agua de la muestra 1</i>	58
Gráfico 2. <i>Gráfico porosidad aparente - absorción de agua de la muestra 2</i>	58
Gráfico 3. <i>Módulo de rotura vs Temperatura de la muestra 1</i>	59
Gráfico 4. <i>Módulo de rotura vs Temperatura de la muestra 2.</i>	60

1. INTRODUCCIÓN

La zona de estudio se encuentra ubicada en los partidos de Berisso y Ensenada, dentro de la unidad geomorfológica Planicie Costera (Fidalgo y Martínez, 1983) o Llanura Costera (Cavallotto, 1995), presentando en esta zona un ancho máximo de 9 km. Se ubica al nordeste de la provincia de Buenos Aires, extendiéndose entre la cota 5 m.s.n.m y la costa del Río de la Plata, desde la ciudad de Buenos Aires hasta la bahía Samborombón. En la provincia de Buenos Aires, Violante et al. (2001) diferencian tres llanuras costeras, que de norte a sur se denominan: Río de la Plata, Ajó y Mar Chiquita, siendo la primera de interés para este trabajo, limitando al sur con la Planicie Interior (Fidalgo y Martínez, 1983) o Llanura Alta (Cavallotto, 1995) a través de un escalón o cambio de pendiente, ubicado aproximadamente en la cota 5 m.s.n.m, este es irregular y marca la máxima transgresión holocena (Cavallotto, 1995).

Litológicamente, la Planicie Costera está compuesta por sedimentos de diferentes orígenes: continentales, marinos y fluviales, y a su vez, estos sedimentos presentan variaciones texturales y composicionales. Según Giménez et al. (2005) las diferencias litológicas formacionales, geomorfológicas e incluso de vegetación, permiten diferenciar en esta zona dos áreas litorales, en las que se reconocen una sucesión de geoformas menores originadas durante el ciclo transgresivo - regresivo, ocurrido durante el Holoceno: (i) área de origen fluvio-estuárica, más moderna y representada a su vez por las unidades: Playa Actual, Llanura Aluvional Reciente y Antigua, y (ii) área de origen marino, representada por distintos tipos de materiales marinos, y compuesta por las unidades Cordón Conchil, Cordón Litoral, Llanura de Fango Interior, Bañados, Llanura de Marea Interior y antiguos Canales de Mareas.

Los suelos de la Llanura de Fango Interior, se encuentran compuestos por sedimentos de granulometría muy fina, con predominio de arcillas del grupo de la esmectita, esta propiedad origina en los suelos rasgos vérticos tales como superficies de deslizamiento (slickensides), agregados cuneiformes y grietas muy profundas (Manassero et al., 2013).

Los suelos de la Llanura Aluvional Reciente, se encuentran compuestos por sedimentos de granulometría gruesa que se acumulan como producto de los continuos desbordes del Río de la Plata, y presenta intercalaciones de sedimentos de

granulometría contrastante (Camilión et al., 2004). Sobre dicha unidad geomorfológica, dentro del partido de Berisso, se encuentra el balneario denominado La Balandra. Los ceramistas de Berisso y de zonas aledañas, utilizan la playa del mencionado balneario como punto de extracción de material arcilloso que emplean para realizar el arte de la alfarería. Los ceramistas utilizan técnicas ancestrales para elaborar piezas de cerámica, replicando la forma de confeccionar piezas que tenían los asentamientos de pueblos originarios que habitaban esta zona.

Con la finalidad de generar un aporte original teórico y aplicado sobre el tema propuesto, se cree conveniente realizar una comparación de los materiales arcillosos de distintos ambientes depositacionales, Llanura Aluvional y Llanura de Fango Interior, que podrían ser utilizados para alfarería artesanal. El interés de analizar estos ambientes reside en la composición del material original sobre el cual se desarrollan los suelos, debido a que los sedimentos arcillosos son la materia prima que se utiliza para realizar objetos de cerámica.

La arcilla se considera un mineral natural complejo, compuesto por una mezcla de aluminosilicatos hidratados y otros silicatos y minerales de hierro, calcio, titanio, etc., siendo su composición mineralógica determinante en el comportamiento de los procesos a los que se destine. Los minerales arcillosos son numerosos y difieren entre sí por su estructura (láminas de tetraedros de SiO_4 y octaedros de Al_2O_3), apilamiento de las capas y la simetría de la red que forman entre sí. La mayor aplicación de la arcilla, según Bernal et al. (2013) ha sido tradicionalmente para la producción de objetos cerámicos.

Los ceramistas necesitan tener un conocimiento teórico de las materias primas que emplean, para realizar de forma correcta los procesos de conformado, secado y horneado de las piezas cerámicas. En el caso de que esto no suceda, los procesos antes mencionados se llevan a cabo de forma experimental, por no contar con una base teórica precisa sobre las propiedades mineralógicas, físicas y químicas de los componentes de la materia prima cerámica (Hevia, 2012).

El objetivo general de este Trabajo Final de Licenciatura plantea caracterizar y comparar materiales originales de suelos arcillosos de diferentes ambientes

depositacionales de la Planicie Costera del Río de la Plata para su utilización en alfarería artesanal.

Dentro de los objetivos específicos se propone, identificar y extraer los horizontes C arcillosos de suelos de las unidades geomorfológicas Llanura Aluvional y Llanura de Fango Interior de los partidos de Berisso y Ensenada. Realizar una caracterización física, química, mineralógica, plástica, de sinterabilidad y de resistencia mecánicamente de los horizontes C muestreados. Comparar las propiedades y el comportamiento físico - mecánico de los materiales de los diferentes ambientes depositacionales. En función de los resultados de la comparación sugerir nuevos sitios de extracción de arcilla apta para la actividad alfarera.

2. ANTECEDENTES

El material original arcilloso de los suelos de la zona de interés ha sido estudiado desde hace varias décadas. Distintos investigadores han hecho foco en el origen de este material, en los procesos pedogenéticos que lo modificaron y que contribuyeron a la evolución de los suelos.

Fidalgo y Martínez (1983) propusieron la denominación de Planicie Costera a la zona de estudio, área aledaña a la costa que se encuentra por debajo de la cota 5 m.s.n.m, compuesta principalmente por la Formación Las Escobas. Mencionan que el principal proceso geomorfológico generador del paisaje es la pedogénesis y en segundo lugar la acción fluvial. Por otra parte, establecen la presencia de depósitos correspondientes a dos ingresiones marinas, La Formación Pascua del Pleistoceno superior y la Formación Las Escobas del Holoceno.

La denominación Llanura Costera fue empleada por Cavallotto (1995), equivalente a la Planicie Costera de Fidalgo y Martínez (1983). La Llanura Costera, junto con la Planicie Deltaica, está incluida dentro de una unidad morfológica de orden mayor denominada "Río de la Plata", y es el ambiente marginal subaéreo del margen sur del Río de la Plata. Se desarrolló sobre un sustrato de edad preholoceno (Plio-Pleistoceno) y presenta una sucesión de geoformas de agradación que se originaron durante el ciclo transgresivo - regresivo Holoceno, desarrollándose en su borde externo geoformas relacionadas al aparato deltaico en un medio fluvio-estuarío.

Cavallotto y Violante (2005) presentaron una síntesis del conocimiento de la evolución y la geología del Río de la Plata y regiones aledañas durante la década del 60, incluyendo trabajos desarrollados por Urien (1966, 1967, 1970 y 1972), Ottmann y Urien (1965) y otros estudios de la década del 80, realizados por Parker et al. (1987), Parker (1990), Parker y Marconi (1989, 1992), Parker y Paterlini (1990), Parker y Violante (1993), Parker et al. (1990, 1994 y 1999), Violante et al. (1991), Violante y Parker (1993, 1999, 2000, 2004), Cavallotto (1987, 1988, 1995 a y b, 1996), Cavallotto et al. (1999, 2002 y 2004).

En los últimos años la caracterización de los suelos de la Planicie Costera, fue realizada por Camilión et al. (2004), Giménez et al. (2005), Hurtado et al. (2006),

Imbellone (2007), Imbellone et al. (2009), Imbellone y Mormeneo (2011), Manassero et al. (2013), Cabral et al. (2016), Gómez Samus et al. (2017), Martegani (2018) Scarponi (2018), Boff et al. (2019), Gómez Samus et al. (2021). Estos trabajos llevaron a cabo numerosos análisis en diversas disciplinas como: pedología, hidrología, mineralogía de las fracciones arena y arcilla, difracción de rayos X, parámetros magnéticos, caracterización de minerales portadores de hierro, análisis químicos y cartografía temática, entre otros.

El conocimiento de las arcillas extraídas de la costa del Río de la Plata para su aplicación en la industria cerámica fue aportado por Aronson et al. (2012), quienes estudiaron la evolución térmica, la sinterabilidad y las propiedades de los cerámicos obtenidos al tratar las arcillas del balneario La Balandra, sin pretratamientos previos, para obtener información sobre su aplicabilidad para el procesamiento de materiales cerámicos.

Hasta el momento no existen antecedentes que brinden información sobre una posible aplicación alfarera de las arcillas ubicadas en la Llanura Aluvional de Ensenada, como tampoco se han realizado análisis específicos que permitan evaluar la aptitud de las arcillas localizadas en la Llanura de Fango Interior de los partidos de Berisso y Ensenada para elaborar piezas de cerámica artesanal.

3. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra ubicada en las localidades de Berisso y Ensenada (Figura 1), en el noreste de la provincia de Buenos Aires, dentro de la denominada Pampa Ondulada. Limita al noreste con el Río de la Plata, al noroeste con el partido de Berazategui, al sudoeste con el partido de La Plata y al sudeste con el partido de Magdalena. Dichas localidades se asientan en la unidad geomorfológica Planicie Costera (Fidalgo y Martínez, 1983) o Llanura Costera (Cavallotto, 1995), planicie de inundación natural del Estuario del Río de la Plata. La conexión con la Llanura Alta (Cavallotto, 1995) es a través de un paleocantilado, hoy en día disminuido por la erosión y la acción antrópica (Cabral et al., 2016). El clima es templado sin estación seca con veranos calurosos (Kottek et al., 2006). La precipitación media anual es 910,5 mm, la humedad relativa media anual es de 81%. La temperatura media anual es de 15,5°C, con temperatura mínima de 10,1°C y máxima de 21,8°C (Hurtado et al., 2006).



Figura 1. Área de estudio. Tomado de Boff et al. (2019)

4. MARCO GEOLÓGICO

4.1 Topografía e hidrología

La Planicie Costera forma una faja paralela a la costa del Río de la Plata, con un ancho que varía entre los 5 y los 8 km. Predominan cotas por debajo de 3 m.s.n.m y la cota máxima no supera los 5 m.s.n.m, esta condición deriva en gradientes topográficos extremos de 0,5 a 0,8 m/km (Auge, 2005). La red de drenaje no está bien diferenciada (Cabral et al., 2016), los cauces se tornan divergentes y prácticamente desaparecen las divisorias por el plano relieve, dando como resultado un diseño de drenaje de tipo anárquico (Giménez et al., 2005). La condición topográfica limita notoriamente el flujo superficial, dificultando severamente la llegada natural de las aguas provenientes de la Llanura Alta hasta el nivel de base regional constituido por el Río de la Plata. La descarga en el río se produce mediante canalizaciones (Auge, 2005).

Teniendo en cuenta un aspecto hidrológico regional, la Planicie Costera se considera un área donde descargan flujos locales y regionales que provienen de la Llanura Alta y de los acuíferos subyacentes, respectivamente (Auge, 2005).

El nivel freático se encuentra cercano a la superficie, por lo general a menos de 1 m o aflorando en superficie en los sectores más deprimidos y el flujo subterráneo descarga en el río. En eventos de mareas extraordinarias y tormentas, el nivel de agua superficial puede superar el nivel de descarga del agua subterránea y como resultado ascienden los niveles freáticos, debido a que el agua subterránea se acumula, ya que no puede descargar hacia el río, además, puede ocurrir el ingreso de agua superficial hacia el freático, generando la inundación de zonas bajas y/o próximas a la costa (Melo et al., 2012).

El arroyo del Pescado es el único que excava su cauce en la Planicie Costera de Berisso llegando al río, gracias a un canal realizado en la Llanura Aluvional y al unirse al arroyo La Maza, antigua cabecera del Río Santiago (Giménez et al., 2005). Los restantes cursos de agua se insumen en el Bañado Maldonado, desarrollado en el partido de Berisso y el Bañado Ensenada perteneciente a dicha localidad, ambos conectados al Río de la Plata o al Río Santiago a través de canales (Cabral et al., 2016). La presencia de albardones o cordones costeros de arena o conchilla, ubicados por encima de las

cotas de 2,5 m.s.n.m, paralelos a la línea de ribera, constituyen barreras al escurrimiento superficial (Kruse et al., 2014).

4.2 Estratigrafía

El área de estudio se encuentra ubicada en el margen norte de la Cuenca del Salado, teniendo en cuenta un aspecto geológico - estructural, por otro lado, si se contempla un punto de vista fisiográfico, se encuentra en la unidad del paisaje denominada Pampa Ondulada por Daus (1946) y por Fidalgo y Martínez (1983).

Las características geológicas del área de estudio son complejas, están vinculadas con la historia de la Cuenca del Salado desde el momento de la fracturación de Gondwana. Los eventos Plio-Pleistoceno-Holoceno quedaron registrados como resultado de cambios climáticos regionales y globales (Cavallotto y Violante, 2005).

El registro estratigráfico comienza con un basamento premesozoico, compuesto por rocas metamórficas, plutónicas ácidas, y efusivas básicas, equivalentes a los Basaltos de Serra Geral. La secuencia continúa con sedimentos del Cretácico y del Terciario de origen continentales y marinos, con espesores que no superan los 450 m (Cavallotto, 2002). Durante el Pleistoceno, se originaron ciclos transgresivos y regresivos que dieron como resultado la acumulación final de depósitos litorales de alta y baja energía (Fucks et al., 2010).

El Último Máximo Glacial ocurrió a los 18-20 ka, el mar se encontraba 100 a 120 m por debajo de la posición actual (Fucks et al., 2010). Desde este punto comenzó a ascender de forma rápida en un principio (Violante y Parker, 2004) 1 cm/año hasta una altura de 3-4 m sobre el nivel medio actual (Fucks et al., 2010). A partir del máximo transgresivo (5,5-6 ka) el mar comenzó su descenso hasta su posición actual (Cavallotto 1995, Fucks et al., 2010). La regresión se dio de forma discontinua (Cavallotto, 2002, Cavallotto et al., 2004).

Este último ciclo transgresivo - regresivo generó la formación de litofacies, y rasgos del paisaje específicos, tanto litológicos como paleontológicos, que permitieron la interpretación paleoambiental del área durante el Pleistoceno tardío-Holoceno (Fucks et al., 2010).

En el subsuelo de la zona estudiada se encuentran depósitos eólicos, fluviales y marinos, correspondiendo a edades que varían entre el Mioceno inferior y Plioceno, Formaciones Olivos, Paraná y Puelche (Pereyra y Ragas, 2021).

La Formación Ensenada (Riggs et al., 1986) forma el sustrato pre-holoceno del Río de la Plata, fue detectada a través de barrenos, perforaciones y exposiciones aisladas en sectores próximos a la línea de costa actual y se encuentra aflorando en toda la Llanura Alta (Cavallotto, 1995), por encima se encuentra la Formación Buenos Aires (Riggs et al., 1986). Según Cavallotto (1995) en la zona de estudio solo se reconoce la Formación Ensenada, mientras que la Formación Buenos Aires se encuentra erosionada. Ambas unidades integran la Formación Pampeano (González Bonorino, 1965) o Sedimentos Pampeanos (Fidalgo et al., 1975), compuestos por limos loessicos con arena subordinadas de origen eólico, de edades plio-pleistocenas (Pereyra y Ragas, 2021), estas unidades litológicas caracterizan a la Llanura Pampeana por su espesor y amplia distribución (Fucks et al., 2017). Sobre estas unidades se encuentran en forma discordante los depósitos transgresivos holocenos (MIS 1), pudiéndose observar en una franja paralela a la costa y responden a alturas del nivel del mar de 3-4 m (Fucks et al., 2010, Fucks et al., 2017). Los primeros sedimentos transgresivos responden a la Formación Atalaya de Parker (1990), son de origen estuáricos y se encuentran presentes en el subsuelo de la zona de estudio, fue interpretada como un ambiente estuárico transgresivo que permitió la depositación de las arcillas en la interfase agua dulce - agua salada del paleocauce del río (Cavallotto, 1995). Cortalezzi (1977), Fidalgo et al. (1981) y Cavallotto (1995) indican que la edad de esta formación varía entre los 7-6 ka.

Por encima se dispone la Formación Las Escobas (Fidalgo y Martínez, 1983), presenta una edad que oscila entre los 8-3 ka (Violante y Parker, 2004), está compuesta por un conjunto de facies que se depositan a modo de prisma sobre el Loess Pampeano (Cavallotto, 1995). Para el presente trabajo solo es de interés la facies Villa Elisa (Cavallotto, 1995) por estar presente en superficie y representar los últimos sedimentos de influencia marina, estos materiales se encuentran parcialmente modificados por el ciclo pedogenético actual (Gómez Samus et al., 2017). Esta unidad en un primer momento evolucionó como una llanura de fango sujeta a la acción de las

mareas, el excesivo aporte de sedimentos llevó a la colmatación y crecimiento vertical, para luego convertirse en un marisma sometida a la acción de las mareas (Cavallotto, 1995). Imbellone y Zarate (1983) describieron su litología como arcillas limosas muy plásticas y muy adhesivas de coloración castaño oscuro, con presencia de concreciones de óxido de hierro (Cavallotto, 1995) y abundante materia orgánica (Fucks et al., 2010). Su espesor máximo es de 2 m y varía debido a que rellena un sustrato cóncavo (Cavallotto, 1995). Esta facies responde a un ambiente de muy baja energía y poca profundidad, donde los sedimentos finos que aportaban los ríos y arroyos floculaban producto de encontrarse en una zona de mezcla agua dulce - agua salada (Cavallotto, 1995). Se le asigna una edad, mediante relación estratigráfica, Holoceno Superior (Cavallotto, 1995).

La sucesión sedimentaria culmina con los depósitos de la Formación Río Santiago, desarrollada en un régimen subaéreo y la Formación Playa Honda en un régimen subáqueo (Cavallotto, 1995). La Formación Río Santiago, de interés para este trabajo, aflora en el borde exterior de la Planicie Costera y representa el último evento de su desarrollo. Se diferencian dos facies, una arenosa representada por arenas finas y muy finas de color castaño claro y la otra facies arcillosa representada por arcillas y arcillas limosas donde suelen encontrarse restos vegetales en la porción superior. Si bien no se cuenta con datación radiocarbónica para determinar su edad, se considera que es reciente, ya que se encuentra en equilibrio con la dinámica actual del río y se la interpreta como una continuación subaérea del Delta del Paraná (Cavallotto, 1995).

A modo de síntesis se presenta la Figura 2, la misma representa un esquema topo-estratigráfico de la Llanura Costera del Río de la Plata.

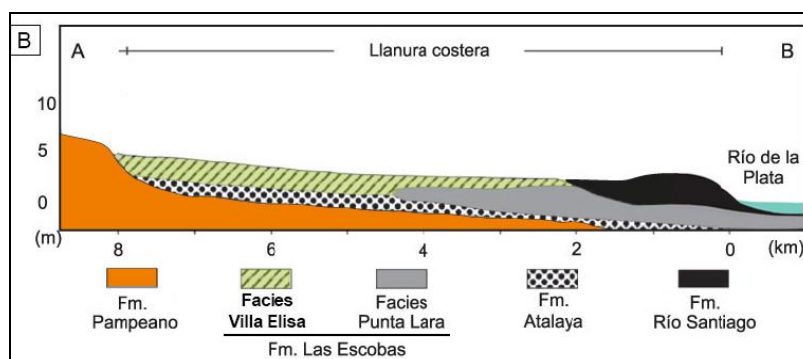


Figura 2. Esquema topo-estratigráfico. Tomado de Gómez Samus et al. (2017)

4.3 Geomorfología

La Planicie Costera se desarrolla desde la línea de costa hasta el paleoacantilado que la separa de la Llanura Continental, y presenta inflexiones hacia el continente donde es atravesada por cursos de agua superficiales (Fucks et al., 2017). Se trata de una zona llana que contiene una sucesión de formas originadas durante el ciclo transgresivo - regresivo ocurrido en el Holoceno tales como Cordones Conchiles, Llanuras de Mareas, Bañados y Canales de Mareas, entre otros (Cabral et al., 2016).

En función de las diferencias litológicas, formacionales, geomorfológicas e incluso de vegetación, se pueden diferenciar en la Planicie Costera dos áreas litorales, área de origen marino y área de origen fluvio-estuarina (Giménez et al., 2005).

4.3.1 Área de influencia marina

La Llanura de Fango Interior se desarrolla entre el paleoacantilado y la línea de cordones litorales dispuestos en cercanías a la costa (Fucks et al., 2017). Es una zona de relieve plano - cóncavo, con cotas medias que varían de 1,25 a 2,5 m, y su ancho máximo es de 8 km pudiendo observarse frente a Punta Lara. Los cursos que drenan la Llanura Interior, al llegar a la Llanura de Fango Interior, no pueden labrar sus cauces y dispersan sus aguas en grandes depresiones o bañados (Cavallotto, 1995). Los bañados Maldonado y Ensenada son las depresiones más importantes, de régimen temporario y conformando antiguas llanuras de mareas y marismas (Fucks et al., 2017).

La secuencia sedimentaria presenta una heterogeneidad litológica, pudiéndose distinguir tres materiales superpuestos de diferentes orígenes: en el sector superior está presente un material sumamente arcilloso, posiblemente de origen mixto, con rasgos vérticos marcados, como por ejemplo cutanes de tensión, grietas que se extienden desde la superficie hasta aproximadamente 1 m de profundidad. Estos sedimentos reciben la denominación de facies Villa Elisa, Formación Las Escobas de Cavallotto (1995) o Miembro Canal 15, Formación Canal de Las Escobas (Fucks et al., 2010), los cuales fueron depositados en la etapa regresiva del mar Holoceno (Imbellone y Mormeneo, 2011). Por debajo de esta facies se encuentra un material de origen marino de aproximadamente 1 m de espesor con estructura laminar, con alternancia de láminas de arcilla y arena, y restos de conchilla, que se denominó Miembro canal 18 (Fidalgo et al., 1975). Por último, aproximadamente a los 2 m de

profundidad, se encuentra presente un material loésico masivo de color pardo y con concreciones calcáreas denominada Formación Ensenada por Riggi et al. (1986).

4.3.2 Área de influencia fluvio-estuárica

La Llanura Aluvional se encuentra en el borde exterior de la Planicie Costera y se representa como una suave lomada, las cotas superan levemente los 3 m y suelen estar influenciadas permanentemente por la acción de las mareas. El sistema de drenaje está compuesto por cursos bien definidos, con diseño paralelo y neto escurrimiento hacia el norte, como es el caso del Río Santiago, arroyo La Maza o La Balandra, los cuales además actúan como canales de mareas (Cavallotto, 1995). Esta unidad geomorfológica fue interpretada en función de sus características topográficas y litológicas como depósitos de playa originados por la selección de material aluvial transportados por el río, representando una continuación sedimentaria del mismo (Cavallotto, 1995).

La Llanura Aluvional fue subdividida por Giménez et al. (2005) en tres unidades: Playa actual, Llanura Aluvional antigua y Reciente. Se caracteriza por estar constituida por secuencias que inician con una acumulación de materia orgánica con diferente grado de descomposición, con espesores de 0,05 a 0,10 m. Por debajo se encuentran sedimentos arenosos finos a muy finos de coloración castaño claro haciéndose más finos hacia el interior. En sectores más profundos se encuentran presentes intercalaciones de material arcilloso de color gris. Cavallotto (1995) definió como Formación Río Santiago a los sedimentos que conforman esta unidad y logró diferenciar dos facies, una arenosa y otra arcillosa.

4.4 Suelos

Según los estudios previos de Camilión et al. (2004), Giménez et al. (2005), Hurtado et al. (2006), Imbellone et al. (2009), Imbellone y Mormeneo (2011), Cabral et al. (2016), entre otros, se puede interpretar que los suelos de los partidos de Berisso y Ensenada se diferenciaron según el origen de los materiales parentales, encontrando suelos desarrollados sobre sedimentos de origen fluvio-estuáricos y sedimentos aportados por la ingesión marina holocena.

Todos los suelos de la Planicie Costera están mal drenados debido al anegamiento, inundaciones y nivel freático alto, presentan características redoximórficas diferentes y bien desarrolladas, considerándose suelos hidromórficos, pero los factores genéticos locales estáticos y dinámicos difieren en tipo y grado. A causa de esto se desarrollaron dos suelos completamente diferentes, donde la dinámica del agua: infiltración, percolación, lixiviación y retención, se ve condicionada por la posición topográfica, textura, vegetación y fuente de agua (Imbellone et al., 2009).

Los suelos desarrollados a partir de sedimentos fluvio - estuáricos que se encuentran en la Llanura Aluvional se ven afectados por las mareas y sudestadas del Río de la Plata (Camilión et al., 2004). Los sedimentos se depositan por los sucesivos desbordes del Río de la Plata y en general son suelos con poco desarrollo (Manassero et al., 2013) pudiéndose encontrar sedimentos arenosos, intercalados con capas de granulometría fina, arcilla con nula a baja expansividad. En estos suelos se evidencian condiciones de episaturación y endosaturación, pudiéndose observar los típicos rasgos pedológicos que responden a un proceso de hidromorfismo, como moteados y concreciones de Fe - Mn y la coloración gley en la masa del suelo, 2,5Y y 5Y. En este ambiente el escaso desarrollo de los suelos se debe a la juventud del material original y al frecuente exceso de agua, respondiendo a una clasificación según Soil Taxonomy de Entisol, principalmente Fluvacuent y Endoacuent (Imbellone et al., 2009).

Los suelos desarrollados a partir de sedimentos de origen marino que se encuentran en la Llanura de Fango Interior, evolucionaron en un ambiente de humedal costero del Río de la Plata (Imbellone y Mormeneo, 2011), a causa de la posición topográfica y el relieve sobre el que se desarrollan, presentan anegamiento superficial y el nivel freático cercano a la superficie. Estas condiciones promueven el desarrollo de procesos de hidromorfismo, evidenciados por rasgos redoximórficos como matrices reducidas con matices 2,5Y y 5Y e intensidades de 2 o menores y concentraciones redox de hierro y manganeso, predominando las de manganeso (Imbellone y Mormeneo et al., 2011). Según Gómez Samus et al., (2019) los pigmentos gley de la matriz del suelo no se atribuyen a la presencia de hierro ferroso, sino que están dados por la presencia de hierro férrico en minerales como esmectitas ricas en hierro

(nantronita y beidelita) y goethita, que suele ser de color amarillo y en combinación con materia orgánica o manganeso contribuyen a la formación de colores gley.

El análisis granulométrico de Manassero et al. (2013) expresa que estos sedimentos marinos presentan concentraciones de arcilla entre un 35 y 70% originando texturas arcillosas y en menor proporción arcillo limosa. Los minerales de la fracción arcilla están constituidos principalmente por esmectitas, illita y secundariamente caolinita e interestratificados I/S (Gómez Samus et al., 2017), estos argilominerales corresponderían al conjunto sedimentario que se formó durante la transgresión holocena que acompañó al descenso del nivel de mar (Imbellone y Mormeneo, 2011).

Se destaca la presencia de rasgos vérticos como superficies de deslizamiento (slickensides), agregados cuneiformes, grietas profundas y un potencial de contracción muy alto (Imbellone et al., 2009), con valores de expansión libre entre 180% y 320% (Gómez Samus et al., 2017).

Otra característica típica de estos suelos es la presencia de elevados tenores de sodio intercambiable y en ocasiones sales solubles. La mayoría de los suelos son clasificados como sódicos por presentar un PSI >15 y una reacción alcalina alta, causada por la presencia de un material original marino, una topografía deprimida y la lenta permeabilidad de los suelos. La salinidad se manifiesta en estos suelos por una conductividad eléctrica de la pasta de suelo saturada > 4 dSm⁻¹ (Manassero et al., 2013).

La mineralización de los restos vegetales se ve impedida por el exceso de humedad, dando como resultado la presencia de un horizonte O delgado en la superficie de los suelos (Camilión et al., 2004).

En función de las características descritas anteriormente, estos suelos responden según Soil Taxonomy a una clasificación de tipo Vertisol, principalmente Natracuert y Endoacuert (Imbellone et al., 2009).

5. METODOLOGÍA

5.1 *Recopilación y evaluación de antecedentes*

Se tuvo en cuenta información bibliográfica y cartográfica previa de la zona de estudio, esto permitió identificar las unidades geomorfológicas donde se desarrollan suelos con horizontes que presentaban mayor proporción de la fracción arcilla.

5.2 *Reconocimiento y tareas de campo*

Con el fin de determinar las características de los materiales originales arcillosos y estudio del suelo, se realizaron cuatro calicatas, dos de ellas en la Llanura Aluvional (calicatas 1 y 2) y las otras dos en Llanura de Fango Interior (calicatas 3 y 4) (Figura 3). La elección de la ubicación de dichas calicatas se basó en conocer la presencia de los materiales de interés, en las mencionadas unidades geomorfológicas, a través de estudios previos realizados por el Instituto de Geomorfología y Suelos (IGS) y el Trabajo Final de Licenciatura de Martegani (2018).

La razón de elección de la calicata 1, ubicada en la subunidad geomorfológica Playa del partido de Berisso, se debe a que los ceramistas de las localidades de Berisso, Ensenada, La Plata y alrededores, extraen arcilla de esta playa para realizar objetos de cerámica. Se creyó conveniente tomar muestras del horizonte 2Cg (muestra 1) y utilizarlo como guía de las propiedades que los ceramistas buscan en la materia prima que utilizan en la actualidad y que usaban los pueblos originarios previo a la llegada de los españoles y que se adapta a sus necesidades.

Se generó una descripción morfológica completa de las propiedades pedológicas y se definió la secuencia de horizontes de los perfiles de suelos modales (Schoeneberger et al., 2000) de la Llanura Aluvional de Berisso y Ensenada. Las propiedades pedogenéticas consignadas fueron: secuencia y espesor de los horizontes, tipo y forma del límite, coloración, textura al tacto, estructura, consistencia, reacción del suelo (pH), rasgos hidromórficos, y presencia de carbonatos. Se describieron rasgos asociados tales como relieve, pendiente, drenaje natural, profundidad del nivel freático, permeabilidad, y vegetación. Las descripciones se realizaron de acuerdo a Soil Survey Manual de los EE. UU (Soil Survey Division Staff, 2017). La descripción morfológica de los suelos de la Llanura de Fango Interior de Ensenada se tomó del

Trabajo Final de Licenciatura de Scarponi (2018) y la de Berisso del trabajo de Giménez et al. (2005). Se extrajeron muestras disturbadas de los horizontes C que presentaban predominio de arcillas en las cuatro calicatas efectuadas (Tabla 1) y se llevaron a cabo análisis físicos, químicos, mineralógicos, plásticos, de sinterabilidad y de resistencia mecánica.

Tabla 1. Calicatas abarcadas, ubicación, unidades geomorfológicas, horizontes muestreados y número de muestra.

Sitio de muestreo	Coordenadas geográficas	Unidad geomorfológica	Horizonte	Muestra
Calicata 1	S 34°55'40.43"	Llanura Aluvional de Berisso	2Cg	1
	O 57°43'15.58"			
Calicata 2	S 34°50'32.06"	Llanura Aluvional de Ensenada	4Cg	2
	O 57°55'04.88"			
Calicata 3	S 34°54'01.81"	Llanura de Fango Interior de Berisso	2Cgss	3
	O 57°55'09.38"			
Calicata 4	S 34°49'04.35"	Llanura de Fango Interior de Ensenada	Cgss1	4
	O 57°59'45.38"			

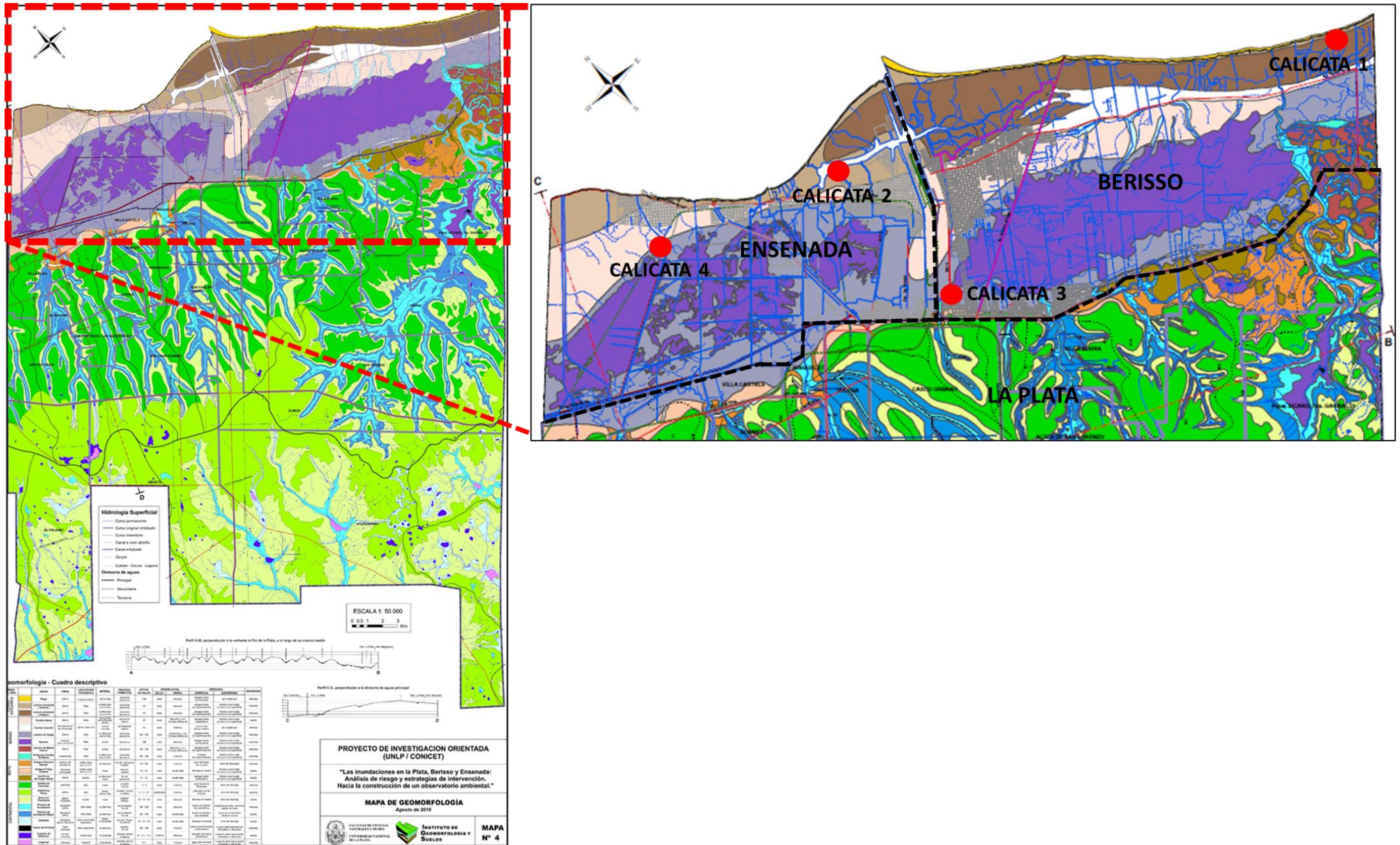


Figura 3. Ubicación geográfica de las calicatas sobre mapa geomorfológico. Modificado de Cabral et al. (2016)

5.3 Análisis físico-químicos y análisis mineralógico de las muestras de suelos.

Las técnicas analíticas se realizaron para cuatro muestras de tierra fina, fracción pasante del tamiz de 2 mm, dichas muestras se encontraban secas al aire y molidas. A continuación, se describe la metodología estandarizada que se empleó para analizar las muestras:

5.3.1 Análisis granulométrico

Se llevó a cabo utilizando el método de tamizado en húmedo y pipeteo. Este método requiere el pretratamiento de la muestra para eliminar cementantes, dispersión de las partículas por métodos químicos, físicos, y tamizado en seco para separar las subfracciones de arena. Por último, se realizó el pipeteo para separar las subfracciones de limo y arcilla basándose en la ley de Stokes. (Gee y Bauder, 1986) (Figura 4). Este análisis permitió determinar la clase textural de los horizontes de interés (Figura 14).

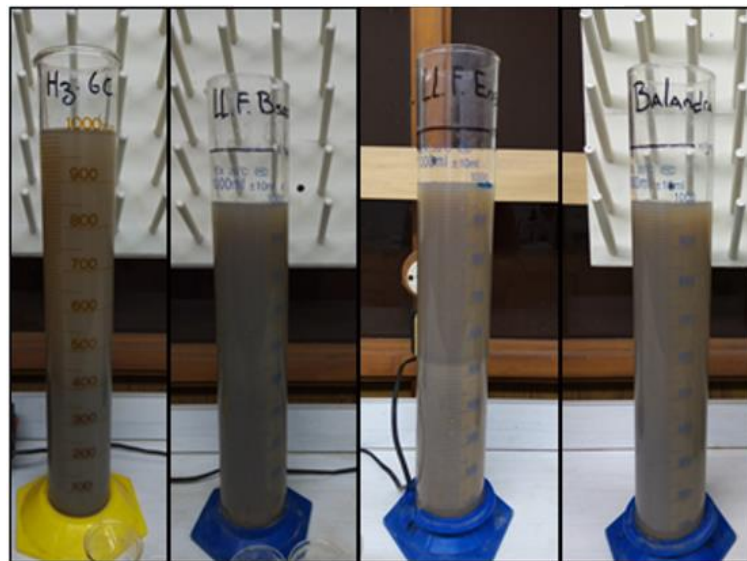


Figura 4. Probetas enrasadas previo a la toma de muestra con pipeta. Fuente propia.

5.3.2 Resistencia eléctrica

Expresa el contenido de sales solubles presentes en el suelo. El ensayo se realiza sobre una muestra de suelo saturada en copa standard. La medición se efectúa mediante un resistivímetro y el valor obtenido se expresa en *ohms* (Richards, 1973).

5.3.3 Conductividad eléctrica

El grado de salinidad es medido con mayor precisión que el método de resistividad. La medición se realiza sobre un extracto de pasta saturada de suelo, obtenido a partir del filtrado al vacío de la pasta. Se sumerge un conductivímetro en el extracto. La unidad de medida se expresa en dSm^{-1} (Richards, 1973).

5.3.4 Carbono orgánico

Se utilizó el método de Walkley y Black (1934). Para determinar el contenido de materia orgánica se multiplicó el porcentaje de carbono orgánico por 1,724. El ensayo se realiza por titulación, el cual consiste en oxidar la materia orgánica con dicromato de potasio en exceso (agente oxidante) en presencia de ácido sulfúrico. La materia orgánica se oxida liberando CO_2 y H_2O , se valora el exceso de dicromato de potasio con sulfato ferroso heptahidratado (agente reductor) en presencia de ferroína (indicador) que permite la visualización del punto estequiométrico.

5.3.5 Ensayo de expansión libre

Este ensayo se define como el incremento de volumen que sufre un suelo cuando se sumerge en agua, se realiza sobre la fracción de suelo seco en estufa (105°C) que pasa por el tamiz 40. Se colocan 10 cm^3 de la muestra en una probeta graduada que contiene 100 cm^3 de agua destilada. Luego de producida la sedimentación, se determina el volumen del material expandido. El resultado se expresa como el aumento porcentual entre el volumen final y el volumen inicial (Abete y Sánchez, 1970). La escala de valores es: $<50\%$ expansividad baja, entre 50 y 90% expansividad moderada y >90 expansividad alta.

5.3.6 Difracción de rayos X

La determinación cualitativa de las fases minerales no arcillosas se realizó por el método de polvo sobre roca total luego de la molienda en un mortero de ágata, utilizando un equipo Phillips-PW3710. Las muestras fueron analizadas desde los $3^\circ 2\theta$ hasta los $70^\circ 2\theta$, a una velocidad de barrido de $1^\circ 2\theta/\text{min}$.

La determinación de las fases minerales arcillosas se realizó en una suspensión de las muestras en agua destilada, y mediante pipeteo, según la ley de Stokes, se obtuvo la fracción menor a $2\mu\text{m}$. Luego se montaron las mismas para generar

muestras de agregados orientados y se analizó utilizando un equipo Bruker D2 Phaser.

Las muestras fueron analizadas por tres tipos de ensayos, primero en condiciones naturales a una humedad controlada de $\approx 45\%$, luego fueron expuestas a vapores de etilenglicol en un horno a 60°C durante 24 horas y, finalmente, se las calcinó en una mufla a 550°C durante 2 horas. Las muestras naturales fueron analizadas desde los $2^{\circ}2\theta$ hasta los $32^{\circ}2\theta$, las muestras glicoladas desde los $2^{\circ}2\theta$ hasta los $30^{\circ}2\theta$ y, para concluir, las muestras calcinadas fueron analizadas desde $3^{\circ}2\theta$ hasta los $15^{\circ}2\theta$ (Análisis de rutina, Moore and Reynolds, 1989).

Para la determinación cualitativa de las fases minerales se utilizaron los programas X`Pert Highscore, para roca total, y OriginPro 8, para la fracción menor a $2\mu\text{m}$. En cuanto a la determinación semicuantitativa de las fases minerales se realizó sobre el diagrama de roca total utilizando el programa Siroquant.

5.4 Análisis de plasticidad, sinterabilidad y resistencia mecánica de las muestras de suelos.

Para llevar a cabo los análisis de sinterabilidad y resistencia mecánica se utilizó la metodología de trabajo empleada por Dalila Rubicela (2016).

Con el fin de determinar qué tipos de arcillas son aptos para producir piezas de cerámica, se realizó una serie de análisis que permitieron conocer las características de la muestra considerada como patrón y se la comparó con los otros tres materiales arcillosos muestreados.

5.4.1 Plasticidad (límites de Atterberg)

En una primera instancia se determinaron los límites de Atterberg de las cuatro muestras de suelo, se utilizaron 100 gr de muestra secas al aire y molidas, el ensayo se realiza sobre las partículas que pasan el tamiz de malla n° 40. Este ensayo permite conocer los límites líquidos y límites plásticos según especificaciones de la American Society for Testing and Materials (ASTM, D4318). En base a estos resultados se determinó el índice de plasticidad de los horizontes muestreados y se volcaron los resultados en el diagrama de plasticidad de Casagrande (Figura 23) para su posterior clasificación.

Una vez que se determinaron los límites de Atterberg se procedió a elaborar probetas de las cuatro muestras, estas son necesarias para realizar los análisis de sinterabilidad y resistencia mecánica. El material seco al aire y molido se tamizó a una granulometría de 2 mm, luego se incorporó agua destilada dentro del límite plástico de cada material, en las muestras 1 y 2 se logró formar una pasta, la misma se amasó empleando la técnica conocida por los ceramistas como "cabeza de buey", este amasado permite eliminar el aire que puede quedar atrapado en la pasta y así evitar defectos al momento de elaborar las piezas de cerámica. Una vez realizadas las probetas de las cuatro muestras, las mismas se secaron dentro de envoltorios de polietileno durante una semana, luego se secaron al aire, en el caso de las probetas de las muestras 3 y 4 fue necesario secarlas en estufa a 110°C hasta obtener un peso constante. Posteriormente, las probetas de las cuatro muestras, se sinterizaron a 900°C, 1000°C y 1100°C en un horno eléctrico marca Simcic mediante una atmósfera oxidante. Se determinó color Munsell, absorción de agua, porosidad aparente, contracción lineal y módulo de rotura mediante el ensayo de flexión.

5.4.2 Color Munsell

Se determinó el color mediante el empleo de la carta Munsell de la pasta en estado húmedo, de las probetas secas al aire y luego de cada sinterizado.

5.4.3 Absorción de agua

Mediante el ensayo de absorción de agua es posible determinar también porosidad aparente, se trabajó en base a la norma ASTM C 373-88 Standard Test Method for Water Absorption, Bulk Density, Apparent porosity, and Apparent Specific Gravity of Fired Whiteware Products. Se realizaron 3 probetas de 60 gr para cada una de las 4 muestras (Figura 7).

5.4.4 Contracción lineal

La determinación de contracción lineal se basó en la norma ASTM C 326 - 03 Standard Test Method for Drying and Firing Shrinkages of Ceramic Whiteware Clays. Para realizar dicha técnica se confeccionaron 3 probetas cilíndricas de 19 mm de diámetro y 127 mm de largo para cada una de las 4 muestras. Luego de un día de secado dentro de envoltorios de polietileno, el material presentaba una rigidez que

permitía manipularlas sin que se distorsione la forma, en este estado se realizó una línea de referencia de contracción de 101 mm de longitud (Figura 5 y Figura 6). La contracción lineal total hace referencia a la contracción que sufre la probeta entre el estado plástico y luego del sinterizado a las respectivas temperaturas.

5.4.5 Ensayo de resistencia a la flexión

Esta técnica permite determinar el módulo de rotura del material. El ensayo se llevó a cabo siguiendo la norma ASTM C 674 – 88 (Reapproved 1999) Standard Test Methods for Flexural Properties of Ceramic Whiteware Materials. El equipo utilizado fue una máquina de ensayo universal INSTRON 5985 (Figura 8), las probetas a ensayar fueron colocadas sobre dos apoyos separados por el 80% de la longitud y el desplazamiento de carga fue de (1mm/58 segundos). Por cada muestra se realizaron 9 probetas de sección cilíndrica, 3 probetas por cada temperatura de sinterizado, las dimensiones de las probetas fueron de 19,2 mm de diámetro y 153 mm de largo (Figura 5 - Figura 6).



Figura 5. Probetas de las muestras 1 y 2. Fuente propia.



Figura 6. *Probetas de las muestras 3 y 4.* Fuente propia.



Figura 7. *Probetas de absorción en agua.* Fuente propia.



Figura 8. Máquina de ensayo universal INSTRON 5985. Fuente propia.

6. RESULTADOS

6.1 Resultados e interpretaciones de la morfología, análisis físico-químicos y análisis mineralógico de los suelos.

6.1.1 Descripción morfológica de los suelos

Calicata 1

La calicata 1 (Figura 9) se realizó en la unidad geomorfológica Llanura Aluvional, dentro de la subunidad geomorfológica Playa Actual, ubicada en el partido de Berisso dentro del balneario La Balandra (Figura 3). El perfil 1, representativo de la calicata 1, presenta una secuencia de horizontes: C1 – C2 – 2Cg. El horizonte superficial A se presentaba erosionado en el sector excavado, debido a que la calicata se realizó sobre la línea de playa actual.

El sector del paisaje donde se realizó la calicata, se encuentra a 0,00 m.s.n.m, se trata de un relieve plano, con una pendiente aproximada de 0,5%. Desde superficie la permeabilidad es alta, a los 26 cm se presenta una capa colgada de agua y a partir de esa profundidad, la permeabilidad comienza a disminuir. Se le asignó una clase natural de drenaje entre imperfectamente drenado a pobremente drenado. La cobertura vegetal del suelo es de 0%. El nivel freático pudo observarse a los 79 cm de profundidad.

En base a la bibliografía consultada y a los caracteres morfológicos determinados en campo, se muestreó el horizonte 2Cg para llevar a cabo los análisis físico-químicos, mineralógicos, de plasticidad, sinterabilidad y de resistencia mecánica.

Perfil 1

- | | |
|------------|--|
| C1 | 0-16 cm; castaño grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo; arenosa; grano suelto; blando, friable, no plástico, no adhesivo; límite gradual. |
| C2 | 16-26 cm; gris oscuro (10YR 4/1) en húmedo; areno franca; grano suelto; blando; friable; no plástica, no adhesiva, límite neto y ondulado. |
| 2Cg | 26-79+ cm; negro (2,5Y 2,5/1) en húmedo; arcilloso; masivo; extremadamente duro; firme; muy plástico, muy adhesivo. |



Figura 9. Calicata 1. Fuente propia.

Calicata 2

La calicata 2 (Figura 10) se realizó en la unidad geomorfológica Llanura Aluvional, dentro del partido de Ensenada, en el predio del Club Náutico (Figura 3). El perfil 2, representativo de la calicata 2, presenta una secuencia de horizontes A – C1 – 2C2 – 3Cg – 4Cg.

El sector del paisaje donde se realizó la calicata se encuentra a 2 m.s.n.m, se trata de un relieve plano – cóncavo. Presenta una permeabilidad baja, asignándole una clase natural de drenaje muy pobremente drenado, encontrándose muy frecuentemente anegado. Al momento de realizar la calicata el nivel freático se encontraba a 90 cm de profundidad. El suelo se encuentra 100% cubierto por vegetación de tipo: *Hydrocotyle bonariensis*, *Trifolium repens*, *Portulaca ssp.* y *Rumex crispus*. Cabe mencionar que en las inmediaciones a la calicata se observó alteración antrópica, 45 cm de relleno que actúa a modo de camino y un terraplén para contener el ingreso del río en eventos de crecida.

En base a la bibliografía consultada y a los caracteres morfológicos determinados en campo, se muestreó el horizonte 4Cg para llevar a cabo los análisis físico-químicos, mineralógicos, de plasticidad, sinterabilidad y de resistencia mecánica.

Perfil 2

- A** 0-7 cm; negro (10YR 2/1); arcilloarenoso; migajosa; ligeramente duro; ligeramente firme; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; húmedo; raíces abundantes, límite neto y plano.
- C1** 7-21 cm; castaño amarillento oscuro (10YR 4/4); arenofranco; laminar fina y fuerte; blando; ligeramente friable; no plástico, no adhesivo; moteados de Fe/Mn abundantes, finos, fuertes; húmedo; raíces escasas; límite neto y plano.
- 2C2** 21-36 cm; gris muy oscuro (10YR 3/1); arcilloso; masivo; muy duro; firme; muy plástico y muy adhesivo; moteados de Fe/Mn muy abundantes, gruesos y sobresalientes; húmedo; límite neto y plano.
- 3Cg** 36-41 cm; negro (5Y 2.5/1); arcilloso; masivo; muy duro, firme, muy plástico y muy adhesivo; moteados de Fe/Mn escasos, finos y sobresalientes; húmedo; límite neto y plano.
- 4Cg** 41-90+ cm; negro (5Y 2.5/1); arcilloso; masivo; muy duro, firme, muy plástico y muy adhesivo; mojado.



Figura 10. *Calicata 2*. Fuente propia.



Figura 11. *Estructura migajosa del horizonte A*. Fuente propia

Calicata 3

La calicata 3 se realizó en la unidad geomorfológica Llanura de Fango Interior, dentro del partido de Berisso, en el predio del Centro Regional de Extensión Universitaria de la UNLP, este predio se encuentra emplazado en un humedal (Figura 3). El perfil 3, representativo de la calicata 3, comprende una secuencia de horizontes Oi-A-Bt-2Cgkss-2Cgss.

El sector del paisaje donde se realizó la calicata, tiene una cota de 3 m.s.n.m., se trata de un ambiente plano y se encuentra dentro de los sectores más deprimidos de la Planicie Costera. Esta área presenta una permeabilidad muy baja, permaneciendo anegada o con un elevado grado de saturación de agua gran parte del año y por ellos se la clasificó dentro de la clase natural de drenaje como muy pobremente drenado, producto del anegamiento es común observar en estos suelos la presencia de un horizonte orgánico en superficie. Cabe destacar que en épocas de déficit hídrico y como consecuencia del elevado contenido de arcillas expansivas, es normal la presencia de grietas profundas responsables de generar una permeabilidad secundaria a estos suelos y de facilitar el pasaje de contaminantes a horizontes más profundos y a las aguas freáticas (Giménez et al., 2005), además, se observó un abundante contenido de slickensides.

En base a la bibliografía consultada y a los caracteres morfológicos determinados en campo, se muestreó el horizonte 2Cgss para llevar a cabo los análisis físico-químicos, mineralógicos, de plasticidad, sinterabilidad y de resistencia mecánica.

Perfil 3

- Oi** 4-0 cm; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; arcillosa; migajosa; friable, plástico y adhesivo; raíces abundantes; límite claro y plano.
- A** 0-10 cm; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; arcillosa; bloques subangulares, medios, con tendencia a granular; friable, plástico y adhesivo; raíces comunes; límite claro y plano.
- Bt** 10-17 cm; negro (10YR 2/1) en húmedo; arcillosa; bloques angulares, medios, moderados; firme, plástico y muy adhesivo; cutanes arcillo húmicos, comunes, medios y continuos; moteados escasos, finos y precisos; raíces comunes; límite neto y ondulado.
- 2Cgkss** 17-47 cm; pardo grisáceo oscuro (2,5Y 4/2) en húmedo; arcillosa; masivo; firme, muy plástico y muy adhesivo; abundante reacción de carbonatos en

la masa; superficies de deslizamiento (slickensides) abundantes; moteados abundantes, medios y precisos; vetas gleizadas de color azulado; raíces escasas; límite gradual y plano.

2Cgss 47-80+ cm; pardo grisáceo muy oscuro (2,5Y 3/2) en húmedo; arcillosa; masivo; firme, muy plástico y muy adhesivo; débil reacción de carbonatos en la masa, concreciones de hierro-manganeso abundantes; superficies de deslizamiento (slickensides) abundantes; moteados, abundantes, medios y sobresalientes.

Calicata 4

La calicata 4 (Figura 12) se llevó a cabo en la unidad geomorfológica Llanura de Fango Interior, en el partido de Ensenada, dentro de un predio privado (Figura 3). El perfil 4, representativo de la calicata 4, presenta una secuencia de horizontes: A – Bt – Cgss1 – Cgss2.

El sector del paisaje donde se realizó la calicata se encuentra a una elevación de 3 m.s.n.m., se trata de un relieve plano, presenta una permeabilidad muy lenta, encontrándose anegado ocasionalmente. La clase de drenaje natural asignada es entre imperfectamente drenado a pobremente drenado. En épocas de déficit hídrico y como consecuencia del elevado contenido de arcillas expansivas, es normal la presencia de grietas profundas que generan una permeabilidad secundaria y facilitan el pasaje de contaminantes a horizontes más profundos y a las aguas freáticas (Giménez et al., 2005). En este suelo se destaca la abundante presencia de otro rasgo vértico, además de las grietas profundas, como son las superficies de deslizamiento (slickensides) (Figura 13). El suelo se encuentra 100% cubierto por vegetación de tipo: *Lotus corniculatus*, *Vicia sativa* y *Cirsium vulgare*.

En base a la bibliografía consultada y a los caracteres morfológicos determinados en campo, se muestreó el horizonte Cgss1 para llevar a cabo los análisis físico-químicos, mineralógicos, de plasticidad, sinterabilidad y de resistencia mecánica.

Perfil 4

- A** 0-17 cm; castaño grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; arcillosa a arcillolimosa; granular media moderada; ligeramente duro, friable, algo plástico y adhesivo; concreciones de Fe/Mn abundantes; húmedo; raíces abundantes; límite claro y ondulado.
- Bt** 17-36 cm; oliva grisáceo muy oscuro (10Y 3/2) en húmedo; arcillosa; bloques angulares con tendencia a masiva; duro, firme, muy plástico y muy adhesivo; barnices arcillohúmicos abundantes; concreciones de Fe/Mn abundantes; slickensides escasos; húmedo; límite neto y ondulado.
- Cgss1** 36-60 cm; gris (5Y 5/1) en húmedo; arcillosa; masivo; muy duro, firme, muy plástico y muy adhesivo; concreciones de Fe/Mn abundantes; slickensides muy abundantes; húmedo; límite gradual y plano.
- Cgss2** 60-105+ cm; castaño oscuro (7,5Y 3/4) en húmedo; arcillosa; masivo; muy duro, firme, muy plástico y muy adhesivo; húmedo.



Figura 12. *Calicata 4*. Fuente propia.



Figura 13. *Detalle de Slickensides muestra 4. Fuente propia.*

6.1.2 Resultados de los análisis físico-químicos de las muestras de suelos.

En la Tabla 2 se presentan los resultados de los análisis físicos y químicos.

Tabla 2. Resultados analíticos.

Muestra	1			2			3			4		
Análisis granulométrico	Arena	Limo	Arcilla	Arena	Limo	Arcilla	Arena	Limo	Arcilla	Arena	Limo	Arcilla
	22,67%	30,06%	47,23%	46,41%	27,31%	26,26%	2,61%	20,61%	76,71%	3,38%	10,35%	86,25%
Clasificación textural	Arcillosa			Franco arcillo-arenoso			Arcillosa			Arcillosa		
Resistividad eléctrica	15 Ohms			250 Ohms			50 Ohms			40 Ohms		
Conductividad eléctrica	2,84 dSm ⁻¹			2,09 dSm ⁻¹			2,28 dSm ⁻¹			4,29 dSm ⁻¹		
Materia orgánica	1,45%			2,15%			1,15%			1,26%		
Expansión libre	0%			0%			270%			320%		

En la Figura 14 se grafica la clase textural de las cuatro muestras, utilizando el triángulo textural del sistema USDA.

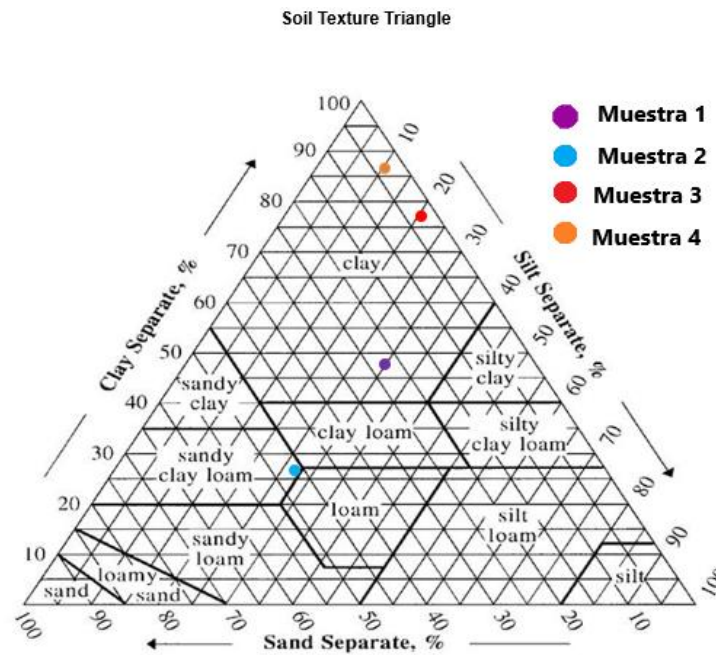


Figura 14. Triángulo de clases texturales según el sistema USDA

6.1.3 Resultado del análisis mineralógico de las muestras de suelos.

A partir de los difractogramas de roca total se identificaron diferentes fases minerales. Dentro de las fases de minerales no arcillosos, en la muestra 1 (Figura 15) se identificaron: cuarzo (Qz) por la presencia de dos picos simétricos y de base pequeña ubicados en 4,27 Å y 3,34 Å el de mayor intensidad; plagioclasas (Pl) identificada por la presencia de cinco picos de difracción en 4,03 Å, 3,76 Å, 3,63 Å, 3,19 Å y 2,95 Å; feldespato potásico (Afs) reconocido por dos picos de difracción en 6,38 Å y 3,24 Å. En la muestra 2 (Figura 16) se identificó cuarzo (Qz) por la presencia de 2 picos de difracción ubicado en 4,25 Å y 3,34 Å el de mayor intensidad; plagioclasa (Pl) reconocida por la presencia de cinco picos de difracción ubicados en 4,03 Å, 3,76 Å, 3,64 Å, 3,2 Å y 2,95 Å; feldespato potásico (Afs) por la presencia de tres picos de difracción ubicados en 6,41 Å, 3,5 Å y 3,25 Å. En la muestra 3 (Figura 17) se identificó cuarzo (Qz) por la presencia de dos picos de difracción ubicados en 4,27 Å y 3,34 Å el de mayor intensidad; plagioclasa (Pl) reconocida por la presencia de tres picos de difracción ubicados en 4,03 Å, 3,76 Å y 3,22 Å; feldespato potásico (Afs) con un pico de difracción ubicado en 3,25 Å; yeso (Gy) por la presencia de un pico de difracción

ubicado en 7,64 Å y calcita (Cal) reconocida por la presencia de un pico de difracción ubicado en 3,03 Å. Por último, en la muestra 4 (Figura 18) se reconoció cuarzo (Qz) por la presencia de dos pico de difracción ubicado en 4,25 Å y 3,33 Å el pico de mayor intensidad; plagioclasa (Pl) reconocida por la presencia de cuatro picos de difracción ubicados en 4,03 Å, 3,88 Å, 3,22 Å y 2,99 Å; feldespato potásico (Afs) reconocido por la presencia de dos picos de difracción ubicados en 3,75 Å y 3,29 Å. Finalmente se identificó la presencia de fases minerales arcillosas (Arc).

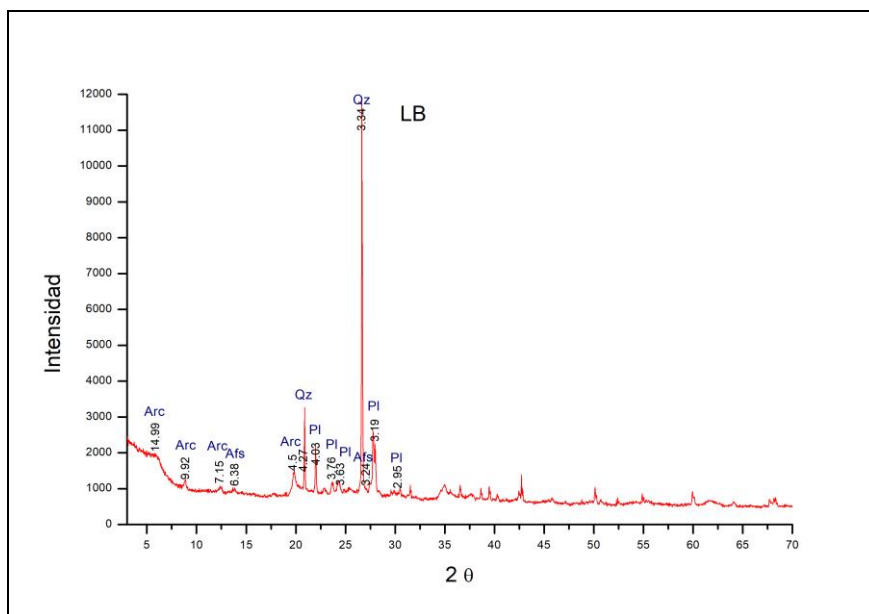


Figura 15. Difractograma de roca total de la muestra 1.

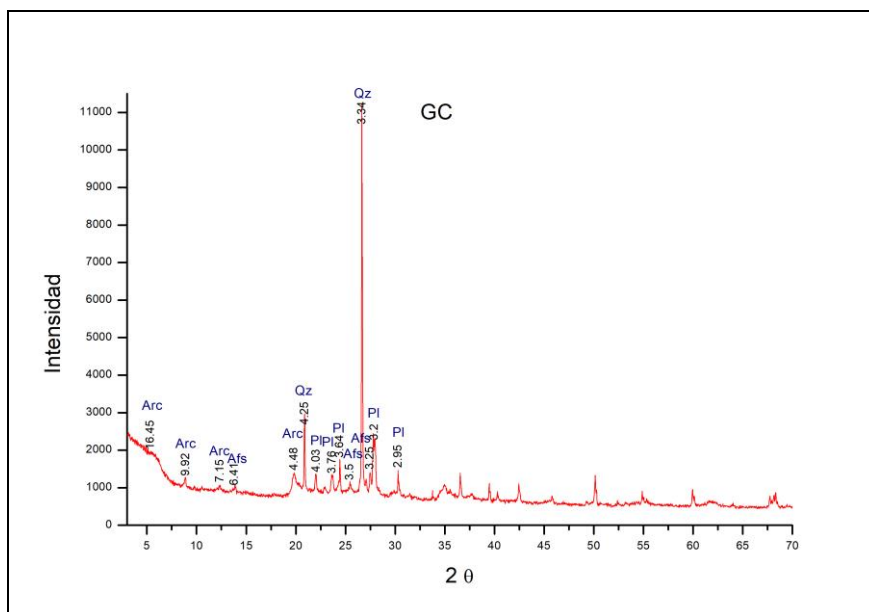


Figura 16. Difractograma de roca total de la muestra 2

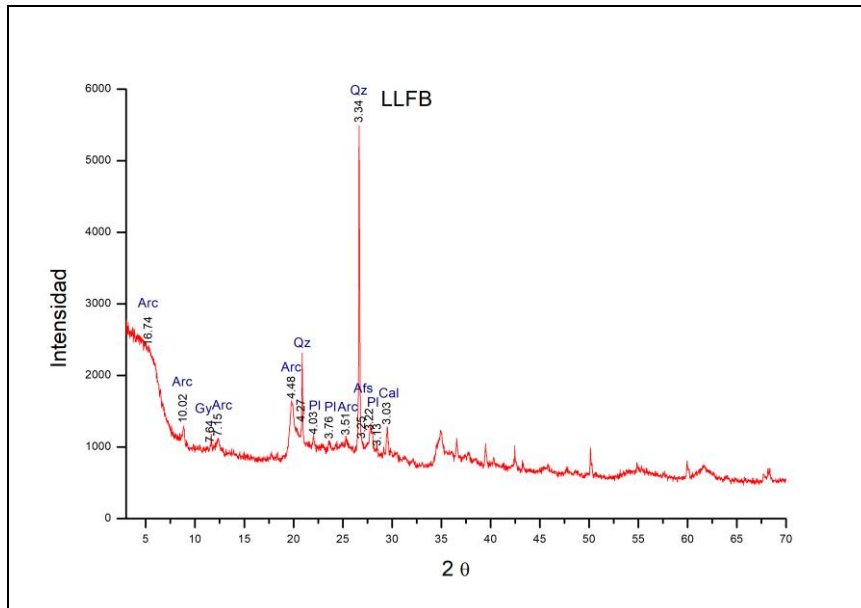


Figura 17. Difractograma de roca total de la muestra 3.

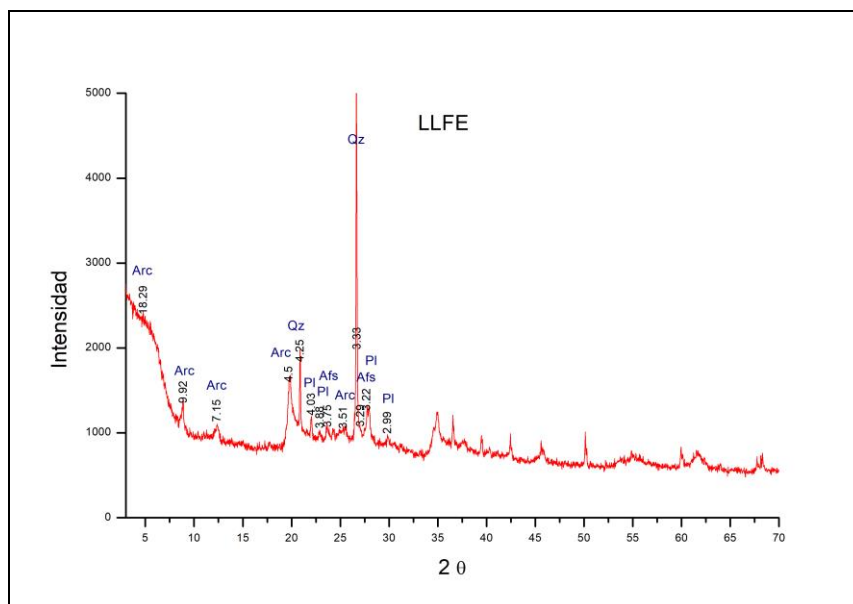


Figura 18. Difractograma de roca total de la muestra 4

A partir de los difractogramas de roca total, se pudo realizar el análisis semicuantitativo de las fases minerales identificadas en las muestras 1, 2, 3 y 4. Las mismas se observan en la Tabla 3.

Tabla 3. Fases minerales identificadas

Muestra	1	2	3	4
Qz (Cuarzo) (%)	25	20	11	19
F (Feldespatos alcalinos + Plagioclasas) (%)	28	34	31	24
Arc (Arcillas) (%)	47	46	51	57
Cal (Calcita) (%)			2	
Gy (Yeso) (%)			4	

A partir de los difractogramas de las muestras orientadas se identificaron tres fases minerales correspondientes a la fracción arcilla. En la muestra 1 (Figura 19) se identificó la caolinita (Kln) con un pico de difracción ubicado en los 7,18 Å en la muestra natural, se mantiene en la muestra glicolada y desaparece en la muestra calcinada por colapso de la estructura cristalina. Se identificó la presencia de illita (I) por un pico de difracción ubicado en 10,13 Å acompañado de un pico menor en 5 Å en la muestra natural, este patrón se repitió en la muestra glicolada y calcinada. Por último, se determinó la presencia de esmectita (Sm) por un pico ubicado en 13,8 Å en la muestra natural, que se desplaza hacia 16,92 Å en la muestra glicolada, en el ensayo de muestra calcinada a 550°C este pico se desplaza hacia 10 Å debido al colapso de la estructura cristalina de dicho mineral.

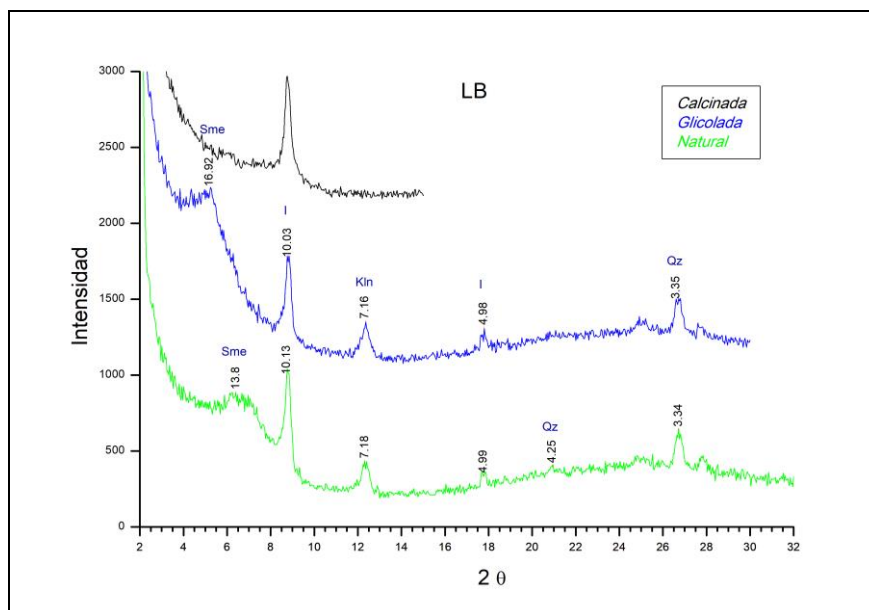


Figura 19. Difractograma de la muestra 1 orientada.

En la muestra 2 (Figura 20) se identificó la caolinita (Kln) con un pico de difracción ubicado en 7,11 Å, junto a otro de menor intensidad a los 3,58 Å en la muestra natural, en la muestra glicolada el pico de mayor intensidad se mantiene y en la muestra calcinada desaparece por colapso de la estructura cristalina. Se determinó Illita (I) por la presencia de un pico de difracción ubicado en 10,08 Å acompañado por un pico menor ubicado en 5 Å, en la muestra natural, este patrón se repitió en la muestra glicolada y calcinada. Por último, se determinó esmectita (Sm) por la presencia de un pico en 14,15 Å en la muestra natural, que se desplaza hacia los 17,32 Å en la muestra glicolada, en el ensayo de la muestra calcinada a 550°C este pico se desplazada hacia los 10 Å por el colapso de la estructura cristalina de dicho mineral.

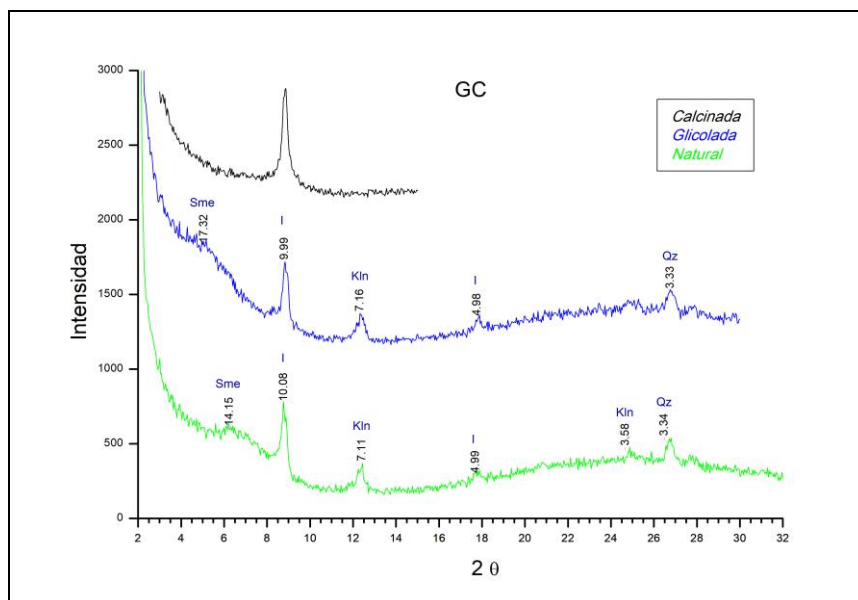


Figura 20. Difractograma de la muestra 2 orientada

En la muestra 3 (Figura 21) se identificó la presencia de caolinita (Kln) por su pico de difracción característico ubicado en 7,21 Å, acompañada de un pico de menor intensidad a los 3,57 Å en la muestra natural, en la muestra glicolada se repite este patrón, y desaparecen en la muestra calcinada por colapso de la estructura cristalina. La presencia de Illita (I) se identificó con un pico de difracción ubicado a los 10,17 Å acompañada de un pico menor a los 5 Å, en la muestra natural, este patrón se repite en la muestra glicolada y calcinada. Por último, se determinó esmectita (Sm) por la presencia de un pico de difracción ubicado a los 13,72 Å con su base ensanchada en la muestra natural, que se desplaza hacia los 17,73 Å en la muestra glicolada y su base se observa menos ancha que en la muestra natural. En el ensayo de muestra calcinada a

550°C este pico se desplaza hacia los 10 Å por el colapso de la estructura cristalina de dicho mineral.

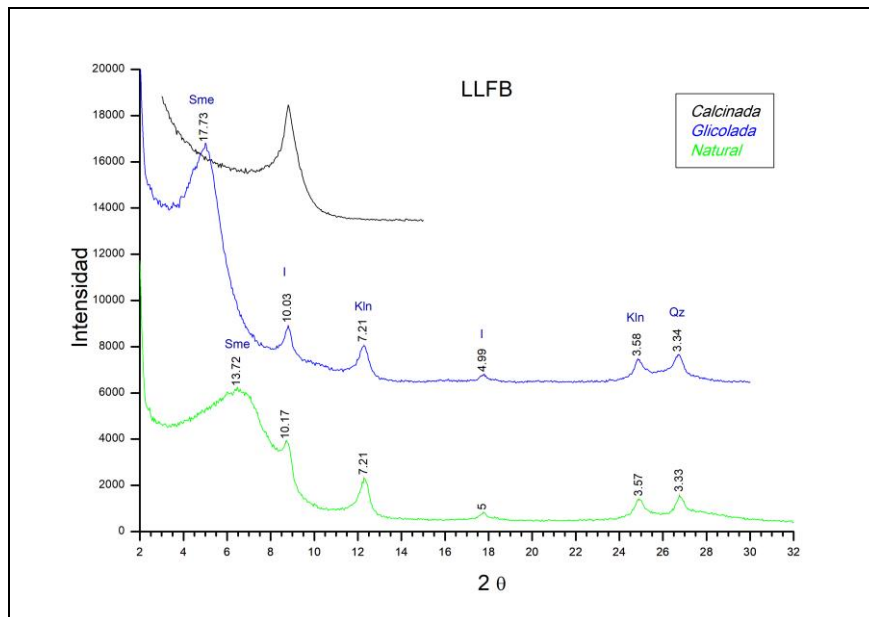


Figura 21. Difractograma de la muestra 3 orientada.

En la muestra 4 (Figura 22) la presencia de caolinita (Kln) se identificó por un pico de difracción ubicado a los 7,21 Å acompañado por un pico de menor intensidad a los 3,58 Å en la muestra natural, en la muestra glicolada se repite dicho patrón y, desaparecen en la muestra calcinada por colapso de la estructura cristalina. La presencia de illita (I) se identificó por un pico ubicado en 10,13 Å acompañada de un pico menor a los 5 Å en la muestra natural, en la muestra glicolada y calcinada se repite dicho patrón. Por último, se determinó la presencia de esmetita (Sm) por un pico de difracción a los 13,22 Å con su base ensanchada, en la muestra natural, que se desplaza hacia los 17,3 Å y su base se observa menos ancha que en la muestra natural. En el ensayo de muestra calcinada a 550°C este pico se desplaza hacia los 10 Å debido al colapso de la estructura cristalina de dicho mineral.

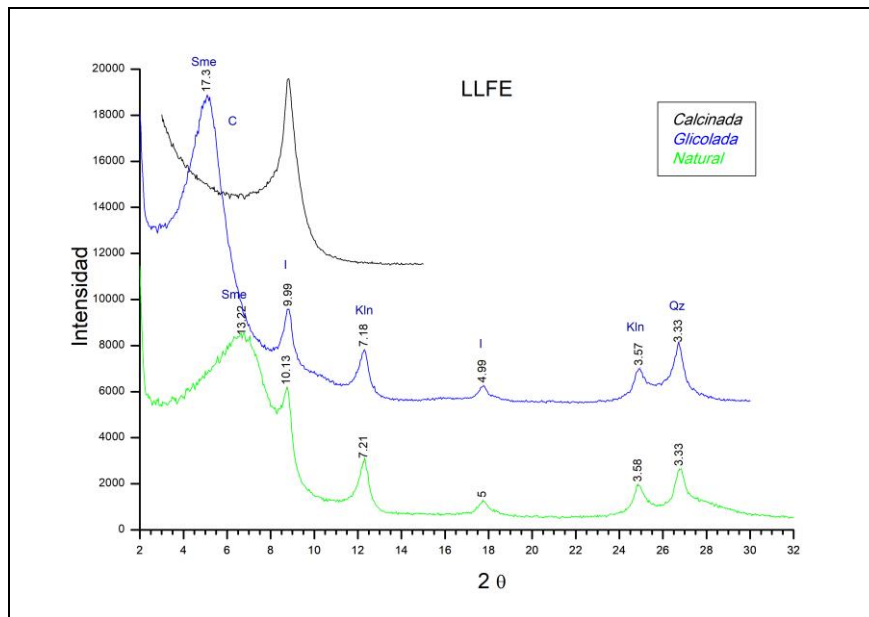


Figura 22. Difractograma de la muestra 4 orientada.

A partir de los difractogramas de roca total, se pudo realizar el análisis semicuantitativo de las fases minerales arcillosas identificadas en las muestras 1, 2, 3 y 4. Las mismas se observan en la Tabla 4.

Tabla 4. Fases arcillosas identificadas

Muestra	1	2	3	4
Sme (Esmectita) (%)	8	24	21	28
Kln (Caolinita) (%)	23	4	22	16
I (Illita) (%)	16	18	8	13

6.2 Resultados e interpretaciones de los análisis de plasticidad, sinterabilidad y resistencia mecánica.

6.2.1 Plasticidad: límites de Atterberg

El análisis de plasticidad de la muestra patrón (muestra 1), arrojó valores de límite líquido y límite plástico de 41,81% y 20,86% respectivamente y un índice de plasticidad de 20,95% (Tabla 5) siendo clasificada como arcillas inorgánicas de mediana plasticidad (Figura 23).

El análisis de plasticidad de la muestra 2 arrojó valores de límite líquido y límite plástico de 32,04 y 20,79% respectivamente, el índice de plasticidad fue de 11,25

(Tabla 5) siendo clasificada como arcillas inorgánicas de mediana plasticidad (Figura 23).

El análisis de plasticidad de la muestra 3 arrojó valores de límite líquido y límite plástico de 80,06 y 31,28% respectivamente y un índice de plasticidad 48,78 (Tabla 5), siendo clasificada como arcillas inorgánicas de alta plasticidad (Figura 23).

El análisis de plasticidad de la muestra 4 presentó valores de límite líquido y límite plástico de 76,26% y 31,66% respectivamente, el índice de plasticidad arrojó un valor de 44,6 (Tabla 5) siendo clasificadas como arcillas inorgánicas de alta plasticidad (Figura 23).

Tabla 5. Límites de Atterberg

N° de Muestra	1	2	3	4
Límite líquido	41,81	32,04	80,06	76,26
Límite plástico	20,86	20,79	31,28	21,66
Índice de plasticidad	20,95	11,25	48,78	44,6
Numero de golpes	25	24	29	28
Clasificación	Arcilla de mediana plasticidad	Arcilla de mediana plasticidad	Arcilla de alta plasticidad	Arcilla de alta plasticidad

En la Figura 23 se representa el diagrama de plasticidad de Casagrande, en este se volcaron los límites líquidos e índices de plasticidad de las cuatro muestras, permitiendo clasificarlas en función de su plasticidad.

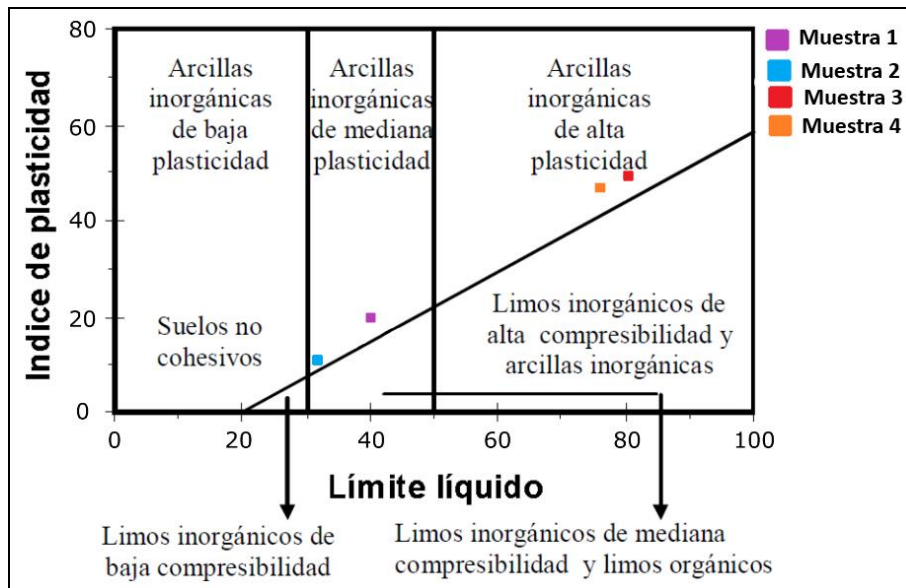


Figura 23. Diagrama de Casagrande empleado para la clasificación de las muestras.

6.2.2 Sinterabilidad y resistencia mecánica

A continuación se presentan los resultados de los ensayos de sinterabilidad y resistencia mecánica de las probetas cerámicas elaboradas con las cuatro muestras seleccionadas, sinterizadas a tres temperaturas diferentes (900°, 1000° y 1100°C).

Luego del sinterizado a 900°C, se observó que las probetas de las muestras 3 y 4 (Figura 24) y (Figura 24 1) se hincharon, deformaron, y quebraron. A causa del suceso mencionado se tomó la determinación de no exponer las probetas de contracción lineal, absorción, y flexión de las muestras 3 y 4 a las restantes temperaturas, esta decisión consistió en preservar la herramienta de trabajo, horno eléctrico. Se expusieron a 1000° y 1100°C todas las probetas de las muestras 1, 2 y 10 gr de las muestras 3 y 4 con el fin de determinar la variación de color.



Figura 24. *Probetas de contracción lineal y flexión a 900°C.* Fuente propia



Figura 24.1. *Probetas de absorción de agua a 900°C.* Fuente propia.

Color

Al momento de realizar la determinación de color, se observó la presencia de concreciones de Fe-Mn en las probetas de las muestras 3 y 4 cuando se encontraban en estado plástico (Figura 25) (Figura 26) y secas al aire. Como se puede apreciar, la Tabla 6 presenta un resumen de la variación de color que sufrieron las probetas desde que el material se encontraba húmedo (estado plástico), seco al aire y a las diferentes temperaturas de sinterizado. Se pudo apreciar que los matices varían desde amarillo rojizo a rojo a medida que aumenta la temperatura de sinterizado de las probetas (Figura 27). Las cuatro muestras presentaron matices 5YR a 900°C, observándose variaciones en la luminosidad, siendo las muestras 1 y 2 más luminosas que las muestra 3 y 4, las cuatro muestras presentaron un valor de intensidad de 6. Luego del sinterizado a 1000°C, se observó un cambio en los matices, las muestras 1 y 2 continuaron presentado un matiz 5YR y las muestras 3 y 4 se volvieron más rojizas, con un matiz 2,5YR, todas las muestras continuaron con los mismos valores de luminosidad que el obtenido a 900°C y aumentaron la intensidad, arrojando un valor de 8 en las cuatro muestras sinterizadas a 1000°C. Por último, todas las muestras sinterizadas a 1100°C presentaron el mismo color, matiz 2,5YR 4/6, disminuyendo los valores de luminosidad e intensidad que los observados a 1000°C. Se destaca que dos probetas de la muestra patrón (muestra 1), sinterizadas a 900°C presentaron un corazón de color 2,5YR 5/8 (Rojo) (Figura 28).



Figura 25. Detalle de la presencia de concreciones de Fe y Mn de la muestra 3. Fuente propia



Figura 26. *Detalle de concreciones de Fe y Mn de la muestra 4. Fuente propia.*



Figura 27. *Variación de color. De arriba hacia abajo 900°, 1000° y 1100°C. Fuente propia.*



Figura 28. Detalle del corazón rojo de la muestra 1 a 900°C. Fuente propia

Tabla 6. Color en todas las etapas

N° de muestra	1	2	3	4
Color estado plástico	10YR 3/1 (Gris muy oscuro)	10YR 3/2 (Marrón grisáceo muy oscuro)	5Y 2.5/1 (Negro)	10YR 4/2 (Marrón amarillo oscuro)
Color seco al aire	10YR 6/1 (Gris)	10YR 5/2 (Marrón grisáceo)	2,5Y 4/1 (Gris oscuro)	10YR 5/1 (Gris)
900°C	5YR 6/6 (Amarillo rojizo)	5YR 6/6 (Amarillo rojizo)	5YR 5/6 (Rojo amarillento)	5YR 5/6 (Rojo amarillento)
1000°C	5YR 6/8 (Rojo claro)	5YR 6/8 (Rojo claro)	2,5YR 4,5/8 (Rojo)	2,5YR 5/8 (Rojo)
1100°C	2,5 YR 4/6 (Rojo)	2,5 YR 4/6 (Rojo)	2,5YR 4/6 (Rojo)	2,5 YR 4/6 (Rojo)

Contracción lineal

La primera observación en relación a este análisis se pudo apreciar una vez que las probetas se encontraban secas al aire, en esta primera etapa las probetas sufrieron contracción lineal (Tabla 7). Las muestras 1 y 2 presentaron una contracción de 7,92% y 7,33% respectivamente, las muestras 3 y 4 sufrieron una contracción de 10,59% y 9,90% respectivamente al pasar del estado plástico a secas al aire.

Luego del primer sinterizado a 900°C, en las muestras 1 y 2 no se observó un aumento de la contracción lineal (Tabla 8), las muestras 3 y 4 sufrieron hinchamiento, ruptura y deformación (Figura 24), imposibilitando la determinación de contracción lineal en dichas muestras. A causa de lo mencionado anteriormente, se prosiguió a

realizar el ensayo en las muestras 1 y 2. A partir de los 1000°C se notó una contracción lineal total en la probeta de la muestra 1 de 10,89% (Tabla 9) (Figura 29), en cambio, la muestra 2 no presentó variaciones. Luego del sinterizado a 1100°C la muestra 1 presentó una contracción lineal total de 14,85% (Tabla 10) (Figura 29) y la muestra 2 de 11,88% (Tabla 10) (Figura 30). El volumen de contracción y el factor de contracción a 1000°C y 1100°C se registró en la Tabla 11 y Tabla 12 respectivamente, con estos datos se puede inferir las dimensiones finales que tendrán las piezas cerámicas basándose en las dimensiones previas a secarse. No se plantea el volumen de contracción y el factor de contracción luego del sinterizado a 900°C debido a que no se notó un aumento de la contracción luego de someter las probetas a dicha temperatura.

Tabla 7. Contracción lineal del secado

Muestra	1	2	3	4
Lp(mm)	101	101	101	101
Ld(mm)	93	93,6	90,3	91
Sd (%)	7,92	7,33	10,59	9,90

Lp: Longitud plástica del espécimen (mm), Ld: Longitud en seco del espécimen (mm), Sd: Contracción lineal del secado (%)

Tabla 8. Contracción lineal total después del secado y del sinterizado a 900°C

Muestra	1	2	3	4
Lp(mm)	101	101	101	101
Lf 900°(mm)	93	93,6	No se determinó	No se determinó
St 900° (%)	Sin variación	Sin variación	No se determinó	No se determinó

Lp: Longitud plástica del espécimen (mm), Lf 900°: Longitud del espécimen después del sinterizado a 900° (mm), St 900°: Contracción lineal total después del secado y del sinterizado a 900° (%)

Tabla 9. *Contracción lineal total después del secado y del sinterizado a 1000°C*

Muestra	1	2	3	4
Lp(mm)	101	101	101	101
Lf 1000°(mm)	90	93,6	No se determinó	No se determinó
St 1000° (%)	10,89	Sin variación	No se determinó	No se determinó

Lp: Longitud plástica del espécimen (mm), Lf 1000°: Longitud del espécimen después del sinterizado a 1000° (mm), St 1000°: Contracción lineal total después del secado y del sinterizado a 1000° (%)

Tabla 10. *Contracción lineal total después del secado y del sinterizado a 1100°C*

Muestra	1	2	3	4
Lp(mm)	101	101	101	101
Lf 1100°(mm)	86	89	No se determinó	No se determinó
St 1100° (%)	14,85	11,88	No se determinó	No se determinó

Lp: Longitud plástica del espécimen (mm), Lf 1100°: Longitud del espécimen después del sinterizado a 1100° (mm), St 1100°: Contracción lineal total después del secado y del sinterizado a 1100° (%)

Tabla 11. *Volumen de contracción y factor de contracción a 1000°C*

Muestra	1	2
S 1000° (%)	10,89	7,92
V (%)	29,24	21,93
Fc	1,12	Sin variación

S: Contracción lineal total después del secado y del sinterizado 1000°C (%), V: Volumen de contracción 1000°C (%), Fc: Factor de contracción.

Tabla 12. *Volumen de contracción y factor de contracción a 1100°C*

Muestra	1	2
S 1100° (%)	14,85	11,88
V (%)	38,27	31,58
Fc	1,17	1,13

S: Contracción lineal total después del secado y del sinterizado 1100°C (%), V: Volumen de contracción 1100°C (%), Fc: Factor de contracción



Figura 29. Contracción lineal a las tres temperaturas de la muestra 1. Fuente propia.



Figura 30. Contracción lineal a las tres temperaturas de la muestra 2. Fuente propia.

Absorción de agua

La determinación de absorción de agua fue realizada en las muestras 1 y 2, como ya se mencionó en los últimos dos apartados, las probetas elaboradas con las muestras 3 y 4, una vez que se sinterizaron a 900°C sufrieron hinchamiento, deformación y ruptura, impidiendo el empleo de las mismas en dicho ensayo.

Al momento de realizar los cálculos de la Tabla 14 se asumió que 1 cm³ de agua pesa 1 gr. Mediante el empleo del ensayo de absorción de agua, se pudieron apreciar notables diferencias entre las muestras 1 y 2 (Gráfico 1 y Gráfico 2 respectivamente). Si se compara la porosidad aparente y la absorción de agua a una misma temperatura de sinterizado para ambas muestras se puede apreciar que luego del sinterizado a 900°C la muestra 1 presenta una porosidad aparente de 11,15% y una absorción de agua de 5,75%, en cambio la muestra 2 a dicha temperatura presenta una porosidad aparente de 17% y una absorción de agua de 9,27%. Luego del sinterizado a 1000°C la muestra 1 presenta una porosidad aparente de 7,98% y una absorción de agua de 3,98%, en

cambio la muestra 2 a dicha temperatura presenta una porosidad aparente de 16,18% y una absorción de agua de 8,74%. Luego del sinterizado a 1100°C la muestra 1 presenta una porosidad aparente de 4,52% y una absorción de agua de 2,21%, en cambio en la muestra 2 presenta una porosidad aparente de 7,62% y una absorción de agua de 3,75%. A modo de interpretación general se puede decir que la muestra 1, expuesta a diferentes temperaturas de sinterizado, presenta menores valores de porosidad aparente y absorción de agua en comparación con la muestra 2, y a medida que aumenta la temperatura de sinterizado en ambas muestras, disminuye la porosidad aparente y la absorción de agua.

Tabla 13. Datos obtenidos del ensayo de absorción de agua

N° de Muestra	1			2		
Especimen	1(900°C)	2(1000°C)	3(1100°C)	1(900°C)	2(1000°C)	3(1100°C)
Peso inicial(gr)	60	60	60	60	60	60
Masa seca(gr) D	46,46	46,49	46,17	47,45	47,51	47,41
Masa suspendida(gr) S	25,18	25,16	24,64	25,97	26,01	25,82
Masa Saturada(gr) M	49,13	48,34	47,19	51,85	51,66	49,19

Tabla 14. Resultados ensayo de absorción de agua

Muestra	1			2		
Especimen	1(900°C)	2(1000°C)	3(1100°C)	1(900°C)	2(1000°C)	3(1100°C)
Volumen exterior(cm ³)	23,95	23,18	22,55	25,88	25,65	23,37
Volumen de poros abiertos(cm ³)	2,67	1,85	1,02	4,4	4,15	1,78
Volumen porciones impenetrables (cm ³)	21,28	21,33	21,53	21,48	21,5	21,59
Porosidad aparente (%)	11,15	7,98	4,52	17	16,18	7,62
Absorción de agua (%)	5,75	3,98	2,21	9,27	8,74	3,75

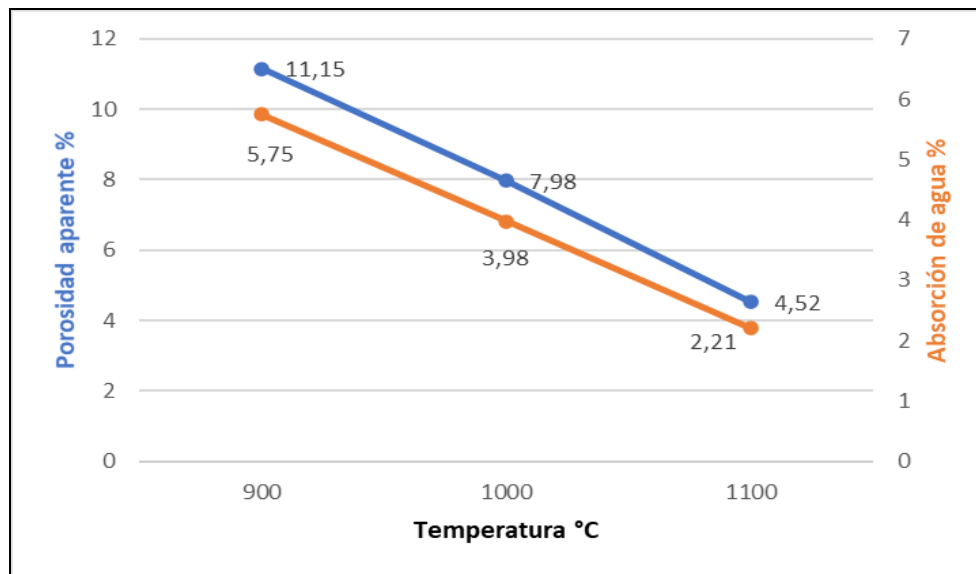


Gráfico 1. Gráfico porosidad aparente - absorción de agua de la muestra 1

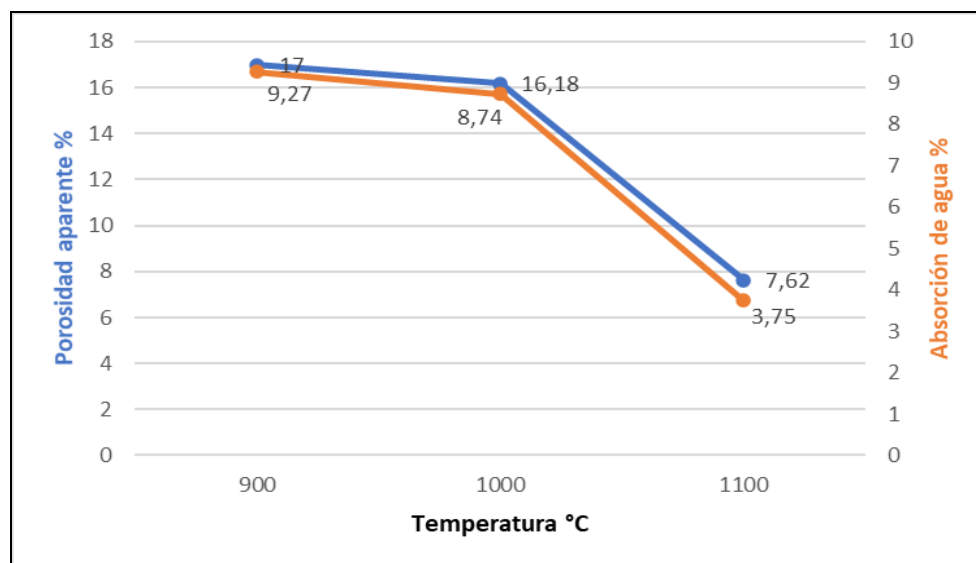


Gráfico 2. Gráfico porosidad aparente - absorción de agua de la muestra 2

Resistencia a la flexión

La determinación de resistencia a la flexión fue realizada en las muestras 1 y 2, como ya se mencionó en los últimos tres apartados, las probetas elaboradas con las muestras 3 y 4, una vez que se sinterizaron a 900°C sufrieron hinchamiento, deformación y ruptura, impidiendo el empleo de las mismas en dicho ensayo.

Una vez realizado el ensayo, se pudo apreciar que en ambas muestras los valores del módulo de rotura incrementa a medida que aumenta la temperatura de

sinterizado, esta observación se puede apreciar en la Tabla 15 y en la Tabla 16, en las mismas se detalla el módulo de rotura promedio de los tres especímenes ensayados para cada temperatura de sinterizado y el desvío estándar, además se realizó una representación visual de los datos en el Gráfico 3 y en el Gráfico 4.

Tabla 15. Resultados módulo de rotura muestra 1

Muestra	1 (900°C)			1 (1000°C)			1 (1100°C)		
N° de Especimen	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Módulo de rotura (MPa)	9,39	11,53	5,53	11,25	12,65	16,53	19,6	15,32	29,35
Promedio	8,81			13,48			21,42		
Desvío estándar	+3,04			+2,74			+7,19		

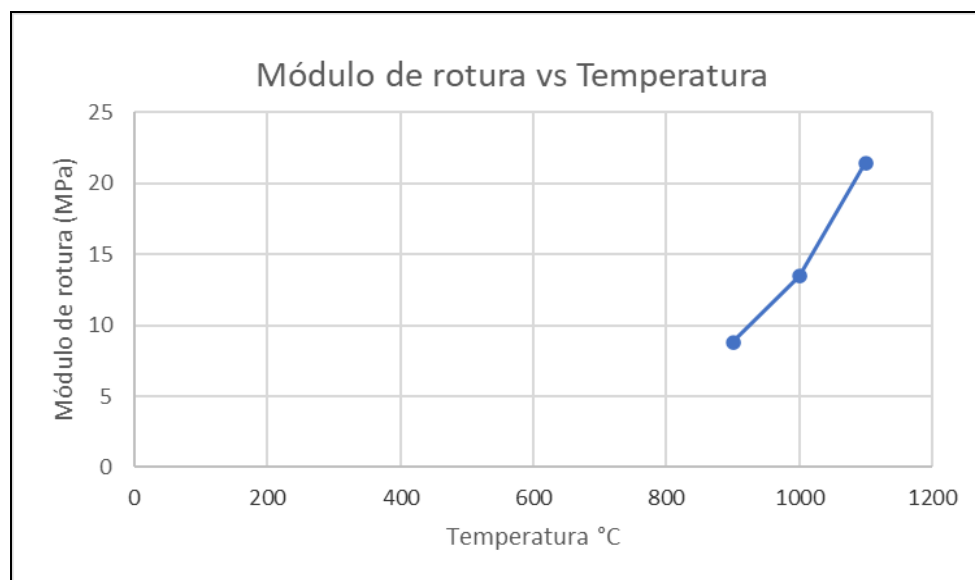


Gráfico 3. Módulo de rotura vs Temperatura de la muestra 1

Tabla 16. Resultados módulo de rotura muestra 2

Muestra	2 (900°C)			2 (1000°C)			2 (1100°C)		
N° de especimen	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Módulo de rotura (MPa)	4,58	4,58	5,96	6,78	5,92	6,32	8,72	10,19	11,28
Promedio	5,04			6,34			10,07		
Desvío estándar	+/-0,8			+/-0,439			+/-1,28		

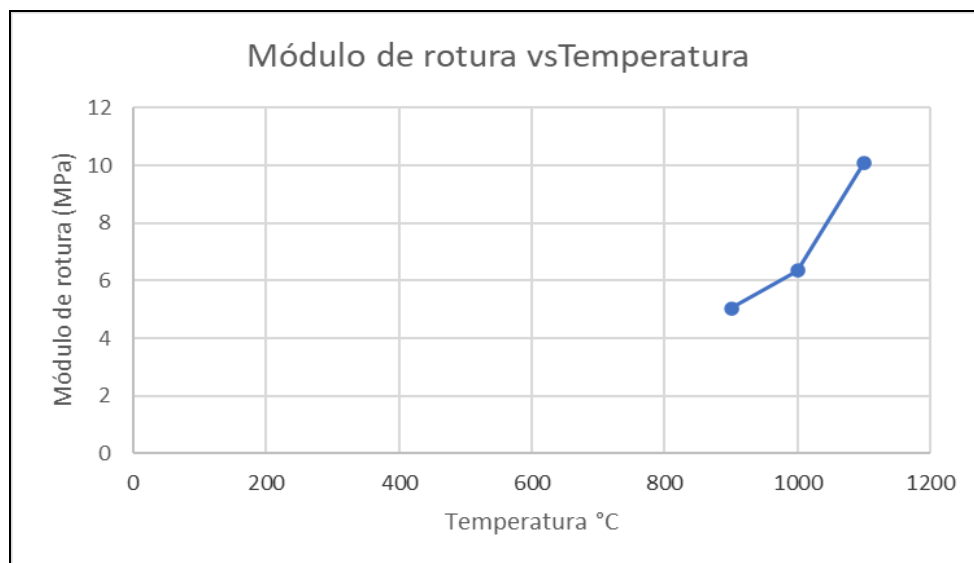


Gráfico 4. Módulo de rotura vs Temperatura de la muestra 2.

7. CONCLUSIONES Y DISCUSIONES

7.1 Conclusiones y discusiones de resultados morfológicos, análisis físico-químicos y análisis mineralógico.

Calicata 1

A partir de las observaciones realizadas en campo, se pudo apreciar que estos suelos presentan una escasa evolución, los mismos se desarrollaron sobre materiales aluvionales jóvenes (Manassero et al., 2013). Se observó un predominio de la componente arenosa en los primeros dos horizontes, con ausencia de estructura, grano suelto. Los mencionados horizontes se consideran una subdivisión vertical del horizonte C, por debajo se reconoce una discontinuidad litológica, demostrada por el cambio textural que se produce al pasar del horizonte C2 al horizonte 2Cg, de textura arcillosa, con ausencia de estructura, masivo. La textura al tacto de la muestra 1 fue confirmada mediante el análisis granulométrico, este arrojó un contenido de arcilla del 47,23% (Tabla 2), siendo la fracción dominante y avalando la textura al tacto mediante el sistema de clasificación de USDA (Figura 14). La identificación semicuantitativa de las fases minerales, realizada mediante el análisis de difracción de rayos X, pudo demostrar que la mineralogía dominante de la muestra 1 son argilominerales (47%) (Tabla 3) presentándose en mayor proporción caolinita (23%), seguida de illita (16%) y en menor proporción esmectita (8%) (Tabla 4), se cree que este menor contenido de arcillas expansivas no permitió el reconocimientos de la misma en el ensayo de expansión libre, análisis que obtuvo como resultado un 0% de expansividad (Tabla 2).

A la muestra 1 se le determinó la reacción del suelo en campo y se obtuvo un valor de pH de 6,5, este resultado no coincide con el valor de pH en pasta obtenido por Giménez et al. (2005) para horizontes C desarrollados a la misma profundidad que la muestra 1, estos autores consignan valores de pH de 6,1 para el horizonte superficial A y señalan que dicho parámetro se torna más ácidos, con valores de pH cercanos a 4, a la profundidad de interés. Sin embargo, Martegani (2018) obtuvo valores de pH intermedios a los mencionados (5,41) para horizontes C a las profundidades de interés, en un área próxima a la playa actual. El contenido de materia orgánica para la muestra 1 fue de 1,45% (Tabla 2). El contenido de sales solubles es de 2,84 dSm⁻¹ (Tabla 2),

permitiendo clasificar a esta muestra como no salina por presentar una conductividad eléctrica menor a 4 dSm^{-1} , resultado que coincide con Gimenez et al. (2005) quienes mencionan que los suelos de esta zona son considerados no salinos.

La muestra 1 presenta un matiz cercano al neutro, producto de la escasa disponibilidad de oxígeno que experimenta la mayor parte del año (Giménez et al., 2005). Los suelos de la Llanura Aluvional se ven influenciados por el proceso de hidromorfismo, a pesar de la textura gruesa que se observa en el sector más superficial, estos suelos se ven afectados por las frecuentes crecidas del Río de la Plata (Manassero et al., 2013).

Las observaciones realizadas permiten exponer que estos suelos se originan a partir de materiales que se depositan con los sucesivos desbordes del Río de la Plata y se considera que responde a la facies más fina de la Formación Río Santiago (Cavallotto 1995).

Al momento de clasificar el suelo, se tuvo en cuenta la descripción morfológica del suelo, los resultados analíticos del horizonte de interés y los trabajos previos de Giménez et al. (2005), Imbellone et al. (2009), Manassero et al. (2013), Cabral et al. (2016), Martegani (2018), de esta forma se pudo clasificar a este perfil como Fluvacuent según Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2017).

Calicata 2

A partir de las observaciones realizadas en campo, se pudo apreciar que los suelos de esta área presentan un escaso desarrollo, y se encuentran formados por materiales depositados en el transcurso de sucesivos desbordes del Río de la Plata (Cabral et al., 2016). La secuencia de horizontes se encuentra integrada por un horizonte superficial A de estructura migajosa (Figura 11), por debajo un horizonte C1 con estructura laminar, en sectores puntuales logró reconocerse una laminación entrecruzada, producto de la intercalación de láminas de arena y arcilla. Por debajo se evidencia la primera discontinuidad litológica compuesta principalmente por arcilla, horizonte 2C2 de estructura masiva, debajo se reconoce un horizonte arcilloso con una abundante participación de materia orgánica ligeramente descompuesta, horizonte 3Cg. Por último, se desarrolla el horizonte 4Cg, presenta una textura al tacto arcillosa y

estructura masiva, en el mismo logró reconocerse una lámina de aproximadamente 1 cm de espesor de materia orgánica ligeramente descompuesta.

A la muestra 2, tomada del horizonte 4Cg, se le realizó un análisis granulométrico que permitió considerarla, según el sistema de clasificación de USDA, como franco arcillo-arenoso (Figura 14). La identificación semicuantitativa de las fases minerales, mediante el análisis de difracción de rayos X, indica que la mineralogía dominante de la muestra 2 son los argilominerales (46%) (Tabla 3), dentro de los cuales se destaca la presencia de esmectita (24%), seguido de Illita (18%) y por último caolinita (4%) (Tabla 4), sin embargo, no pudo confirmarse la participación de esmectita en el análisis de expansión libre, siendo que el mismo arrojó valores de 0% de expansividad (Tabla 2).

A lo largo del perfil, la reacción del suelo presentó valores que oscilaron entre 6 y 7, la muestra de interés obtuvo un pH de aproximadamente 6,75. El análisis de materia orgánica para la muestra 2 presentó un valor de 2,15% (Tabla 2), siendo este valor elevado para un horizonte C, no obstante, dicho resultado se considera coherente para suelos que se desarrollan sobre materiales aluviales, y resulta frecuente encontrar horizontes C con elevados tenores de materia orgánica. Los trabajos de Gimenez et al. (2005) y Martegani (2018), coinciden con los valores de materia orgánica hallados por el presente trabajo, y exponen valores similares e incluso mayores para horizontes C a la profundidad de interés, además, mencionan que dicho parámetro varía irregularmente en profundidad. La muestra 2 presentó una conductividad eléctrica de $2,09 \text{ dSm}^{-1}$ permitiendo clasificar a la muestra como no salina por presentar un valor menor a 4 dSm^{-1} (Tabla 2).

La muestra de interés presenta una coloración típica de ambiente reductor (glei), como resultado de encontrarse casi permanentemente saturada por agua. Además, se reconocieron colores glei en el horizonte 3Cg, y escasos moteados de hierro - manganeso. Este último rasgo se presenta en mayor proporción entre los 7 y los 36 cm de profundidad, e indican un ambiente óxido-reductor. El horizonte A no presenta rasgos redoximórficos, como tampoco una matriz reducida o colores glei, sin embargo, Imbellone et al. (2009) mencionan que frecuentemente se encuentra inundado. Por lo tanto, se cree que el agua proviene de distintos orígenes, hasta los 36 cm se evidencia un proceso de episaturación y por debajo de dicha profundidad se manifiesta el

proceso de endosaturación, generando que estos suelos se desarrollen en condiciones de hidromorfismo.

Al igual que los suelos de la Llanura Aluvional de Berisso, el material original de los suelos de la Llanura Aluvional de Ensenada correspondería a la facies más fina de la Formación Río Santiago (Cavallotto. 1995), que se depositan a causa de sucesivos desbordes del Río de la Plata.

Al momento de clasificar el suelo, se tuvo en cuenta la descripción morfológica del suelo, los resultados analíticos del horizonte de interés y los trabajos previos de Giménez et al. (2005), Imbellone et al. (2009), Manassero et al. (2013), Cabral et al. (2016), Martegani (2018), de esta forma se pudo clasificar a este perfil como Fluvacuent según Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2017).

Calicata 3

La presencia en superficie de un horizonte Oi, se debe a la saturación prolongada de agua que impide la mineralización de los restos orgánicos, dando como resultado la acumulación de un horizonte orgánico. Por debajo de la capa orgánica, la textura al tacto es arcillosa hasta la base del perfil, presentando estructura en bloques en los primeros dos horizontes y masiva en los horizontes C. La textura al tacto, fue confirmada para la muestra 3 mediante el análisis granulométrico, el resultado obtenido fue un porcentaje de arcilla de 76,71% (Tabla 2) permitiendo clasificar a la muestra como arcillosa según el sistema de clasificación de USDA (Figura 14). La determinación semicuantitativa de las fases minerales, realizada mediante difracción de rayos X, arrojó que la mineralogía dominante son los argilominerales (51%) (Tabla 3), con predominio de esmectita (21%) en paridad con caolinita (22%) y (8%) de illita (Tabla 4). La presencia de minerales expansivos fue evidenciada en campo con la identificación de slickensides y grietas, además por el análisis de expansión libre que arrojó una expansividad del 270% (Tabla 2). Lo expuesto coincide con los resultados obtenidos por Gómez Samus et al. (2017) quienes mencionan que la fracción dominante en estos suelos son los argilominerales, con mayor proporción de esmectita y secundariamente caolinita.

El contenido de materia orgánica de la muestra 3 fue de 1,15% (Tabla 2), dicho resultado se considera sutilmente mayor a los obtenidos por el Instituto de Geomorfología y Suelos y por Martegani (2018), quienes obtuvieron un porcentaje de materia orgánica de aproximadamente 0,7%. El valor de conductividad eléctrica es de $2,28 \text{ dSm}^{-1}$ (Tabla 2) permitiendo clasificar a la muestra 3 como no salina por presentar una conductividad eléctrica menor a 4 dSm^{-1} , en contraposición al resultado obtenido por Giménez et al. (2005) quienes registran una conductividad eléctrica de $15,6 \text{ dSm}^{-1}$ para dicha muestra. Martegani (2018) también indica que los suelos de esta zona se consideran salinos, sin embargo, obtuvo valores menores de conductividad eléctrica, $6,4 \text{ dSm}^{-1}$ para suelos de una zona próxima a la estudiada.

En los suelos de esta zona se destaca el proceso de hidromorfismo, manifestándose con la presencia de rasgos redoximórficos como moteados de hierro -manganeso a partir de los 10 cm, incrementando su abundancia en profundidad, y hasta la base del perfil donde se evidencian concreciones de hierro-manganeso, a partir de los 17 cm se reconocen colores glei (matiz 2,5Y), que indican condiciones reductoras extremas. Por lo tanto, se cree que los suelos de esta zona presentan fenómenos de epi y endosaturación actuando simultáneamente.

El material original a partir del cual evolucionaron estos suelos son arcillas expansivas de origen marino, pertenecientes a la facies Villa Elisa de la Formación Las Escobas (Cavallotto, 1995).

Al momento de clasificar el suelo, se tuvo en cuenta la descripción morfológica realizada en campo, los análisis realizados a la muestra 3 y los trabajos previos de Giménez et al. (2005), Imbellone et al. (2007), Imbellone y Mormeneo (2011), Cabral et al. (2016), Martegani (2018), de esta forma se les asignó una clasificación de Epiacuert, según Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2017).

Calicata 4

El perfil analizado se caracteriza por presentar una textura al tacto predominantemente arcillosa, observándose una estructura granular en el horizonte A, con bloques angulares con tendencia a masivo en el Bt, para continuar en profundidad con ausencia de estructura, considerándose masivo los últimos dos horizontes C. La

muestra 4 confirma la textura al tacto mediante el análisis granulométrico, que arrojó un porcentaje de arcilla de 86,25% (Tabla 2) y permitió clasificar a la muestra según el sistema de clasificación de USDA como arcillosa (Figura 14). El análisis semicuantitativo de las fases minerales, realizado mediante el análisis de difracción de rayos X, reveló que la mineralogía dominante de estos suelos son los argilominerales (57%) (Tabla 3), de los cuales se encuentra en mayor proporción esmectita (28%), en segundo lugar caolinita (16%) y por último ilita (13%) (Tabla 4), este análisis coincide con los rasgos vérticos encontrados al momento de realizar la descripción morfológica, grietas profundas cuando el suelo se encuentra seco, y superficies de deslizamiento (slickensides) (Figura 13), además la presencia de estas arcillas se comprobó en laboratorio mediante el ensayo de expansión libre que arrojó una expansividad del 320% (Tabla 2), resultado que coincide con los documentado por Gómez Samus et al. (2017) quienes aportaron valores de expansión para esta zona de entre 180 a 320%.

La muestra 4 presentó un contenido de materia orgánica de 1,26% (Tabla 2), dicho resultado es levemente mayor al registrado por Scarponi (2018), quien obtuvo un valor de materia orgánica de 0,91%. La resistencia eléctrica arrojó un valor 4,29 dSm^{-1} (Tabla 2), permitiendo clasificar a la muestra como salina por presentar una conductividad eléctrica mayor a 4 dSm^{-1} , dicho resultado se contrapone al obtenido por Scarponi (2018) quien le atribuyó una resistencia eléctrica de 2,58 dSm^{-1} a muestras de la misma zona.

Al igual que en la Llanura de Fango Interior de Berisso, se pudo observar cuán afectados se encuentran estos suelos a causa del proceso de hidromorfismo, manifestándose desde superficie rasgos redoximórficos, como puede observarse, el horizonte A presenta abundantes moteados y concreciones de hierro - manganeso, los mismos continúan a lo largo de todo el perfil de suelo y hasta los 60 cm de profundidad, indicando un proceso de oxido-reducción. A partir de los 36 cm se hace presente el rasgo indicador de condiciones reductoras extremas, colores glei, con matices grises (5Y 5/1). Según Gómez Samus et al. (2017), la coloración glei es producto de la presencia de minerales con Fe^{+3} como Fe-Esmectita y Goethita. Teniendo en cuenta lo mencionado, se cree que ambos fenómenos podrían estar interviniendo en el origen de los colores glei. Por lo mencionado anteriormente, se

interpreta que en estos suelos actúa de forma conjunta los procesos de epi y endosaturación.

El material original a partir del cual evolucionaron estos suelos son arcillas expansivas de origen marino, pertenecientes a la facies Villa Elisa de la Formación Las Escobas (Cavallotto, 1995).

Al momento de generar la clasificación de suelo, se tuvo en cuenta la descripción morfológica efectuada en campo, los análisis realizados a la muestra 4 y los trabajos realizados por Giménez et al. (2005), Imbellone y Mormeneo (2007), Imbellone et al. (2011), Cabral et al. (2016) y Scarponi (2018), de esta forma se les asignó una clasificación de Epiacuert, según Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2017).

7.2 Conclusiones y discusiones de los análisis de plasticidad, sinterabilidad y resistencia mecánica.

Los resultados obtenidos en el presente Trabajo Final de Licenciatura permitieron caracterizar cuatro horizontes de suelo, extraídos de dos ambientes diferentes, para una posible aplicación alfarera.

Evaluando los resultados de difracción de rayos X y los límites de Atterberg, la muestra patrón presenta valores medios de plasticidad, esta propiedad se ve influenciada por el predominio de arcillas caoliníticas de origen secundario, que a causa del transporte, presentan un tamaño grano menor que las arcillas de origen residual, dando como resultado un incremento en la plasticidad (Mari, 1998) y (Hevia, 2012). La prueba de plasticidad llevada a cabo por Aronson et al. (2012) a las mismas arcillas, arrojó un resultado similar al obtenido por el presente trabajo, dichos autores remarcan que estos valores de plasticidad son mayores al buscado para las arcillas comerciales utilizadas actualmente. La muestra 2, presenta un predominio de esmectita, estas arcillas se caracterizan por generar una elevada plasticidad (Hevia, 2012), en este caso el contenido de materiales antiplásticos (cuarzo y feldspatos), permite que el índice de plasticidad sea el menor (Hevia, 2012), obteniendo valores medios de plasticidad. La muestra 3 se caracteriza presentar elevados valores de plasticidad, este resultado podría justificarse por los contenidos de esmectita y caolinita residual y por la baja proporción de material antiplástico. La muestra 4, al

igual que la anterior, presenta una elevada plasticidad debido a la mayor proporción de esmectita y el bajo contenido de material antiplástico.

Otro aspecto importante a evaluar en la industria cerámica es el color, se lo considera una variable crítica en los diferentes tipos de productos elaborados a partir de arcilla, esta diferencia radica principalmente en la variada composición química que existe entre las diferentes arcillas encontradas en el mundo (Zuluaga et al., 2016). Los colores obtenidos en el presente trabajo podrían atribuirse a la presencia de óxidos de hierro, según Morales Güeto (2005) durante la cocción la pasta modifica su color por las distintas sustancias que entran en su composición, especialmente los óxidos metálicos. El óxido de hierro, después del sinterizado, produce una coloración marrón más o menos intensa dependiendo de la atmósfera del horno, a su vez este autor menciona que las arcillas con alto contenido en hierro, dan como resultado un color rojo luego de la cocción, y que las mismas se utilizan para alfarería y como materiales para construcción. El contenido de hierro, de suelos ubicados en la Llanura de Fango Interior, fue determinado mediante el análisis de fluorescencia de rayos X por Gómez Samus et al. (2017), y obtuvieron un valor promedio de Fe_2O_3 de 10,25%, este resultado confirma la presencia de hierro en las muestras 3 y 4, responsable de la coloración obtenida. De todos modos, se cree necesario realizar el análisis de fluorescencia de rayos X a las muestras 1 y 2, debido a que se desarrollan en un ambiente diferente al de las muestras 3 y 4, y por lo tanto, no puede confirmarse la presencia de dicho óxido.

En el presente trabajo no se observó la presencia del defecto conocido como "corazón negro" que describe Aronson et al. (2012) para las arcillas de La Balandra. En cambio, se observó la presencia de núcleos rojos en dos probetas de la muestra patrón, obtenidas de la misma zona de muestreo. Teniendo en cuenta que los matices se tornan más rojos a medida que aumenta la temperatura, se cree que el origen de estos núcleos podría estar relacionado a una diferencia de temperatura en el interior de las probetas respecto al exterior.

Los análisis de contracción lineal, porosidad y absorción de agua permitieron evaluar la sinterabilidad de las muestras. La contracción que sufrieron las probetas al pasar del estado plástico a secas al aire es consecuencia de la plasticidad y de la

cantidad de agua empleada en el amasado, al retirarse el agua genera porosidad y los granos se aproximan, dando como resultado una pérdida de volumen (Morales Güeto, 2005). Los valores más elevados de contracción se identificaron en las muestras 3 y 4, debido a que presentan una menor proporción de material antiplásticos, en cambio las muestras 1 y 2 presentaron una menor contracción en esta etapa, esto se debe al mayor contenido de antiplásticos, como son el cuarzo y los feldespatos, estos materiales favorecen el proceso de secado, disminuyen la contracción en dicho estadio y en la cocción (Hevia, 2012).

Luego del sinterizado se observó una contracción lineal total de 10,89% y de 14,85% a 1000°C y 1100°C respectivamente en la muestra 1, en la muestra 2 se observó una contracción lineal total de 11,88% a 1100°C. El estudio previo de Aronson et al. (2012) obtuvo una contracción lineal mayor al 10% a bajas temperaturas y superior al 20% a altas temperaturas, estos autores mencionan que los valores obtenidos generarían dificultades para fabricar piezas con estabilidad dimensional. Según Milheiro et al. (2005), Reed (1995) y Dalila Rubicela (2016), el incremento de la contracción por encima de los 1000°C en las piezas de cerámica roja, se explica por el sinterizado por flujo viscoso o liga vítrea. Según Mari (1998), el sinterizado por liga vítrea es el más común en la cerámica roja, blanco, entre otras y, cuanto mayor sea la temperatura de sinterizado, mayor será la proporción de liga vítrea que una a los granos cristalinos. A las temperaturas habituales de cocción, existen importantes cantidades de fase líquida que, al enfriar, una parte cristaliza, pero la mayor parte prevalece como vidrio. A su vez, el volumen de poros se encuentra estrechamente relacionado con el tratamiento térmico, produce una disminución o eliminación de la porosidad y disminución del tamaño de poros (Mari, 1998). En las muestras 1 y 2, la formación de fase vítrea se puede atribuir a los contenidos de feldespatos, estos minerales actúan como fundentes en las masas cerámicas y proveen las primeras fases líquidas que se origina durante la cocción, y constituyen la base química de la composición del vidrio residual que condiciona las propiedades del producto cerámica final, la fase vítrea es la responsable de modificar gradualmente la porosidad abierta (Hevia, 2012).

Los resultados obtenidos por este trabajo permiten apreciar cómo disminuye la porosidad y la absorción de agua a medida que incrementa la temperatura de cocción. El análisis de Aronson et al. (2012), obtuvo una porosidad nula a temperaturas menores que otros cerámicos tradicionales (1100°C), el presente trabajo obtuvo valores de porosidad aparente de 4,52% y 7,62% a 1100°C en las muestras 1 y 2 respectivamente.

Por lo tanto, la sinterabilidad por liga vítrea y sus consecuencias podrían comprobarse mediante el estudio de cortes delgados de las probetas luego del tratamiento térmico, mediante el empleo de microscopio petrográfico.

Cabe destacar que los poros, al igual que las grietas actúan como concentradores de tensiones en la microestructura, mejorando la resistencia a gradientes de temperatura, tanto gradientes en el espesor de la pieza (cara caliente - cara fría), como gradientes en el tiempo como choques térmicos, estos dos requisitos son típicos de los usos culinarios (Rendtorff et al., 2016). Además, mejoran la capacidad de los materiales a no ser deteriorados en su integridad microestructural por los gradientes de temperatura, pero en contrapunto, disminuyen el valor de la resistencia mecánica (Rendtorff et al., 2007).

En el presente trabajo se pudo observar que el módulo de rotura tiende a aumentar con el aumento de la temperatura de cocción en ambas muestras, sin embargo, teniendo en cuenta la desviación estándar que arrojó la muestra 1, no se cree conveniente realizar una interpretación con los resultados obtenidos y se plantea la repetición del ensayo de flexión incorporando un mayor número de probetas. El estudio previo de Aronson et al. (2012) obtuvo también un incremento en el módulo de rotura a medida que aumenta la temperatura de sinterizado, esta observación podría atribuirse a la formación de mullita ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), según Rhodes (1990) la resistencia de la arcilla cocida no se debe únicamente a la vitrificación, sino también a la formación de nuevos crecimientos cristalinos en la pasta de arcilla, especialmente a la formación de cristales de mullita, respecto a este punto, Aronson et al. (2012) menciona la escasa presencia de una fase de poca intensidad de pre-mullita a 1100°C. De todos modos y teniendo en cuenta que no existen análisis previos de esta índole para la muestra 2, la presencia o ausencia de mullita debería comprobarse realizando

un análisis térmico diferencial y termogravimétrico (ATD - TG) y un análisis de difracción de rayos X.

Por último, lo sucedido en las probetas de las muestras 3 y 4 luego del sinterizado a 900°C podría atribuirse a que algunas arcillas tienen la capacidad de hincharse cuando se calientan rápidamente a temperaturas superiores a los 1000°C (Bain y Highley, 1966), durante el calentamiento se libera gas en el interior de las probetas quedando atrapado dentro de estas durante el enfriamiento, mientras que los compuestos orgánicos se queman obligando al material a expandirse (o hincharse), produciendo materiales cerámicos porosos y ligeros (Rashad, 2018). Este suceso es el buscado para realizar productos de LECA, abreviatura de agregados de arcilla expandida liviana (Rashad, 2018).

8. CONSIDERACIONES FINALES

El presente Trabajo Final de Licenciatura brinda una primera aproximación a las propiedades que se evalúan por parte de los ceramistas, a la hora de describir las aptitudes buscadas en la materia prima para elaborar piezas de cerámica artesanal. El análisis de las arcillas obtenidas de la Llanura Aluvional permitió inferir que los resultados de los ensayos realizados a la muestra 2, que hasta el momento no había sido caracterizada como un posible suministro de materia prima para los ceramistas locales, presenta similitudes respecto a la muestra utilizada como patrón. Si bien texturalmente la muestra 2 se clasificó como franco arcillo-arenoso y la muestra patrón como arcillosa, tal diferencia sumada a la mineralogía encontrada en la muestra 2, le confiere una menor contracción lineal en comparación con la muestra patrón, e implica que las piezas sufran una menor reducción de su volumen luego del sinterizado. La textura mencionada genera que la muestra 2 presente una mayor porosidad aparente y absorción de agua, propiedades que puede modificarse mediante tratamientos superficiales, ya sea bruñido, aplicación de engobes o esmaltado en una segunda cocción, generando la impermeabilización de las piezas. La muestra 2 presenta un menor módulo de rotura en comparación con la muestra patrón, en ambos casos debería volver a realizarse el ensayo para comprobar dicho resultado y dar una conclusión certera de dicha propiedad. Con los resultados obtenidos y la información recolectada, se puede concluir que tanto la muestra patrón como la muestra 2, permiten elaborar piezas de cerámica en condiciones similares a la materia prima empleada en la industria. De todos modos, se cree necesario continuar realizando análisis a ambas muestras según lo propuesto en las discusiones del presente trabajo. Además, este estudio permite establecer una futura línea de investigación, orientada a evaluar el comportamiento de las muestras 3 y 4 extraídas de las Llanuras de Fango Interior de Berisso y Ensenada respectivamente, para una posible fabricación de agregados de arcilla expandida liviana.

9. AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por su apoyo incondicional.

A Damián, por acompañarme en cada momento.

A mis directores, Pablo Ontivero y Laura Boff, por la confianza, la paciencia, el compañerismo y por brindarme sus conocimientos a la hora de abordar este Trabajo Final de Licenciatura.

A Joaquín Salduondo, quien me ayudó a realizar e interpretar el análisis de difracción de rayos X.

A Nicolás Rendtorff y Anabella Mocciaro, quienes me ayudaron a realizar el ensayo mecánico y pusieron a su disposición los equipos del CETMIC.

A mis amigos y amigas de la FCNyM, con quienes transité y compartí esta hermosa carrera.

Al Instituto de Geomorfología y Suelos, por brindarme el espacio y los recursos necesarios para poder llevar a cabo este Trabajo Final de Licenciatura.

Al Centro de Tecnología de Recursos Minerales y Cerámica, por brindarme personal y equipos para concluir mis estudios.

A la Facultad de Ciencias Naturales y Museo, y a la Universidad Nacional de La Plata, pública, gratuita y de calidad, gracias a la cual logré llevar adelante mis estudios.

10. REFERENCIAS

- Abete, L.A. y M. Sánchez. (1970) Relación entre las constantes de Atterberg y su estimación rápida mediante el ensayo de expansión libre. Memoria de la Primera Reunión Argentina de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones. LEMIT y Sociedad Argentina de Mecánica de Suelos. La Plata. 241-250.
- Aronson, N.L., Serra, M.F., Acebedo, M.F., Suárez, G., Aglietti, E. F. y Rendtorff, N.M. (2012) Evolución térmica de una arcilla de la costa del río de la Plata y su aplicabilidad para la fabricación de materiales cerámicos. XI Jornadas Argentinas de Tratamiento de Minerales, Neuquén, Argentina, 259-264, 2012.
- ASTM-C 326-03. Standard Test Methods for Drying and Firing Shrinkages of Ceramic Whitecare Clays.
- ASTM-C 373-88. Standard Test Methods for Water Absorption, Bulk Density, Apparent porosity, and Apparent Specific Gravity of Fired Whiteware Products.
- ASTM-C 674-88. (Reapproved 1999) Standard Test Methods for Flexural Properties of Ceramic Whiteware Materials.
- ASTM-D 4318-00. Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
- Auge, M. (2005) Hidrogeología de La Plata, provincia de Buenos Aires. XVI Congreso Geológico Argentino.
- Bain, J.A., Highley, D.E., 1966. Regional appraisal of clay resources. A challenge to the clay mineralogist. Proc. Int. Clay Conf. AIPEA, Oxford, 1966, pp. 437-447.
- Bernal, I., Cabezas, H., Espitia, C., Mojica, J. y Quinteros, J. (2003) Análisis próximo de arcillas para cerámica. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Física y Naturales. 27:569-578.

- Boff, L.D., Muntz, D., Gianni, E, Hurtado, M.A., Martegani, L. y Scarponi, G. (2019) Presión antrópica sobre el medio natural de la planicie costera: Berisso – Ensenada. 7° Congreso Nacional de Geografía de Universidades Públicas y 21° Jornadas de Geografía de la UNLP.
- Cabral, M., Muntz, D., Giani, E., Hurtado, M. A., Da Silva, M. M., Boff, L. D., Palma, J. C. y Sánchez, C. (2016) Capítulo 1: Las inundaciones en la región capital: cartografía temática para el planeamiento. En: PIO (Proyecto de Investigación Orientado) - Las inundaciones en La Plata, Berisso y Ensenada. Análisis de Riesgos y Estrategias de Intervención. Hacia la construcción de un observatorio ambiental.
- Camilión, M., Hurtado, M., da Silva, M., Boff, L. y Martínez, O. (2004) Contenido y distribución de metales en suelos ácuicos de la Planicie Costera Bonaerense. 19° Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Paraná, Entre Ríos.
- Cavallotto, J. L. (1995) Evolución geomorfológica de la llanura costera ubicada en el margen sur del Río de la Plata. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata. (Inédita).
- Cavallotto, J. L. (2002) Evolución holocena de la llanura costera del margen sur del Río de la Plata. Revista de la Asociación Geológica Argentina. 57 (4):376-388.
- Cavallotto, J. L., Violante, R. A. y Parker, G. (2004) Sea-level fluctuations during the last 8600 years in the Río de la Plata (Argentina). Quaternary International 114 (1):155-165.
- Cavallotto, J. L. y Violante, R. A. (2005) Geología y geomorfología del Río de la Plata. En: de Barrio RE, Etcheverry RO, Caballé MF, Llambias E (eds) Geología y Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires. 16° Congreso Geológico Argentino, La Plata, pp 237–254.
- Cortelezzi, C. (1977) Datación de las formaciones marinas en el Cuaternario de las proximidades de La Plata-Magdalena, Provincia de Buenos Aires.

Anales del Laboratorio de Ensayo de Materiales e Investigaciones Tecnológicas (LEMIT), Serie 2:75-93, La Plata.

Dalila Rubicela, C. F. (2016) Diseño de un compuesto formado por un desecho agroindustrial y una arcilla industrial como alternativa de uso en la elaboración de piezas cerámicas. Tesis Doctoral. Universidad Tecnológica de la Mixteca, Oaxaca. (Inédita).

Daus, F. (1946) Morfología general de las llanuras argentinas. GAEA 3:115–196.

Fidalgo, F., De Francesco, F.O. y Pascual, R. (1975) Geología superficial de la llanura bonaerense (Argentina). Geología de la Provincia de Buenos Aires. 6° Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 103-138, Bahía Blanca.

Fidalgo, F., Figini, A., Gómez, G., Carbonari, J. y Huarte, R. (1981) Dataciones radiocarbónicas en las Formaciones Las Escobas y Destacamento Río Salado, provincia de Buenos Aires. 8° Congreso Geológico Argentino Actas 4:43-56, San Luis.

Fidalgo, F. y Martinez, O. (1983) Algunas características geomorfológicas dentro del partido de la Plata (Provincia de Buenos Aires). Revista de la Asociación Geológica. 27 (2):263-279.

Fucks, E.E., Schnack, E.J. y Aguirre, M.L. (2010) Nuevo ordenamiento estratigráfico de las secuencias marinas del sector continental de la bahía Samborombón, provincia de Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina 67 (1):27-39.

Fucks, E., D'amico, G., Pisano, M.F., and Nuccetelli, G. 2017. Evolución Geomorfológica de la Región del Gran La Plata y su relación con eventos catastróficos. Revista de la Asociación Geológica Argentina 74: 141–154

Gee, G.W. y Bauder, J. W. (1986) Particle-size análisis. Klute, A. (ed.), Methods of Soil Analysis. Part 1: Physical and mineralogical methods (pp 383-411). Serie Agronomy N°9. Madison: ASA.

Giménez, J.E., Cabral, M., Hurtado, M.A., Martínez, O.R., Sanchez, C.A., Da Silva, M., Forte, L., Crincoli, A.C. y Muntz, D. (2005) Elaboración y

Transferencia de Cartografía Temática e Implementación de un Sistema de Información Geográfica para el Planeamiento (Partido de Berisso). Trabajo Inédito. Comisión de Investigaciones Científicas, Provincia de Buenos Aires.

Gómez Samus, M. L., Comerio, M., Boff, L.D., Montes M.L., Ontivero, P.E., Mercader, R.C. y Bidegain, J.C. (2017) Minerales con hierro en arcillas vinculadas a la ingresión marina holocena en la Llanura costera del Estuario del Río de la Plata (Argentina): implicancias paleoambientales. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*. 24 (1):61-83.

Gómez Samus, M.L., Comerio, M., Boff, L., Montes, M.L., Mercader, R.C y Bidegain, J.C. (2019) Estado de oxidación del hierro y mineralogía de suelos gley de la llanura costera del río de la Plata. 5° Reunión Argentina de Geoquímica de la Superficie. La Plata, Buenos Aires.

Gómez Samus, M. L., Comerio, M., Montes, M.L., Boff, L.D, Löffler, J., Mercader, R. C y Bidegain, J.C. (2021) The origin of gley colors in hydromorphic vertisols: the study case of the coastal plain of the Río de la Plata estuary. *Environ Earth Sci* 80, 105.

González Bonorino, F. (1965) Mineralogía de las fracciones arcilla y limo del pampeano en el área de la Ciudad de Buenos Aires y su significado estratigráfico y sedimentológico. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 20:67-148.

Hevia, R. (2012) Materias primas: importancia de su conocimiento para la formulación cerámica. *Cerámica y Cristal* 145:48-52.

Hurtado, M. A., Gimenez, J. E. y Cabral, M. (2006 a) Análisis Ambiental del Partido de La Plata. Aportes al Ordenamiento Territorial. Consejo Federal de Inversiones. ISBN 10 987-510-062-5. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina.

Imbellone, P. y Zárate, M.A. (1983) Glébulas sesquioxídicas en un Argialbol: Gral Mansilla, Pcia. de Buenos Aires. *Ciencias del suelo* 1 (2):73-82.

- Imbellone, P.A., Guichon, B.A. y Giménez, J.E. (2009) Hydromorphic soils of the Río de la Plata Coastal Plain, Argentina. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 16:3-18.
- Imbellone, P.A. y Mormeneo, L. (2011) Vertisoles hidromórficos de la planicie costera del Río de la Plata, Argentina. *Ciencias del Suelo* 29:107-127.
- Kottek, M.; J. Greiser; C. Beck; B. Rudolf & F. Rubel. 2006. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorol. Z.* 259-263.
- Kruse, E., Braga, F., Tosi, L., Carol, E., Laurencena, P. y Deluchi, M. (2014) Respuesta hidrológica del Bañado de Maldonado en la planicie costera del Río de la Plata: eventos extremos de abril de 2013, 5:1-9.
- Manassero, M. J., Da Silva, M. M., Boff, L. D. y Hurtado, M. A. (2013) Metales pesados en suelos de la Planicie Costera del Río de la Plata, partidos de Ensenada y Berisso. *Ciencia del suelo*, 31(2):253-264.
- Mari, E. A. (1998) Los materiales cerámicos. Editorial Alsina, Buenos Aires, Argentina.
- Martegani, L. (2018) Estudios de suelos para la generación de Cartografía Temática del Área de Influencia Estuárica-marina del Gran La Plata. Trabajo Final de Licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata. (Inédito).
- Melo, M., Carol, E., Kruse, E. (2012) Cambios geomorfológicos en la Planicie Costera del Río de la Plata superior: implicancia en la relación agua superficial- agua subterránea. 5° Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología. Río Cuarto, Córdoba.
- Milheiro, F.A.C., Freire, M.N., Silva, A.G.P., Holanda, J.N.F. (2005) Densification behavior of a red firing Brazilian kaolinitic clay. *Ceramics International* 31: 757:763.

- Moore, D.M. and Reynolds, R.C. (1989) X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals, Oxford University Press, Oxford. p 187-196.
- Morales Güeto, J. (2005) Tecnología de los materiales cerámicos. Ediciones Díaz de Santos, Madrid, España.
- Parker, G. (1990) Estratigrafía del Río de la Plata. Revista de la Asociación Geológica Argentina 45 (3-4):193-204.
- Pereyra, F.X., Ragas, D.B. (2021) Los suelos de la pampa ondulada. Características, clasificación, distribución y génesis. Provincia de Buenos Aires. Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR. Anales, 60 51pp. Buenos Aires.
- Rashad, A. M. (2018) Lightweight expanded clay aggregate as a building material – An overview, Constr. Build. Mater 170 (2018): 575-775.
- Reed, J.S. (1995). Principles of ceramics processing. 2ª . Edición, Ed John Wiley and Sons. Inc., USA.
- Rendtorff Birrer, N., Garrido, L. B. y Aglietti, E. F. (2007) Choque Térmico de Materiales Refractarios: Comportamiento, Evolución y Ensayos 137:181-185.
- Rendtorff Birrer, N., Serra, M. F., Paltrinieri, A., Hernandez, M. F., Gauna, M. G., Moyas, E. y Conconi, M. S. (2016) Cerámica roja artesanal contemporánea de Casira, Jujuy, Argentina, caracterización del material. Boletín del Laboratorio de Petrología y Conservación Cerámica, 3.
- Richards, L. A. (1973) Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Manual 60. México: Limusa.
- Riggi, J.L., Fidalgo, F., Martinez, O. y Porro N. (1986) Geología de los “Sedimentos Pampeanos” en el partido de La Plata. Revista de la Asociación Geológica Argentina 41 (3-4):316-333.
- Rhodes, D. (1990) Arcilla y vidrio para el ceramista. (CEAC, Barcelona)

- Scarponi, G. (2018). Principales variables que inciden en el movimiento del agua en el suelo de la Llanura Costera del Río de La Plata. Partido de Ensenada. Trabajo Final de Licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata. (Inédito).
- Schoeneberger, P.J.; Wysocky, D.A; Benham, E.C. y Broderson, W.D. 2000. Libro de campaña para descripción y muestreo de suelos. Versión 1.1. Instituto de Suelos, Centro de Recursos Naturales, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina. Traducción en español del «Field Book for Describing and Sampling Soils», 1998. Centro Nacional de Relevamiento de Suelos, Servicio de Conservación de Recursos Naturales, Dto. de Agricultura EE.UU., Lincoln, Nebraska 9 (10) p.
- Soil Survey Division Staff. (2007). Soil Survey Manual. Handbook No. 18. Soil Conservation Service, United States Departure of Agriculture.
- Violante, R. A. y Parker, G. (2004) The post-last glacial maximum transgression in de la Plata River and adjacent inner continental shelf, Argentina. *Quaternary International* 114:167-181
- Violante, R. A., Parker, G. y Cavallotto, J.L. (2001) Evolución de las llanuras costeras del este bonaerense entre la Bahía Samborombón y la laguna Mar Chiquita. *Revista Asociación Geológica Argentina* 56 (1):1-66.
- Walkley, A. y Black, I.A. (1934) An examination of Degtjareff method of determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37:29-37
- Zuluaga Castrillón, D., Henao Arrieta, A. P., García Palácios, D. F., Rodríguez, J. E., Hoyos Machado, A. M., y Gómez Álvarez, C. (2016). Caracterización térmica, química y mineralógica de un tipo de arcilla roja propia de la región andina colombiana, empleada para la producción de ladrillos para construcción. *Revista Colombiana de Materiales* (9):53–63.