



UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y AGUA

CARRERA DE GEOCIENCIAS

**ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO Y ESTRATIGRÁFICO DEL
ESTUARIO DEL RÍO BUNCHE, PROVINCIA DE ESMERALDAS –
ECUADOR**

Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de:
INGENIERA EN GEOCIENCIAS

AUTOR:

ANDREA MARÍA ALVARADO MENDOZA

Tutor:

PhD. CORINA CAMPOS

Napo - Ecuador
2022

DECLARACIÓN DE DERECHO DE AUTOR, AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, ANDREA MARÍA ALVARADO MENDOZA con documento de identidad N° 0924785561, declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento en este documento final, previo a la obtención del título de Ingeniería en Geociencias son absolutamente inéditos, originales, auténticos y personales.

En virtud de lo cual, el contenido, criterios, opiniones, resultados, análisis, interpretaciones, conclusiones, recomendaciones y todos los demás aspectos vertidos en la presente investigación son de mi autoría y de mi absoluta responsabilidad.

Tena, 28 de noviembre de 2022



Andrea Alvarado Mendoza

C.I.: 0924785561

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, ANDREA MARÍA ALVARADO MENDOZA, con documento de identidad N°0924785561, en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación: Análisis sedimentológico y estratigráfico del estuario del río Bunche, provincia de Esmeraldas – Ecuador de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ÓRGANICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, reconozco a favor de la Universidad Regional Amazónica Ikiam una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Así mismo autorizo a la Universidad Regional Amazónica Ikiam para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Tena, 28 de noviembre de 2022



Andrea Alvarado Mendoza

C.I.: 0924785561

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Certifico que el Trabajo de Integración Curricular Titulado: Análisis sedimentológico y estratigráfico del estuario del río Bunche, Provincia de Esmeraldas – Ecuador, en la modalidad: artículo científico fue realizado por: Andrea María Alvarado Mendoza, bajo mi dirección.

El mismo ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad Regional Amazónica Ikiam, para su entrega y defensa.

Tena, 28 de noviembre de 2022



Corina Campos Serrano
C.I.: 1759458670

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi hermano Luis Andrés Alvarado Mendoza, por ser pilar fundamental en mi vida, por ser mi compañero, mi apoyo, por tanto, amor, cariño, generosidad, lealtad, por su humildad, por ser luz, por ser mi ángel y por todos los momentos que pude disfrutar a su lado.

No estás muerto porque vivirás eternamente en mi corazón, te extrañare siempre y volverás a mi como un cálido sonido, volverás a mi como lo más lindo de la infancia, mi gran compañero de travesuras, de risas. Te amare por siempre y sé que donde estés te sentirás muy orgulloso de mi, por eso este trabajo es dedicado a ti.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Regional Amazónica Ikiam, donde con gran esfuerzo y dedicación pude formarme académicamente.

A todos los docentes que sembraron en mí, conocimiento, amor por la ciencia y curiosidad, a siempre querer saber más.

A mi tutora de tesis, Corina Campos, que, con su paciencia, buena voluntad y mucha dedicación me ayudo a poder lograr este objetivo.

A mis padres, por apoyarme en todo momento, por creer en mí y por no abandonar mis sueños. Mis mayores y mejores mentores, pilar fundamental en mi vida.

A mis hermanos, quienes me motivan a ser mejor todos los días, que con sus risas y su amor llenan mi vida de alegría y paz.

A Slendy, que con su presencia durante este viaje ha hecho que todo sea más fácil y divertido. Gratitud eterna.

A mis compañeros y amigos que conocí en esta maravillosa institución, Arturo, Estefania, Nicole, Carolyn, Gaby, Rossemary, Dayana, Jairo, Anderson, Joss, Sayaro, Jordy, Daniel, Angie, Samantha, Bruce, Harvey, Kevin, Michelle, ya que con su compañerismo, amistad y apoyo han aportado a que logre esta meta, sola no hubiera podido con tanto, gracias a todos.

A mi tía Fátima, y a mis primos Daniel y Marco, gracias por apoyarme y ser tan buenos conmigo.

A mis amigos Rolando, Kaina, Nicole, Jannela, Dara, Genesis, María Belen, que a pesar de la distancia siempre estuvieron pendientes de mí.

A mis amigos que, gracias a que vine a vivir a Tena pude conocer, Selena, Dayana, Mayckell, Pamela, Camila, Daniel, Marycarmen, por su gran cariño y amistad.

Tabla de contenido

DECLARACIÓN DE DERECHO DE AUTOR, AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD.....	i
AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL.....	ii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. METODOLOGÍA	5
3. RESULTADOS.....	7
4. DISCUSIÓN	20
5. CONCLUSION.....	25
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1: Ubicación regional y local de la zona de estudio.....	3
Figura No. 2: Fotografías de los núcleos A, B y C.....	5
Figura No. 3: Columna estratigráfica del núcleo A.....	7
Figura No. 4: Imagen general de la composición de las arenas del núcleo A.....	8
Figura No. 5: Columna estratigráfica del núcleo B.....	9
Figura No. 6: Imagen general de la composición de las arenas del núcleo B.....	10
Figura No. 7: Columna estratigráfica del núcleo C.....	11
Figura No. 8: Imagen general de la composición de las arenas del núcleo C.....	12
Figura No. 9: Imagen real del núcleo A, su columna estratigráfica simplificada y parámetros estadísticos de la distribución granulométrica a lo largo del perfil del núcleo.....	13
Figura No. 10: Se presenta la imagen real del núcleo B, su columna estratigráfica simplificada y los parámetros estadísticos de la distribución granulométrica a lo largo del perfil del núcleo.....	14
Figura No. 11: Se presenta la imagen real del núcleo C, su columna estratigráfica simplificada y los parámetros estadísticos de la distribución granulométrica a lo largo del perfil del núcleo.....	15
Figura No. 12: Representación de las muestras de los tres núcleos en el Diagrama CM que indica el modo de transporte entre C y M.....	16

Figura No. 13: Discriminación de ambientes basados en el gráfico de funciones de discriminante lineal	21
Figura No. 14: Diagrama del proceso de energía para las muestras de sedimentos de los tres núcleos	22

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 – A: Funciones de discriminación lineal (LDF) y su entorno de deposición para las muestras del estudio, según Sahu (1964) para el núcleo A.

Anexo 1 – B: Funciones de discriminación lineal (LDF) y su entorno de deposición para las muestras del estudio, según Sahu (1964) para el núcleo B.

Anexo 1 – C: Funciones de discriminación lineal (LDF) y su entorno de deposición para las muestras del estudio, según Sahu (1964) para el núcleo C

Anexo 2: Las fórmulas de los parámetros estadísticos utilizadas en esta investigación, mediante el programa Gradistat de Blott and Pye (2001).

ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO Y ESTRATIGRÁFICO DEL RÍO BUNCHE, PROVINCIA DE ESMERALDAS – ECUADOR.

RESUMEN

Se realizó un análisis sedimentológico y estratigráfico de tres núcleos, con una longitud máxima de 60 cm, correspondientes a la zona del estuario del río Bunche. Donde se determinó los tipos de sedimentos predominantes en el área de estudio, las cuales fueron de arenas finas a muy finas; también se obtuvo la distribución de los parámetros granulométricos, lo que determinó que las arenas tienen escogimiento bueno a moderadamente bueno; el entorno deposicional para las muestras se da en aguas marinas agitadas poco profundas y además se delineó el modo de transporte de los sedimentos el cual fue en su totalidad por suspensión ya sea gradada o uniforme.

Palabras clave: Análisis granulométricos, modo de transporte de sedimentos, diagrama CM, entorno deposicional, sedimentología.

ABSTRACT

A sedimentological and stratigraphic analysis of three cores, with a maximum length of 60 cm, corresponding to the Bunche river estuary area was carried out. The predominant sediment types in the study area were determined, which ranged from fine to very fine sands; the distribution of granulometric parameters was also obtained, which determined that the sands have good to moderately good selection; the depositional environment for the samples is in shallow agitated marine waters and the mode of sediment transport was also delineated, which was entirely by suspension, either graded or uniform.

Key words: Grain size analysis, sediment transport mode, CM diagram, depositional environment, sedimentology.

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de los sedimentos en diferentes entornos proporciona información sobre su origen, el mecanismo de transporte, el ambiente de depositación y contribuye a estimar la distancia recorrida durante el transporte (González y Millán, 2016). Esta información se obtiene a partir de análisis composicionales, texturales, visuales y geoquímicos (Gómez et al., 2001). En base a parámetros estadísticos tales como: media, desviación estándar, asimetría y curtosis, utilizados generalmente para análisis sedimentológicos propuestos por (Folk and Ward, 1957), se puede representar, interpretar y comparar la distribución granulométrica de sedimentos de forma cualitativa y cuantitativa (González y Millán, 2016).

Diversos autores han realizado varios estudios sedimentológicos de alta resolución basados en análisis granulométricos y texturales, donde expresan que estos análisis se convierten en una buena herramienta para conocer y dar información fundamental sobre la dinámica de los sedimentos. Según (Plater, 1993), el análisis granulométrico es un buen indicador para describir la historia del transporte de sedimentos y la procedencia del suministro de sedimentos a través de las circunstancias de depósito de los mismos. Algunos estudios también han utilizado con éxito la relación entre la variación de los parámetros granulométricos en la interpretación de los ambientes sedimentarios (Blott y Pye, 2001; Folk y Ward, 1957; Friedman, 1961; Nugroho et al., 2017, 2018; Sahu, 1964).

En el país se han realizado escasos estudios para poder establecer las características texturales de los sedimentos y los escasos realizados se focalizan en las provincias de Manabí y Guayas. Un ejemplo de esto es el trabajo realizado por (Santana and Soledispa, 1998) con el fin de determinar la procedencia de las arena del río Chone (continental o marino). Por otro lado, existe un estudio realizado por (Chunga and Toulkeridis, 2014) en el golfo de Guayaquil, donde se identificó un depósito paleo-tsunami, gracias a que lograron identificar un horizonte anómalo a las otras capas sedimentarias, en ambos estudios se realizaron análisis texturales y composicionales de sedimentos, obteniendo buenos resultados.

En la presente investigación se realizó un análisis sedimentológico y estratigráfico de tres núcleos, recolectados en el estuario del Río Bunche, el cual está situado al noroeste

de Río Muisne, y al noroeste de Ensenada de San Francisco, en la provincia de Esmeraldas, Ecuador (fig. 1). En el presente estudio se logró determinar la distribución granulométrica y composición mineralógica de los sedimentos en tres distintos subambientes del estuario, con el fin de revelar el entorno deposicional, así como, interpretar las condiciones energéticas e hidrodinámicas dentro del mismo, además de delinear el modo de transporte de los sedimentos del área de estudio, contribuyendo con el entendimiento de: la dinámica costera, de cómo son los procesos de erosión en la costa, como son los procesos de transporte de sedimentos en estos ambientes, como base para futuros estudios sobre contaminación en sedimentos.

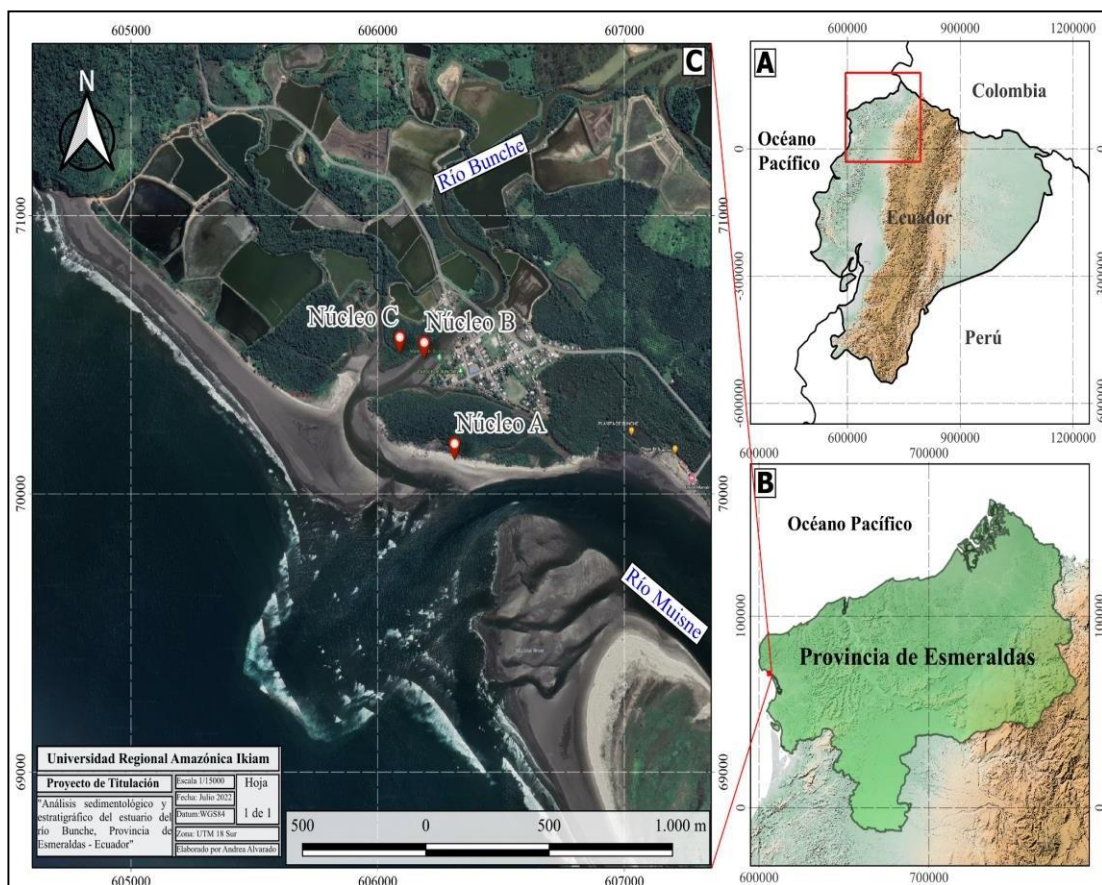


Figura No. 1: Ubicación regional y local de la zona de estudio.

Autor: Alvarado, A. 2022.

A) El área está localizada al Noroeste de Esmeraldas. B) Mapa geológico a nivel de provincia. C) Ubicación de los tres núcleos en los distintos subambientes analizados sobre la imagen satelital tomada de Google Earth (2022).

2. METODOLOGÍA

Con el objetivo de caracterizar los distintos subambiente del estuario del río Bunche se seleccionaron tres áreas de muestreo en las cuales se recolectaron tres núcleos sedimentarios. Esto nos permite tener una visión general de los distintos subambientes y del estuario en general. En el núcleo A se recolecto de la barra litoral de costa firme, el núcleo B del canal principal del estuario y por último el núcleo C fue recolectado en una barra lateral del estuario (fig. 1).

Para poder determinar los puntos de muestreo se aplicaron criterios de selección, los cuales son los siguientes: que los sedimentos tengan meteorización de muy baja a nula, con arreglos sedimentarios no alterados antropogénicamente, se muestreo en puntos que garantizasen que el sedimento tuviese una buena continuidad areal y que representen la sedimentación predominante de la zona de estudio.

La recolección de los núcleos se dio del 2 de febrero al 6 de febrero del 2021. Para la toma de los núcleos se realizó el siguiente procedimiento: se excavaron calicatas de 50 x 50 cm, ancho x largo, y al menos 70 cm de profundidad. Los núcleos fueron tomados dentro de la calicata con tubos de PVC de manera vertical. El lado abierto del tubo fue colocado contra los sedimentos y el eje longitudinal del mismo de manera perpendicular a la estratificación.

Las muestras de sedimentos (no orgánicos) fueron analizadas en el laboratorio, con el fin de realizar una caracterización textural y mineralógica. Esta caracterización se realizó mediante el uso de tamices, estereoscopios, un microscopio digital, así como tablas comparativas de redondez, esfericidad y escogimiento. Se tomaron fotografías de los núcleos antes de comenzar los ensayos destructivos, con el fin de registrar el arreglo sedimentario original de los sedimentos (fig. 2).

En base a estos datos se realizaron las columnas estratigráficas de cada uno de los núcleos, utilizando la metodología para la construcción de columnas estratigráficas y definición de facies propuesta por (Nichols, 2009), así como la presentada por (Boggs, 2006). Para la construcción de las columnas se tomaron en cuenta los espesores de las unidades identificadas, las descripciones de los litotipos, la presencia de estructuras sedimentarias, la presencia de restos de plantas, carbones, fragmentos fósiles, así

como, la identificación del color de las unidades de acuerdo al sistema de colores de Munsell para suelos y rocas según (Cleland, 1921).

En las distintas unidades sedimentarias definidas se tomaron aproximadamente 40 gr por cada muestra y se las colocó en una estufa, a 60° C por 8 horas. Una vez seco el sedimento, para su posterior análisis granulométrico y estadístico, se lo pasó por una combinación de tamices con los siguientes diámetros: 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0.063 mm y se los pesó por cada tamaño de diámetro.

A continuación, estas muestras fueron analizadas con un microscopio estereoscopio OLYMPUS SZX7 con cámara digital integrada. Estas fueron analizadas desde un punto de vista textural y composicional, para identificar sus principales componentes. Además se caracterizó la redondez y esfericidad de los granos para cada muestra utilizando las escalas de comparación propuestas por (Pettijohn, 1957).

Por último, con los resultados obtenidos para cada muestra, se calcularon cuatro parámetros estadísticos de tamaño de grano: la media, la desviación estándar, la asimetría y la curtosis, como proponen (Folk and Ward, 1957) utilizando el software del programa estadístico "GRADISTAT" (Blott and Pye, 2001). Para diferenciar las condiciones de deposición de los sedimentos, se calcularon las funciones de discriminantes lineales como lo sugiere (Sahu, 1964), así como, se trazó el diagrama del proceso de energía para las muestras de sedimentos del estudio según (Stewart, 1958). Por otro lado para identificar el mecanismo de transporte se aplicó el diagrama CM propuesto por (Passega, 1957).

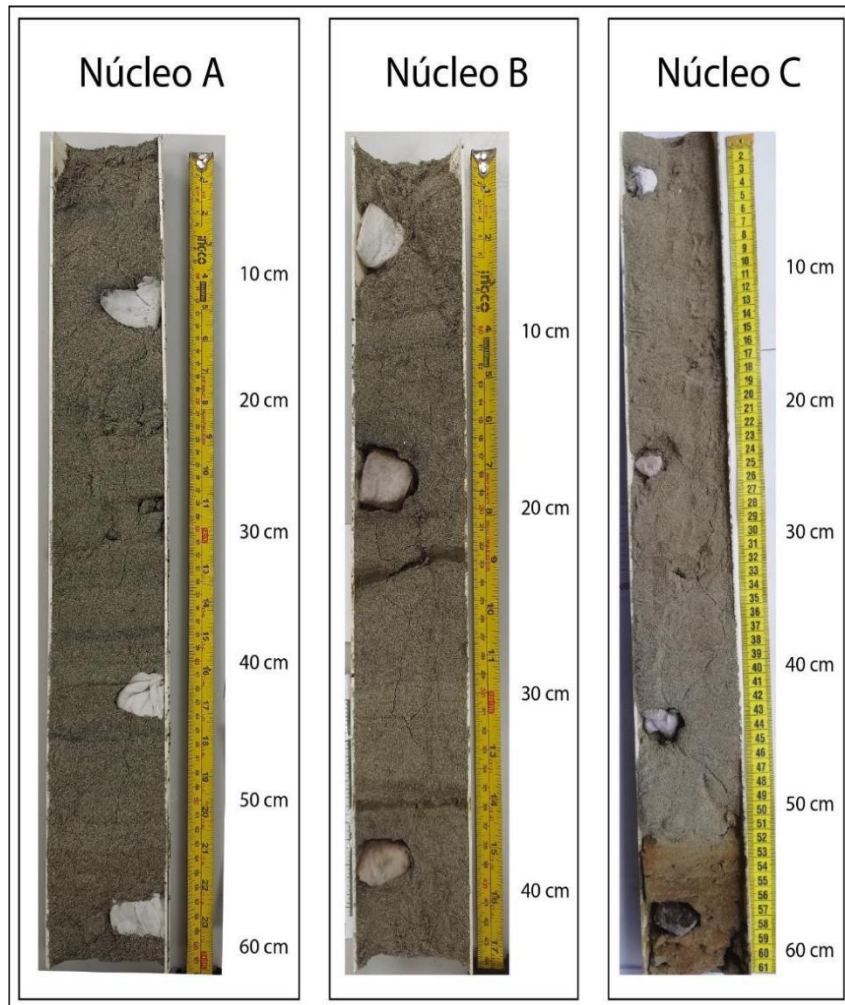


Figura No. 2: Fotografías de los núcleos A, B y C.
Autor: Alvarado, A. 2022.

El núcleo A presenta 60 cm de longitud, el núcleo B 45 cm de longitud y núcleo C 60 cm de longitud. Realizado por: Alvarado, 2022.

3. RESULTADOS

Descripción textural y composicional

Con el fin de caracterizar texturalmente y composicionalmente los depósitos recopilados en las tres distintas secciones del estuario, se presenta su descripción en función del tamaño de grano, redondez, esfericidad y composición para cada uno de los núcleos. En los tres núcleos estudiados se lograron identificar diferentes unidades sedimentarias, todas ellas caracterizadas por ser predominantemente arenosas, y presentar diversas

estructuras sedimentarias. A continuación, describiremos las características texturales y composicionales de cada una de las unidades identificadas por núcleo.

El Núcleo A fue recolectado en la zona de la barra litoral de costa, está constituido predominantemente por arenas finas a excepción de la unidad ubicada más hacia el tope, constituido por arenas muy finas. En este núcleo se identificaron 6 unidades (fig. 3). Hacia la base se identificó la unidad 1 compuesta en su totalidad por arenas de grano fino, bien escogidas, con granos que varían de subangulares a angulares y de alta a moderada esfericidad. Composicionalmente está constituida principalmente por: cuarzo, feldespatos, minerales pesados y fragmentos de roca (fig. 4). Presenta laminación horizontal en toda la unidad. Esta unidad se encuentra en contacto transicional con la unidad 2 suprayacente. Las unidades 2, 3, 4 y 5 tienen características texturales, composicionales y estructuras sedimentarias similares a la unidad 1, sin embargo, la unidad 5 se diferencia por que no posee laminación horizontal si no una estructura masiva. La unidad 5 tiene contacto transicional con la unidad 6. La unidad 6 está constituida por arena fina hacia la base, que pasa progresivamente a arena muy fina hacia el tope, está bien escogida y presenta características texturales y composicionales idénticas a la unidad subyacente, es masiva y posee un espesor de 6 cm.

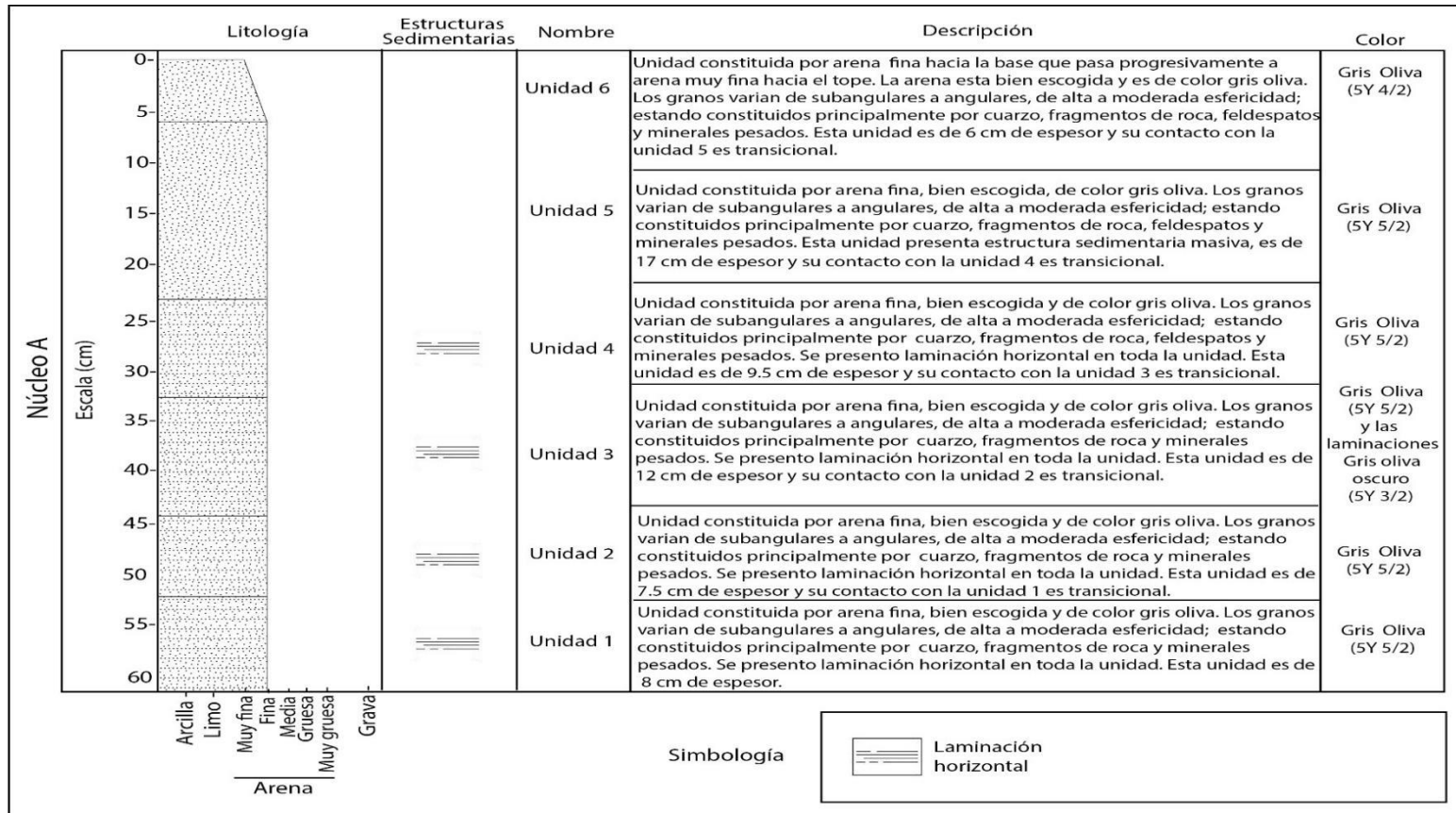


Figura No. 3: Columna estratigráfica del núcleo A.
Autor: Alvarado, A. 2022.

La secuencia presenta 60 cm de espesor. Se identificaron 6 unidades litológicas en base a características composicionales específicas, estructuras sedimentarias y color.

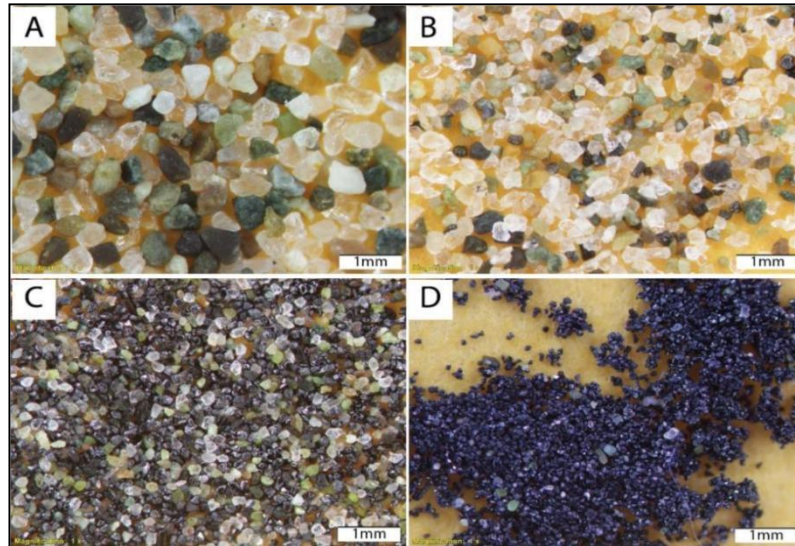


Figura No. 4: Imagen general de la composición del núcleo A.
Autor: Alvarado, A. 2022.

a) fracción de 500 a 250 μm , donde predominan los fragmentos de roca y el cuarzo. b) fracción de 250 a 125 μm predomina el cuarzo. c) fracción de 125 a 63 μm , predominan los minerales ferromagnesianos. d) fracción <63 μm , predominio de minerales pesados y ferromagnesianos y se pudo identificar magnetita.

El Núcleo B fue recolectado en la zona del canal principal del estuario. En este núcleo se identificaron 8 unidades (fig. 5). Hacia la base se identificó la unidad 1 compuesta en su totalidad por arenas de grano muy fino, bien escogidas, con granos que varían de subredondeados a subangulares y de alta esfericidad. Composicionalmente está constituida principalmente por: cuarzo, minerales pesados, feldespatos y fragmentos de roca (fig. 6). Esta unidad es masiva y se encuentra en contacto neto con la unidad 2 suprayacente. La unidad 2 es una arcilla limosa con material particulado orgánico, es masiva y posee un espesor de 0.5 cm y se encuentra en contacto neto con la unidad 3 suprayacente. Las unidades 3, 4 y 7 están constituidas por arenas muy finas, con características texturales y composicionales idénticas a la unidad 1 pero presentan laminación horizontal, identificándose un clasto de arcilla de 1.5 cm de diámetro hacia la base de la unidad 3. La unidad 4 se encuentra en contacto neto con la unidad 5 suprayacente, la cual es una arcilla limosa con material particulado orgánico, es masiva y tiene geometría lenticular, presentando un espesor que varía de 1 cm a 0.5 cm, se encuentra en contacto neto con la unidad 6 suprayacente. Las unidades 6 y 8 poseen características texturales, composicionales y estructura sedimentaria idénticas a la unidad 1, con la diferencia en que la unidad 8 está constituida por arena muy fina hacia la base, que pasa progresivamente a arena fina hacia el tope.

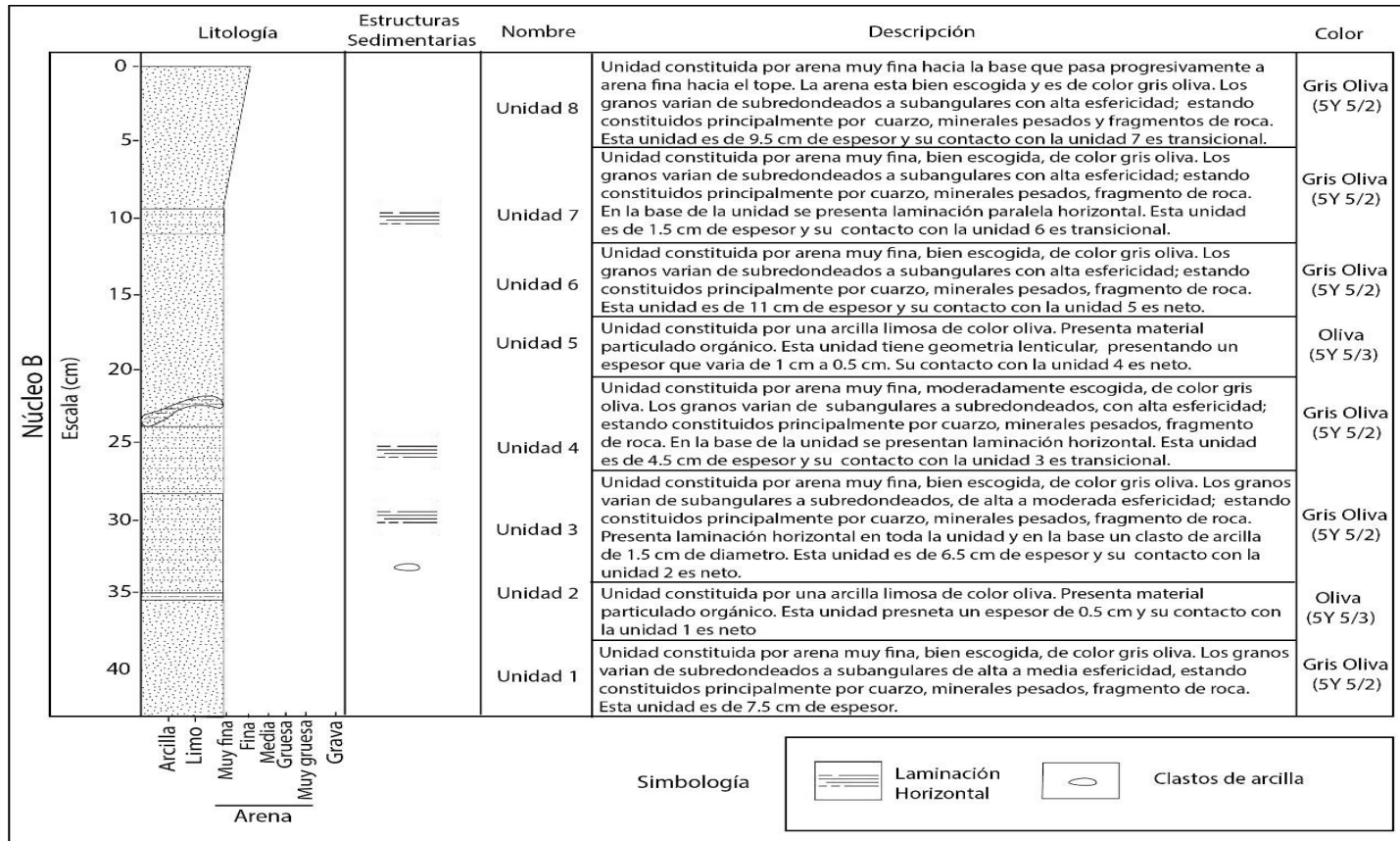


Figura No. 5: Columna estratigráfica del núcleo B.

Autor: Alvarado, A. 2022.

La secuencia presenta 45 cm de espesor. Se identificaron 8 unidades litológicas en base a características composicionales específicas, estructuras sedimentarias y color.

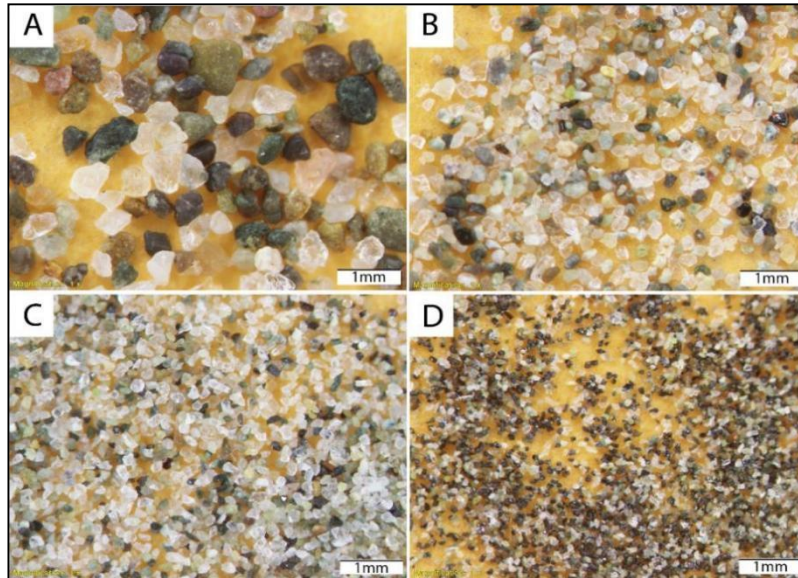


Figura No. 6: Imagen general de la composición del núcleo B.

Autor: Alvarado, A. 2022.

a) fracción de 500 a 250 μm , donde predominan los fragmentos de roca y el cuarzo. b) fracción de 250 a 125 μm predomina el cuarzo. c) fracción de 125 a 63 μm , predominan los minerales ferromagnesianos. d) fracción <63 μm , predominio de minerales pesados y ferromagnesianos y se pudo identificar magnetita.

El Núcleo C fue recolectado de la barra lateral del estuario. Este núcleo está constituido predominantemente por arenas, que varían de muy finas a finas. En este núcleo se identificaron 4 unidades (fig. 7). Hacia la base se identificó la unidad 1 compuesta por arenas de grano muy fino, moderadamente escogidas, con granos que varían de angulares a subangulares y de esfericidad alta a moderada. Composicionalmente está constituida predominantemente por: cuarzo, minerales pesados, feldespatos y fragmentos de roca (fig. 8). Esta unidad es masiva, identificándose un clasto de lodo de 2,5 cm de diámetro hacia la parte media de la unidad y se encuentra en contacto neto con la unidad 2 suprayacente. Las unidades 2 y 4 se caracterizan por presentar gradación inversa, pasando de arena muy fina hacia la base, que progresivamente cambia a arena fina hacia el tope, presenta características texturales y composicionales similares a la unidad 1. La unidad 2 presenta laminación inclinada de bajo ángulo hacia el tope de la unidad, mientras que la unidad 4 presenta laminación inclinada de bajo ángulo hacia la base. La unidad 3 está constituida por arena fina hacia la base que pasa progresivamente a muy fina en el tope, bien escogida, posee características texturales y composicionales similares a las unidades anteriores, pero se distingue en que los granos tienden a tener de moderada a baja esfericidad y es masiva.

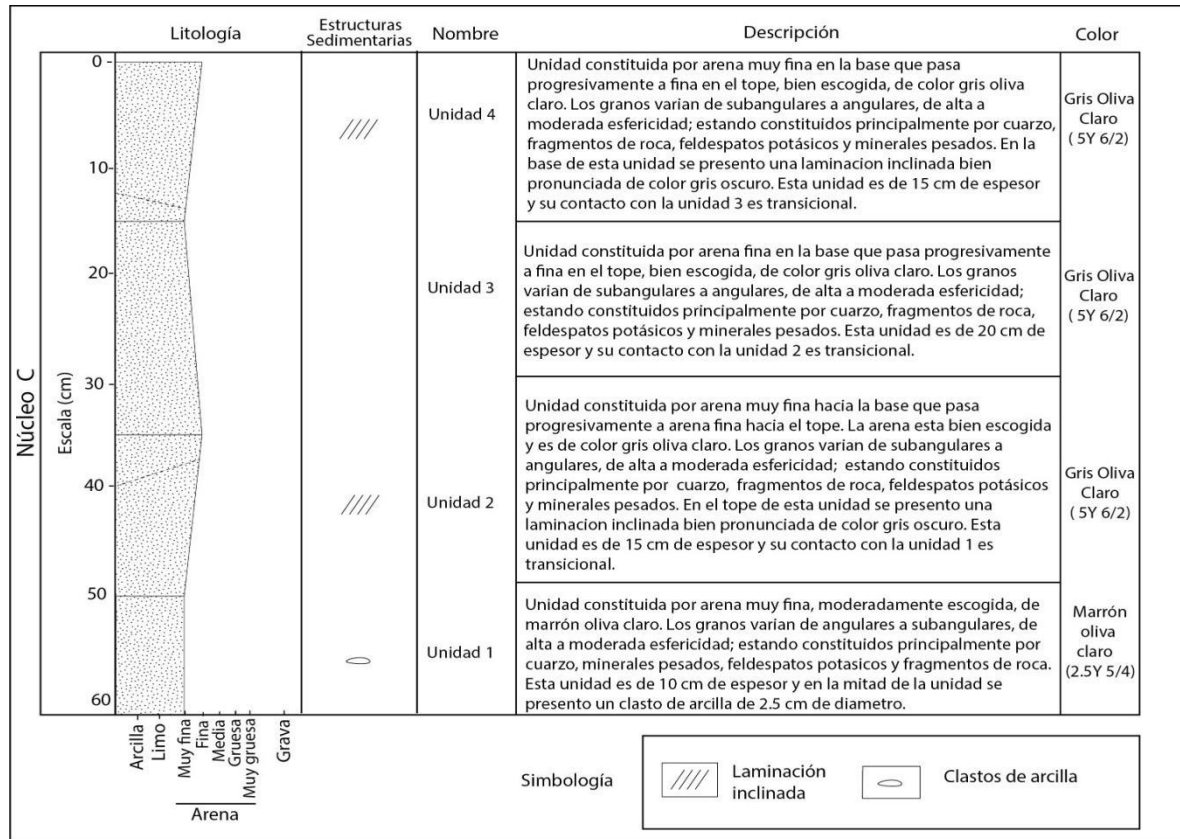


Figura No. 7: Columna estratigráfica del núcleo C.

Autor: Alvarado, A. 2022.

La secuencia presenta 60 cm de espesor. Se identificaron 4 unidades litológicas en base a características composicionales específicas, estructuras sedimentarias y color.

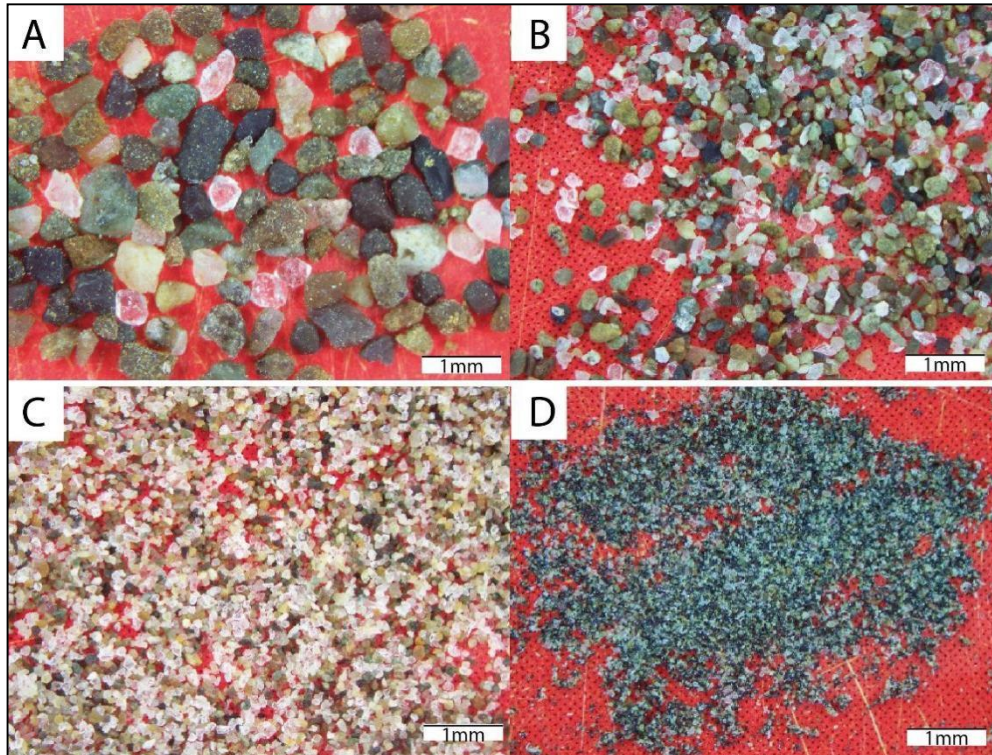


Figura No. 8: Imagen general de la composición de las arenas del núcleo C.

Autor: Alvarado, A. 2022

Se identificaron principalmente cuarzos, feldespatos, fragmentos de roca y minerales ferromagnesianos. a) de 500 a 250 μm , donde predominan los fragmentos de roca. b) de 250 a 125 μm predomina el cuarzo y fragmentos de roca. c) de 125 a 63 μm , predominan los cuarzos. d) <63 μm , predominio de minerales ferromagnesianos y se pudo identificar magnetita.

Parámetros estadísticos

Con el fin de entender los procesos de transporte y depositación de los sedimentos en los distintos subambientes del estuario, se aplicaron diferentes parámetros que representan estadísticamente las características granulométricas de un depósito, expresados en las unidades phi (logaritmo negativo del tamaño de grano, en milímetros, dividido entre el logaritmo de 2), determinados por (Folk and Ward, 1957) y utilizado con éxito en varios estudios (Elsherif et al., 2020; Friedman, 1961; Martin, 2003; Mi et al., 2022; Nugroho et al., 2018; Nugroho and Putra, 2018). Los parámetros estadísticos más comúnmente utilizados en análisis sedimentológicos son la: media, desviación estándar gráfica inclusiva, asimetría gráfica inclusiva y la agudeza o curtosis. Estos cuatro parámetros estadísticos se calcularon utilizando el software del programa estadístico "GRADISTAT" (Blott and Pye, 2001). Los datos que el programa utiliza para calcular los parámetros son los pesos que se retienen en cada tamiz, es decir, el peso

correspondiente a cada tamaño de grano del total de una muestra. Para consultar las fórmulas que utiliza el programa véase anexo 2.

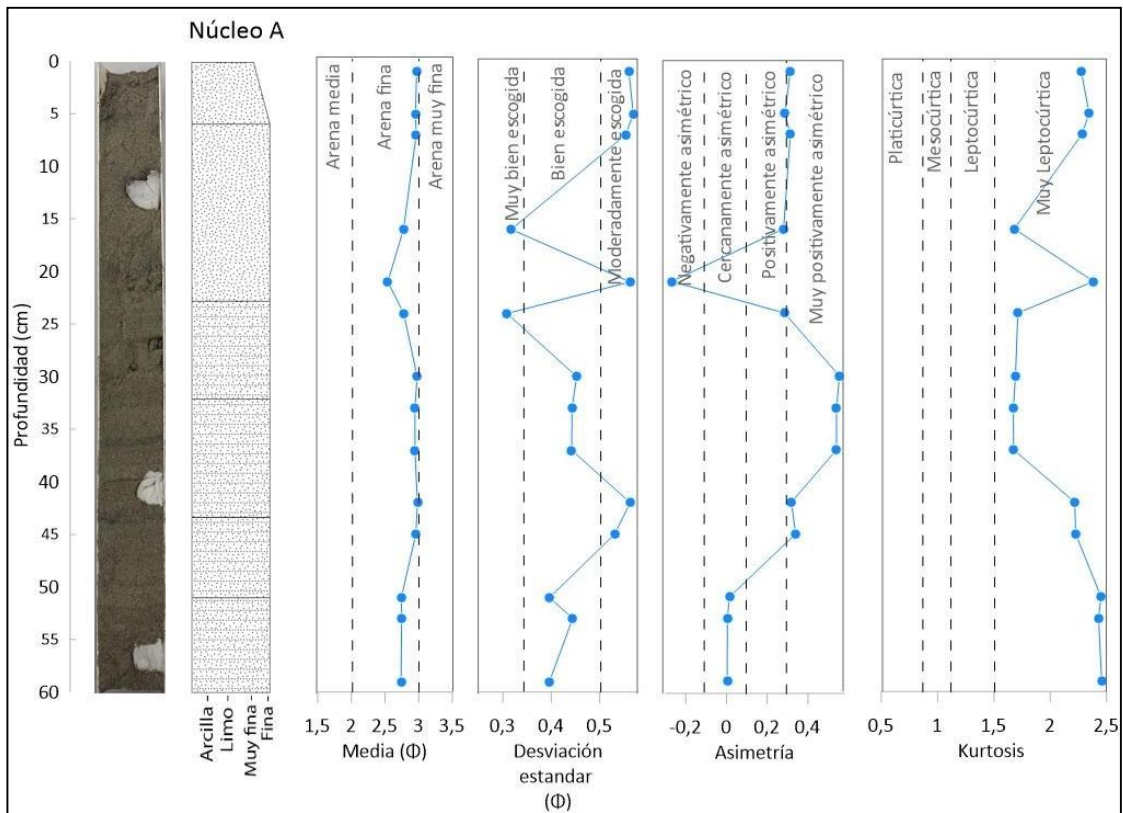


Figura No. 9: Imagen real del núcleo A, su columna estratigráfica simplificada y parámetros estadísticos de la distribución granulométrica a lo largo del perfil del núcleo.

Autor: Alvarado, A. 2022

Los análisis estadísticos realizados del núcleo A, muestran que el tamaño medio de los sedimentos del núcleo corresponde predominantemente a arenas finas (92.86%), a excepción del tope de la última unidad que pertenece a tamaño de arena muy fina (7.14%). La desviación estándar, es muy variada, oscilando entre muy bien escogida (0.31 Φ) a moderadamente escogida (0.57 Φ). Los valores de asimetría, a lo largo del núcleo son muy variados ya que tienen datos que oscilan entre negativamente asimétrico (-0.27) a muy positivamente asimétricos (0.5), un 50% de sus muestras se concentra en muy positivamente asimétrico. Los valores de curtosis para el núcleo A, revelan una curtosis predominantemente muy leptocúrtica, sus valores oscilan entre 1.67 - 2.46.

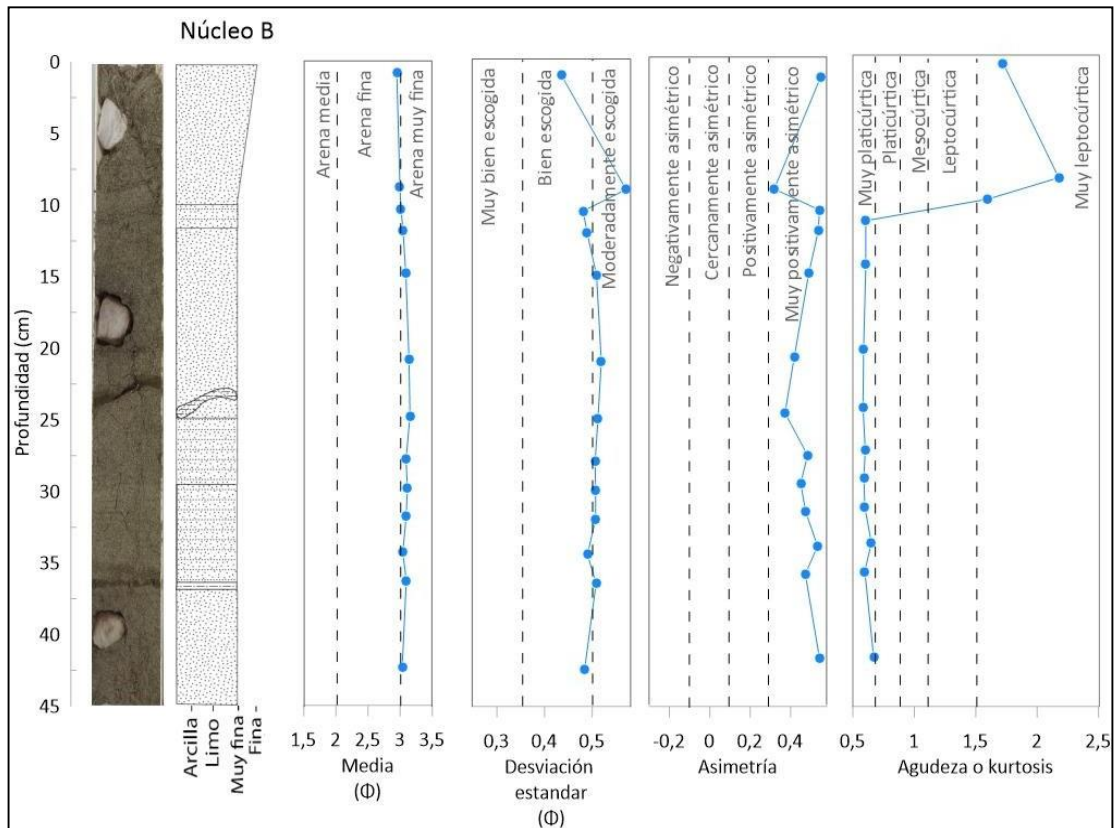


Figura No. 10: Se presenta la imagen real del núcleo B, su columna estratigráfica simplificada y los parámetros estadísticos de la distribución granulométrica a lo largo del perfil del núcleo.

Autor: Alvarado, A. 2022

Los análisis estadísticos realizados del núcleo B, muestran que el tamaño medio de los sedimentos del núcleo corresponde predominantemente a arenas muy finas (92.3%), a excepción del tope de la última unidad que pertenece a tamaño de grano arena fina (7.7%). La desviación estándar, oscila entre bien escogida (0.48 Φ) a moderadamente escogida (0.57 Φ), pero predominantemente entran en el rango de moderadamente escogida. Los valores de asimetría revelan que el núcleo está dominado por valores que son considerados muy positivamente asimétricos. Los valores de curtosis revelan una curtosis predominantemente platicúrtica, exceptuando sus últimas 3 muestras de la última unidad, que poseen valores de naturaleza muy leptocúrtica.

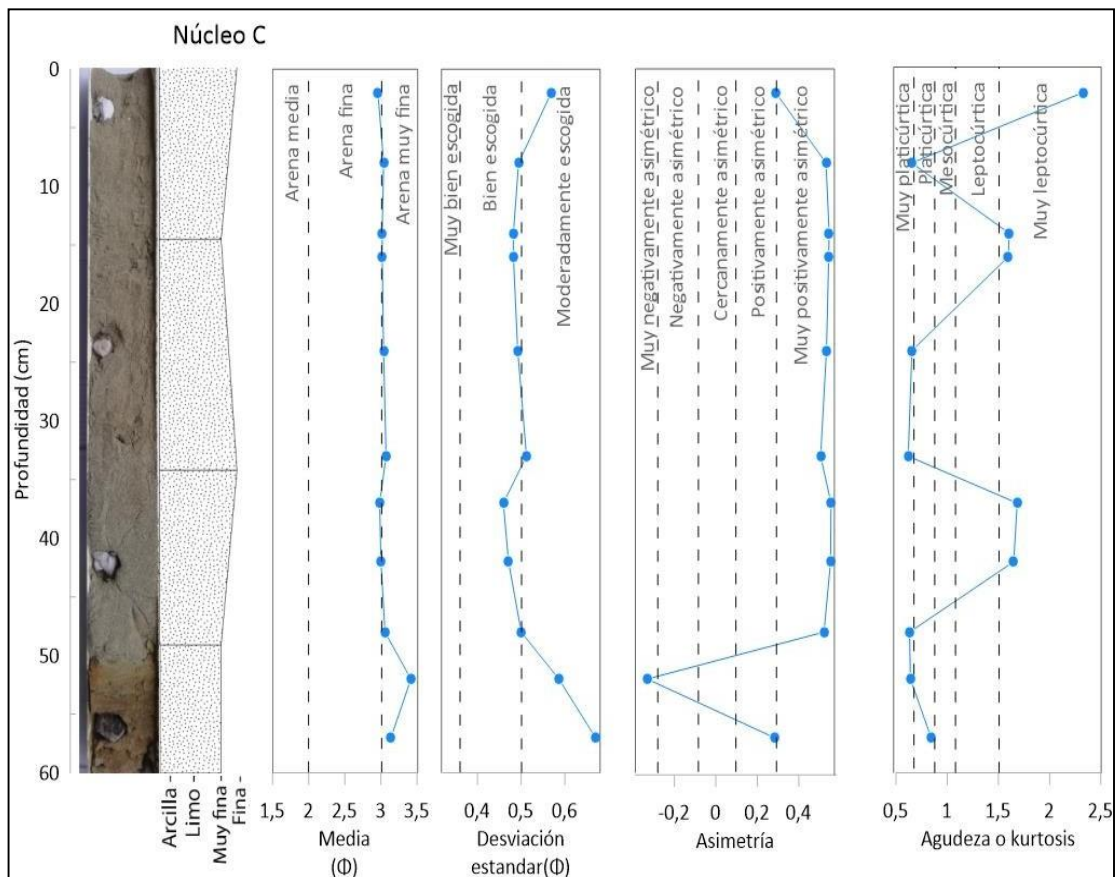


Figura No. 11: Se presenta la imagen real del núcleo C, su columna estratigráfica simplificada y los parámetros estadísticos de la distribución granulométrica a lo largo del perfil del núcleo.

Autor: Alvarado, A. 2022.

Los análisis estadísticos realizados del núcleo B, muestran que el tamaño medio de los sedimentos del núcleo corresponde predominantemente a arenas muy finas (81.82%), a excepción del tope de dos unidades que pertenece a tamaño de arena fina (18.18%). La desviación estándar, muestra que los sedimentos están predominantemente bien escogidos (0.46 Φ) a diferencia de unas pocas muestras que reflejan valores de moderadamente escogidos (0.67 Φ). Los valores de asimetría, a lo largo del núcleo son muy variados ya que posee datos que oscilan entre negativamente asimétrico (-0.33) a muy positivamente asimétricos (0.56), aunque un 72.73% de los valores están en el rango de muy positivamente asimétrico. Los valores de curtosis para el núcleo C revelan que hay una gran variación en sus datos, estos van desde muy platicúrtica (0.62) a muy leptocúrtica (2.33).

Condiciones de transporte y deposición

Para interpretar los mecanismos de transportes de los sedimentos en distintos subambientes sedimentarios, se utilizó el diagrama de (Passeg, 1957) denominado CM. El cual se basa en representar el porcentaje del percentil uno (1%) de la curva acumulativa, denominado "C", el cual representa el tamaño de grano máximo de la muestra, versus la mediana, la cual expresa el tamaño de grano medio del sedimento transportado, denominado "M".

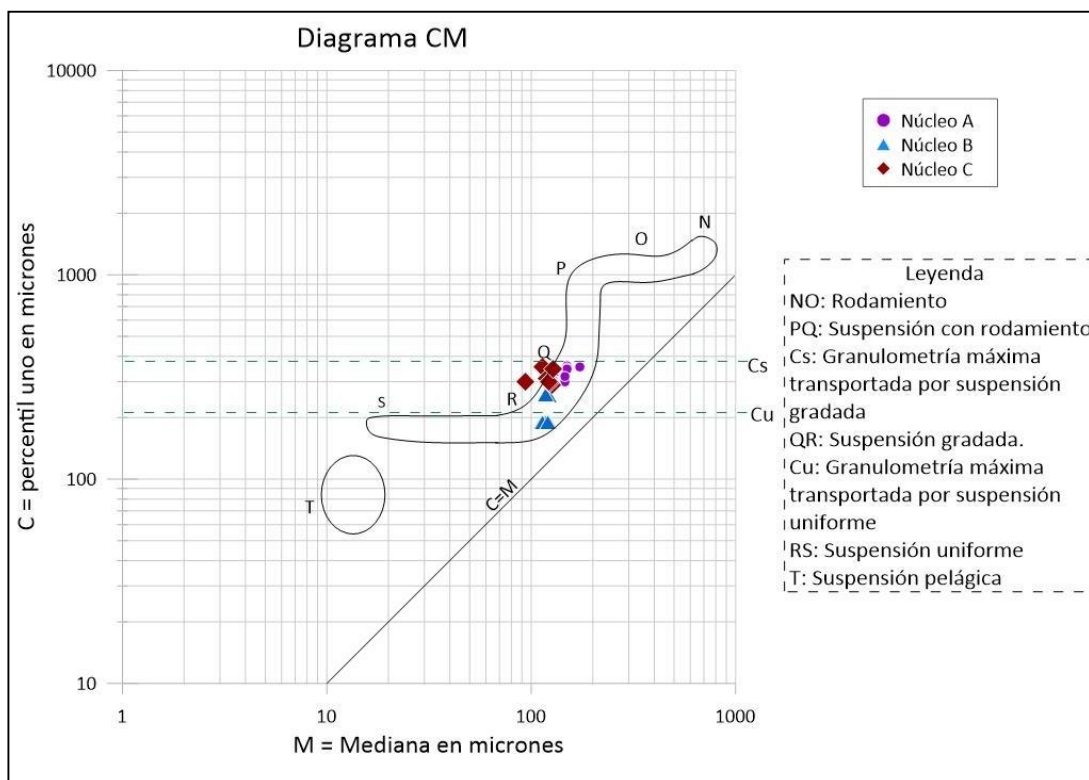


Figura No. 12. Representación de las muestras de los tres núcleos en el Diagrama CM.

Autor: Alvarado, A. 2022.

Se indica el modo de transporte entre C (un percentil en micrones) y M (tamaño mediano en micrones) basado en el diagrama original de (Passeg, 1957).

Al graficar los datos obtenidos de la mediana versus el percentil 1 para los 3 núcleos analizados (fig. 12), se aprecia poca dispersión, estando concentrados en gran mayoría en valores de 200 a 400 μm , aunque algunas muestras pertenecientes al núcleo B presentan valores de "C" por debajo del promedio, con valores de 186 μm . De la misma manera los valores de "M" muestran poca dispersión, sus datos oscilan entre 93 a 171

µm. La gran mayoría de datos entran en el segmento de suspensión gradada a excepción de algunos datos del núcleo B que entran en el segmento de suspensión uniforme.

Para determinar las variaciones energéticas en los diferentes subambientes depositacionales se aplicó la función discriminante lineal "Linear discriminate function" o por sus siglas en inglés "LDF" el cual es un análisis estadístico que se utiliza para interpretar las variaciones de energía en distintos ambientes depositacionales. (Sahu, 1964) estableció 4 ecuaciones para cuatro funciones discriminantes, las cuales toman en cuenta los parámetros estadísticos de media (M_z), desviación estándar (σI^2), asimetría (Sk_I) y curtosis (K_G). En esta investigación solo vamos a utilizar 3.

La denominada Y1, se aplica para distinguir entre procesos de depositación en ambientes eólicos y procesos de depositación en ambiente litoral de playa; la ecuación es la siguiente: $Y1 = -3.5688M_z + 3.7016\sigma I^2 - 2.0766Sk_I + 3.1135K_G$, cuando Y1 es inferior a 2,7411, se indica un entorno eólico, mientras que si es superior a 2,7411, se sugiere un entorno de playa. La denominada Y2, para distinguir entre procesos de depositación en ambientes de playa y procesos de depositación en ambientes marinos agitados de poca profundidad; la ecuación es la siguiente: $Y2 = 15.6534M_z + 65.709I\sigma I^2 + 18.1071Sk_I + 18.5043K_G$, Si el valor de Y2 es inferior a 65,3650, se sugiere una depositación en la playa, de lo contrario, si el valor es superior a 65,3650, se indica un mar agitado poco profundo. Y por último la denominada Y3, para distinguir entre procesos de depositación en ambientes marinos poco profundo y de depositación en ambientes fluviales; la ecuación es la siguiente: $Y3 = 0.2852M_z - 8.7604\sigma I^2 - 4.8932 Sk_I + 0.0482K_G$, si $Y3 < 7.419$, entonces se indica como depósito fluvial, y si $Y3 > 7.419$, entonces se sugiere como un depósito marino poco profundo.

La aplicación de estas ecuaciones nos permitió determinar los distintos procesos de depositación en los diferentes ambientes sedimentarios los cuales son presentados en el Anexo 1-A, 1-B y 1-C. De manera general podemos destacar que para el núcleo A y C los procesos de depositación predominantes para la discriminación Y1 en su mayoría corresponden a ambientes eólicos, los valores de Y2 en su totalidad ambiente marino agitado somero y los valores de Y3 en su totalidad de depósito marino poco profundo. Para el núcleo B los procesos de depositación predominantes para la discriminación Y1

en su totalidad corresponden a ambientes eólicos, los valores de Y2 y de Y3 en su totalidad son exactos a los del núcleo A y B.

4. DISCUSIÓN

Caracterización textural y composicional

Los tres núcleos estudiados se caracterizan por presentar poca diferencia a nivel textural, los sedimentos de los tres núcleos tienen una alta esfericidad y una redondez en su mayoría subangular exceptuando el núcleo B que en algunas muestras de sedimentos se caracterizó por ser subredondeada. Las características texturales conforman propiedades de gran importancia sedimentológica debido a que están íntimamente relacionados a los procesos de transporte que sufrieron los sedimentos, además expresan las modificaciones sufridas por los granos angulosos de distintas formas por efectos de la abrasión, selección por transporte y solución (Pettijohn, 1957).

En cuanto a la composición general de los sedimentos de los núcleos, predomina el cuarzo, seguido de feldespatos, minerales pesados y fragmentos de roca. El gran porcentaje de cuarzo en las arenas de los tres núcleos se puede atribuir a que este mineral en medios naturales, presenta ausencia de planos de debilidad estructural es decir no se rompe indefinidamente y posee una alta dureza (Arche, 2010). Los feldespatos se encuentran en menor proporción en los sedimentos estudiados, esto puede ser debido a que estos son menos estables a procesos de meteorización y transporte y a su baja dureza (Ray et al., 2006).

Por otro lado, los minerales pesados presentes en todas las arenas de los tres núcleos se encontraban en mayor porcentaje en las fracciones granulométricas de tamaño más finas, específicamente menor a 63 micras. Esto podía ser asociado a que por su elevada densidad se presentan en intervalos de tamaño inferior al de los clastos "ligeros" (cuarzo, feldespatos, etc.) con los que se asocian (Imam, 2009). Entre los minerales pesados y ferromagnesianos se pudieron identificar magnetitas, piroxenas, anfíboles, posibles olivinos y otros minerales ferromagnesianos sin distinguir.

Por último, los fragmentos de roca identificados en las arenas, se caracterizan por ser generalmente afaníticos, constituidos principalmente por fragmentos de origen ígneo, esto se puede explicar debido a que el tamaño cristalino de sus componentes permite mantener su polimineralidad en dicha fracción, lo cual también ha sido identificado por (Arche, 2010) en muestras procedentes de litología volcánicas sedimentarias.

Estructuras sedimentarias

De las estructuras sedimentarias presentes en los núcleos, se podría destacar la presencia de laminación horizontal en los núcleos A y B. Las láminas horizontales en las unidades estudiadas varían de 0.5 a 1 mm de espesor y se identificaron gracias a las variaciones de color y por la presencia de acumulación de minerales pesados. La laminación horizontal se desarrolló predominantemente en sedimentos de tamaño de grano de arena fina lo cual puede ser interpretado como transporte de sedimentos en condiciones de alta energía (Reineck y Singh, 2006). Esta energía elevada no permite el desarrollo de rizaduras o de dunas que se forman en ambientes de menor energía, dando paso a la formación de laminación paralela (Nichols, 2009).

Por último, el núcleo C, se identificaron en dos de sus unidades laminación inclinada de bajo ángulo, esto puede interpretarse a que en ese periodo de sedimentación había una energía media la cual permitió el desarrollo de capas finas de láminas inclinadas, las cuales se conocen como laminas cruzadas, estas se originan debido a la migración de rizaduras (Nichols, 2009).

Parámetros estadísticos

En función de los análisis estadísticos realizados en los tres núcleos se pudo determinar que el tamaño medio de grano para el núcleo A es de arena fina, el cual es relativamente más grueso respecto a los núcleos B y C, que en general son arenas muy finas. Así mismo el grado de escogimiento determinado en función de la desviación estándar muestra que las arenas del núcleo A se encuentran mejor escogidas que la de los núcleos B y C, los cuales tienen arenas moderadamente escogidas. El tamaño de grano mayor en las arenas de la costa (núcleo A) así como a su buen escogimiento podría estar asociado a la eliminación de las partículas más finas por la acción del oleaje, dicho comportamiento también ha sido observado por otros autores como (Elsherif et al., 2020;

Friedman, 1961). Por otro lado, los sedimentos en el interior del estuario están menos seleccionados y son más finos debido a que hay una mezcla de diferentes fracciones y en proporciones variables, porque la energía es insuficiente para dispersar y/o eliminar a los abundantes finos (Singarasubramanian et al., 2006).

Estos resultados también están asociados a la asimetría de los núcleos, la naturaleza positivamente asimétrica que dominó el perfil B seguido por el perfil C, refleja que el área está en condiciones de energía relativamente más bajas resultando la acumulación de sedimentos más finos (Murcia et al., 2008). Las zonas caracterizadas por valores de asimetría negativa indican la eliminación de los sedimentos finos por la erosión (Natesan et al., 2012). Por último, el predominio del carácter muy leptocúrtico indica si la porción central está mejor seleccionada como ocurre en el núcleo A, que en todas las muestras presenta naturaleza muy leptocúrtica a diferencia de los núcleos B y C que presentan naturaleza platicúrtica, es decir tienen menor escogimiento (Ray et al., 2006).

Energía, condiciones de transporte y depositación

En función de los resultados del análisis de la función discriminante lineal, se realizaron diagramas cruzados (fig. 13), de los parámetros Y1, Y2 y Y3, los cuales fueron realizados por el software de graficación: "Grapher™" de Golden Software, LLC., lo que aporta a la interpretación de procesos y ambientes de depositación (Sahu, 1964). En base a las correlaciones cruzadas de los valores Y1 y Y2, se puede observar que todas las muestras de los sedimentos de los tres núcleos están enmarcadas dentro de los procesos de ambientes en aguas agitadas poco profundas. Los núcleos B, C y algunos de los sedimentos del núcleo A se presentan en el dominio de procesos típicos de ambientes eólicos, pero existe una subdivisión entre las muestras del núcleo A, las cuales están en el dominio de procesos típicos de ambientes de playa. Por otro lado, las correlaciones cruzadas entre los valores de Y2 y Y3 presentan resultados que permiten interpretar que los procesos de transporte y depositación en los tres núcleos se dieron en ambientes subacuáticos en aguas marinas poco profundas agitadas.

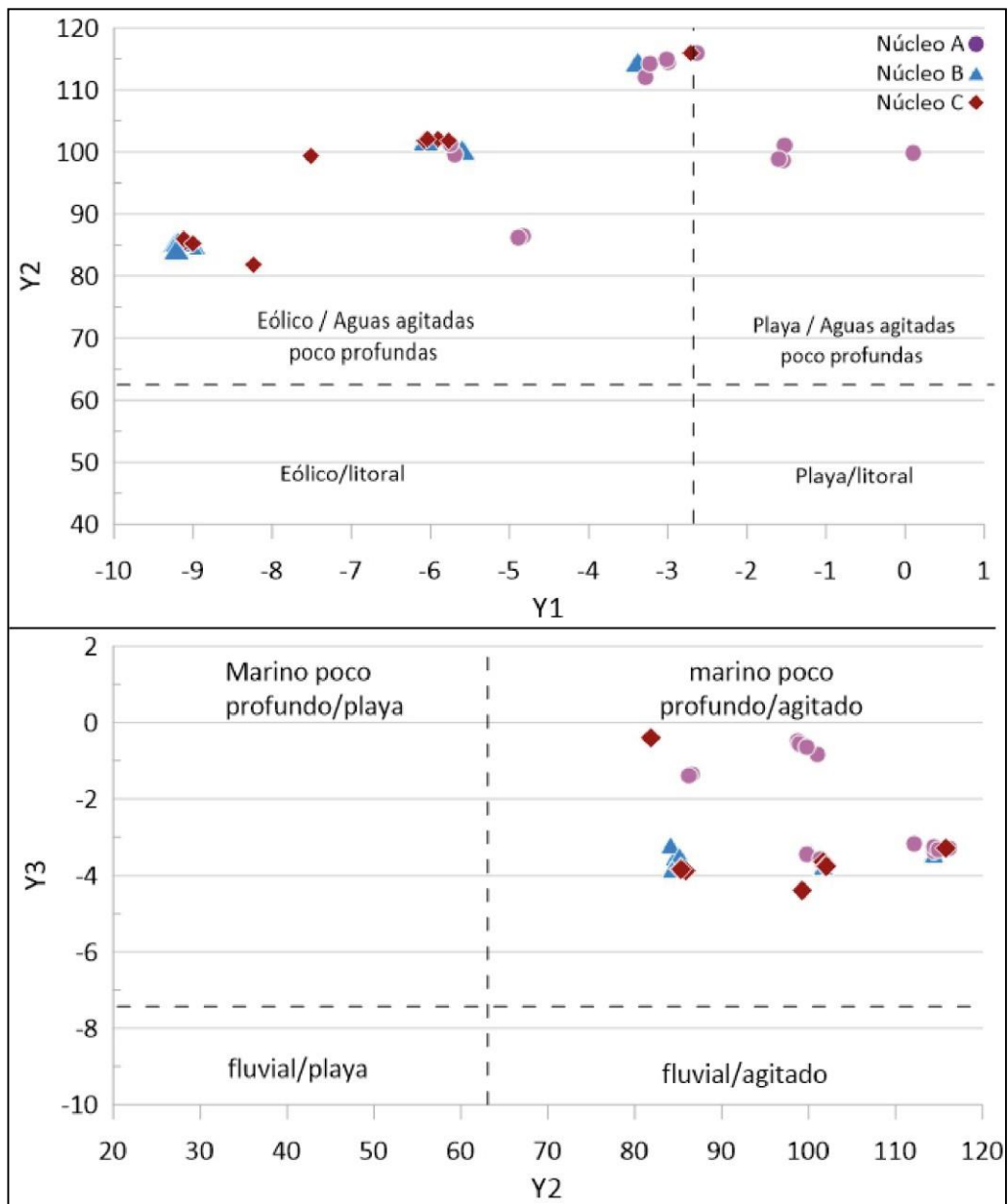


Figura No. 13: Discriminación de ambientes basados en el gráfico de funciones de discriminante lineal, según (Elsherif et al., 2020; Sahu, 1964).

Autor: Alvarado, A. (2022).

Existen otras graficas que contribuyen a la discriminación de los procesos energéticos, estas se obtienen a partir de los datos de la mediana del tamaño de los sedimentos versus la desviación estándar y la asimetría, estas gráficas fueron realizadas por el software: "Grapher™" de Golden Software, LLC. (fig. 14). Dichas correlaciones fueron utilizadas por diversos autores tales como: (Nugroho et al., 2018; Singh et al., 2007; Stewart, 1958), en nuestra zona de estudio este diagrama refleja una separación entre los depósitos de la costa y los depósitos internos del estuario. En ambos gráficos se ve

una separación marcada entre el núcleo A con respecto al núcleo B y C, lo que evidencia que este tipo de diagramas son útiles para diferenciar procesos dominados por energía y se propone un límite entre procesos predominantemente asociados a oleaje de dominio costero para el campo donde está el núcleo A, en los cuales el tamaño de grano es más grueso y el escogimiento es muy variable en comparación de los sedimentos dominados por procesos marea-fluviales de dominio interno del estuario para los núcleos B y C, donde el tamaño de arena es mejor y el escogimiento es menos variable en comparación con los datos del núcleo A.

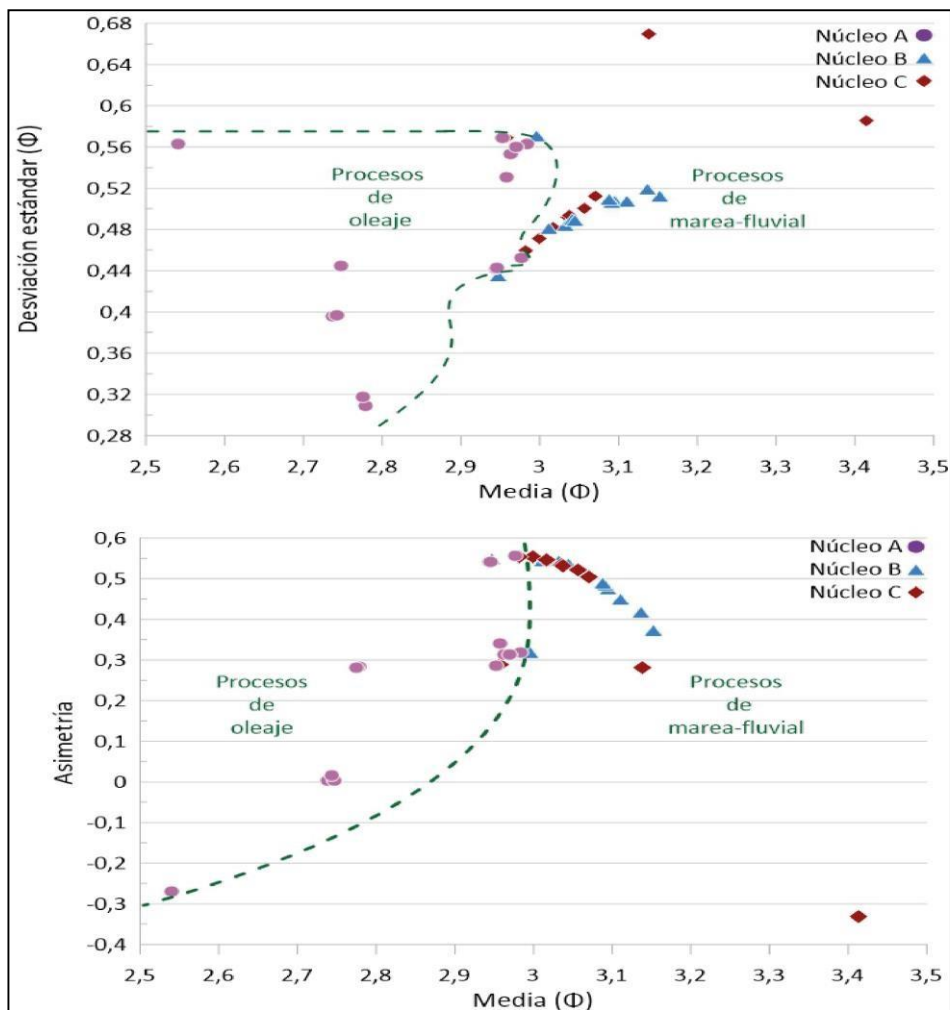


Figura No. 14: Diagrama del proceso de energía para las muestras de sedimentos de los tres núcleos.

Autor: Alvarado, A. 2022.

Se muestra las relaciones entre (a) el tamaño medio frente a la desviación estándar (b) el tamaño medio frente a la asimetría, según (Stewart, 1958).

Como último punto podemos destacar que la representación de las muestras pertenecientes a los tres núcleos en el diagrama CM (fig. 12) muestra que la totalidad de nuestras muestras entran en el campo de transporte de sedimentos por procesos de suspensión gradada o suspensión uniforme. Lo que indica que la alta energía predominante en los ambientes de depositación y el tamaño de grano de las partículas, al ser predominantemente arena fina, no permite que se desarrollen procesos de tracción de fondo, más bien predominan los procesos de transporte en suspensión ya sea uniforme o gradada.

5. CONCLUSION

La distribución granulométrica de los sedimentos a lo largo de los tres perfiles mostro el predominio de los sedimentos tamaño de grano de arena muy fina hacia la barra lateral (núcleo C) y hacia el canal principal del estuario (núcleo B) y una tendencia ligeramente más gruesa hacia la costa (núcleo A). Así mismo los sedimentos de la costa a lo largo del perfil A están dominados en su gran mayoría por granos bien escogidos, con valores de asimetría mayoritariamente positiva y naturaleza muy leptocúrtica, lo que sugiere un entorno de alta energía asociado a la acción del oleaje constante, lo cual propicia la eliminación de las partículas más finas. Por otro lado, las zonas de los perfiles B y C del interior del estuario, que se caracterizan principalmente por valores de asimetría muy positivos, moderadamente escogidos y de naturaleza en su mayoría platicúrtica, indican una condición de energía relativamente baja en comparación con la costa, en los cuales se puede dar lugar a la acumulación de sedimentos más finos. El estudio muestra la gran sensibilidad de los parámetros granulométricos a los pequeños cambios energéticos en distintos subambientes dentro de un estuario.

Por otro lado, los sedimentos fueron transportados principalmente por procesos de suspensión gradada como suspensión uniforme. Estos son los factores primordiales para el transporte, donde los sedimentos se depositan por la turbidez y las acciones marinas, dentro de un entorno marino agitado de poca profundidad.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arche, A., 2010. Sedimentología: del proceso físico a la cuenca sedimentaria. Editorial CSIC - CSIC Press.
- Blott, S.J., Pye, K., 2001. GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surf. Process. Landf.* 26, 1237-1248. <https://doi.org/10.1002/esp.261>
- Boggs, S., 2006. Principles of sedimentology and stratigraphy, 4th ed. ed. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.
- Chunga, K., Toulkeridis, T., 2014. First evidence of paleo-tsunami deposits of a major historic event in Ecuador. *Sci. Tsunami Hazards* 33.
- Cleland, T., 1921. practical description of the Munsell color system, with suggestions for its use. Munsell Color Co.
- Elsherif, E., Badawi, A., Abdelkader, T., 2020. Grain size distribution and environmental implications of Rosetta beach, Mediterranean Sea coast, Egypt. *Egypt. J. Aquat. Biol. Fish.* 24, 349-370. <https://doi.org/10.21608/ejabf.2020.70860>
- Folk, R.L., Ward, W.C., 1957. Brazos River bar [Texas]; a study in the significance of grain size parameters. *J. Sediment. Res.* 27, 3-26. <https://doi.org/10.1306/74D70646-2B21-11D7-8648000102C1865D>
- Friedman, G.M., 1961. Distinction between dune, beach, and river sands from their textural characteristics. *J. Sediment. Res.* 31, 514-529. <https://doi.org/10.1306/74D70BCD-2B21-11D7-8648000102C1865D>
- Gómez, J.A., Herrera, R., Ríos, V., Villalaz, J.R., 2001. Análisis del sedimento y organismos de la fauna de playa el Salado-Aguadulce. *Tecnociencia* 3, 81-93.
- González, O., Millán, Z., 2016. Granulometría de los sedimentos fluviales del canal principal y llanura aluvial del río Portuguesa, Venezuela. *Rev. Investig.* 40, 122-147.
- Google Earth, 2022. Google Earth [WWW Document]. URL <https://earth.google.com/web/> (accessed 8.13.22).
- Imam, N., 2009. Petrology of Sedimentary Rocks (Second Edition).
- Martin, Y., 2003. Evaluation of bed load transport formulae using field evidence from the Vedder River, British Columbia. *Geomorphology* 53, 75-95. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(02\)00348-3](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(02)00348-3)
- Mi, B., Zhang, Y., Mei, X., 2022. The sediment distribution characteristics and transport pattern in the eastern China seas. *Quat. Int., Understanding the Late Quaternary Paleomonsoon and Paleoenvironmental Shifts of Asia* 629, 44-52. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.11.020>
- Murcia, H., Cortes, G., Hurtado, B., 2008. Métodos e integración de análisis granulométrico para depósitos volcániclos. *Bol. Geol. INGEOMINAS* 42, 129-139. <https://doi.org/10.32685/0120-1425/boletingeo.42.2008.24>
- Natesan, U., Deepthi, K., Muthulakshmi, A.L., Ferrer, V.A., Narasimhan, S.V., Venugopalan, V.P., 2012. Textural and depositional processes of surface sediments of Kalpakkam, Southeast Coast of India. *Front. Earth Sci.* 6, 392-404. <https://doi.org/10.1007/s11707-012-0330-2>
- Nichols, G., 2009. Sedimentology and Stratigraphy. John Wiley & Sons.
- Nugroho, S., Putra, P., Yulianto, E., Noeradi, D., 2017. Multivariate statistical analysis for characterization of sedimentary facies of Tarakan sub-basin, North Kalimantan. *Mar. Georesources Geotechnol.* 36, 1-11. <https://doi.org/10.1080/1064119X.2017.1399178>
- Nugroho, S.H., Putra, P.S., 2018. Spatial distribution of grain size and depositional process in tidal area along Waikelo Beach, Sumba. *Mar. Georesources Geotechnol.* 36, 299-307. <https://doi.org/10.1080/1064119X.2017.1312649>
- Nugroho, S.H., Putra, P.S., Yulianto, E., Noeradi, D., 2018. Multivariate statistical analysis for characterization of sedimentary facies of Tarakan sub-basin, North Kalimantan. *Mar. Georesources Geotechnol.* 36, 907-917. <https://doi.org/10.1080/1064119X.2017.1399178>
- Passega, R., 1957. Texture as Characteristic of Clastic Deposition1. *AAPG Bull.* 41, 1952-1984. <https://doi.org/10.1306/0BDA594E-16BD-11D7-8645000102C1865D>
- Pettijohn, F.J., 1957. Sedimentary rocks. Harper, New York.
- Plater, A.J., 1993. Principles, methods, and application of particle size analysis edited by James P.M. Syvitski. Cambridge University Press, Cambridge, 1991. No. of pages: 368. Price £45.00 (hardback). ISBN 0521 364 728. *Geol. J.* 28, 95-96. <https://doi.org/10.1002/gj.3350280111>
- Ray, A.K., Tripathy, S.C., Patra, S., Sarma, V.V., 2006. Assessment of Godavari estuarine mangrove ecosystem through trace metal studies. *Environ. Int., Marine Pollution and Ecotoxicology* 32, 219-223. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2005.08.014>
- Reineck, H.E., Singh, I.B., 2006. Genesis of Laminated Sand and graded rhythmites in storm sand layers of shelf mud. *Sedimentology* 18, 123-128. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1972.tb00007.x>
- Sahu, B.K., 1964. Depositional mechanisms from the size analysis of clastic sediments. *J. Sediment. Res.* 34, 73-83. <https://doi.org/10.1306/74D70FCE-2B21-11D7-8648000102C1865>

- Santana, E., Soledispa, B., 1998. Estudio de las características sedimentológicas, de la desembocadura del Río Chone, frente a la ciudad de Bahía de Caráquez, Ecuador.
- Singarasubramanian, S.R., Mukesh, M.V., Manoharan, K., Murugan, S., Bakkiaraj, D., John Peter, A., Seralathan, P., 2006. Sediment characteristics of the M-9 tsunami event between Rameswaram and Thoothukudi, Gulf of Mannar, southeast coast of India. *Sci. Tsunami Hazards* 25, 160-172.
- Singh, M., Singh, I.B., Müller, G., 2007. Sediment characteristics and transportation dynamics of the Ganga River. *Geomorphology* 86, 144-175. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.08.011>
- Stewart, H.B., Jr., 1958. Sedimentary Reflections of Depositional Environment in San Miguel Lagoon, Baja California, Mexico. *AAPG Bull.* 42, 2567-2618. <https://doi.org/10.1306/0BDA5BFA-16BD-11D7-8645000102C1865D>

ANEXOS

Anexo 1 – A. Funciones de discriminación lineal (LDF) y su entorno de deposición para las muestras del estudio, según Sahu (1964) para el núcleo A.

Muestra por profundidad (cm)	Y1		Y2		Y3	
	Valor	Medio Ambiente	Valor	Medio Ambiente	Valor	Medio Ambiente
1	-3,0	Eólico	114,9	Marino agitado somero	-3,3	Depósito marino poco profundo
5	-2,6	Playa	116,1	Marino agitado somero	-3,3	Depósito marino poco profundo
7	-3,0	Eólico	114,4	Marino agitado somero	-3,3	Depósito marino poco profundo
16	-4,9	Eólico	86,2	Marino agitado somero	-1,4	Depósito marino poco profundo
21	0,1	Playa	99,8	Marino agitado somero	-0,6	Depósito marino poco profundo
24	-4,8	Eólico	86,6	Marino agitado somero	-1,4	Depósito marino poco profundo
30	-5,8	Eólico	101,4	Marino agitado somero	-3,6	Depósito marino poco profundo
33	-5,7	Eólico	99,7	Marino agitado somero	-3,4	Depósito marino poco profundo
37	-5,7	Eólico	99,7	Marino agitado somero	-3,4	Depósito marino poco profundo
42	-3,2	Eólico	114,3	Marino agitado somero	-3,4	Depósito marino poco profundo
45	-3,3	Eólico	112,1	Marino agitado somero	-3,2	Depósito marino poco profundo
51	-1,6	Playa	98,9	Marino agitado somero	-0,5	Depósito marino poco profundo
53	-1,5	Playa	101,0	Marino agitado somero	-0,8	Depósito marino poco profundo
59	-1,6	Playa	98,7	Marino agitado somero	-0,5	Depósito marino poco profundo

Realizado por: Alvarado, Andrea, 2022.

Anexo 1 – B: Funciones de discriminación lineal (LDF) y su entorno de deposición para las muestras del estudio, según Sahu (1964) para el núcleo B.

Muestra por profundidad (cm)	Y1		Y2		Y3	
	Valor	Medio Ambiente	Valor	Medio Ambiente	Valor	Medio Ambiente
0,75	-5,6	Eólico	100,4	Marino agitado somero	-3,4	Depósito marino poco profundo
8,75	-3,4	Eólico	114,4	Marino agitado somero	-3,5	Depósito marino poco profundo
10,25	-6,0	Eólico	101,7	Marino agitado somero	-3,7	Depósito marino poco profundo
11,75	-9,2	Eólico	84,3	Marino agitado somero	-3,8	Depósito marino poco profundo
14,75	-9,2	Eólico	85,4	Marino agitado somero	-3,8	Depósito marino poco profundo
20,75	-9,2	Eólico	85,2	Marino agitado somero	-3,5	Depósito marino poco profundo
24,75	-9,2	Eólico	84,1	Marino agitado somero	-3,2	Depósito marino poco profundo
27,75	-9,2	Eólico	85,1	Marino agitado somero	-3,7	Depósito marino poco profundo
29,75	-9,3	Eólico	84,6	Marino agitado somero	-3,5	Depósito marino poco profundo
31,75	-9,2	Eólico	85,0	Marino agitado somero	-3,7	Depósito marino poco profundo
34,25	-9,0	Eólico	85,1	Marino agitado somero	-3,8	Depósito marino poco profundo
36,25	-9,2	Eólico	85,0	Marino agitado somero	-3,7	Depósito marino poco profundo
42,25	-9,0	Eólico	85,1	Marino agitado somero	-3,8	Depósito marino poco profundo

Realizado por: Alvarado, Andrea, 2022.

Anexo 1 – C: Funciones de discriminación lineal (LDF) y su entorno de deposición para las muestras del estudio, según Sahu (1964) para el núcleo C.

No. Muestra por profundidad (cm)	Y1		Y2		Y3	
	Valor	Medio Ambiente	Valor	Medio Ambiente	Valor	Medio Ambiente
2	-2,7	Playa	115,8	Marino agitado somero	-3,3	Depósito marino poco profundo
8	-9,0	Eólico	85,3	Marino agitado somero	-3,8	Depósito marino poco profundo
14	-6,0	Eólico	102,1	Marino agitado somero	-3,8	Depósito marino poco profundo

16	-6,1	Eólico	101,9	Marino agitado somero	-3,8	Depósito marino poco profundo
24	-9,0	Eólico	85,2	Marino agitado somero	-3,8	Depósito marino poco profundo
33	-9,1	Eólico	85,9	Marino agitado somero	-3,9	Depósito marino poco profundo
37	-5,8	Eólico	101,7	Marino agitado somero	-3,6	Depósito marino poco profundo
42	-5,9	Eólico	102,1	Marino agitado somero	-3,7	Depósito marino poco profundo
48	-9,1	Eólico	85,4	Marino agitado somero	-3,8	Depósito marino poco profundo
52	-8,2	Eólico	81,9	Marino agitado somero	-0,4	Depósito marino poco profundo
57	-7,5	Eólico	99,3	Marino agitado somero	-4,4	Depósito marino poco profundo

Realizado por: Alvarado, Andrea, 2022.

Anexo 2: Las fórmulas de los parámetros estadísticos utilizadas en esta investigación, mediante el programa Gradistat de Blott and Pye (2001).

Media		Desviación estándar		Asimetría		Curtosis	
$\bar{X}_\phi = \frac{\sum fm_\phi}{100}$		$\sigma_\phi = \sqrt{\frac{\sum f(m_\phi - \bar{x}_\phi)^2}{100}}$		$Sk_\phi = \frac{\sum f(m_\phi - \bar{x}_\phi)^3}{100\sigma_\phi^3}$		$k_\phi = \frac{\sum f(m_\phi - \bar{x}_\phi)^4}{100\sigma_\phi^4}$	
Arena gruesa	0 a 1	Muy bien escogida	<0.35	Muy negativamente asimétrico	-1.00 a -0.31	Muy platicúrtica	<0.67
Arena Media	1 a 2	Bien escogida	0.35 a 0.49	Negativamente asimétrico	-0.30 a -0.11	Platicúrtica	0.67 a 0.89
Arena fina	2 a 3	Moderadamente escogida	0.50 a 0.99	Cercanamente asimétrico	-0.10 a 0.09	Mesocúrtica	0.90 a 1.09
Arena muy fina	3 a 4	Pobremente escogida	1.00 a 1.99	Positivamente asimétrico	0.10 a 0.29	Leptocúrtica	1.10 a 1.49
		Mal escogida	2.00 a 3.99	Muy positivamente asimétrico	0.30 a 0.99	Muy leptocúrtica	1.50 a 2.99
		Muy mal escogida	>4.00			Extremadamente Leptocúrtica	>3.00

Realizado por: Alvarado, Andrea, 2022.