

**CARACTERIZACIÓN DE LAS PLAYAS Y DE LA TEMPORADA DE ANIDACIÓN DE
TORTUGAS MARINAS 2021, EN EL SECTOR LOS COCOS – RÍO GUACHACA
MAGADALENA, COLOMBIA:
RANGOS DE FLUCTUACIÓN DE LA TEMPERATURA AMBIENTE, DEL SEDIMENTO Y
EN SISTEMAS *EX SITU* DE INCUBACIÓN**

MARIA ALEJANDRA PEÑA ROBINSON

**UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS
ÁREA ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES
PROGRAMA DE BIOLOGÍA MARINA
SANTA MARTA
2022**

**CARACTERIZACIÓN DE LAS PLAYAS Y DE LA TEMPORADA DE ANIDACIÓN DE
TORTUGAS MARINAS 2021, EN EL SECTOR LOS COCOS – RÍO GUACHACA
MAGADALENA, COLOMBIA:
RANGOS DE FLUCTUACIÓN DE LA TEMPERATURA AMBIENTE, DEL SEDIMENTO Y
EN SISTEMAS *EX SITU* DE INCUBACIÓN**

MARIA ALEJANDRA PEÑA ROBINSON

Plan de trabajo profesionalizante para optar al título de Bióloga Marina

**Tutora
GUIOMAR AMINTA JÁUREGUI ROMERO
Bióloga Marina
Maestra en Ciencias Ambientales**

**Supervisora
KAREN A. PABÓN ALDANA
Bióloga Marina
Maestra en Ciencias en Manejo de Recursos Marinos**

**Asesor
JORGE ENRIQUE BERNAL GUTIERREZ
Biólogo Marino
Maestro en Ciencias en Manejo de Recursos Marinos**

**UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS
ÁREA ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES
PROGRAMA DE BIOLOGÍA MARINA
SANTA MARTA
2022**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a la vida por darme la fortuna de vivir esta experiencia única e increíble, rodeada de paisajes hermosos, calma y mucho aprendizaje. Agradezco así mismo a mis padres por confiar en mi desde un principio y por su apoyo constante e incondicional durante todo el proceso.

A la profesora Aminta Jauregui por darme la oportunidad de aprender junto a su gran equipo del ProCTM, a Karen Pabón, Maria Fernanda Pereira y a Jorge Bernal por ser un gran pilar de aprendizaje en todo el proceso. También agradezco al hotel Casa Grande por apoyarnos y ayudarnos en todas las actividades con el fin de aportar un grano de arena al proceso conservación de las tortugas marinas

Por último, quiero agradecer a la sede de Santa Marta de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, al jefe de laboratorio Alfonso Carlos Gamero y al personal del aseo, Dareidis Marina Fuentes y Rogelio Hernández, los cuales me acompañaron y auxiliaron siempre que lo necesité durante el trabajo de laboratorio.

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	10
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN, OBJETIVOS E HIPÓTESIS	12
2.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	12
2.2 OBJETIVOS	13
2.2.1 <i>Objetivo general</i>	13
2.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	13
3. METODOLOGÍA	14
3.1 ÁREA DE ESTUDIO	14
3.2 FASE DE CAMPO Y LABORATORIO.....	15
3.2.1 <i>Caracterización de playas anidación de tortugas marinas subsector Guachaca – Playa Los cocos</i>	15
3.2.2 <i>Seguimiento a la actividad de anidación</i>	23
3.2.3 <i>Seguimiento de temperatura</i>	27
3.3 FASE DE GABINETE.....	31
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1.1 <i>Perfiles topográficos</i>	31
4.1.2 <i>Temperatura del sedimento</i>	39
4.1.3 <i>Humedad del sedimento</i>	44
4.1.4 <i>pH del sedimento</i>	47
4.1.5 <i>Tipo de grano</i>	50
4.2 SEGUIMIENTO A LA ACTIVIDAD DE ANIDACIÓN	51
4.3 SEGUIMIENTO DE TEMPERATURA.....	56
4.3.1 <i>Temperatura en nidos de <i>Caretta caretta</i></i>	56
4.3.2 <i>Monitoreo de temperatura en estación de Guachaca</i>	61
4.3.3 <i>Monitoreo de temperatura en incubadora artificial</i>	64
5. CONCLUSIONES	66
6. RECOMENDACIONES	68
7. BIBLIOGRAFÍA.....	69
8. ANEXOS.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de Colombia señalando el área de estudio. Modificado de Google Earth, 2022.	14
Figura 2. Mapa de la zona de estudio entre el Río Piedras y corral temporal en el subsector Guachaca. Modificado de Google Earth, 2022.	15
Figura 3. Geoposicionamiento de las estaciones: A. Estaciones correspondientes al sector M (M01-M13). B. Estaciones correspondientes al sector G (G01-G10). Modificado de Google Earth, 2022.....	16
Figura 4. Esquematación de la estratificación de la playa en: Zona de Vegetación (ZV), Zona Media (ZM) y Zona de Lavado. Tomado de Bernal-Gutiérrez et al., 2020.....	18
Figura 5. Caracterización de playas de anidación de Tortugas Marinas. A. Medida de la longitud de la ZV. B. Medición de la longitud del Río Mendihuaca (M01). C. Medida de la longitud de la ZL. D. Toma de inclinación. E-F. Registro de aspectos edáficos.	19
Figura 6. Primera parte de granulometría. A. Corazonador de PVC. B. Toma de muestras de sedimento. C. Secado de muestras a temperatura ambiente. D. Horno Memmert.	21
Figura 7. Segunda parte de granulometría. A. Tamizador con siete tamices de diferentes tamaños. B. Separación de sedimentos de cada tamiz. C. Pesaje de sedimentos obtenidos en cada uno de los tamices. D. Sedimento separado por diferentes tamaños de grano.	22
Figura 8. Caminata nocturna en busca de huellas o hembras anidantes.	24
Figura 9. Toma de medidas biométricas. A. Largo curvo del caparazón. B. Ancho curvo del caparazón. Tomado de Bernal – Gutiérrez et al., 2020.	25
Figura 10. Placas de marcaje de tortugas marinas. A. Placa tipo Monel. B. Placa tipo Iconel. Tomado de Bernal-Gutiérrez et al., 2020.....	25
Figura 11. Zonas de marcaje en las tortugas marinas. A. Tortuga Laúd. Tortugas de la familia chelonidae. Tomado de Bernal-Gutiérrez et al. 2020.....	26
Figura 12. Monitoreo de temperatura en nidos de tortuga caguama. A. Nidos 1 y 2 trasladados al corral temporal. B. Toma de T°SSed en la noche. C. Toma de T°SSed en el día. D. Termómetro. E. Toma de T°PCam del nido (60 cm).....	28
Figura 13. Monitoreo de temperatura en la estación M04. A. Toma de temperatura ambiental. B. Toma de temperatura superficial del sedimento.	30
Figura 14. Sistema ex situ. A. Traslado de huevos de tortuga caguama a incubadora portátil. B Monitoreo de temperatura de sedimento.....	31
Figura 15. Estaciones del sector M. A. Río Mendihuaca en M01. B. Madre vieja en M06.	32
Figura 16. Perfiles de playa de la M04, de 4 registros posicionados en orden ascendente vertical.	32
Figura 17. Perfiles de playa de la M06, de 4 registros posicionados en orden ascendente vertical.	33
Figura 18. Perfiles de playa de la G07, de 4 registros posicionados en orden ascendente vertical.	34

Figura 19. Perfiles de playa de la estación M07, de 4 registros posicionados en orden ascendente vertical.....	35
Figura 20. Perfiles de playa de la estación M10, de 4 registros posicionados en orden ascendente vertical.....	36
Figura 21. Perfiles de playa de la estación M01, de 4 registros posicionados en orden ascendente vertical.....	37
Figura 22. Temperatura del sedimento en la Zona de Vegetación, donde R = registro. A. sector M. B. sector G.	39
Figura 23. Zona de Vegetación de seis estaciones ubicadas entre el Río Mendihuaca y el Río Piedras. A-D. Vegetación de tipo arbórea: estaciones: M01 (A), M06 (B); M08 (C), M09 (D). E. Vegetación de tipo rastrera: M05. F. Zona intervenida.....	40
Figura 24. Temperatura del sedimento en la Zona de Media, donde R = registro. A. sector M. B. sector G.....	41
Figura 25. Temperatura del sedimento en la Zona de Lavado, donde R = registro. A. sector G. B. sector M.	42
Figura 26. Humedad del sedimento en 10 estaciones ubicadas en el sector M, donde R = registro. A. Zona de vegetación (ZV), B. Zona media (ZM).	45
Figura 27. Humedad del sedimento en 13 estaciones ubicadas en el sector G, en una escala del 0 – 100 %, donde R = registro. A. Zona de vegetación (ZV), B. Zona media (ZM).....	46
Figura 28. pH del sedimento en la ZV, donde R= registro. A. Sector M. B. Sector G.	48
Figura 29. pH del sedimento en la ZM, donde R= registro. A. Sector M. B. Sector G.....	49
Figura 30. pH del sedimento en la ZL, donde R= registro. A. Sector M. B. Sector G.....	50
Figura 31. Porcentaje de aparición del tamaño del grano de arena (mm) en los 3 estratos de la playa situada en la M04. A. ZV, B. ZM, C. ZL.....	51
Figura 32. Rastro de posiblemente tortuga Laúd. A. Cama del nido B. Huellas de hembra. C. Toma del ancho (m) del rastro.	52
Figura 33. Nidada de tortuga Laúd en casa grande (estación M04). A. Turistas y equipo del ProCTMM buscando neonatos recién eclosionados. B. Huellas de neonatos. C. Crías reunidas en nevera de poliestireno. D. Toma de ancho curvo del caparazón.	53
Figura 34. Elaboración de encierro de la nidada. A. Procedimiento. B. Encierro terminado.	54
Figura 35. Liberación de neonatos de tortugas Laúd en Casa Grande. A. Instrucción del proceso por parte del ProCTMM. B. Entrega de crías a cada uno de los participantes. C-D. Migración a casa.....	55
Figura 36. A. Exhumación de nido de Laúd ubicado en la E4B. B. Neonatos muertos. C. Huevos.	56
Figura 37. Curvas diarias de temperatura del nido 1, donde R = registro. A. Temperatura ambiental. B. Temperatura superficial. C. Temperatura a la profundidad de la cámara del nido.....	57
Figura 38. Curvas diarias de temperatura del nido 2, donde R = registro. A temperatura ambiental, B. Temperatura superficial, C. Temperatura a la profundidad de la cámara del nido.....	58

Figura 39. Curvas diarias de temperatura del nido 3, donde R = registro. A. Temperatura ambiental. B. Temperatura superficial, C. Temperatura a la profundidad de la cámara del nido.....	58
Figura 40. Curvas diarias de temperatura ambiental de 5 registros realizados en M04 durante el mes de junio y julio, donde R = registro.....	62
Figura 41. Curvas diarias de temperatura superficial del sedimento de 5 registros realizados en M04 durante el mes de junio y julio, donde R = registro.....	62
Figura 42. Playas del Parque Nacional Natural Tayrona A. Playa Cañaveral. B. Playa La Gumarra.	63
Figura 43. Curvas diarias de temperatura de sedimento en sistema ex situ, donde R = registro.	64

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Estaciones de los subsectores M y G con su respectiva georreferencia. Tomado de Sánchez, 2018.....	17
Tabla 2. Divisiones de la bóveda celeste en octavas. Tomado de Díaz, 2020.....	20
Tabla 3. Escala cualitativa de la energía del mar. Modificado de Jáuregui-Romero, 2000.	20
Tabla 4. Escala de sedimentos de Udden-Wenworth (1992).	23
Tabla 5. Características de las huellas de las especies anidantes en el Caribe colombiano. *Anchos de huella registrados del ProCTMM para el departamento del Magdalena. **Anchos de huella registrados a nivel mundial. Modificado de Bernal-Gutiérrez et al., 2020	26
Tabla 6. Medición de temperatura en los 3 nidos de <i>Caretta caretta</i>	29
Tabla 7. Nubosidad de las 23 estaciones de Río Guachaca – Río Piedras en 4 registros.	43
Tabla 8. Promedio de factores edáficos de toda la zona estudiada.	46
Tabla 9. Medidas de 10 neonatos de tortuga Laúd posterior a su eclosión.....	53
Tabla 10. Variación de las temperaturas (°C) registradas en 2 nidos in situ de <i>Caretta caretta</i>	59
Tabla 11. Porcentaje de eclosión de 3 nidos de <i>Caretta caretta</i>	60
Tabla 12. Fecha de ovoposición y de eclosión de tres nidos de <i>Caretta caretta</i>	60
Tabla 13. Día de incubación en el que se realizó cada registro en los nidos de <i>Caretta caretta</i>	61
Tabla 14. Mínimo, máximo y promedio de la temperatura del sedimento en la incubadora artificial.	65

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Perfiles topográficos de playas del sector A obtenidos en 4 registros posicionados en orden ascendente vertical.	73
ANEXO B. Perfiles topográficos de playas del sector B.....	89
ANEXO C. Granulometría en porcentaje del sector A, en los 3 estratos: ZV (A), ZM (B), ZL (C).	90
ANEXO D. Granulometría en porcentaje del sector B, en los 3 estratos: ZV (A), ZM (B), ZL (C).	94

1. INTRODUCCIÓN

Las tortugas marinas desempeñan un gran papel ecológico gracias al importante rol que tienen dentro del flujo de materia y energía para los niveles tróficos (Chacón y Arauz, 2011). Al alimentarse de diversos organismos de aguas someras, contribuyen al sumidero en los océanos, ya que trasladan grandes cantidades de carbono a zonas abisales. De igual manera, al realizar largas migraciones durante su vida, se convierten en transportadores relevantes de nutrientes (Buitrago, 2003). Por esto, es fundamental su mantenimiento en el medio natural; sin embargo, las fuertes amenazas antropogénicas a las que se encuentran expuestas como: la captura incidental en las pesquerías, el consumo humano (principalmente de su carne y huevos) y el desarrollo costero, el cual ha provocado en algunos casos la pérdida de hábitats (Segurado, 2016); sumado a sus características ecológicas, tales como: bajas tasas de crecimiento, complejo ciclo de vida, alta longevidad y maduración tardía (Eckert *et al.*, 2000), han ocasionado grandes reducciones poblacionales.

Otro factor que ha cobrado gran protagonismo en los últimos años es el Cambio Climático - CC, ya que ha ocasionado el aumento de la temperatura en las playas de anidación, arriesgando la proporción sexual de las nidadas (Segurado, 2016). Según Vargas (2016), este fenómeno se ha evidenciado por medio de inundaciones, salinización, erosión, sedimentación y alteraciones en los ecosistemas marino-costeros, entre otras. Conjuntamente, los estudios sobre los impactos del CC adelantados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, han estipulado que para el 2011-2040 habría aumentado en $1.4 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$, para 2041-2070 en $2.4 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ y para 2071-2100 en $3.2 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ (Ruíz, 2011); no obstante, hacen falta más investigaciones que evidencien y cuantifiquen los efectos del calentamiento global.

El Caribe colombiano se ha distinguido por tener ecosistemas que ofrecen buenas condiciones y recursos para la migración y anidación de estos organismos, destacándose las playas del Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT) y zonas aledañas en las que se presentan algunas tortugas como: *Chelonia mydas*, *Dermochelys coriacea*, *Eretmochelys imbricata* y *Caretta caretta* (Ceballos – Fonseca, 2004). No obstante, una amenaza común

en la zona, además de las mencionadas anteriormente, es el saqueo de nidadas por parte del hombre, ya que para algunas comunidades de la región los huevos de tortugas marinas son concebidos como un recurso alimenticio y cultural, al hacer parte de sus tradiciones y creencias (Rubiano, 2011).

Por lo anterior, se hace relevante adelantar caracterizaciones biofísicas en las playas de anidación, debido a que permiten identificar riesgos y amenazas naturales y antropogénicas, con el propósito de definir acciones que mitiguen sus efectos (Schroeder, 2001). En estas se evalúan aspectos geomorfológicos como: áreas, pendientes (inclinaciones + o -), largos y anchos de la playa, las cuales inciden en la elección del sitio de anidación y en el desarrollo embrionario de los huevos, (Rubiano, 2011); oceanometeorológicos como: la temperatura ambiente, la actividad del mar, nubosidad, fases lunares; y edáficos como: el tipo de grano, la temperatura, el pH y la humedad del sedimento. Hay variables como la inclinación de la playa que no presentan un patrón específico en algunas especies de tortugas marinas; por ejemplo, en el estudio de Fish *et al.* (2005) se observó que la tortuga carey (*E. imbricata*), opta por playas con pendientes abruptas, mientras que en el realizado por Horrocks y Scott (1991) se encontró que prefiere pendientes suaves. Por otro lado, diferentes estudios han encontrado que para desovar cada especie tiene preferencia por determinado tipo de grano de arena (García - Vicario, 2008; Foley, 2006).

Por otra parte, también se ha visto que las diferentes especies tienen cierta preferencia en la posición de las playas para construir sus nidos; por ejemplo, en el estudio de Piedra y Morales (2015), se observó que la tortuga laúd (*D. coriacea*), prefiere anidar en la parte media de la playa, mientras que la tortuga carey opta por la zona de vegetación (Medina - Cruz *et al.*, 2010). Esta selección se ha atribuido a caracteres fisicoquímicos fundamentales en el éxito reproductivo como: el oxígeno que fluye entre el sustrato, la salinidad que alcanza el suelo, la humedad relativa, la temperatura, el tipo y densidad de la arena, las luces artificiales que se encuentran en la localidad, la pendiente y la extensión de la playa (Piedra y Morales, 2015).

La temperatura, influye directamente en el desarrollo embrionario de estos quelonios, por lo que presentan un rango de tolerancia térmica de 25–35 °C del cual depende su éxito de

eclosión, puesto que valores fuera de este intervalo aumentan la mortalidad de la nidada (Ackerman, 1997). Así mismo, la proporción sexual de la camada se ve afectada por esta variable, ya que presentan un mecanismo denominado “determinación Sexual por la Temperatura - DST”, el cual actúa únicamente alrededor del segundo tercio del desarrollo embrionario, en un tiempo limitado denominado el Período Termosensible (Valenzuela y Lance, 2004). En compensación, las poblaciones de estos reptiles, cuentan con una temperatura de incubación constante que produce una proporción sexual 1:1 denominada pivotal. Además, presentan un rango de transición, en el cual se producen proporciones de sexo mixtas con variación interespecífica; sin embargo, para la mayoría de las especies este intervalo entre 27,7 - 31 °C (Valenzuela y Lance, 2004).

El presente trabajo que se realiza para optar al título Bióloga Marina de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, donde se lleva el registro sistemático a la temperatura del sedimento en las playas de anidación, permite inferir si en el área de estudio, se evidencian fluctuaciones dentro del rango de transición interespecífico para mantener y garantizar que en las nidadas de tortugas marinas del sector nazcan machos y hembras, y si dichos valores se logran simular en sistemas *ex situ* (incubadoras portátiles), que se han propuesto como una estrategia alternativa para las zonas de alto dinamismo geomorfológico y de actividad del mar en el marco de la caracterización medioambiental y del seguimiento de la actividad de anidación que adelanta el Programa de Conservación de Tortugas y Mamíferos Marinos (ProCTMM), en el sector comprendido entre el Río Piedras y Río Don Diego, en la costa nororiental del departamento del Magdalena.

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN, OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Las poblaciones de tortugas marinas han descendido en los últimos años y cada vez se ven más amenazadas por factores antropogénicos y naturales en constante variación, y de los cuales depende su éxito reproductivo. Por esto, **se hace necesario mantener el seguimiento a la temporada de anidación 2021**, junto a la **caracterización medioambiental** de sus playas focales, evaluando el comportamiento de los factores más representativos para la sobrevivencia de estos quelonios, como **los rangos de**

temperatura para proponer con ello, estrategias relevantes en los programas de conservación.

2.2 OBJETIVOS

2.2.1 *Objetivo general*

Caracterizar las **condiciones medioambientales** de las playas de los subsectores Los Cocos – Río Mendihuaca - Río Guachaca, Departamento del Magdalena, y el seguimiento a la **actividad de anidación** de las tortugas marinas de la temporada 2021, evaluando si en esta zona se registran **fluctuaciones de la temperatura del sedimento**, dentro del rango de transición interespecífico para mantener y garantizar que en las nidadas de tortugas marinas del sector nazcan machos y hembras, y si dichos valores se **logran simular en sistemas ex situ como las incubadoras portátiles** que se han propuesto a manera de alternativa para zonas caracterizadas por su alto dinamismo **geomorfológico, oceanometereológico y edáfico.**

2.2.2 *Objetivos específicos*

- Determinar las condiciones imperantes de los componentes biofísicos: geomorfológicos (**longitud e inclinaciones**), oceanometereológicos (**energía del mar, nubosidad, fases lunares**) y edáficos (**la humedad, temperatura, pH y tipo de grano**), de las playas focales del sector Playa Los Cocos – Río Guachaca.
- Evaluar la **actividad de anidación de las tortugas marinas** de la temporada del 2021 en el sector Playa Los Cocos – Río Guachaca, así como el número de hembras anidantes, nidos y/o huellas.
- Estimar los **rangos de fluctuación de la temperatura del sedimento** en las playas de anidación del sector de estudio (Playa Los Cocos - Río Buritaca), infiriendo si estos valores corresponden a los **óptimos de transición** para la **tortuga caguama**, en los que se permite garantizar la eclosión proporcional de machos y hembras, al igual si se registran en las nidadas incubadas *in situ*.

- Evidenciar si en las playas de anidación entre la Playa Los Cocos y el Río Guachaca se registran **variaciones de temperatura** a lo largo de las 24 horas del día, con base en datos históricos de los últimos 16 años (**2005 - 2021**).
- Aportar en la implementación de incubadoras portátiles como **estrategia ex situ**, siempre y cuando se logre demostrar que **recrean** los rangos de **temperatura** que registran las nidadas en su medio natural, y que si estos se encuentran dentro de la **pivotal**.

3. METODOLOGÍA

3.1 ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se llevó a cabo en el Norte del departamento del Magdalena, Colombia (Figura 1), en la zona demarcada entre la playa Los Cocos ($11^{\circ} 17' 5.73''$ N - $73^{\circ} 52' 40.63''$ O) y el Río Guachaca ($11^{\circ} 15' 53.18''$ N - $73^{\circ} 49' 17.01''$ O), con una extensión de 7,52 km (Google Earth, 2021). Así mismo, se trabajó en una finca ($11^{\circ} 15' 43.52''$ N - $73^{\circ} 48' 47.02''$ O) nombrada como corral temporal Guachaca ubicada entre el Río Guachaca y el Río Buritaca (Figura 2). Debido a su posición dentro de la Sierra Nevada de Santa Marta, el efecto climático está bajo la influencia de los vientos Alisios, la Zona de Convergencia intertropical (ZCIT), los frentes fríos y El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) (Franco - Herrera, 2005).



Figura 1. Mapa de Colombia señalando el área de estudio. Modificado de Google Earth, 2022.



Figura 2. Mapa de la zona de estudio entre el Río Piedras y corral temporal en el subsector Guachaca. Modificado de Google Earth, 2022.

Se caracteriza por presentar una precipitación anual de 500 mm (Franco-Herrera, 2005), sin embargo, las lluvias dependen principalmente de la posición de la ZCIT, determinando así la época seca y lluviosa. La temporada de anidación (abril - agosto), ocurre entre la época lluviosa menor (mayo - junio) y seca menor (julio - agosto), caracterizada por irregularidad en la intensidad y dirección de las precipitaciones y vientos (Guzmán *et al.*, 2014).

3.2 FASE DE CAMPO Y LABORATORIO

3.2.1 Caracterización de playas anidación de tortugas marinas subsector Guachaca – Playa Los cocos.

La caracterización de playas de anidación se realizó en 23 estaciones geoposicionadas cada 200 m desde la playa Los Cocos hasta el río Guachaca. Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2019), la sectorización y demarcación de los transectos deberá hacerse teniendo en cuenta las dimensiones y características de la playa (cada

50, 100 o 200 m), siempre y cuando sean valores múltiplos de 50 m. Esta zona ha sido monitoreada por el ProCTMM desde el 2011, la cual se dividió en dos subsectores, el subsector G, cuyos límites se definieron por el Río Mendihuaca y el Río Guachaca, y el subsector M, el cual se encuentra entre la Playa Los Cocos y el Río Mendihuaca; cada subsector con 13 y 10 estaciones respectivamente, las cuales se codificaron con la letra del subsector (G o M) y el número de la estación (Figura 3 y Tabla 1).



Figura 3. Geoposicionamiento de las estaciones: A. Estaciones correspondientes al sector M (M01-M13). B. Estaciones correspondientes al sector G (G01-G10). Modificado de Google Earth, 2022.

Tabla 1. Estaciones de los subsectores M y G con su respectiva georreferencia. Tomado de Sánchez, 2018.

Estación	Punto de referencia	Coordenadas
M10	Los Cocos	11° 17' 2.61" N 73° 52' 36.08" O
M09	Predios UniMag	11° 16' 58.11" N 73° 52' 29.58" O
M08	Casita Verde	11° 16' 54.08" N 73° 52' 23.24" O
M07	Hotel Mendihuaca	11° 16' 49.78" N 73° 52' 12.12" O
M06	Quebrada San Juan	11° 16' 47.95" N 73° 52' 6.79" O
M05	Piedra Mojaculo	11° 16' 44.88" N 73° 51' 58.76" O
M04	Casa Grande	11° 16' 42.19" N 73° 51' 53.80" O
M03	Casa Nacho	11° 16' 39.76" N 73° 51' 48.85" O
M02	Casa Peyo	11° 16' 36.28" N 73° 51' 42.20" O
M01	Río Mendihuaca	11° 16' 32.11" N 73° 51' 35.55" O
G13	Pescadores	11° 16' 25.65" N 73° 51' 24.91" O
G12	Casa Quinta	11° 16' 25.89" N 73° 51' 17-19" O
G11	Playa	11° 16' 25.50" N 73° 51' 10.43" O
G10	Casa Piedra	11° 16' 24.78" N 73° 51' 3.52" O
G09	Playa platanera	11° 16' 23.65" N 73° 50' 56.57" O
G08	Playa platanera	11° 16' 22.93" N 73° 50' 51.27" O
G07	Costeño Beach	11° 16' 20.85" N 73° 50' 44.96" O
G06	Hostales	11° 16' 18.25" N 73° 50' 38.13" O
G05	Playa Hostales	11° 16' 16.21" N 73° 50' 31.73" O
G04	Campamento	11° 16' 13.85" N 73° 50' 25.85" O
G03	Casa Miguel Orozco	11° 16' 11.54" N 73° 50' 19.46" O
G02	Playa Guachaca	11° 16' 9.121" N 73° 50' 12.27" O
G01	Río Guachaca	11° 16' 6.56" N 73° 50' 5.52" O

Se efectuaron en total 8 jornadas de mediciones, 2 diarias y consecutivas por semana, correspondiendo un día al subsector M (entre 5:50 – 8:00 h) y el otro en el subsector G (entre las 5:30 – 9:30 h). Se consideraron los siguientes factores edáficos (la humedad, temperatura, pH y tipo de grano), geomorfológicos (longitud y pendientes) y oceanometerológicos (energía del mar, nubosidad, fases lunares).

Para los aspectos geomorfológicos y edáficos se utilizó la estratificación de la playa previamente definida por el ProCTMM, donde se tienen en cuenta 3 zonas: zona de vegetación (ZV), zona media (ZM) y zona de lavado (ZL) (Figura 4). La ZV, se marcó desde los primeros brotes foliares hasta la línea de su estabilización; cuando dicho borde

no se estabiliza, sino que se consolida, se toma como valor >5 m; la ZM, es la zona entre la línea más alta de marea y el inicio del estrato de vegetación, y la ZL es el espacio debajo del nivel superior de marea (Borrero, 2005).

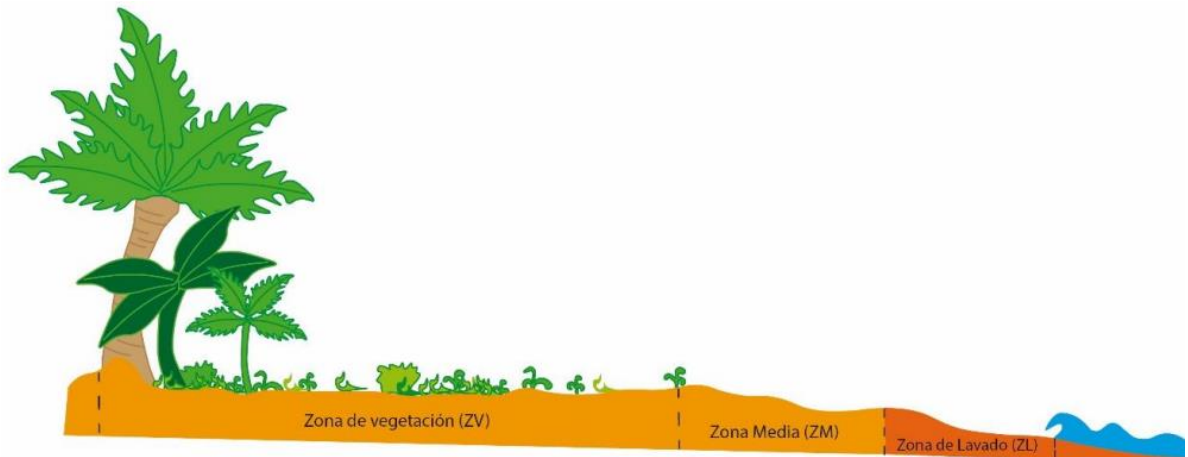


Figura 4. Esquemización de la estratificación de la playa en: Zona de Vegetación (ZV), Zona Media (ZM) y Zona de Lavado. Tomado de Bernal-Gutiérrez et al., 2020.

3.2.1.1 Aspectos geomorfológicos, oceanometeorológicos y edáficos: humedad, temperatura, pH del sedimento.

En cada estrato, se midió la longitud con un flexómetro (Figura 5A, B y C) y las inclinaciones de las pendientes con un inclinómetro manual (Figura 7D), siguiendo los procedimientos metodológicos estandarizados en el Protocolo del ProCTMM estructurado por Bernal-Gutiérrez *et al.* (2020). La nubosidad se midió en octavas teniendo en cuenta la clasificación mostrada en la Tabla 2, y la energía del mar se determinó con ayuda de la escala cualitativa propuesta en el 200 por Jáuregui (Tabla 3). Respecto a los aspectos edáficos, la temperatura de sedimento se midió con un termómetro análogo de punzón genérico con sonda de 13,5 cm; la humedad y el pH con un tester de marca Kel Instruments Co. Inc (Figura 5E y F).



Figura 5. Caracterización de playas de anidación de Tortugas Marinas. A. Medida de la longitud de la ZV. B. Medición de la longitud del Río Mendihuaca (M01). C. Medida de la longitud de la ZL. D. Toma de inclinación. E-F. Registro de aspectos edáficos.

Tabla 2. Divisiones de la bóveda celeste en octavas. Tomado de Díaz, 2020.










Simbolo	Extensión cielo Cubierto	
	0/8	Despejado
	1/8	
	2/8	
	3/8	
	4/8	Intermedio
	5/8	
	6/8	Nublado
	7/8	
	8/8	

Tabla 3. Escala cualitativa de la energía del mar. Modificado de Jáuregui-Romero, 2000.

Energía del mar	Descripción	
0	Baja	El mar se observa con ondulaciones casi imperceptibles
1	Media - baja	Las ondulaciones son constantes
2	Media - baja	Las ondulaciones presentan algunas crestas, el sonido del mar es alto
3	Media - alta	Las olas presentan crestas y disminuyen de longitud, sonido fuerte del mar
4	Alta	Las olas son con crestas desde mar adentro, sonido fuerte del mar
5	Muy alta	Olas con longitud menor y crestas altas

3.2.1.2 Tipo de grano

Las muestras para evaluar el tipo de grano se tomaron empleando un corazonador de PVC de 35 cm de largo y 11 cm de diámetro (Figura 6A) y una lata de atún, la cual se usó herramienta para depositar la arena en bolsas plásticas rotuladas con papel pergamino (figura 6B). Pasado el período de campo, se dio inicio al proceso de laboratorio en donde se llevó a cabo la determinación granulométrica de cada una de las muestras de sedimento recolectadas. Primero se secaron en bandejas profundas pequeñas dejándolas reposar en una zona libre de humedad (Figura 6C) por al menos un día o en un horno Memmert a temperatura de 115°C por 2 h aproximadas, dependiendo de la disponibilidad del espacio de secado (Figura 6D).



Figura 6. Primera parte de granulometría. A. Corazonador de PVC. B. Toma de muestras de sedimento. C. Secado de muestras a temperatura ambiente. D. Horno Memmert.

Seguidamente, se pesaron 100 g de cada una de las muestras y se procesaron por 15 min en un tamizador de marca W.S. TYLER Modelo RX-29 de 7 tamices (Figura 7A), cada uno con un ojo de malla de tamaños diferentes (1 mm, 0,500 mm, 0,250 mm, 0,180 mm, 0,125 mm, 0,090 mm y 0,063 mm). Los sedimentos obtenidos, se separaron y pesaron en una caja de Petri (Figura 7B, C y D), usando una balanza analítica digital de precisión 0.0001 g, de marca Mettler PE 400. Se efectuó la respectiva clasificación por tamaño con la ayuda de la escala de sedimentos de Udden - Wenrorth (1992) (Tabla 4).



Figura 7. Segunda parte de granulometría. A. Tamizador con siete tamices de diferentes tamaños. B. Separación de sedimentos de cada tamiz. C. Pesaje de sedimentos obtenidos en cada uno de los tamices. D. Sedimento separado por diferentes tamaños de grano.

Tabla 4. Escala de sedimentos de Udden-Wenworth (1992).

Tamaño de partícula (mm)	Clasificación
1,63 1,41 1,19 1	Arena muy gruesa
0,84 0,71 0,59 0,5	Arena gruesa
0,42 0,35 0,3 0,25	Arena mediana
0,21 0,177 0,149 0,125	Arena fina
0,105 0,088 0,074 0,062	Arena muy fina

3.2.2 Seguimiento a la actividad de anidación

Desde el 05 de junio hasta el 07 de julio, como parte del monitoreo de la temporada de anidación de tortugas marinas que realiza el ProCTMM, se llevaron a cabo 30 recorridos nocturnos caminando de ida y regreso (5 semanales, durante 5 semanas continuas), a lo largo de la playa entre el río Rio Piedras- Playa Los Cocos y el Rio Guachaca. Cada recorrido se realizó desde las 22:00 hasta las 3:00, abarcando una distancia total de 8,40 km y teniendo como puntos de parada la playa Los Cocos (11°17'2.61"N - 73°52'36.08"O) y la desembocadura del Río Guachaca (11°15'51.04"N - 73°49'18.30"O) y. En cada uno

se descansaba durante 20 min, y después se continuaba con el trayecto. Durante los recorridos se camina usando ropa negra, tratando de hacer el menor ruido posible y utilizando en lo mínimo la luz de las linternas, para evitar asustar a las hembras que estuvieran anidando (Figura 8).



Figura 8. *Caminata nocturna en busca de huellas o hembras anidantes.*

Si se encontraba a una tortuga se debía: iluminar con luz roja, la cual perciben muy poco; acercarse únicamente detrás del animal para poder identificar la especie, percatándose de no interrumpir el proceso de ovoposición; realizar la toma de medida biométricas (Figura 9), con el fin de tener información sobre las frecuencias de tallas de las hembras

anidantes y realizar un marcaje con placas metálicas, tipo Iconel o Monel (Bernal-Gutiérrez *et al.*, 2020) (Figura 10).

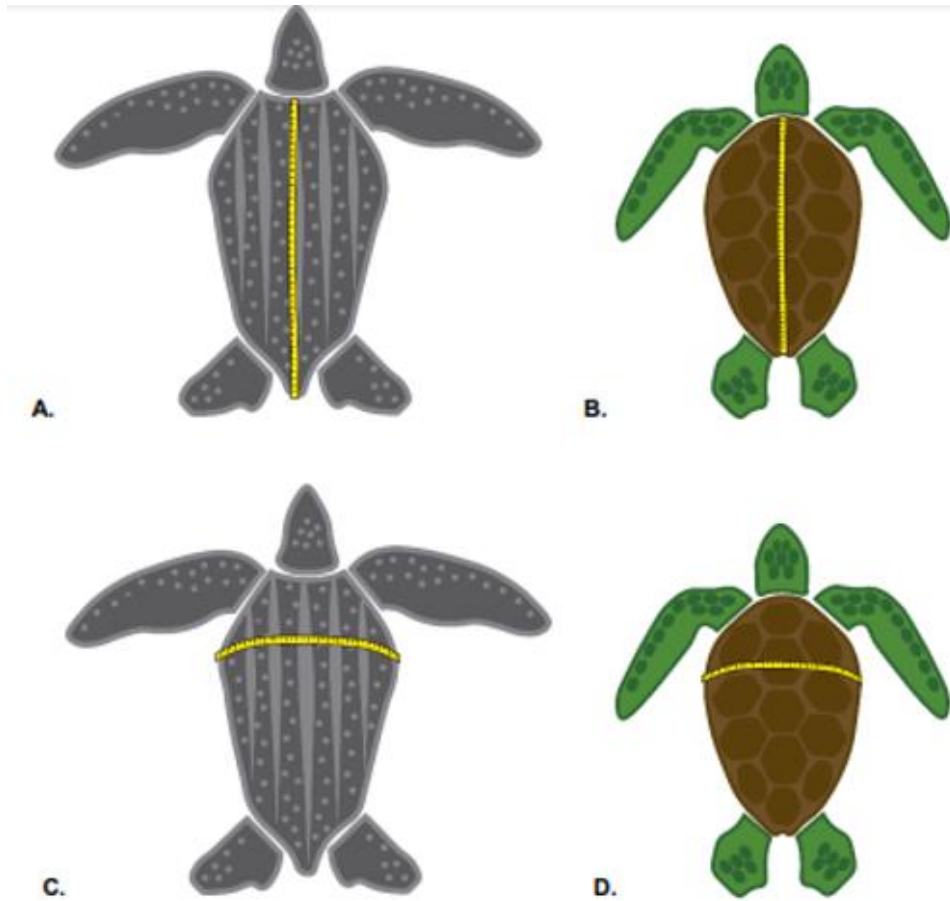


Figura 9. Toma de medidas biométricas. A. Largo curvo del caparazón. B. Ancho curvo del caparazón. Tomado de Bernal – Gutiérrez *et al.*, 2020.



Figura 10. Placas de marcaje de tortugas marinas. A. Placa tipo Monel. B. Placa tipo Iconel. Tomado de Bernal-Gutiérrez *et al.*, 2020.

Para las tortugas Dermochelidae, las placas se deben poner en el pliegue entre la cola y la aleta trasera (Figura 11A), mientras que, para las Chelonnidae, en el tejido intermedio de la primera y segunda escama (Figura 11B). Este marcaje permite obtener información sobre sus patrones de movimiento, tasas de crecimiento e historial reproductivo (Eckert *et al.*, 2000). Por otro lado, si se encontraban huellas se debían identificar teniendo en cuenta la simetría, el tamaño y su ubicación (Tabla 5).



Figura 11. Zonas de marcaje en las tortugas marinas. A. Tortuga Laúd. Tortugas de la familia chelonnidae. Tomado de Bernal-Gutiérrez *et al.* 2020.

Tabla 5. Características de las huellas de las especies anidantes en el Caribe colombiano. *Anchos de huella registrados del ProCTMM para el departamento del Magdalena. **Anchos de huella registrados a nivel mundial. Modificado de Bernal-Gutiérrez *et al.*, 2020.

Especie	Ancho total de huella (cm)	Tipo de huella
<i>Dermochelys coriacea</i>	153 - 179*	Simétrica
	175 - 214**	
<i>Chelonia mydas</i>	95 - 155**	Simétrica
<i>Caretta caretta</i>	89 - 99*	Asimétrica
	70 - 124**	
<i>Eretmochelys imbricata</i>	87*	Asimétrica
	75 - 80**	

3.2.3 Seguimiento de temperatura

3.2.3.1 Temperatura en nidos de *Caretta caretta*

Como parte de las estrategias de conservación *in situ* realizadas por el ProCTMM, los nidos encontrados en lugares expuestos a ser capturados para consumo humano o que estén en playas con alta erosión, son trasladados a corrales u otros lugares donde pueden ser resguardados y protegidos hasta la eclosión de los neonatos. De manera que, los primeros días del mes de junio de 2021, el pescador local o técnico comunitario del programa, trasladó a la finca ubicada en 11°15'43.52"N - 73°48'47.02"O, tres nidadas de tortuga caguama, encontradas en el subsector del Río Guachaca al Río Buritaca, los cuales se resguardaron y protegieron hasta su eclosión (Figura 12A).

Con el fin de realizar curvas diarias de temperatura, unos días después del traslado, con un termómetro análogo de punzón genérico con sonda de 13,5 cm (Figura 12D), se llevó a cabo la medición de la temperatura ambiental ($T^{\circ}\text{Amb}$) y del sedimento: superficial ($T^{\circ}\text{Ssed}$) y a la profundidad de la cámara ($T^{\circ}\text{PCam}$) (Figura 12B, C y E). Con el propósito de no intervenir en el proceso de incubación de los huevos, las temperaturas del sedimento se midieron a 1 m de distancia de cada nido, tomando la $T^{\circ}\text{Ssed}$ justo encima del sedimento y la $T^{\circ}\text{PCam}$ introduciendo el termómetro a 60 cm de profundidad, con el fin de tener una idea más precisa del comportamiento de esta variable sobre los huevos, ya que la tortuga caguama los deposita a esta profundidad.

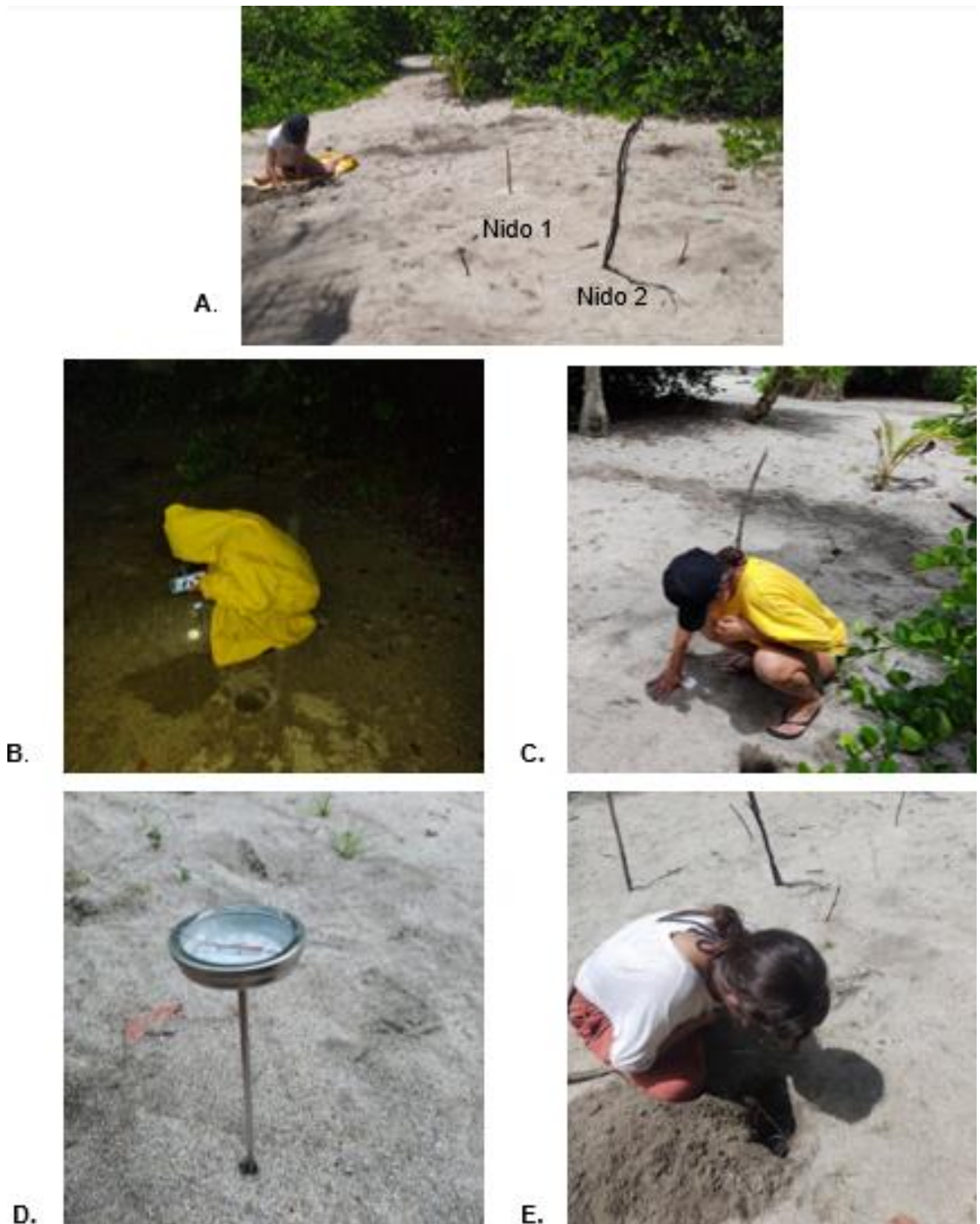


Figura 12. Monitoreo de temperatura en nidos de tortuga caguama. A. Nidos 1 y 2 trasladados al corral temporal. B. Toma de $T^{\circ}SSed$ en la noche. C. Toma de $T^{\circ}SSed$ en el día. D. Termómetro. E. Toma de $T^{\circ}PCam$ del nido (60 cm).

Los nidos se enumeraron según el día de localización y traslado (realizado inmediatamente después de su hallazgo, el cual no era necesariamente el día de su ovoposición), los referenciados como 1 y 2 se hallaron el 4 y el 11 de junio, mientras que el nido 3 se encontró el 12 de junio. Los monitoreos de temperatura se realizaron cada 7 días, el 11, 19 y 25 de junio y el 02 de julio, Para las dos primeras nidadas fue posible realizar 4 registros de temperatura en comparación al tercer nido, donde únicamente se llevaron a cabo 3 mediciones, iniciando en la segunda semana de los otros, esto se debió a que el primer monitoreo se realizó 11 de junio (Tabla 6) y se contaba únicamente con las dos primeras nidadas.

Tabla 6. *Medición de temperatura en los 3 nidos de *Caretta caretta*.*

Registro	Fecha de la medición	Nido
1	11/06/2021	1
		2
2	19/06/2021	1
		2
		3
3	25/06/2021	1
		2
		3
4	2/07/2021	1
		2
		3

3.2.3.2 Monitoreo de temperatura en estación de Guachaca

Para tener un registro más detallado de la temperatura en una zona probable de anidación, se realizaron 5 mediciones de la temperatura ambiental y superficial del sedimento, cada 2 horas, los días 5, 12, 19, 26 de junio y el 02 de julio, en la ZM de la estación M04 (11° 16' 42.19" N 73° 51' 53.80" O) del subsector de Guachaca (Figura 13). La estación se escogió debido a que en ese lugar el ProCTMM ha registrado previamente la presencia de nidos de tortugas marinas.



Figura 13. Monitoreo de temperatura en la estación M04. A. Toma de temperatura ambiental. B. Toma de temperatura superficial del sedimento.

3.2.3.3 Temperatura en sistema *ex situ*

Una nidada de 50 huevos procedente de la playa Los Cocos Subsector Río Piedra – Río Mendihuaca, encontrada por el Sr Miguel, pescador de la zona, quien los resguardó hasta la llegada de los investigadores, se trasladó a una incubadora portátil de poliestireno (Figura 14A), la cual se ubicó en las instalaciones del Acuario de Mundo Marino. A esta se le realizaron perforaciones en la base para garantizar el flujo de gases y la fluctuación de la temperatura al interior y se llenó con arena extraída del nido, con fin de recrear las condiciones naturales (Bernal-Gutiérrez *et al.*, 2020). Los huevos permanecieron 54 días en el sistema *ex situ*, de los cuales se tomaron dos días (el 14 de agosto y el 3 de septiembre), donde se les tomó la temperatura cada dos horas, por 24 horas introduciendo totalmente el termómetro lo más alejado de los huevos (Figura 14B).



Figura 14. Sistema ex situ. A. Traslado de huevos de tortuga caguama a incubadora portátil. B. Monitoreo de temperatura de sedimento.

3.3 FASE DE GABINETE

Los aspectos geomorfológicos de las playas (longitud e inclinaciones) se representaron en perfiles elaborados con los programas Adobe Illustrator y Freepik, los cuales se utilizaron para la representación esquemática y el diseño gráfico, respectivamente. Por otro lado, las gráficas y tablas utilizadas para representar las fluctuaciones del componente edáfico se elaboraron en Excel.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN DE PLAYAS ANIDACIÓN DE TORTUGAS MARINAS EN 23 ESTACIONES EN EL SECTOR GUACHACA – COCOS

4.1.1 Perfiles topográficos

En las Figuras 16-21 y en el anexo A y B, se encuentran esquematizados los perfiles de las playas caracterizadas, junto con los factores oceanométrológicos, tales como, la energía del mar, la nubosidad y la fase lunar; representadas con una ola, una nube y una luna, respectivamente. Tanto en el sector M como en el G, se observó gran variación en el

ancho de la playa en un lapso de 4 semanas, sin embargo, las playas del sector G (Anexo A), presentaron menor cantidad de inclinaciones y con menor variación que en el sector M (Anexo B). El viento ayuda a explicar los cambios en la playa, ya que puede depositar o remover sedimento (Franco, 2008). En el hotel Casa Grande Surf ($11^{\circ}16'42.19''N$ - $73^{\circ}51'53.80''O$) y entre una madre vieja ($11^{\circ}16'47.95''N$ $73^{\circ}52'6.79''O$) (Figura 15B), se encontraron las playas con las inclinaciones más sobresalientes (Figura 16 y 17).



Figura 15. Estaciones del sector M. A. Río Mendihuaca en M01. B. Madre vieja en M06.

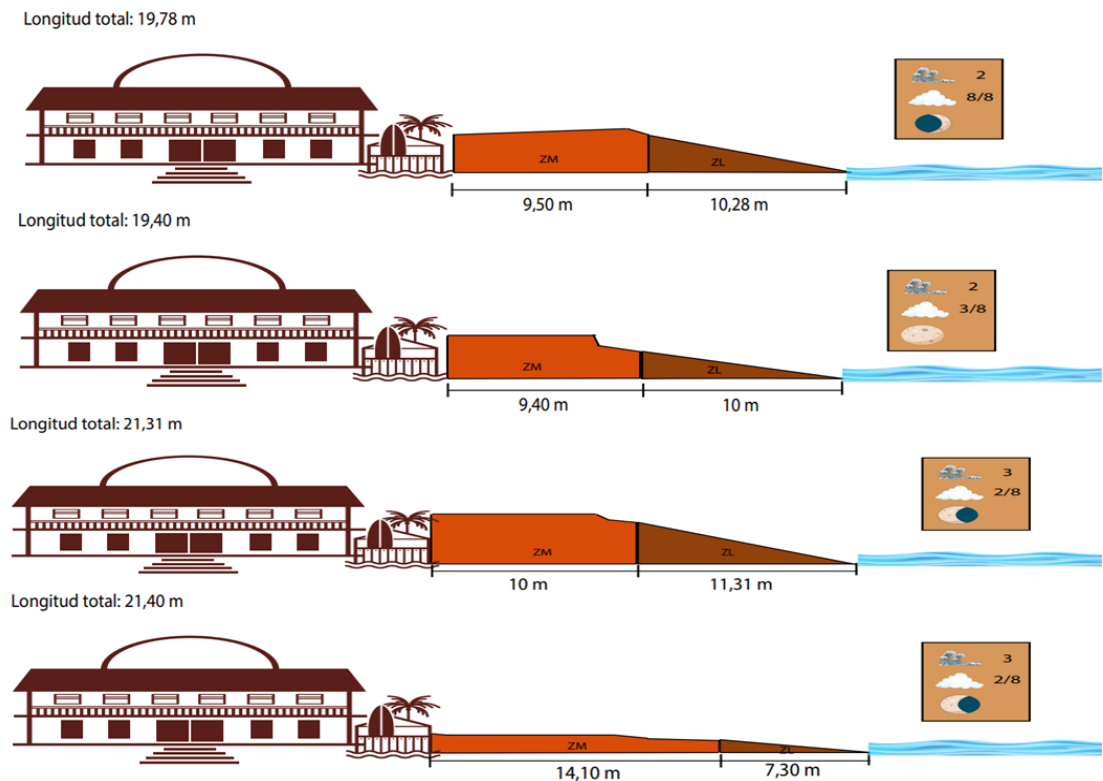


Figura 16. Perfiles de playa de la M04, de 4 registros posicionados en orden ascendente vertical.

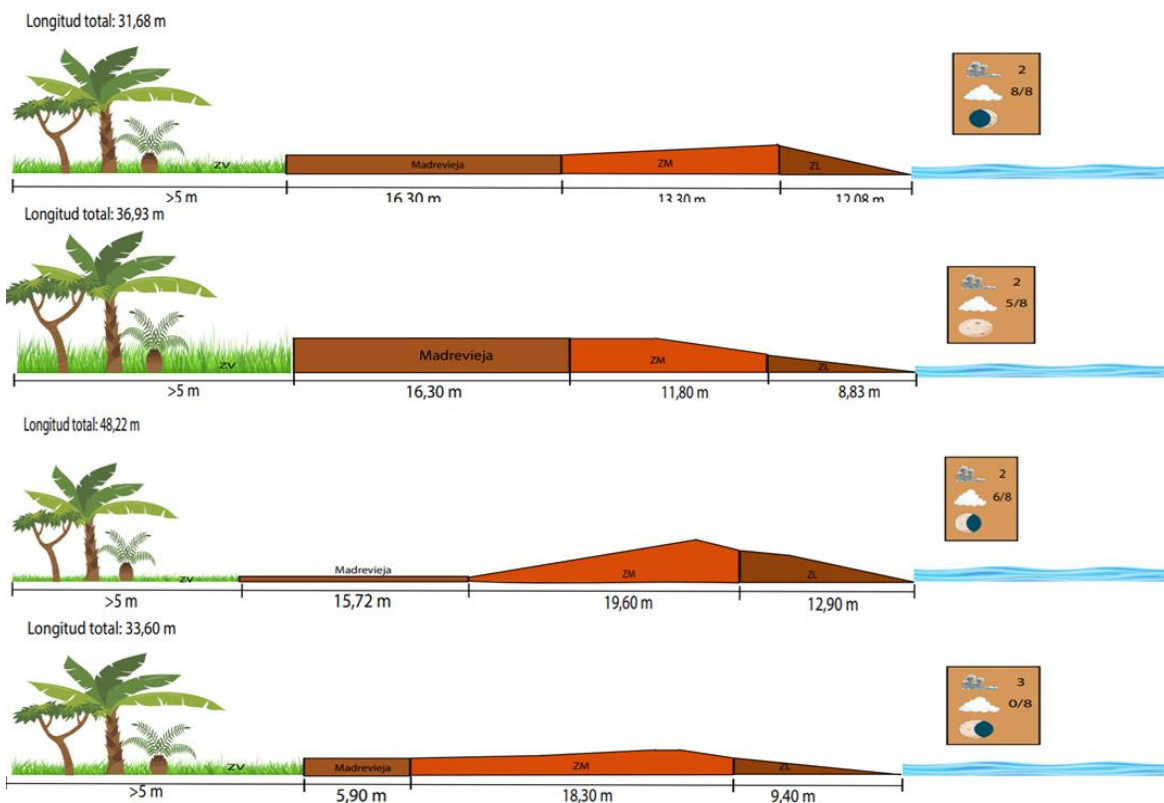


Figura 17. Perfiles de playa de la M06, de 4 registros posicionados en orden ascendente vertical.

En la estación G07, se observó un aumento discontinuo en el ancho de la playa de 13,89 m (Figura 33), mientras que las estaciones M07 y M10 (Figura 34 y 35), fueron las más representativas por su amplia variación a lo largo de las semanas y por ser de las playas más amplias del sector, ya que la primera una medida inicial de 44,81 m y la segunda de 51,46 m. En ambas estaciones se observó un decrecimiento continuo bastante evidente a lo largo de las semanas, ya que en el cuarto y último registro presentaron una dimensión de 24,19 y 27,80 m, respectivamente. Caso contrario ocurrió en M01 (Figura 30A y 36), otra de las playas más extensas, donde se observó un incremento a lo largo de las semanas, con un registro inicial de 44,12 m y final de 51,60 m.

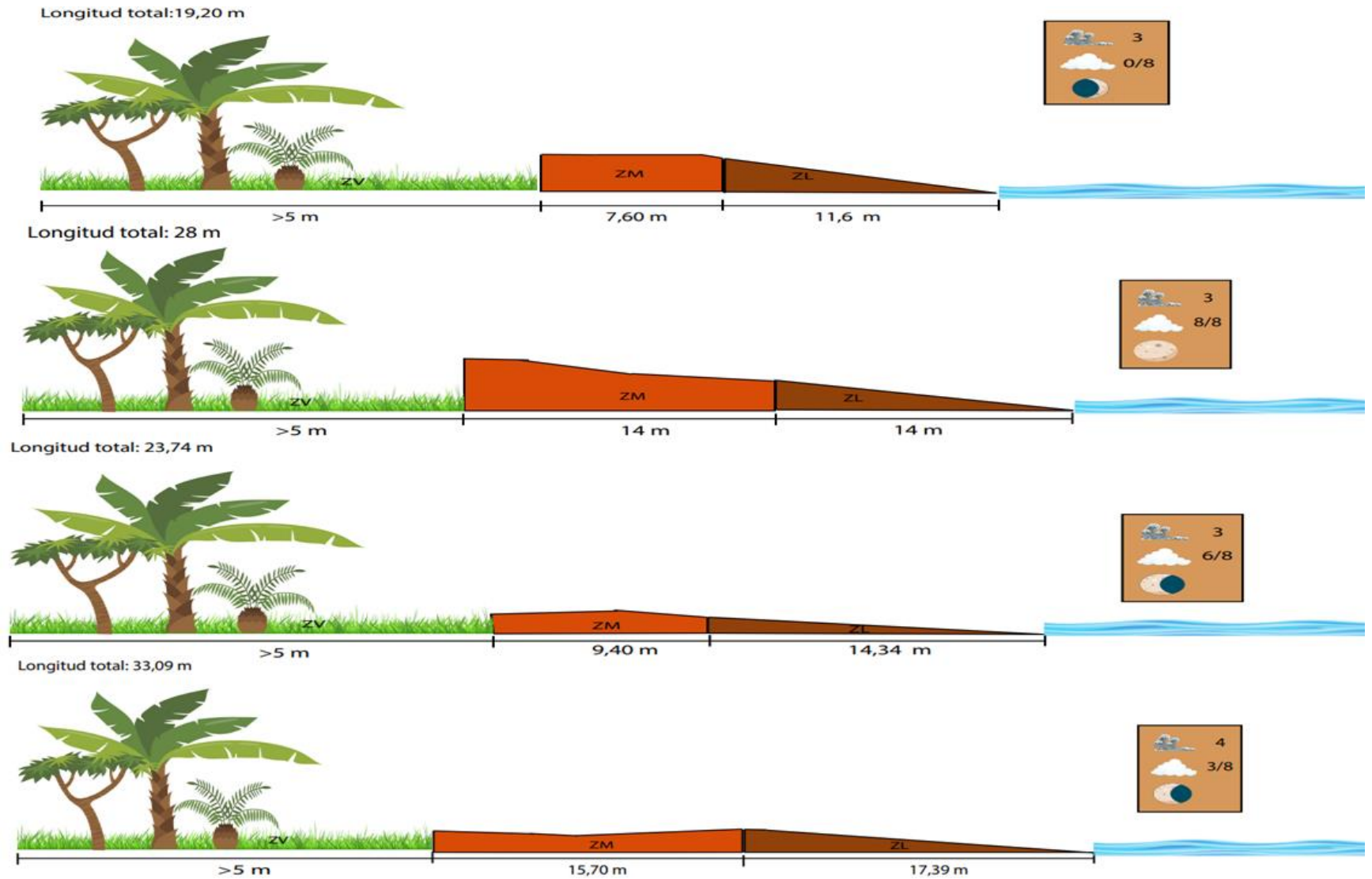


Figura 18. Perfiles de playa de la G07, de 4 registros posicionados en orden ascendente vertical.

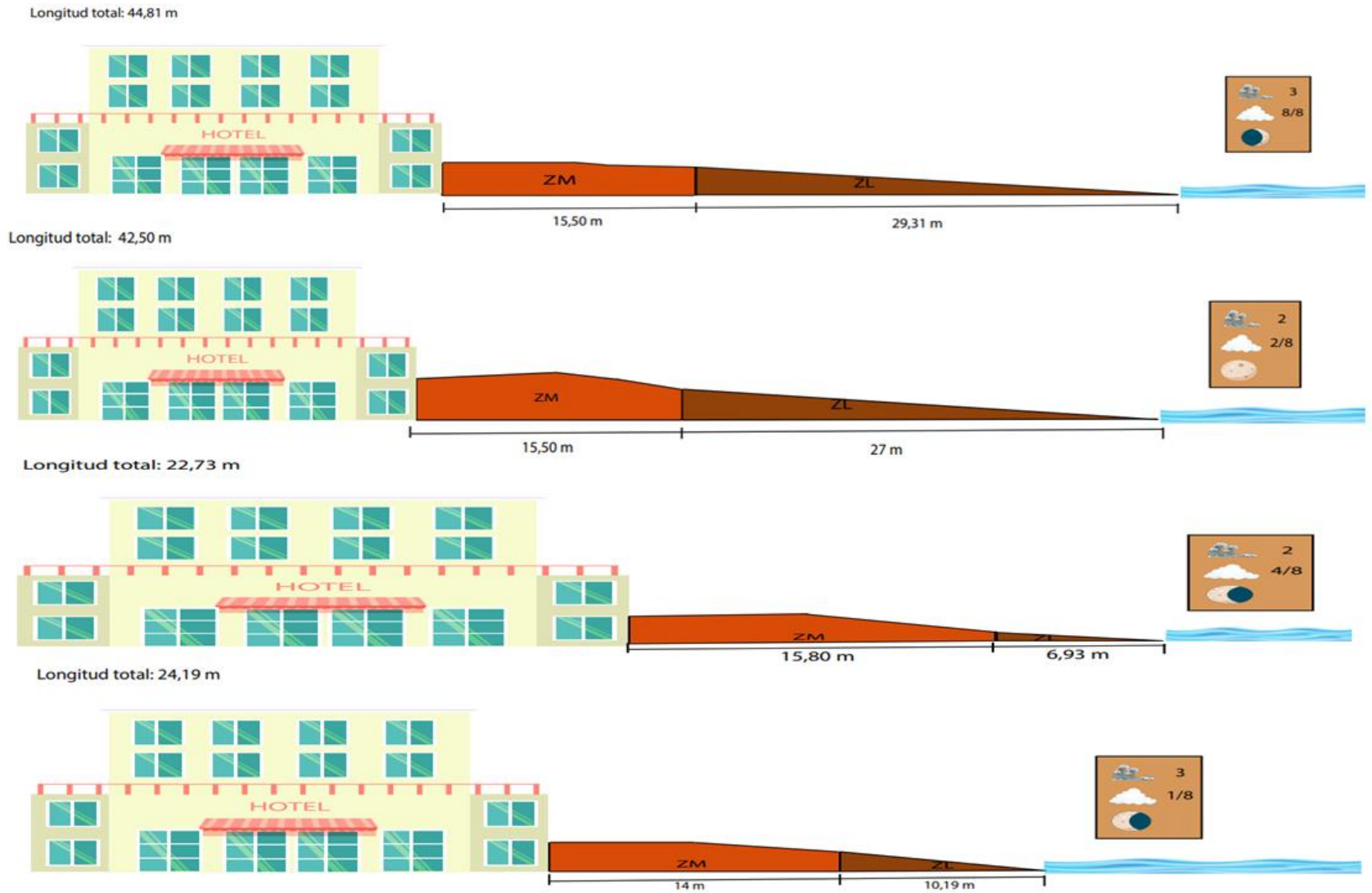


Figura 19. Perfiles de playa de la estación M07, de 4 registros posicionados en orden ascendente vertical.

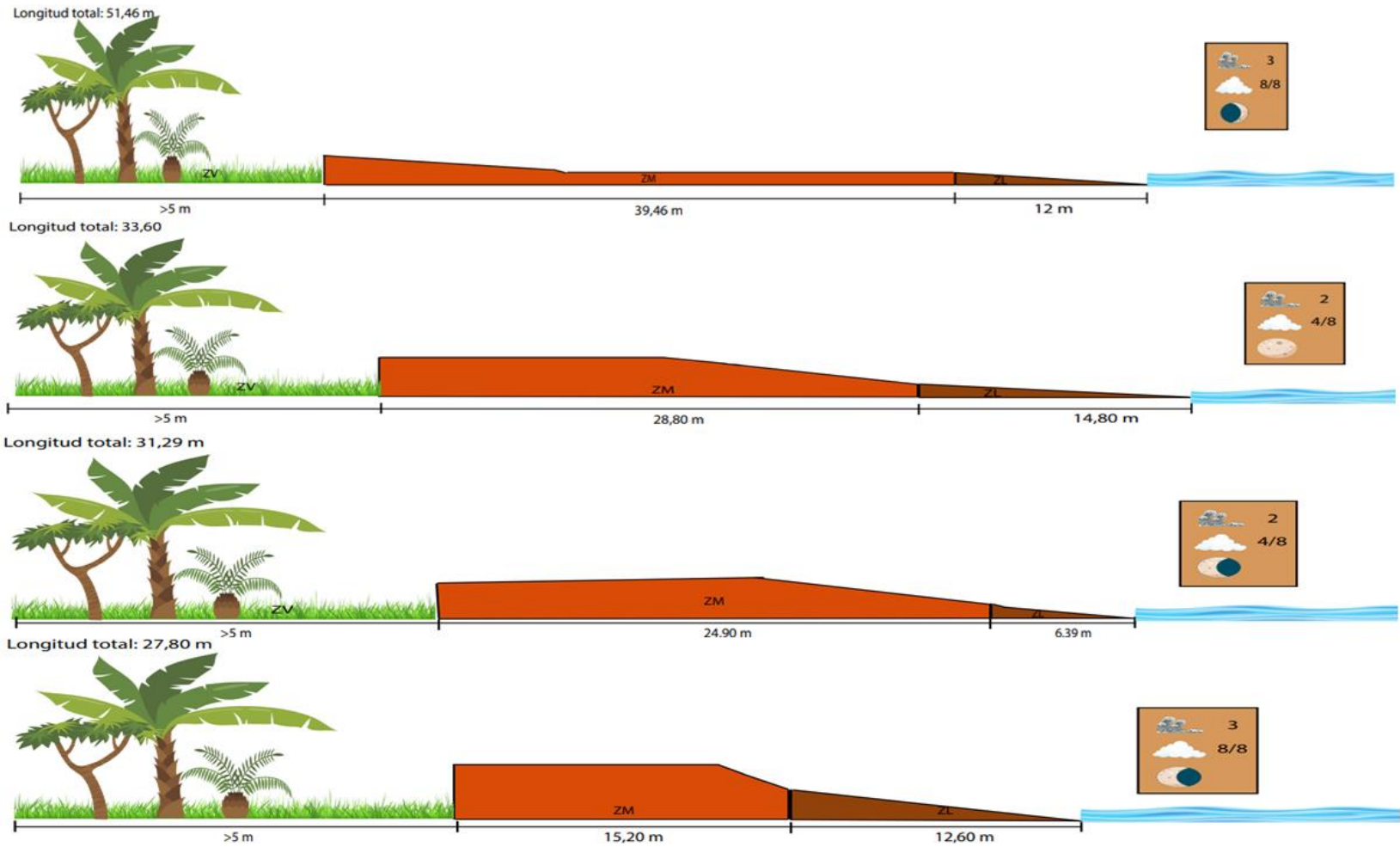


Figura 20. Perfiles de playa de la estación M10, de 4 registros posicionados en orden ascendente vertical.

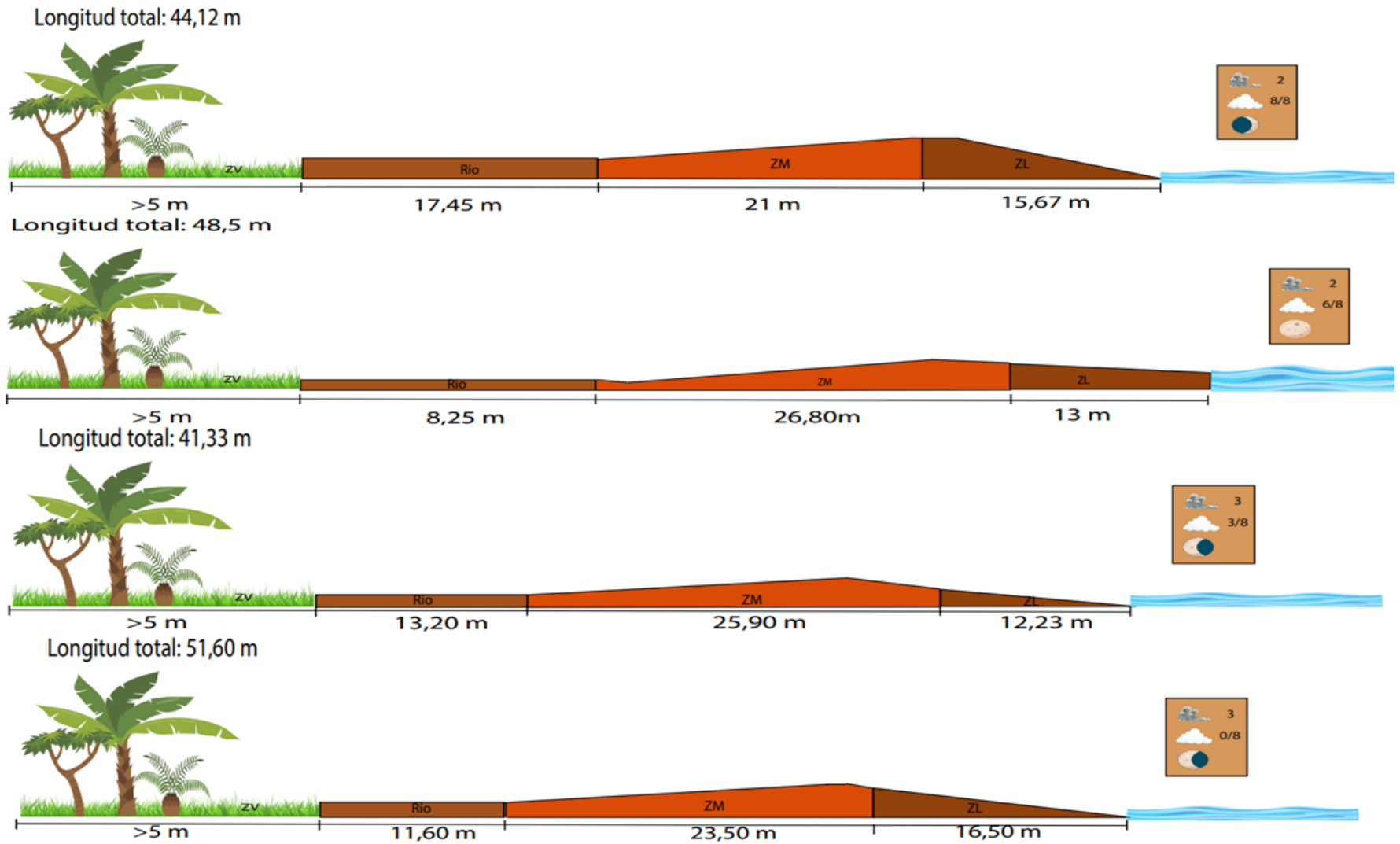


Figura 21. Perfiles de playa de la estación M01, de 4 registros posicionados en orden ascendente vertical.

En el sector G se midió ZV en 3 estaciones (G04, G05 y G11), mientras que en el M solo a una estación (M03), en la cual no se encontró gran variación a lo largo de los registros. Por lo contrario, en las 3 estaciones mencionadas, tanto las inclinaciones como la longitud cambiaron al pasar las semanas. Por otro lado, la ZV y la ZM de la playa presentaron mayor cantidad de inclinaciones respecto a la ZL, la cual generalmente presentaba una única inclinación.

Las playas con pendientes uniformes, estables y suaves (M07, G04, G05, G08, M02, M08), ofrecen una plataforma propicia para la anidación de *C. caretta*, *E. imbricata* y *C. mydas* (Márquez, 1996). Por otra parte, Alcívar y López (2014), han reportado anidación de *D. coriacea*, en lugares con pendiente pronunciada ($>10^\circ$) entre la zona de lavado y la zona media, ya que su gran tamaño le permite avanzar sobre estas. Lo anterior coincide con lo encontrado, ya que la M06, donde se halló un rastro de tortuga Laúd, cuenta con dicha característica.

Las fases lunares influyen directamente en la energía del mar, la cual es la principal responsable en el cambio de un perfil transversal de la playa (Mosso, 2004). En el presente estudio, no se observó un comportamiento esperado en la energía del mar, ya que, en el último registro de algunas del sector G, se contempló la máxima energía de la mar registrada (de 4), en presencia de luna cuarto menguante; no obstante, se sabe que la luna llena y la luna nueva son las responsables de las mareas más altas, mientras que en luna creciente o menguante se presentan las más bajas mareas (Vega - Bravo *et al.*, 2019).

Por otro lado, el cambio de la energía del mar puede provocar que las olas rompan con fuerza causando una eventual erosión en la playa (ocasionando pendientes pronunciadas) (Hernández, 2020). Esto se vio representado en la M10, en el registro 4, donde el aumento de dicha energía generó una disminución en el ancho la playa y la formación de una pendiente de 37 grados; así mismo, en la M06, se observó un cambio de pendiente marcado, del segundo al tercer registro, donde previamente se había presenciado la luna llena, la cual pudo haber influenciado en el aumento de la marea cuando el viento estaba en calma (Escobar, 2007), lo que ocasionó la formación de dicha berma.

4.1.2 Temperatura del sedimento

En el sector M y G, la ZV y la ZM fueron los estratos más cálidos en todos los registros (a excepción del R2 del sector M, donde la temperatura no superó los 30,5°C), mientras que en la ZL se observaron las temperaturas más bajas y menos fluctuantes a lo largo del estudio. En el periodo de muestreo entre las 23 estaciones, en la Zona de Vegetación (Figura 22) del sector G no se encontró tanta variación a lo largo de los registros como en el sector M, ya que, en este último, en el segundo registro, las temperaturas registradas difirieron en comparación a las obtenidas en las demás jornadas de medición, teniendo en este los valores más bajos en todas las estaciones.

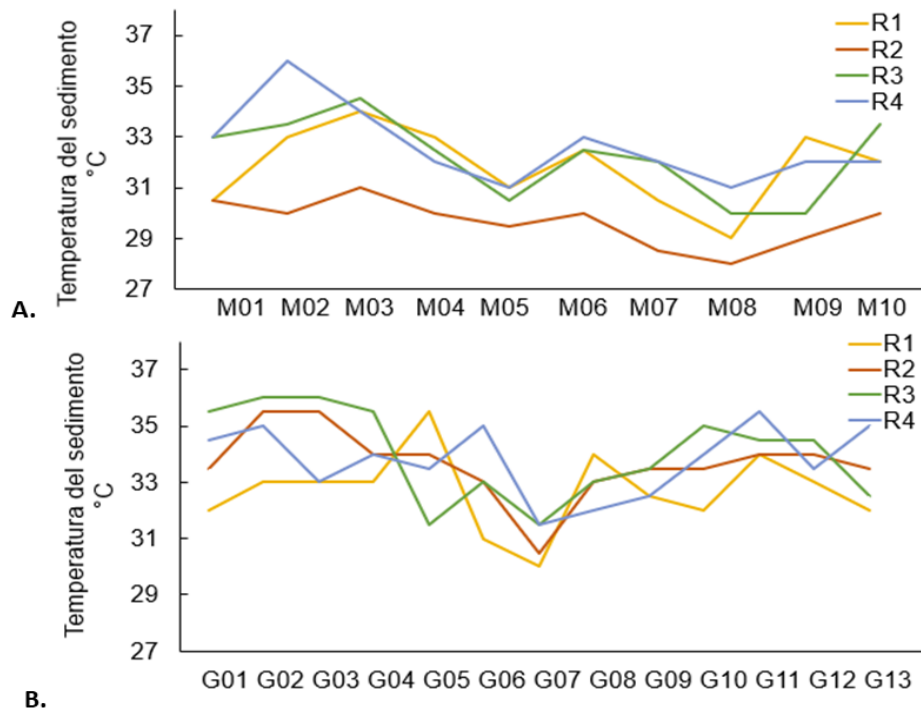


Figura 22. Temperatura del sedimento en la Zona de Vegetación, donde R = registro. A. sector M. B. sector G.

Por otra parte, en este estrato se encontró una amplia variación de temperatura entre las estaciones, lo cual pudo haber ocurrido por la flora presente en cada punto estacional (Figura 23), dado que en algunas estaciones esta era de tipo arbórea y más extensa

(M09, M08, M06, M01, G03) o rastrera (M05), las cuales obstaculizan la penetración de los rayos UV, favoreciendo a temperaturas más templadas; esto se ve muy bien representado en la Figura 23B, donde la M05 y M08 registraron bajas temperaturas en comparación a la mayoría de las estaciones. Caso contrario ocurre en las estaciones donde la vegetación se encuentra muy separada o ausente debido a la intervención humana (M04), ya que permite la penetración de los rayos UV generando altas temperaturas (Houspanossian *et al.*, 2007).



Figura 23. Zona de Vegetación de seis estaciones ubicadas entre el Río Mendihuaca y el Río Piedras. A-D. Vegetación de tipo arbórea: estaciones: M01 (A), M06 (B); M08 (C), M09 (D). E. Vegetación de tipo rastrera: M05. F. Zona intervenida.

Por el contrario, en la Zona Media (Figura 24), este rango de fluctuación fue más amplio en la mayoría de las estaciones a lo largo de los registros, ya que en este caso la mayor oscilación se observó en la estación M08, donde se mantuvo entre 29,5–35,5 °C, en el registro 2 y 3, respectivamente y en G03, donde se sostuvo entre 30-35,5°C, en el registro 4 y 3, respectivamente. La mayor variación observada en la ZM se puede explicar por las observaciones de Seoanez (2002), quién declara que la gran exposición a la energía solar y la presencia de menor humedad en el sedimento genera que la arena se caliente y enfríe rápidamente durante el día. Sin embargo, esto difiere de lo encontrado, ya que el promedio de humedad en esta zona fue bastante alto (70%) y mucho mayor que el de la ZV (35%).

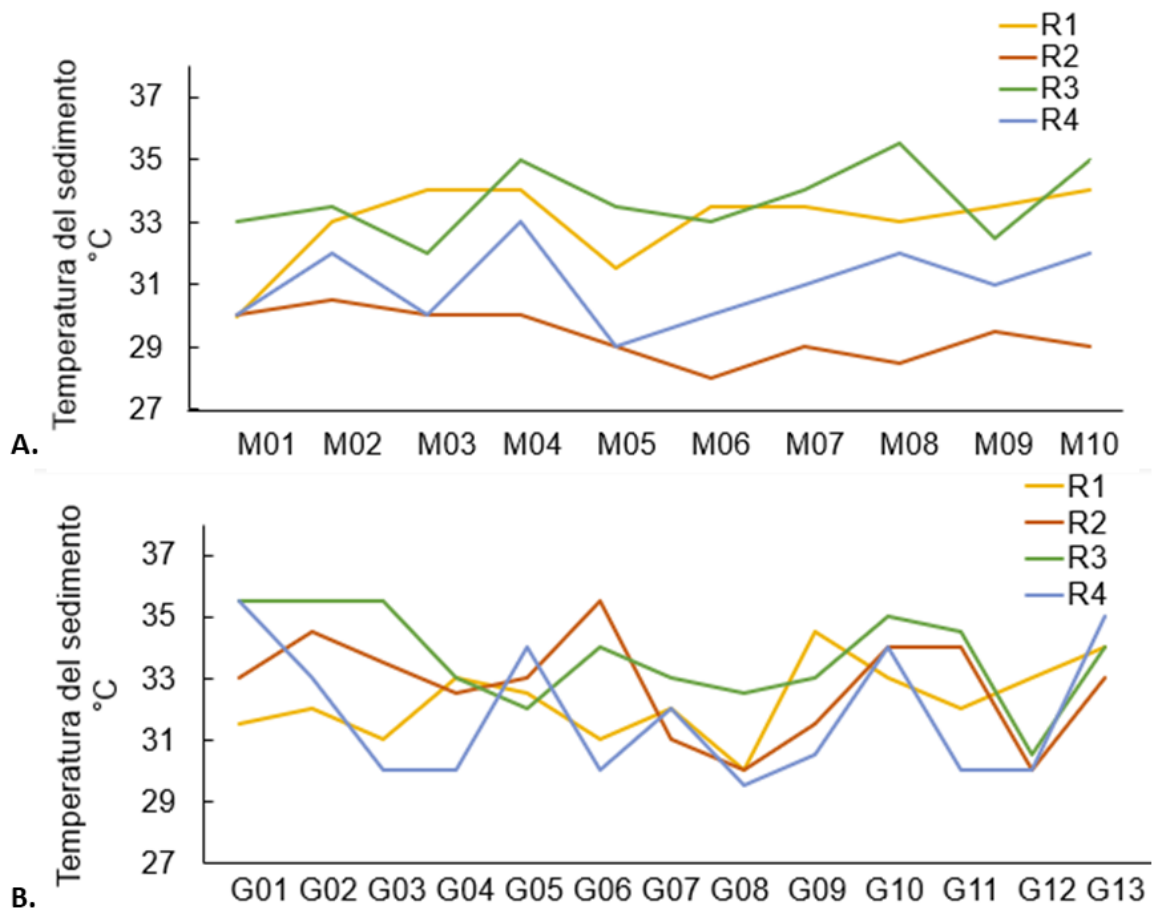


Figura 24. Temperatura del sedimento en la Zona de Media, donde R = registro. A. sector M. B. sector G.

La ZL (Figura 25) es el estrato con las temperaturas más bajas debido al aporte constante de agua de mar la cual también mantiene una poca oscilación de dicha variable a lo largo de las semanas. En la estación G02, en el tercer registro, se presentó un pico atípico de 35°C antes de las 6:00 h; a excepción de dicho pico, el rango de fluctuación se mantuvo entre 27-32,5 °C, teniendo en cuenta todos los registros y estaciones.

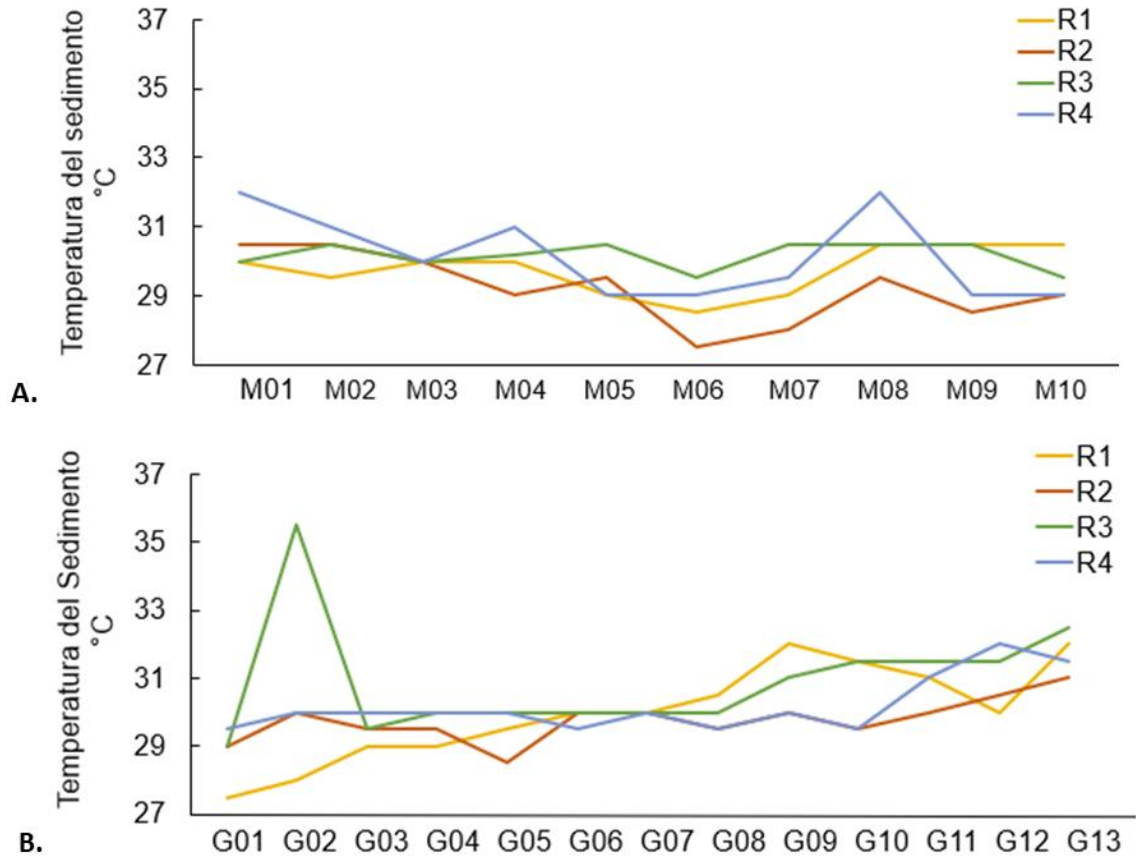


Figura 25. Temperatura del sedimento en la Zona de Lavado, donde R = registro. A. sector G. B. sector M.

Como se mencionó anteriormente, el registro 2 del subsector M presentó las menores temperaturas en los tres estratos de la playa, por lo que se esperaba que ese día se encontró mayormente nublado, a lo largo de todo el recorrido; sin embargo la nubosidad varió en todas las estaciones, encontrándose desde 2/8 (M03) hasta 8/8 (M07), no obstante entre las estaciones si se observó lo esperado, ya que en todas las octas de la bóveda celeste, el cielo estaba despejado en la estación M03 generando la mayor temperatura en ese seguimiento, mientras que el cielo nublado en la M06 y M07 pudo

propiciar un descenso en la temperatura. Por lo contrario, el tercer y cuarto registro en todos los estratos de la playa se observó unas de las temperaturas más cálidas, lo cual se debe a que el cielo estuvo despejado en la mayoría de las estaciones (Tabla 7). No obstante, en el sector G no se encontró tanta concordancia con la nubosidad ya que el R2 presentó un cielo nublado en todas las estaciones sin embargo no se observaron temperaturas más bajas en comparación a los demás registros, además el R4 fue el más despejado y presentó en la ZM las temperaturas más bajitas en la mayoría de las estaciones.

Tabla 7. Nubosidad de las 23 estaciones de Río Guachaca – Río Piedras en 4 registros.

Sector	Estación	Registro 1	Registro 2	Registro 3	Registro 4
M	M01	8/8	4/8	4/8	8/8
	M02	7/8	7/8	4/8	8/8
	M03	8/8	6/8	4/8	3/8
	M04	8/8	2/8	4/8	1/8
	M05	8/8	5/8	6/8	0/8
	M06	8/8	4/8	4/8	0/8
	M07	8/8	3/8	2/8	2/8
	M08	8/8	8/8	5/8	0/8
	M09	8/8	7/8	3/8	0/8
	M10	8/8	6/8	3/8	0/8
G	G01	8/8	7/8	8/8	4/8
	G02	8/8	8/8	8/8	5/8
	G03	8/8	7/8	8/8	3/8
	G04	7/8	8/8	6/8	3/8
	G05	7/8	8/8	6/8	3/8
	G06	7/8	7/8	6/8	3/8
	G07	0/8	8/8	6/8	3/8
	G08	0/8	8/8	1/8	8/8
	G09	0/8	7/8	0/8	7/8
	G10	1/8	8/8	0/8	3/8
	G11	3/8	8/8	7/8	2/8
	G12	3/8	8/8	8/8	7/8
	G13	7/8	7/8	7/8	5/8
Despejado					
Intermedio					
Nublado					

En la caracterización realizada por Díaz (2019) en el sector del presente estudio, se registraron temperaturas de sedimento promedio de 28,72 °C, 26,53 °C y 25,32°C en la ZV, ZM y ZL, respectivamente; así mismo, en el estudio de Hernández (2019), se presenciaron temperaturas muy similares, estando generalmente por debajo de 30 °C. Estos resultados difieren de los encontrados en el presente estudio, donde el promedio de temperatura más bajito fue de 30,5 °C (en la ZL); sin embargo, si se encontró una coincidencia con lo reportado por Ospina y De Luque (2005) en el PNNT, donde los promedio de la ZV y la ZM, fueron de 32,6 °C y 32,3 °C, respectivamente.

4.1.3 Humedad del sedimento

En las Figuras (26 y 27) está representada la humedad del sedimento en la ZV y en la ZM de la playa, en 23 estaciones ubicadas entre el subsector M (Figura 26) y el subsector G (Figura 27). La humedad de la Zona de Vegetación y la Zona Media presentaron alta variación entre las estaciones, pero esta última en menor medida en el subsector G, mientras que la zona de lavado se mantuvo constante en todas las estaciones a lo largo de las 4 semanas, ya que en esta siempre fue del 100% (razón por la cual no está graficada).

En la zona de vegetación del sector M (Figura 26A), la mayor humedad fue del 90% y se encontró en las estaciones M02 y M05, en el registro 2 y 3, respectivamente. Por otra parte, en contraste con el sector G, en el sector M se evidenció una humedad de 0% únicamente en la estación M05 (R1 y R2) y M06 (R4). Respecto a la zona Media (Figura 22B), esta variable se mantuvo en constante variación a lo largo de los registros y entre las estaciones, a excepción del último registro, donde las estaciones M01 – M09 coincidieron con una humedad del 100%.

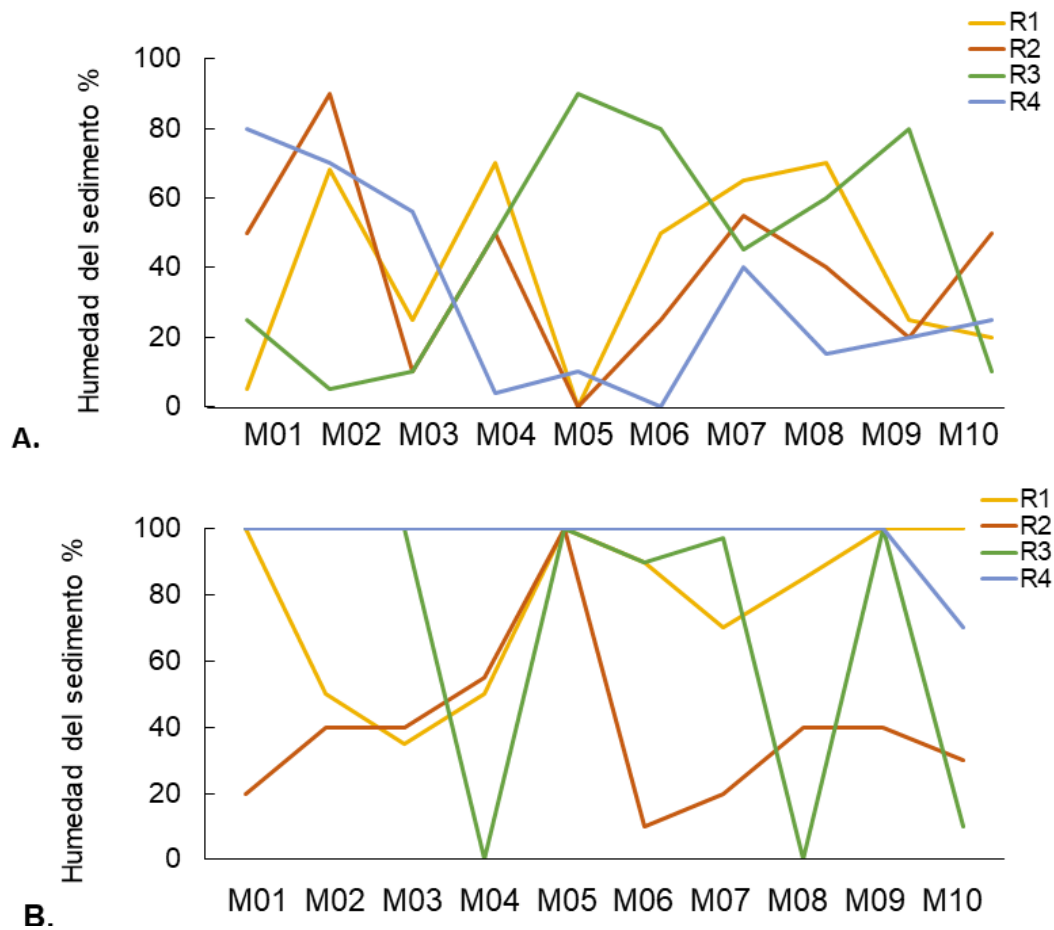


Figura 26. Humedad del sedimento en 10 estaciones ubicadas en el sector M, donde R = registro. A. Zona de vegetación (ZV), B. Zona media (ZM).

En la Zona de Vegetación del subsector G (Figura 27A), la humedad más alta se encontró en el registro 1, en la estación G06 y G08, donde fue de 100 y 60%, respectivamente; mientras que la más bajita fue del 0%, en las estaciones G01, G02, G03, G04 y G05 en todas las semanas, a excepción de la estación G03, donde en el registro 4 esta ascendió al 40%. Respecto a la Zona Media (Figura 27B), las humedades más bajas registradas se presenciaron en el R3 y correspondió a 5% y 10% en las estaciones G02, G03, G04, G06, G11 y G13. Por otro lado, las humedades más altas se observaron en los registros 2 y 4, donde 10 de G01 estaciones presentaron humedad del 100% y la estación G08 se mantuvo constante en dicho valor durante los 4 registros.

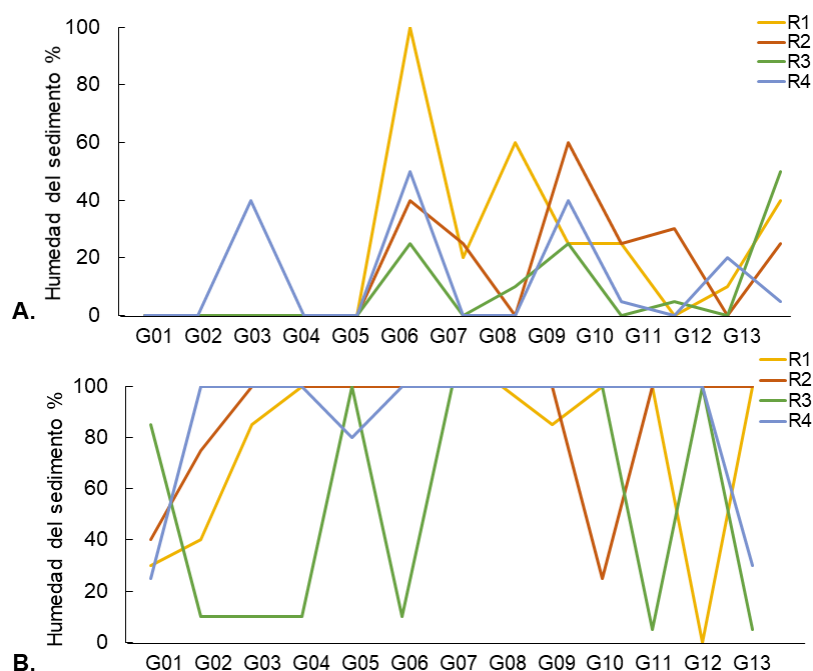


Figura 27. Humedad del sedimento en 13 estaciones ubicadas en el sector G, en una escala del 0 – 100 %, donde R = registro. A. Zona de vegetación (ZV), B. Zona media (ZM).

El estudio indica que el estrato con menor humedad fue la Zona de Vegetación y la de mayor fue la Zona de Lavado (Tabla 8), lo cual coincide con lo encontrado en otras investigaciones como en la de Garcés *et al.* (2020) y en el de Escobar (2007). No obstante, los porcentajes de humedad encontrados para la ZV y la ZM no coinciden con los obtenidos por Ospina y De Luque (2005) y Escobar (2007); ya que en estos se obtuvieron resultados considerablemente menores, siendo estos de 0% para la ZV y menos del 40% para la ZM.

Tabla 8. Promedio de factores edáficos de toda la zona estudiada.

Factores edáficos	ZV	ZM	ZL
Temperatura	32,7	32,2	30
Humedad	25	75	100
pH	6,6	5,5	4,2

La humedad en el sedimento está directamente relacionada con los aportes de agua externos, la capacidad de drenaje y por la evaporación (Seoanez, 2002). Por esto la ZV, siempre es la que menor humedad presenta, debido a que su aporte depende principalmente de las lluvias, mientras que, en la Zona de Lavado al tener aporte de agua

constante por parte de las olas, la humedad siempre es del 100%. Por su parte la ZM, muestra un valor intermedio entre estos dos estratos, ya que en este no hay aporte constante de agua, pero si tiene cierta influencia por las olas.

Además de la calidad y la temperatura del sedimento, la humedad es un factor importante para la selección del sitio de la puesta de tortugas marinas (Garcés *et al.*, 2020). La mayoría de las especies encuentran la humedad optima en la ZM, donde no es ni muy escasa, ni muy excesiva, ya que su insuficiencia causa el colapso de la cámara del nido mientras la tortuga lo construye, provocando que el reptil se mueva a otro lugar a anidar nuevamente (Bustard y Greenham, 1968). Así mismo en la incubación, también se puede tener grandes efectos negativos en la sobrevivencia de los embriones, puesto que el equilibrio osmótico es un factor importante para el desarrollo embrionario, y con poca humedad los huevos se deshidratan, desecan y colapsan (McGehee 1979, López–Castro 2002). En el caso contrario, cuando se presenta un nivel excesivo, disminuye el intercambio de agua en los huevos y puede causar inundación y pérdida total del nido (Tiburcio, 2006).

En cuanto al cambio de humedad esperado a diferentes horas del día, se observó un resultado que coincide con el estudio de Escobar (2007), pero que va en contra del pronóstico, ya que se espera que en horas del día en las que no ha salido el sol, la humedad sea mayor que cuando los rayos UV pegan directamente en el sedimento, sin embargo, en este estudio, las humedades presentadas en las estaciones G01–G03 (tomadas entre las 5:30–6:30 h), fueron las más bajas en todos los registros, tanto en la ZV, como en la ZM; y en las últimas estaciones (G11– G13), donde se midió la temperatura casi a las 10:00 h, no se encontró alguna diferencia notoria respecto a las demás estaciones.

4.1.4 pH del sedimento

Se observó un aumento en el pH a medida que se avanza perpendicularmente hacia el mar, siendo la ZV el estrato con el valor más neutro (6,6) y la ZL el estrato mayormente ácido (4,2). En el período de muestreo a lo largo de las 23 estaciones, el pH en la Zona de Vegetación oscilo entre 5–7 (Figura 28), encontrándose el menor valor en la estación

M02, en el registro 2. En el subsector M, en el registro 4, en casi todas las estaciones el pH se mantuvo en 7 o muy cercano a ese valor, mientras que en el sector G, este comportamiento se observó en el registro 3. Estos valores favorecen el crecimiento de las plantas en este estrato, debido a que muchos nutrientes presentan su máxima solubilidad en un pH entre 6 y 7 (Benito *et al.*, 1989), ayudando a que se mantenga la ZV y favoreciendo a su vez, la llegada de las tortugas carey, las cuales prefieren anidar en dicha zona por la presencia de raíces que contribuyen a que la arena esté menos compacta, otorgando un sustrato adecuado para sus nidos (Piedra y Morales, 2015).

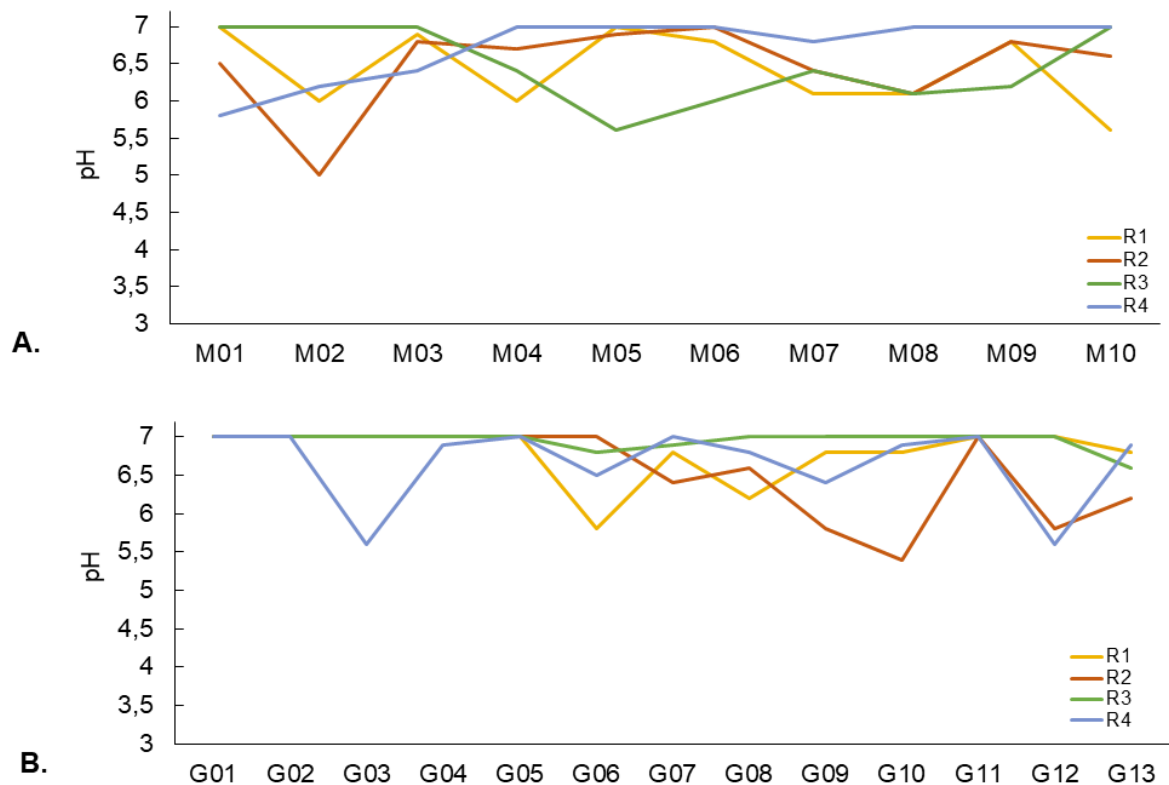


Figura 28. pH del sedimento en la ZV, donde R= registro. A. Sector M. B. Sector G.

Mientras tanto, en la Zona Media de la playa (Figura 29), se contó con un amplio rango de fluctuación a lo largo de los registros en la mayoría de las estaciones (donde el mayor se encontró en la estación M02, y osciló entre 4–6,9), a excepción de las estaciones G08 y M09, ya que en estas se mantuvo cerca de 3,7 y 4,6, respectivamente.

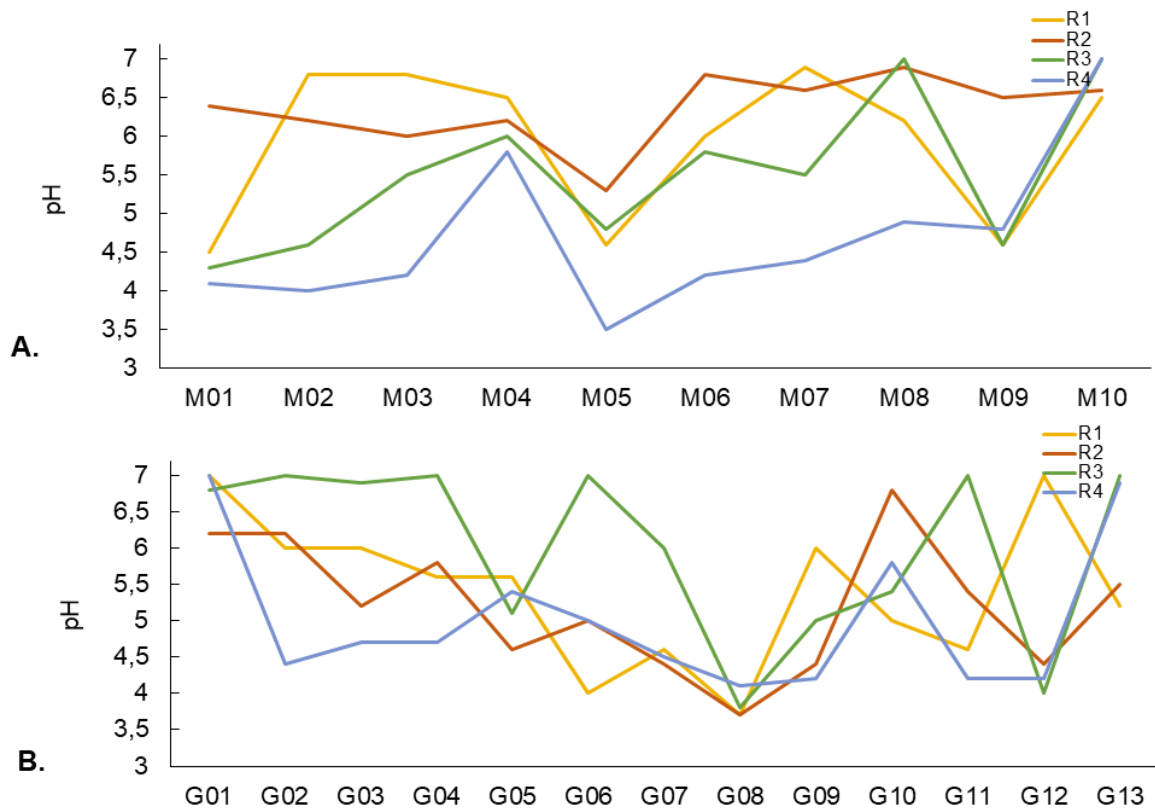


Figura 29. pH del sedimento en la ZM, donde R= registro. A. Sector M. B. Sector G.

En la Zona de Lavado de playa, donde se evidenció la mayor cantidad de valores ácidos, se presencié un rango de fluctuación entre 3,5–5,9, presentando comportamientos similares a lo largo de 3 de los 4 registros, en ambos sectores (Figura 30). Esto coincide con lo reportado por Escobar en el 2007 en la Playa Gumarra (PNNT), donde el pH en este estrato se encontró siempre alrededor de 4. La acidez en la ZL depende tanto de las precipitaciones como de la incidencia directa y constante del mar (Ospina y De Luque, 2005), ya que la presencia de dióxido de carbono del mar desencadena una bajada en los niveles del pH (Ajuria, 2017).



Figura 30. pH del sedimento en la ZL, donde R= registro. A. Sector M. B. Sector G.

4.1.5 Tipo de grano

Tanto en el subsector M como en el subsector G predominó la arena gruesa, con granos de tamaño de 0,25–0,50 mm (Anexo C y D). En la ZV y en la ZM de la playa, predominó el grano de tamaño de 0,5 m, en mayor medida en el estrato medio, en el cual además se mantuvo con alto porcentaje de aparición entre las estaciones M07 – G13, mientras que, en la ZV, esto se presentó desde la M04 hasta la G10. Por otra parte, en la ZL, se encontró igual dominancia para el grano de tamaño de 0,5 como para el de 0,25 mm, sin embargo, en este estrato se evidenció un 70% de grano muy grueso (1 mm) en el registro 3 de la M05; así mismo, este grano se presencié en menor cantidad en las estaciones M10, M06, M04, G13, G12 (Anexo C y D). No se observó gran diferencia en el tamaño del grano entre los estratos; sin embargo, en la ZV y en la ZM de algunas estaciones (M06, M02, G13, G12, G05), se evidenció mayor cantidad de grano muy grueso (1 mm), que en la ZL. Ahora, Franco (2008) y Moreno (2006), encontraron que en las playas del PNN

Tayrona el grano de la ZV era significativamente más grueso que el de los demás estratos.

El grano fino puede afectar la natalidad de estos reptiles al evitar la entrada de oxígeno y generar condiciones anaerobias en el medio (Honarvar *et al.*, 2008); mientras que los granos más gruesos evitan la compactación de la arena otorgando una adecuada difusión del oxígeno, el drenaje y/o la emergencia de las crías de los nidos (Arzola, 2007); sin embargo, según Bolongaro *et al.* (2010), las tortugas generalmente prefieren anidar en playas con grano medio, el cual proporciona la estabilidad necesaria en el desarrollo embrionario, ya que mantiene la humedad y la temperatura.

En general, las playas presentan tipo de arena adecuada para la anidación de tortugas marinas, ya que en algunas dominó el tamaño medio (0,25 mm), por el cual ha mostrado preferencia la tortuga carey (García-Vicario, 2008); y en otras estaciones se encontró arena de tipo muy gruesas y gruesas (1-0,5 mm), en las cuales prefiere anidar la tortuga caguama (Foley *et al.*, 2006). Lo anterior coincide por lo observado en el presente estudio, ya que en la estación M04, donde se halló una nidada de caguama, se evidenció gran porcentaje de grano muy grueso (en la ZM), en comparación a las demás estaciones (Figura 31).

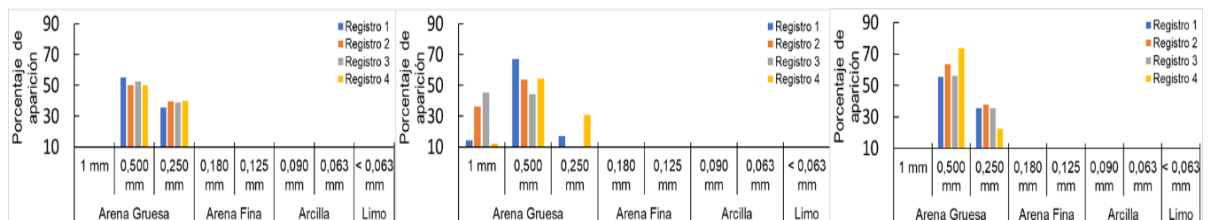


Figura 31. Porcentaje de aparición del tamaño del grano de arena (mm) en los 3 estratos de la playa situada en la M04. A. ZV, B. ZM, C. ZL.

4.2 SEGUIMIENTO A LA ACTIVIDAD DE ANIDACIÓN

Se halló un rastro el día 13 de junio a las 1:30 h durante el monitoreo nocturno entre la estación M06 y M07 del sector Río Mendihuaca – Río Piedras. La huella era simétrica con un ancho de 2.10 m (Figura 32A) y con el diámetro de la cama del nido de 2.60 m (Figura

32B), por lo que posiblemente el rastro puede ser de una tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*). Se realizó la búsqueda de la nidada, pero no se encontró, por lo que se concluye que fue un caracoleo, es decir que la tortuga salió para poner los huevos, pero hubo algo en el ambiente que influyó para que no se realizara la ovoposición.



Figura 32. Rastro de posiblemente tortuga Laúd. A. Cama del nido B. Huellas de hembra. C. Toma del ancho (m) del rastro.

El 3 de julio de 2021 alrededor de las 20:00 h uno de los turistas hospedado en Casa Grande Surf (M04) reportó el avistamiento de varios neonatos transitando por el hotel en busca de luz, de inmediato se inició la búsqueda de las tortugas (Figura 33A). En esa noche, se encontraron 22 neonatos, que se dispusieron en una nevera de icopor adecuada para ello, con abertura por toda la noche, en un espacio fresco y protegido de depredadores (Figura 33C), de estos se tomaron a 10 al azar para tomarles medidas del

largo recto del caparazón-LRC y ancho recto de caparazón-ARC con un flexómetro (Figura 33D), las cuales se pueden observar en la Tabla 9.



Figura 33. Nidada de tortuga Laúd en casa grande (estación M04). A. Turistas y equipo del ProCTMM buscando neonatos recién eclosionados. B. Huellas de neonatos. C. Crías reunidas en nevera de poliestireno. D. Toma de ancho curvo del caparazón.

Tabla 9. Medidas de 10 neonatos de tortuga Laúd posterior a su eclosión.

Individuo	Largo (cm)	Ancho (cm)
1	6	5,1
2	5,3	4,9
3	6,1	5
4	6	4,9
5	6,4	5
6	6,5	4,8
7	6,5	4,5
8	6,5	4,9
9	6,5	5
10	6,8	5
Promedio	6,26	4,91

El nido se había reportado previamente por un trabajador del hotel quién con su testimonio informó haber visualizado una huella muy grande en horas de la mañana del mes de marzo, en la que realizaba sus actividades diarias de limpieza, procediendo inmediatamente a marcar el punto con una bandera roja.

Esa primera noche, alrededor de las 23:00 h, siguiendo la metodología del ProCTMM y con fin de evitar la depredación y dispersión de crías que podían eclosionar en las siguientes horas, se encerró el nido con una malla de plástica en forma de cilindro con 60 cm de diámetro a una profundidad de 20 cm (Figura 34A y B).

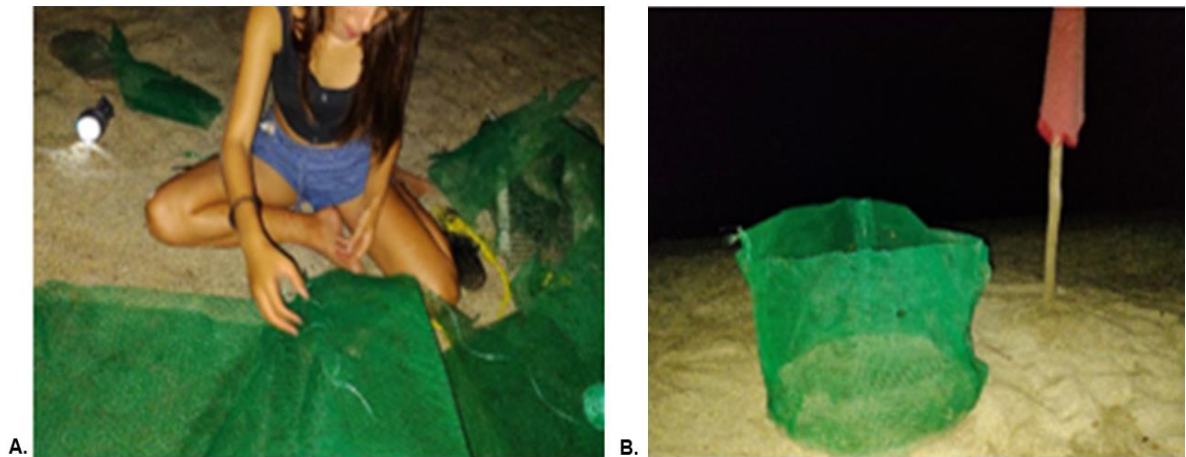


Figura 34. Elaboración de encierro de la nidada. A. Procedimiento. B. Encierro terminado.

Al día siguiente, se llevó a cabo la introducción de los quelonios a las 6:00 h, con ayuda de algunos turistas presentes y trabajadores del hotel Casa Grande Surf (Figura 35A-D), a los cuales se les impartió una charla y una breve instrucción sobre el proceso y se les explicó la importancia de trabajar en pro de la conservación de las tortugas marinas (Figura 35A). Unas horas después y al día siguiente, se hallaron 3 neonatos más en el encierro del nido (completando un total de 25 crías), los cuales se introdujeron al medio marino inmediatamente.



Figura 35. Liberación de neonatos de tortugas Laúd en Casa Grande. A. Instrucción del proceso por parte del ProCTMM. B. Entrega de crías a cada uno de los participantes. C-D. Migración a casa.

Debido a que dicho nido fue reportado mucho tiempo después de su puesta, no fue posible tomar medidas de las huellas de la hembra anidante ni del diámetro de su nido, pero, si se efectuó su respectiva exhumación (Figura 36), cuatro días después de la eclosión de los neonatos, en la cual se encontró un total de 45 cascarones (30 no eclosionados y 15 depredados), 14 neonatos muertos dentro del nido y 12 huevos de viento o inviábiles (Figura 36B y C).



Figura 36. A. Exhumación de nido de Laúd ubicado en la E4B. B. Neonatos muertos. C. Huevos.

4.3 SEGUIMIENTO DE TEMPERATURA

4.3.1 Temperatura en nidos de *Caretta caretta*

En las Figuras 37, 38 y 39, se muestran las cuatro curvas diarias de temperatura ambiental, superficial del sedimento y a la profundidad de la cámara, de tres nidos de *C. caretta*. En el nido 1 la T°SSed en los registros 2 y 4 tuvo una oscilación bastante alta a lo largo de las 24 h, puesto que estuvo entre 30-55 °C en la cuarta semana y entre 24,5–49 °C en la segunda semana. La T°PCam (Figura 37C), por otro lado, en la cuarta semana,

presentó valores más altos durante las 17:30-9:30 h en comparación a las demás semanas, ya que en esta se mantuvo entre 34–38,5 °C, mientras que en las semanas 1, 2 y 3 osciló entre 31-34,5 °C.

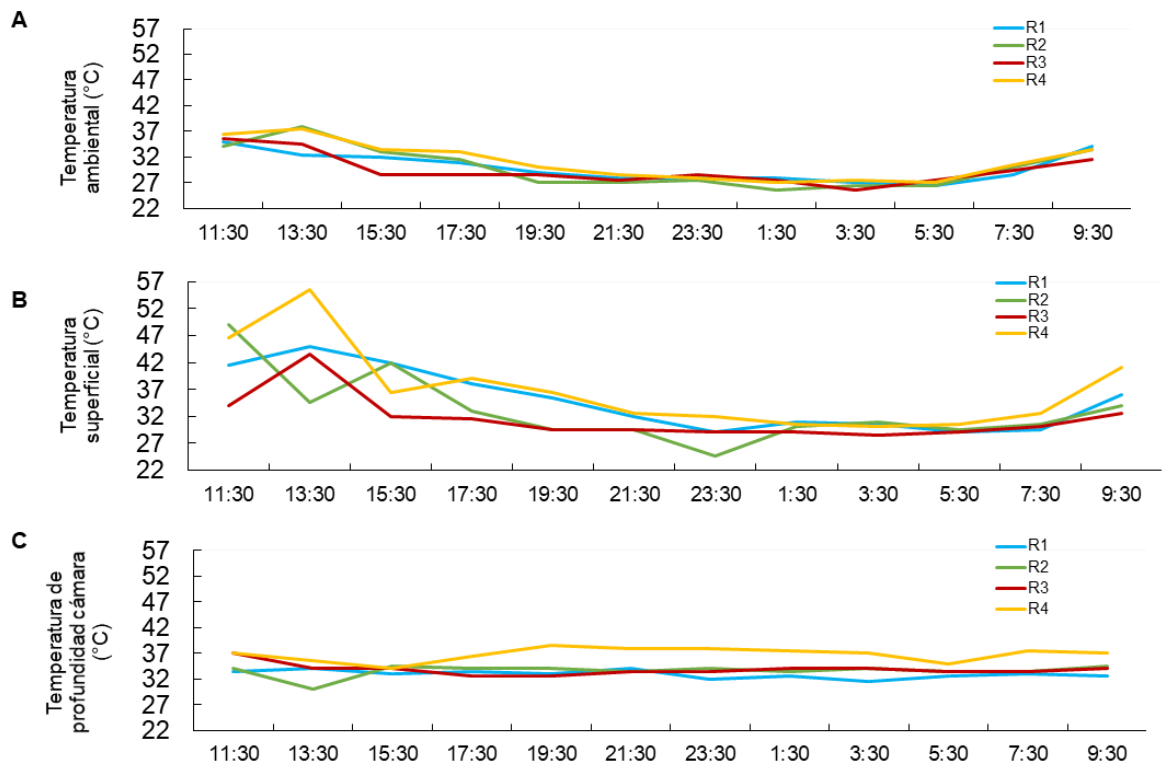


Figura 37. Curvas diarias de temperatura del nido 1, donde R = registro. A. Temperatura ambiental. B. Temperatura superficial. C. Temperatura a la profundidad de la cámara del nido.

En los nidos 2 y 3 (Figura 38 y 39), en la semana 4, se observó el mismo comportamiento de la T°PCam registrado en el nido 1. Sin embargo, en el nido 2 este aumento de temperatura se presencié a lo largo de todo el día, mientras que en el nido 3 únicamente durante las 19:30–9:30 horas. Además de esto, en este último nido se observó un pico atípico en el registro 1, de 43 °C a las 15:30 horas, ya que en el resto de día se mantuvo entre 31,5–35,5 °C.

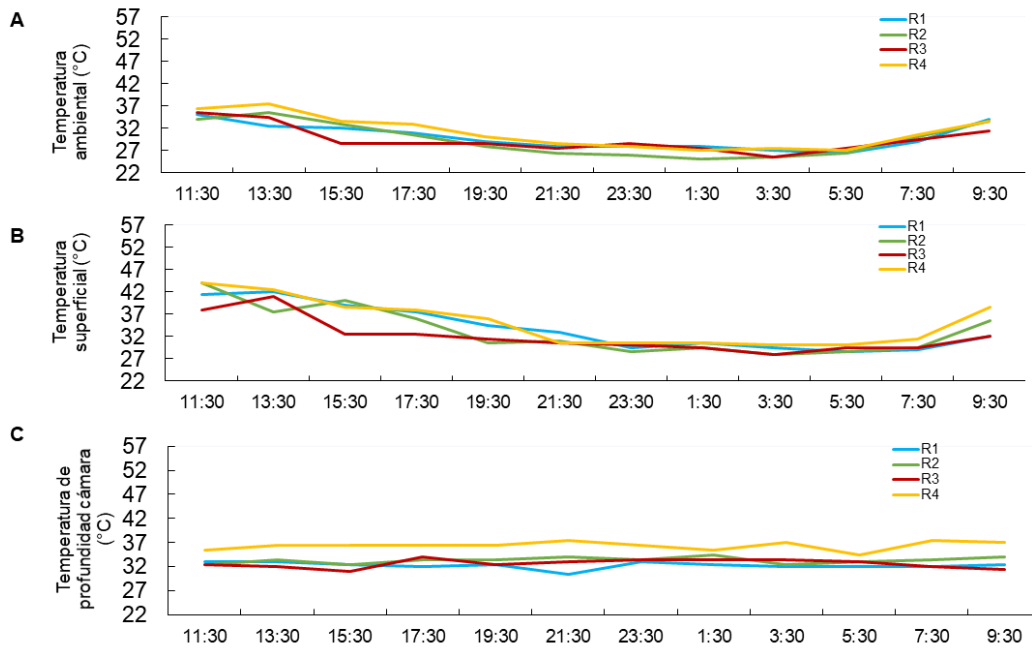


Figura 38. Curvas diarias de temperatura del nido 2, donde R = registro. A temperatura ambiental, B. Temperatura superficial, C. Temperatura a la profundidad de la cámara del nido.

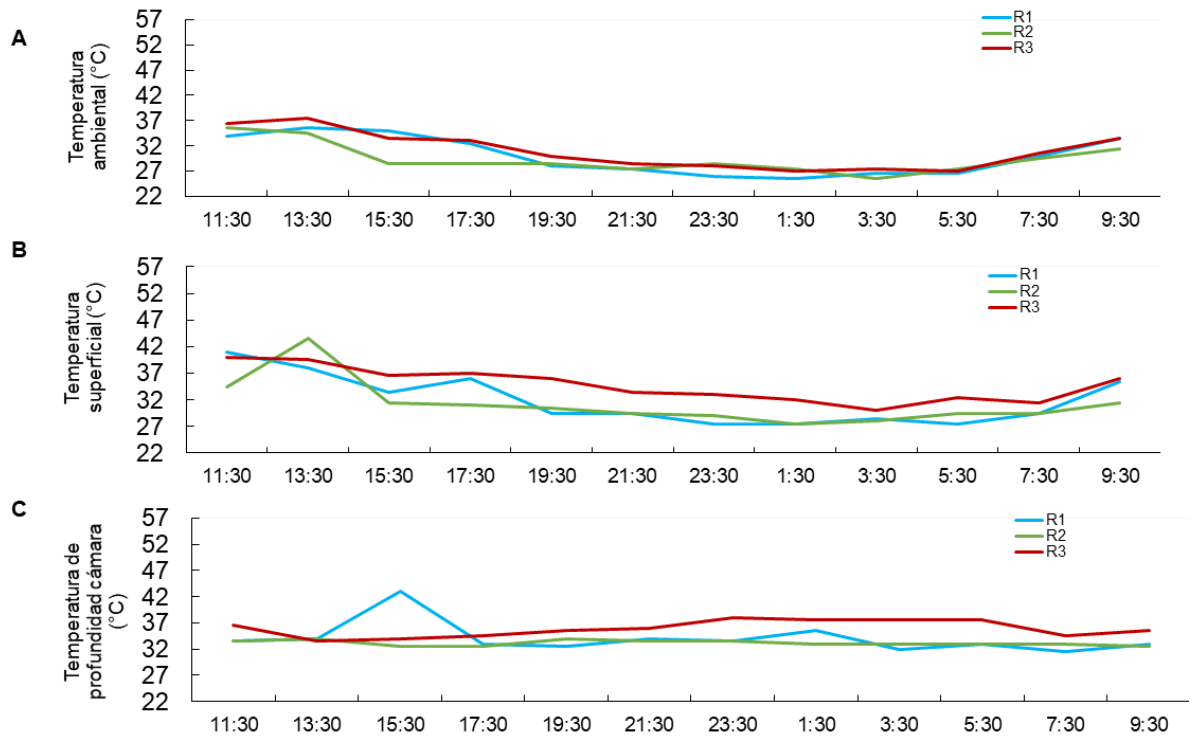


Figura 39. Curvas diarias de temperatura del nido 3, donde R = registro. A. Temperatura ambiental. B. Temperatura superficial, C. Temperatura a la profundidad de la cámara del nido.

En todos los nidos la temperatura superficial presentó el valor más alto en comparación a la temperatura ambiental y a la profundidad de la cámara de estos, ya que en el nido 1 esta fue de 55 °C (en la semana cuatro a las 13:30 h), mientras que en las otras dos temperaturas el más alto fue de 38 °C, en la segunda y cuarta semana, a las 15:30 h (en la T°Amb) y 19:30 (en la T°PCam). En el nido 2, la mayor T°SSed fue de 44 °C (en el registro 2 y 4 a las 11:30 h), mientras que la de la T°Amb y la de la T°PCam, presenciadas a la 1:30 y 21:30 h, respectivamente, fue de 37,5 °, en la semana 4. Por último, en el nido 3 el valor más alto de la T°PCam fue de 43,5 °C en el registro 2 (semana 3) a la 15:30 h, mientras que en la temperatura ambiental fue de 37,5 °C en el registro 3; y en la temperatura a la profundidad de la cámara de los nidos fue de 43 °C a las 15:30 h en el registro 1, sin embargo, hay que recordar que esté último dato se comportó de manera infrecuente.

En general, los valores superiores de la T°SSed, se deben a que la arena superficial presenta un calor específico bajo en comparación al aire, por lo tanto, la primera necesita menor cantidad de calor para elevar su temperatura que la segunda. Además, esta capa superficial de sedimento al estar rodeada por partículas de aire en movimiento presenta una rápida fluctuación de la temperatura, mientras que las capas más profundas al estar rodeadas de partículas de aire casi estáticas (las cuales actúan como un aislante), presentan un menor cambio de energía térmica a lo largo del día (Moreno y Vide, 2007). Por esto la T°PCam, varió en promedio 4 °C a lo largo de las 24 horas, mientras que la T°Amb y la T°SSed, fluctuaron 10,2 °C y 14,4°C, respectivamente (Tabla 10); en base a esto, las hembras para proteger a sus embriones de dicho factor construyen sus nidos a profundidades donde se reduce la variabilidad térmica durante la embriogénesis (Broderick *et al.*, 2001).

Tabla 10. Variación de las temperaturas (°C) registradas en 2 nidos in situ de *Caretta caretta*.

	T ambiental	Hora	T superficial	Hora	T a la profundidad de la cámara	Hora
T mínima promedio	26,1	3:30	28,3	3:30	32,1	1:30
T máxima promedio	36,2	13:30	45,5	13:30	35,4	13:30
T total promedio	30		33,8		34	

El promedio de la temperatura a la profundidad de la cámara de los nidos fue de 34 °C, el cual entra dentro del rango de tolerancia térmica de anidación (25-35 °C) (Wibbels, 2003), esto tuvo una influencia positiva en la sobrevivencia de los neonatos, ya que como lo muestra la Tabla 11, el primer y segundo nido presentaron un alto porcentaje de eclosión, mientras que en el nido 3 fue nulo, sin embargo, en este último fue a causa de la depredación por perros que habitan en la zona.

Tabla 11. Porcentaje de eclosión de 3 nidos de *Caretta caretta*.

	Huevos incubados	Neonatos eclosionados	% de eclosión
Nido 1	103	101	99,03
Nido 2	80	49	66,35
Nido 3	100	0	0

Además, el rango promedio de la T°PCam (32,2–36,2 °C) fue similar al encontrado por Narváez (2009) en un nido de *Dermochelys coriacea* situado en la playa Cañaveral del Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT), donde fluctuó de 32-34°C. Así mismo, Arzola (2007) en su trabajo desarrollado en México determinó una variación térmica entre 32,5–35 °C, en nidos naturales y translocados a corral de *Lepidochelys olivacea*.

La temperatura pivotal de *C. caretta* es de 29 °C (Segurado, 2016), puesto que, en valores constantes superiores a este, experimentados en el segundo tercio del periodo de incubación, se produce un sesgo en la proporción, inclinado a obtener hembras; caso contrario ocurre cuando la temperatura se mantiene por debajo, donde la probabilidad de obtener machos aumenta (Yntema y Mrosoysky, 1982). Este segundo tercio corresponde al día 30 de incubación para el nido 1 y al 29 para el nido 2 (Tabla 12), por consiguiente, el comportamiento de la temperatura en el registro 4 del nido 1, tomado el día 32 (Tabla 13), da una idea más precisa sobre la proporción de esta nidada.

Tabla 12. Fecha de ovoposición y de eclosión de tres nidos de *Caretta caretta*.

	Fecha de ovoposición	Fecha de eclosión	Días de incubación	Segundo tercio en día
Nido 1	4/06/2021	20/07/2021	46	30
Nido 2	11/06/2021	24/07/2021	43	29
Nido 3	12/06/2021	Depredados	N/A	N/A

Tabla 13. Día de incubación en el que se realizó cada registro en los nidos de *Caretta caretta*.

Nido	Registro 1	Registro 2	Registro 3	Registro 4
Nido 1	7	15	21	32
Nido 2	0	8	14	21
Nido 3	N/A	7	13	20

Analizando el promedio de la T°PCam en el R4 del nido 1 el cual fue de 36,8 °C junto el del R3 (33,8 °C), se puede pensar que en el día 30 de su periodo de incubación se encontró por encima de su pivotal, provocando una mayor cantidad de hembras en la nidada. Así mismo, respecto al nido 2 se puede inferir que, si la temperatura se siguió manteniendo cerca de 36,4 °C promedio, obtenido el día 21 de su periodo de incubación, el nido obtendría el mismo comportamiento mencionado.

Se ha planteado que el mecanismo para dar el sexo en las tortugas marinas se basa en secuencias de ADN satélites que son controladas por una molécula sensitiva a la temperatura (Standora y Spotila, 1985); aunque la proporción del sexo depende de la exposición de los huevos a esta variable en el periodo termosensible. Esta proporción en los neonatos y juveniles no es tan sencilla de comprobar, debido a que no presentan dimorfismo sexual, por lo que los métodos de sexado más comunes son a nivel de gónadas como: el histológico (Yntema y Mrosovsky, 1979), por aclaramiento (Van Der Heiden *et al.*, 1985) o por morfología gruesa (Whitmore *et al.*, 1985).

4.3.2 Monitoreo de temperatura en estación de Guachaca

En la Figura 40 se observan las curvas diarias de los registros de la temperatura ambiente y temperatura superficial, realizados en la estación M04. La T°Amb más alta osciló entre 33,5-35 °C, presentándose a las 11:30 h en todas las semanas, a excepción de la segunda, donde se presenció a las 21:30 h con un valor de 32°C. Por el contrario, la temperatura más baja (25,5 °C), se registró a las 3:30 h en la segunda y quinta semana. De todos los cinco registros realizados, las temperaturas más elevadas se encontraron en la cuarta semana, mientras que las más bajas se evidenciaron en la segunda (12 de junio) y quinta semana (2 de julio).

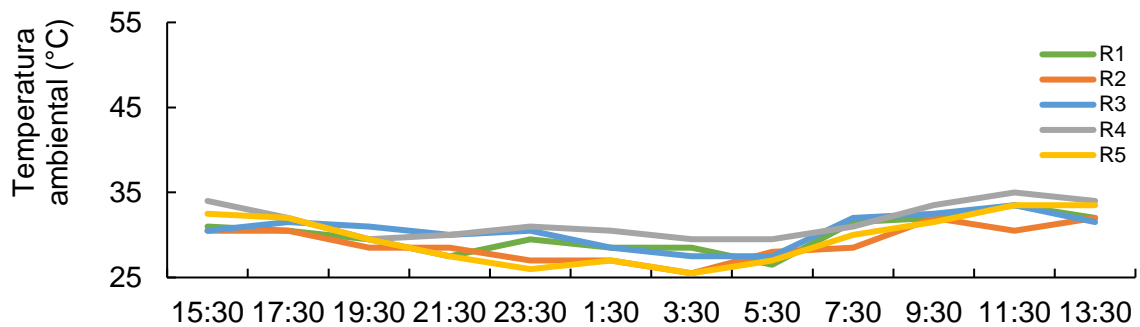


Figura 40. Curvas diarias de temperatura ambiental de 5 registros realizados en M04 durante el mes de junio y julio, donde R = registro.

La T°SSed (Figura 41), presentó los valores más altos entre las 11:30–13:30 h, en cuatro de los cinco registros, ya que en el segundo registro se presentó a las 9:30 h y además dicha temperatura fue considerablemente más baja que en los demás registros, debido a que en este fue de 37,5 °C, mientras que en los demás fluctuó entre 45,5–50 °C. Por otra parte, en el registro dos se observaron las temperaturas más bajas en la mayoría de las 12 h registradas, comportamiento observado también en la T°Amb, por lo que se puede asociar a las fuertes lluvias presentadas en esa semana.

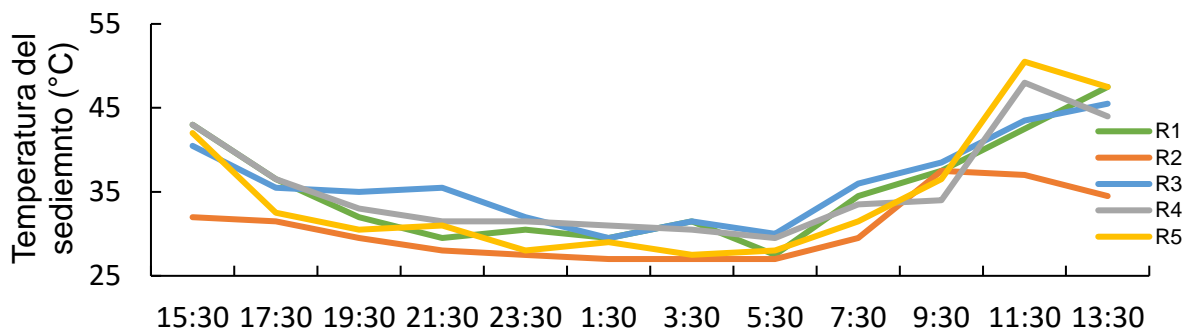


Figura 41. Curvas diarias de temperatura superficial del sedimento de 5 registros realizados en M04 durante el mes de junio y julio, donde R = registro.

Teniendo en cuenta que este es el primer estudio de temperatura intensivo en el sector, a continuación se comparará con registros realizados por 48 h cada 4 o 6 h, en la ZM de playas situadas en el Parque Nacional Natural Tayrona (Figura 42), separado por 5 km aproximados de la zona de estudio, en el 2005, 2007 y 2008. En el monitoreo adelantado

por Gonzales cada 6 h en la playa Cañaveral en la temporada 2005 y 2007 en el mes de septiembre, se presenciaron las temperaturas ambientales promedio más altas a las 12:00 h, contando con un rango de fluctuación de 30–35 °C, en tres de las cuatro estaciones evaluadas. Esto fue muy similar con los datos obtenidos en la M04 del presente estudio, ya que las más altas se registraron a las 11:30 h y se encontraron entre 33,5 – 35 °C en cuatro de cinco registros. Por otro lado, en cuanto a las temperaturas más bajas, no coincidieron de igual manera, ya que en el primero, se detectaron a las 24 h con un rango de 24–26°C aproximado, mientras que en este surgieron entre las 3:30–5:30 h, con un rango mayor (25,5–29,5 °C). No obstante, a las 6:00 h se presentó un rango de 26-29 °C, el cual fue más semejante al encontrado en la estación M04 del sector Río Mendihuaca – playa Los Cocos. Además, esta T°Amb presentó un promedio de 30,2 °C, el cual se encontró por encima del encontrado en Gonzales (28,3 °C) y debajo del observado por Borrero (2007) en la misma playa en la temporada 2005, el cual fue de 32 °C.



Figura 42. Playas del Parque Nacional Natural Tayrona A. Playa Cañaveral. B. Playa La Gumarra.

El promedio de la temperatura del sedimento fue de 34,4 °C, el cual se encontró por encima de los reportados en el mes de junio por Escobar (32,5 °C) y Borrero (32,2 °C) en la temporada 2005, y por Narváez (2009), en la temporada del 2008 (29,5 °C). No obstante, en este último a pesar de haberse evidenciado el promedio más bajito, el autor registró un promedio de 34,2 °C en una de las estaciones y a lo largo de todo el muestreo encontró valores iguales o superiores a los 40°C e inferiores a los 30°C, los cuales se asemejan a los encontrados en el presente estudio. A pesar de estos promedios tan bajitos reportados en años anteriores, estos valores reportados por Narváez demuestran que en el Caribe colombiano no ha incrementado considerablemente la temperatura

desde el 2005 al 2021. Además de esto hay que tener en cuenta que en los estudios a comparación se realizó el monitoreo en mínimo tres estaciones y en máximo seis, mientras aquí solo se tuvo en cuenta una.

4.3.3 Monitoreo de temperatura en incubadora artificial

La temperatura del sedimento registrada en la incubadora artificial (Figura 43), varió considerablemente a lo largo de las 24 h en los dos monitoreos, sin embargo, se observó un incremento en el segundo registro. Los dos registros coincidieron al presentar el valor más alto a las 15:30 h, donde para el primero fue de 35,5°C y para el segundo fue de 37°C; no obstante, en el valor más bajo si se presencié una diferencia, debido a que en el R1 se presentó a las 3:30 h (32°C), mientras que en el R2 se presentó a las 7:30 h (33,5°C). Este último valor es infrecuente debido a que dio a las 7:30 h, contrario a las temperaturas encontradas en los nidos *in situ* (Figura 37, 38 y 39), donde el valor más bajo se mantuvo entre las 23:30 – 3:30 h.

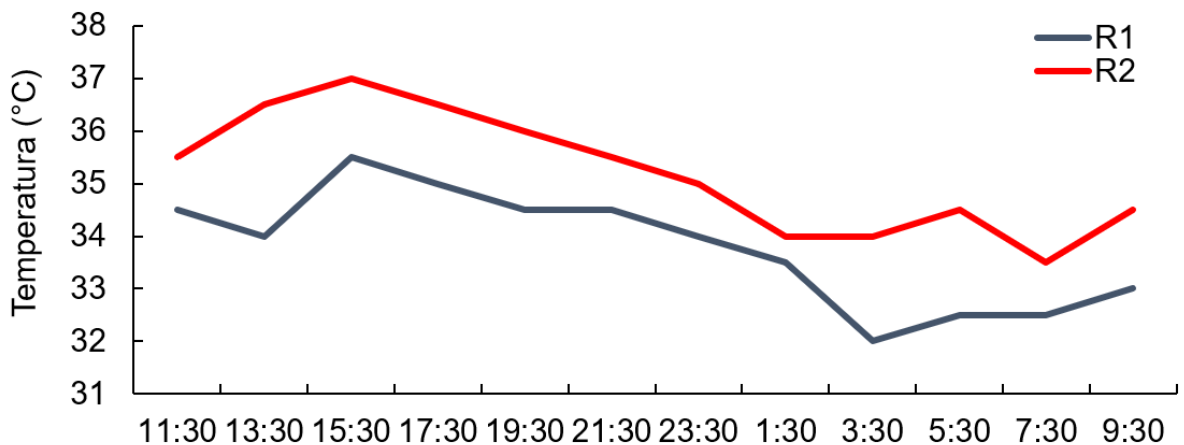


Figura 43. Curvas diarias de temperatura de sedimento en sistema *ex situ*, donde R = registro.

En la Tabla 14 se observa el promedio de la temperatura del sedimento (34,5 °C) y el rango de fluctuación (32,7–36,2 °C) registrados en la incubadora artificial, los cuales fueron muy similares a lo encontrado los nidos *in situ*, donde fluctuó entre 32,1–35,4 °C con un promedio de 34 °C. Lo anterior demuestra que la incubadora artificial ubicada en el levante de mundo marino recrea las condiciones que experimentan los nidos *in situ*. De

igual manera que en los nidos ubicados en la finca, el rango promedio también entró dentro del rango de tolerancia térmica, lo cual favoreció la sobrevivencia de los quelonios, ya que alcanzaron un éxito de eclosión del 70%.

Tabla 14. *Mínimo, máximo y promedio de la temperatura del sedimento en la incubadora artificial.*

	Registro 1	Hora	Registro 2	Hora	Promedio
Mínima	32,7 °C	3:30	33,5 °C	7:30	32,7 °C
Máxima	36,2 °C	15:30	37 °C	15:30	36,2 °C
Media total	33,8 °C	N/A	35,2 °C	N/A	34,5 °C

Arzola en el 2007 también encontró poca diferencia en el promedio entre el nido en corral (32,9 °C) y en cajas de poliuretano (32,6 °C); no obstante, halló mayor fluctuación en los nidos *in situ* (28,2–34 °C) que en los de caja (30,5–34,8 °C), contrario a lo reportado por Ríos-Huerta y colaboradores (2021), quienes en una incubadora de poliestireno evidenciaron mayor fluctuación en los nidos de caja que en los de corral. A raíz de esta diferencia en los resultados hay que tener en cuenta que, en este último estudio, el monitoreo fue más estricto al instalar un termosensor que obtenía datos cada hora hasta la eclosión. Por otra parte, en seguimientos de temperatura en sistemas *ex situ* de *Lepidochelis olivacea* realizados por Hinestroza y Páez (2000), en el Pacífico colombiano, se encontró un rango de temperatura con valores mucho más bajos que los mencionados anteriormente, el cual osciló entre 28,9 y 29,4 °C, obteniendo mayor proporción de machos (84%) que de hembras (16%).

5. CONCLUSIONES

- Al continuar con la caracterización de playas de anidación de tortugas marinas, en la temporada 2021, abarcando un total de 23 estaciones, 13 de estas ubicadas entre el río Guachaca - el Río Mendihuaca; y 10 ubicadas entre el **Río Mendihuaca - la Playa Los Cocos** se evidenció el **alto dinamismo en las playas**.
- La **humedad promedio** de la ZV y la ZM presentó **valores más altos de los esperados y observados en caracterizaciones pasadas** realizadas en el sector y en zonas cercanas, siendo estas del 35% para el primer estrato de la playa mencionado y del 70% para el segundo.
- Se observó una **disminución en el pH a medida que se avanza perpendicularmente hacia el mar**, siendo la ZV el estrato con el valor más neutro (6,6) y la ZL el estrato mayormente ácido (4,2).
- Las playas del sector **Río Guachaca – Playa Los Cocos** siguen manteniendo un **mayor porcentaje de arena gruesa con valores de 0,500 – 0,250 mm**, los cuales se consideran **tamaños de grano óptimos** para la anidación de las tortugas marinas.
- En el periodo de muestreo se **encontró un rastro y un nido de tortugas Laúd**, al cual se le evidenció la eclosión de sus neonatos, llevando a cabo su respectiva introducción al medio natural con ayuda de la comunidad presente.
- La **temperatura en la profundidad análoga a la cámara de los nidos de *Caretta caretta*** (60 cm), en el subsector encontrado entre el Río Guachaca y el Río Buritaca, presenta **condiciones óptimas para tener éxito en la incubación de las nidadas** de las tortugas marinas; sin embargo, al principio del periodo de incubación mostró rangos de fluctuación que **sobrepasan la pivotal** de esta especie, por lo que se puede inferir que **si así continua hasta el segundo tercio**

del de dicho periodo, **se puede presentar** un posible sesgo inclinado a obtener **mayor cantidad de hembras** en la proporción sexual de las nidadas.

- Las tres temperaturas registradas evidenciaron valores iguales o superiores a los 30 °C, siendo estos **30,1, 33,5 y 34,1 °C**, para la **temperatura ambiental, del sedimento superficial y a la profundidad de la cámara del nido, respectivamente.**
- La **temperatura del sedimento** desde el **2005 al 2021** en la Región de **Parque Nacional Natural Tayrona – Buritaca**, se ha **comportado de manera similar** sin reflejar un incremento considerable, ya que en datos históricos han evidenciado valores superiores a los 40°C, encontrados también en el presente estudio.
- Las **incubadoras portátiles**, como estrategia ex situ, **lograron simular el comportamiento de la temperatura en los nidos in situ**, sin embargo, al igual que en estos, su rango de fluctuación (32,7 – 36,2 °C), **no contiene la pivotal de la tortuga caguama** (29 °C), requerida para producir machos y hembras en igual proporción.

6. RECOMENDACIONES

- **Adelantar** los registros de la **temperatura a la profundidad de la cámara durante el período termosensible** (en el segundo tercio del periodo de incubación) y complementarlos con métodos no invasivos para determinar la proporción sexual de las camadas y así poder tener unos resultados más precisos.
- **Continuar con seguimientos por 24 h de la temperatura** ambiente, del sedimento y a la profundidad de cámara de los nidos, durante toda la temporada de anidación de tortugas marinas y **en diferentes temporadas climáticas**, ya que también es importante evidenciar el comportamiento de este factor en meses de época seca y **en playas con diferentes tipos de flora** que influyen en la conducta de dicha variable.
- Para la **temperatura ambiental y la temperatura a la profundidad de la cámara** del nido se puede realizar un buen monitoreo **cada 6 h**, debido a su **baja fluctuación** a lo largo del día, mientras que para la **temperatura superficial** se recomienda **continuar con registros cada 2 h** debido a su **amplia variación** a lo largo del día.
- **Realizar la misma evaluación de la temperatura en el Pacífico colombiano**, para tener una idea más completa sobre el comportamiento de esta variable en el país.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Ackerman RA. 1997. The nest environment and the embryonic development of sea turtles. In: Lutz PL, Musick JA (eds.), *The Biology of Sea Turtles*. Boca Raton (FL): CRC Press. p. 83 –106
- Ajuria, C. 2017. Efecto del cambio climático en las tortugas marinas. Trabajo de grado de CCAA., Universidad de Málaga, Málaga. 51 p.
- Alcívar, C. y López, M. 2014. Anidación de tortugas marinas en la provincia de Manabí, Ecuador. *La Técnica.*, 12: 38-55.
- Arzola J. 2007. Humedad y temperatura en nidos naturales y artificiales de tortuga golfina *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829). *Revista de Biología Marina y Oceanografía.*, 42(3): 377 – 383.
- Benito, I., Onaindia, M & Martínez E. 1989. Estudio comparativo de las comunidades vegetales en dos playas de la costa vasca. *Mediterránea ser. Biol.* 11: 133 -144.
- Bernal-Gutiérrez, J. E., Pabón-Aldana, K.A., Jáuregui-Romero, G.A., Pereira-Gutiérrez, M. F., Pérez-Reyes, E. 2020. Protocolo para el Monitoreo de la Temporada de anidación de Tortugas Marinas para el Caribe colombiano. Programa de Conservación de Tortugas y Mamíferos Marinos – ProCTMM. Santa Marta, Colombia. 37 p.
- Bolongaro - Crevenna, A., Márquez - García, A.Z, Torres - Rodríguez V. y García - Vicario, A. 2010. Vulnerabilidad de sitios de anidación de tortugas marinas por efectos de erosión costera en el estado de Campeche. 73-96. En: Botello, A.V., Villanueva-Fragoso, S., Gutiérrez, J y Rojas - Galaviz J.L. (ed.). *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático*. Semarnat-ine, unamicmyl, Universidad Autónoma de Campeche, México. 514 p.
- Borrero, W. 2005. Caracterización de la playa de anidación de tortugas marinas cañaveral sector cañaveral (ECO HAB) - Parque Nacional Natural Tayrona, Temporada 2005. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 149 p.
- Buitrago, J. (2003). El rol de las tortugas marinas en los ecosistemas – los ambientes caribeños. Estación de Investigaciones Marinas de Margarita Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Venezuela.
- Bustard, H.R and Greenham, P. 1968. Physical and chemical factors affecting hatching success in the green sea turtle, *Chelonia mydas*. *Ecology.*, 49(2): 269 - 276.
- Broderick, AC., Godley, BJ. and Hays, GC. 2001. Metabolic heating and the prediction of sex ratios for green turtles (*Chelonia mydas*). *Physiological and Biochemical Zoology.*, 74, 161–170.
- Ceballos – Fonseca. 2004. Distribución de playas de anidación y áreas de alimentación de tortugas marinas y sus amenazas en el Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 33: 79 – 99.
- Chacón, D. y Arauz, R. 2001. Diagnóstico regional y planificación estratégica para la conservación de las tortugas marinas en Centro América. Red regional para la conservación de tortugas marinas en Centro América, El Salvador. 134 p.
- Diaz, B. 2020. Caracterización medioambiental de la playa Mendihuaca-Guachaca (Magdalena) y seguimiento a la actividad de anidación de tortugas marinas, temporada 2019. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 114 p.

- Eckert, K., Bjorndal, K. A., Abreu – Grobois, F. A. y Donnelly, M. 2000. Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE. Publicación No. 4.
- Escobar C. 2007. Evaluación de la actividad de anidación, caracterización de la playa “La Gumarra” y comparación de dos sistemas de incubación de tortugas marinas (Sector arrecifes – Parque Nacional Natural Tayrona, temporada 2005). Trabajo de grado Ecol. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, D.C. 222 p.
- Fish, M.R., Côté, I.M., Gill, J.A., Jones, A.P., Renshoff, F. and Watkinson, A.R. 2005. Predicting the impact of sea level rise on Caribbean Sea turtle nesting habitat. *Conservation Biology.*, 19:482–491.
- Foley, A.M., Peck, S.A. and Harman, G.R. 2006. Effects of Sand Characteristics and Inundation on the Hatching Success of Loggerhead Sea Turtle (*Caretta caretta*) Clutches on LowRelief Mangrove Islands in Southwest Florida. *Chelonian Conservation and Biology.*, 5(1): 32-41.
- Franco-Herrera, A. 2005. Una aproximación a la oceanografía de la ensenada de Gaira: El Rodadero, más allá que un centro turístico. Univ. Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 56 p.
- Franco, P. 2008. Caracterización de la playa de anidación de tortugas marinas “arrecifes”, seguimiento en la temporada 2005 y comparación de diferentes sistemas de incubación de nidadas-sector arrecifes-Parque Nacional Natural Tayrona. Trabajo de grado Biól. Mar. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 199 p.
- Garcés, B., Batista, A y Sánchez N. 2020. Caracterización de sitios de anidación de tortugas marinas en playa Lagarto, Pedasí, Provincia de los Santos, Panamá. *Tecnociencia.* 22(2): 11 p.
- García-Vicario, A. 2008. Impacto de la erosión costera de las playas del litoral de Campeche, México, sobre la anidación de las tortugas marinas. Tesis Lic. Biól. Universidad Autónoma del estado de Morelos, México. 90 p.
- Gonzales, J. 2008. Caracterización de la playa Cañaveral - ECOHABS, Parque Nacional Natural Tayrona y seguimiento de la actividad de anidamiento de tortugas marinas durante las temporadas junio - septiembre 2005 y junio - septiembre 2007. Trabajo de grado Biól. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 191 p.
- Guzmán, D., Ruíz, J.F. y Cadena, M. 2014. Regionalización de Colombia según la estacionalidad de la precipitación media mensual, a través de Análisis de Componentes Principales (ACP). Grupo de Modelamiento de Tiempo, Clima y Escenarios de Cambio Climático Subdirección de Meteorología – IDEAM. 55 p.
- Hernández, L. 2020. Caracterización de la playa los Cocos Sector Mendihuaca – Magdalena durante el seguimiento de la temporada de anidación de tortugas marinas 2019. Trabajo de grado Biól. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 102 p.
- Hinestroza, L y Páez V. 2000. Anidación y manejo de la tortuga golfina (*Lepidochelis olivácea*) en la playa la cuevita, Bahía Solano, Chocó, Colombia. *Cuad. herpetol.*, 14(2): 131 - 144.
- Honarvar, S., Connor, M.O & Spotila, J. 2008. Density dependent effect on hatching success of the olive ridley turtle, *Lepidochelys olivacea*. *Oecologia.*, 157(2): 221-230.

- Horrocks, J. and Scott, N. 1991. Nest site selection and nest success in the hawksbill turtle *Eretmochelys imbricata* in Barbados, West Indies. Marine Ecology Progress Series., 69, 1-8.
- Houspanossian, J., Schirmbeck, J., Rivas, R., y Vázquez, P. 2007. Relación entre la temperatura radiactiva de la vegetación y el contenido de agua en el suelo. TELEDETECCIÓN. Instituto de hidrología de Llanuras y Comisión de investigaciones científicas de Buenos Aires, Argentina. Ed. Martin. 137 p.
- Jáuregui-Romero, G. A. 2000. Procedimientos metodológicos para la caracterización de playas de anidamiento en el Caribe colombiano. Inf. Técnico, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 40 p.
- López - Castro, M.C. 2002. Densidad y características de anidación de la tortuga Golfina (*Lepidochelys olivácea*), en Cabo Pulmo, BCS. Tesis de Licenciatura. UABCS. La Paz, Baja California Sur. 64.
- Márquez, R. 1996. Las tortugas marinas y nuestro tiempo. Fondo de cultura económica, México D. F. 104 p.
- McGehee, M. 1979. Effects of moisture on eggs and hatchlings of loggerhead sea turtles (*Careta caretta*). Herpetology 3: 251-258.
- Medina-Cruz, Y., Moncada-Gavilán, F. y Nodarse - Abreu, G. 2010. Selección del sitio de anidación y éxito de eclosión en nidos de tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*). Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras., 27(1), 60-65.
- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. 2019. Actividad reproductiva de las tortugas marinas en Colombia. Toma de información nacional estandarizada para el monitoreo y seguimiento, Bogotá. D.C.
- Moreno, A. 2006. Tortugas marinas anidantes en los sectores de arrecifes y cañaveral, Parque Nacional Natural Tayrona, Santa Marta Caribe colombiano (1999-2003). Trabajo de grado Biól. Mar. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 165 p.
- Moreno, C. y Vide, J. 2007. Dos ejemplos de gradientes térmicos elevados en superficies naturales y artificiales en verano. Universidad de Barcelona. Nimbus, 19-20: 181 -190.
- Mosso - Arandana, C., Sierra, J. y Sánchez, A. 2004. Estudio numérico – experimental de la dinámica cercana a la costa. Universitat Politècnica de Catalunya, España.
- Narváez, R. 2009. Dinámica de la playa de anidamiento de cañaveral, Parque Nacional Natural Tayrona y levante de neonatos de tortuga caguama *Caretta caretta* (linnaeus,1758) en el acuario mundo marino santa marta, temporada 2008. Trabajo de grado Biól., Universidad de Córdoba, Montería.
- Ospina, S. & De Luque, A. 2005. Caracterización de la playa de anidamiento de tortugas marinas “La Gumarra”, sector Arrecifes – Parque Nacional Natural Tayrona, temporada 2004. Trabajo de grado Biól., Universidad del Tolima, Ibagué. Biól. Mar., Universiada Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 145 p.
- Piedra, L y Morales, V. 2015. Preferencias en la anidación de tortugas carey (*Eretmochelys imbricata*) y baulas (*Dermodochelys coriacea*) en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Gandoca Manzanillo, Limón, Costa Rica. Tecnología en Marcha., 28: 86-98.
- Ríos- Huerta, D., Gonzales- Hernández, M., Hart, C., Ramírez – Guillen, A. and Santos, EC. 2021. Evaluation of 2 methods of ex situ incubation for sea turtle eggs

in terms of nest temperature, hatching success, and hatchling quality. *Ciencias marinas.*, 47(4): 241 – 254.

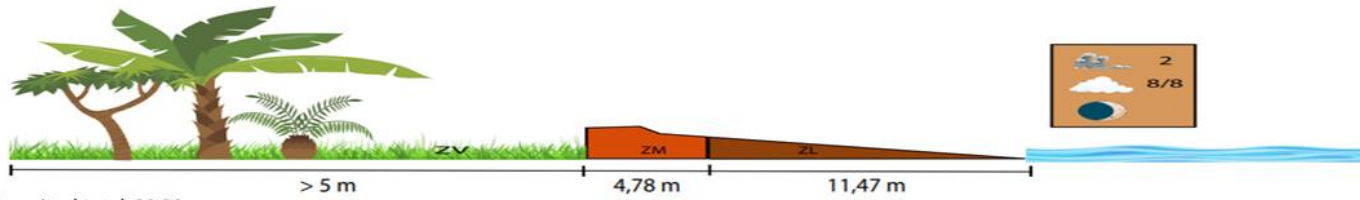
- Rubiano, D. 2011. Caracterización de playas de anidación de tortugas marinas en Isla Fuerte, Bolívar, Caribe Colombiano. Tesis Biol., Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 35 p.
- Ruiz, J. 2011. Informe sobre el Cambio climático en Colombia. Bogotá, D.C. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM.
- Seoanez, M. 2002. Tratado de climatología aplicada a la ingeniería ambiental. Análisis climático; uso del análisis climático en los estudios medioambientales. Edición Mundi – Prensa. Madrid, 701 p.
- Schroeder, B. 2001. Mitigación de las Amenazas en Playas de Anidación. WIDECAS. IUCN/MTSG, WWF, y el Programa Ambiental del Caribe PNUMA. Técnicas de investigación y manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas. 266 pp.
- Segurado, A. 2016. Tortuga boba (*Caretta caretta*, Linnaeus, 1758) en el Mediterráneo Occidental. Proyecto “headstarting” en el Oceanográfico de Valencia. Tesis Biol. Mar., Universidad de la Coruña, España.
- Standora, E. A., Tandora E.A. and Spotila, J.R. 1985. Temperature dependent sex determination in sea turtles. *Copeia.*, 3: 711 - 722.
- Tiburcio G. 2006. Anidación de tortugas marinas en el Municipio de los Cabos, Baja California, Sur, México, y propuestas para su conservación. Tesis Cs Mar y costeras., Universidad Autónoma de Baja California, La paz. 140 p.
- Valenzuela, N. and Lance, V. 2004. Temperature dependent sex determination invertebrates. Smithsonian Books, Washington, D. C. 194 p.
- Van Der Heiden, A.M., Briseño – Dueñas, R. and Ríos – Olmeda. 1985. A simplified method for determining sex in hatchling sea turtles *Copeia.*, 3:779-782.
- Vargas, G. 2016. Efectos del cambio climático en el Caribe colombiano. 31 – 103. En: Sylvie Nail (ed). Cambio climático. Lecciones de y para ciudades de América Latina. Universidad Externado de Colombia, Bogotá, D. C. 852 p.
- Vega - Bravo, J., Lara, M., González - Rodríguez, E. y Rousso, S. Influencia de las mareas, fases lunares y los vientos en la anidación de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivácea*) en los cabos de México. UNACAR- Universidad Autónoma del Carmen “por la Grandeza de México”. Capítulo 16. 159-167.
- Whitmore, C., Dutton, P. and Mrosovsky, N. 1985. Sexing of hatchling sea turtle: gross appearance versus histology. *J. Herpetol.*, 19: 430 - 431
- Wibbels, T. 2003. Critical approaches to sex determination turtles. 103-134. In: Lutz P.L., Musik, J.A. and Wineken, J. (eds). The biology of sea turtles, Vol. 2, CRC Press, Boca Raton.
- Yntema, CL. and Mrosovsky N, 1982. Critical periods and pivotal temperatures for sexual differentiation in loggerhead sea turtles. *Canadian Journal of Zoology.*, 60, 1012 – 10

8. ANEXOS

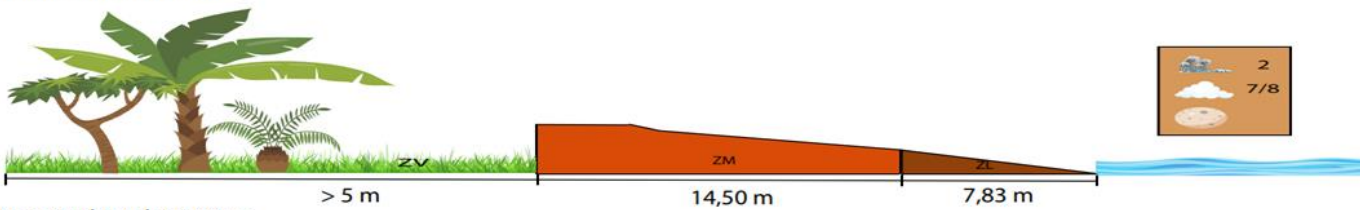
ANEXO A. Perfiles topográficos de playas del sector M obtenidos en 4 registros posicionados en orden ascendente vertical.

ESTACIÓN M02

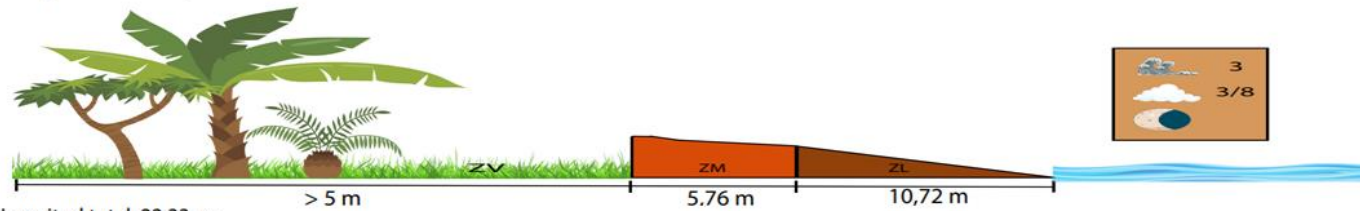
Longitud total: 16,25 m



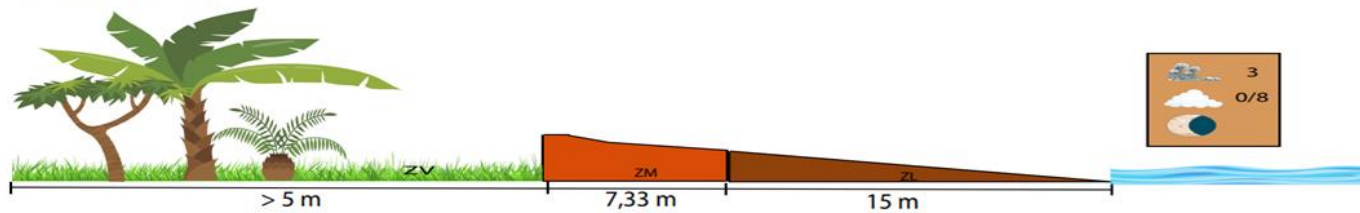
Longitud total: 22,33 m



Longitud total: 16,48 m

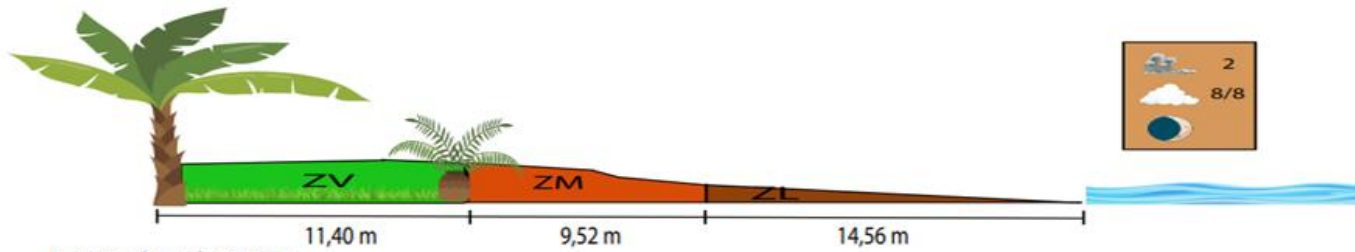


Longitud total: 22,33 m

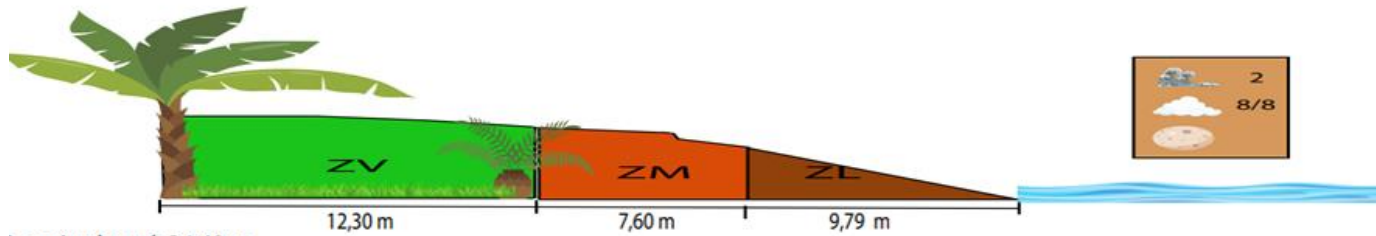


ESTACIÓN M03

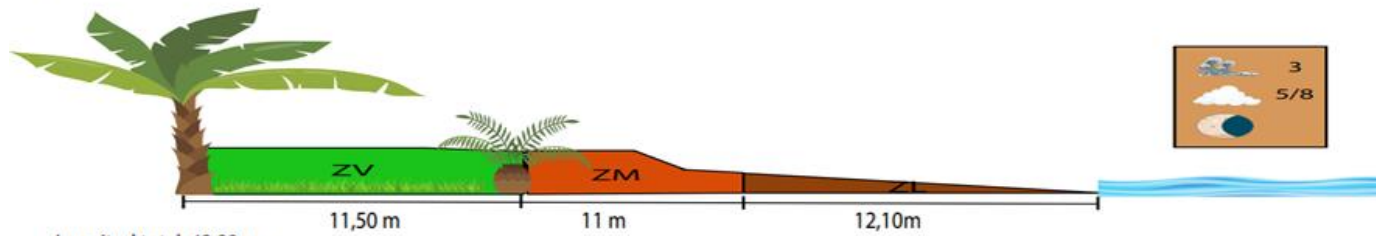
Longitud total: 35,48 m



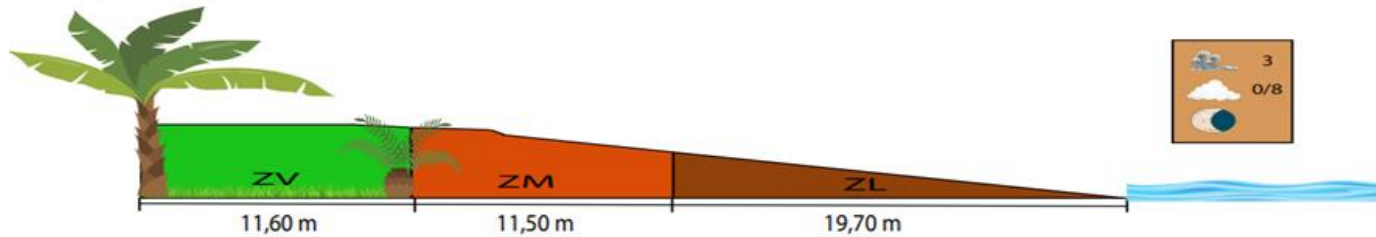
Longitud total: 29,69 m



Longitud total: 34,60 m

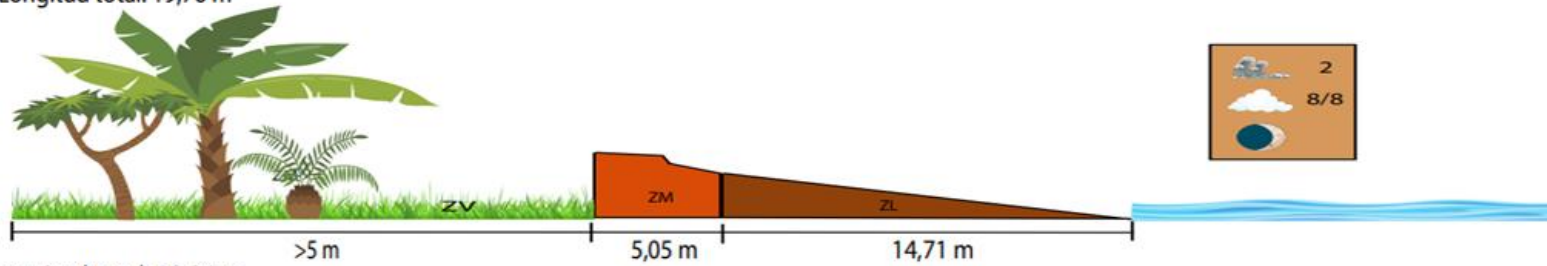


Longitud total: 42,80 m

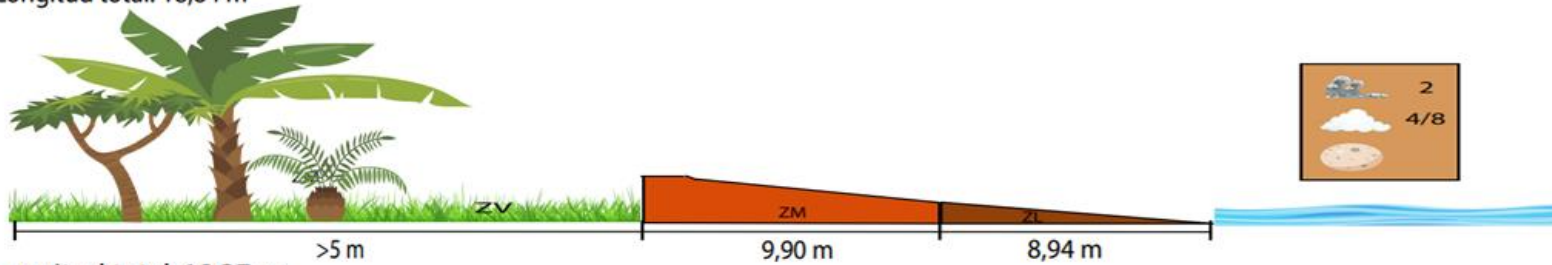


ESTACIÓN M05

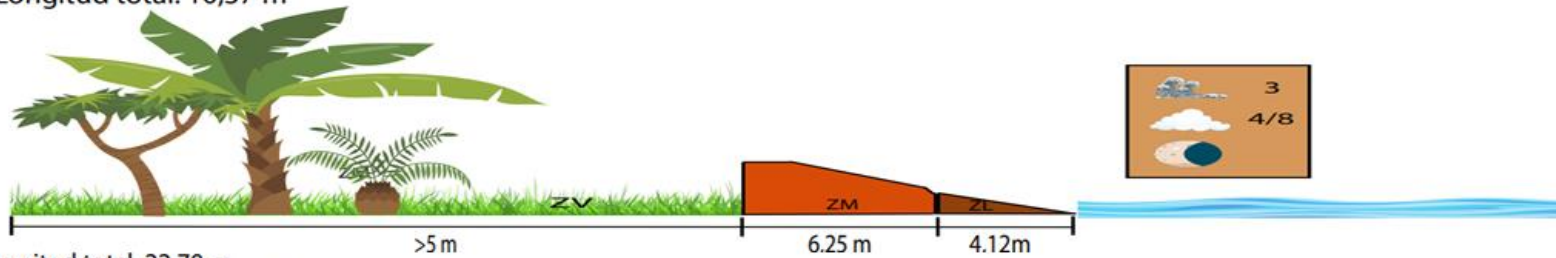
Longitud total: 19,76 m



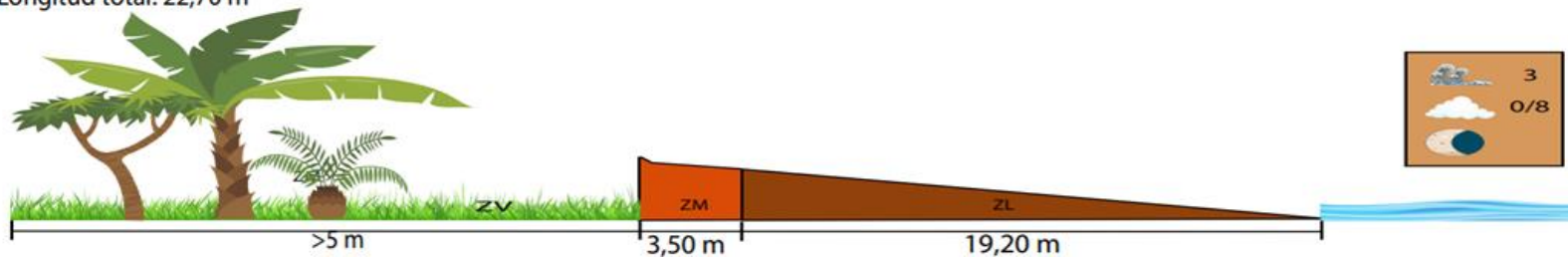
Longitud total: 18,84 m



Longitud total: 10,37 m

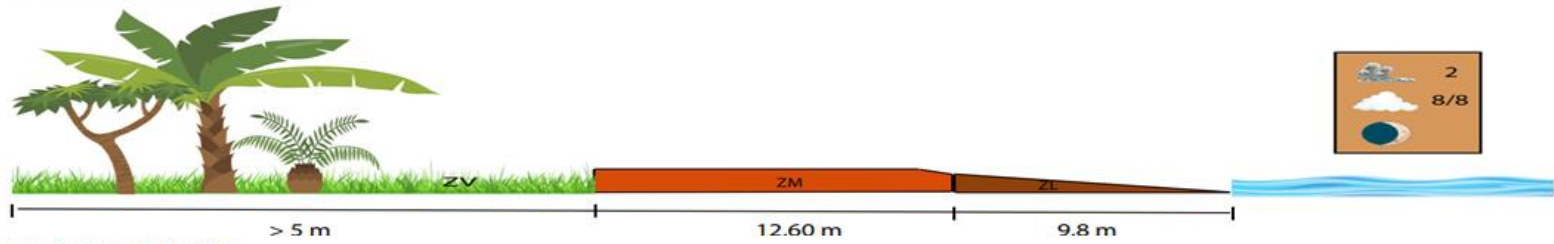


Longitud total: 22,70 m

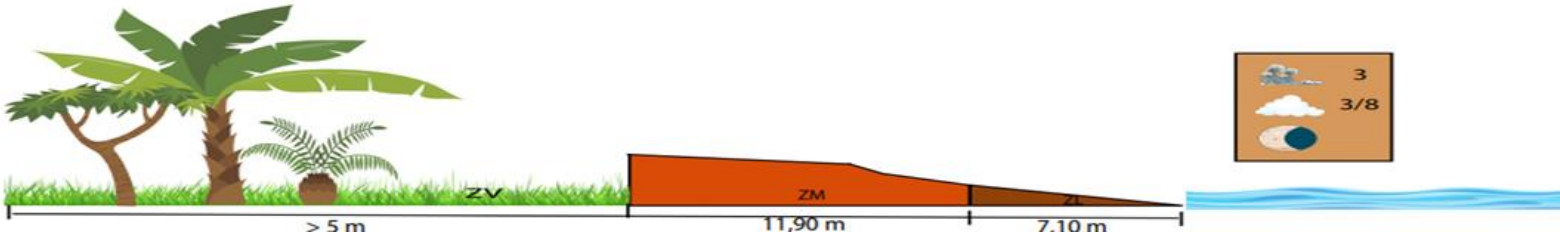
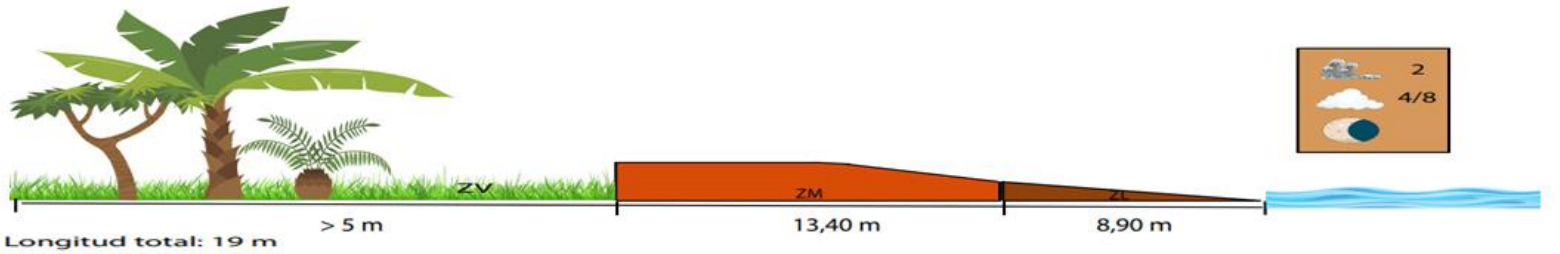
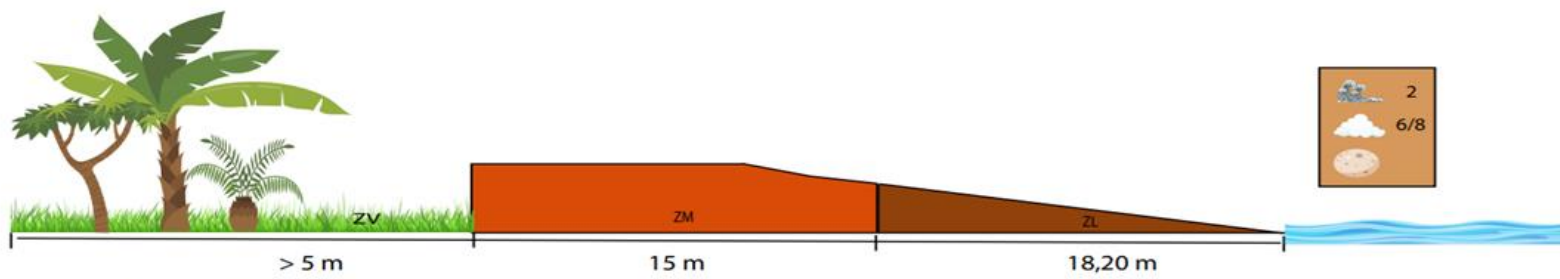


ESTACIÓN M08

Longitud total: 22,40 m

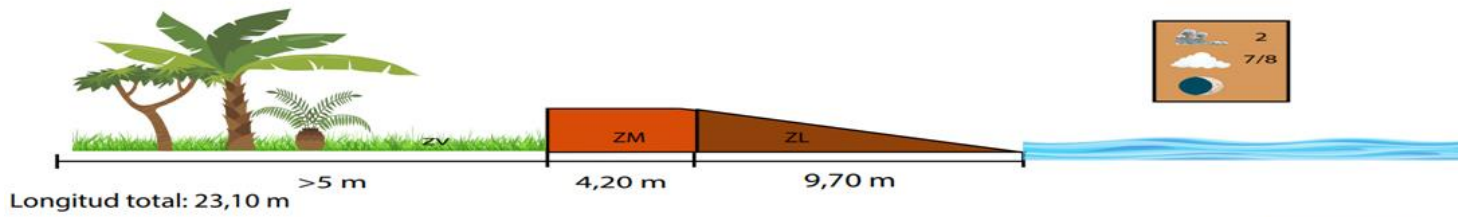


Longitud total: 33,20 m

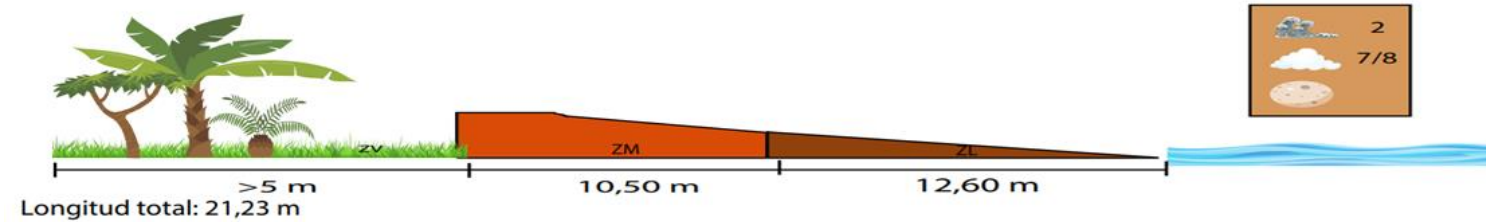


ESTACIÓN M09

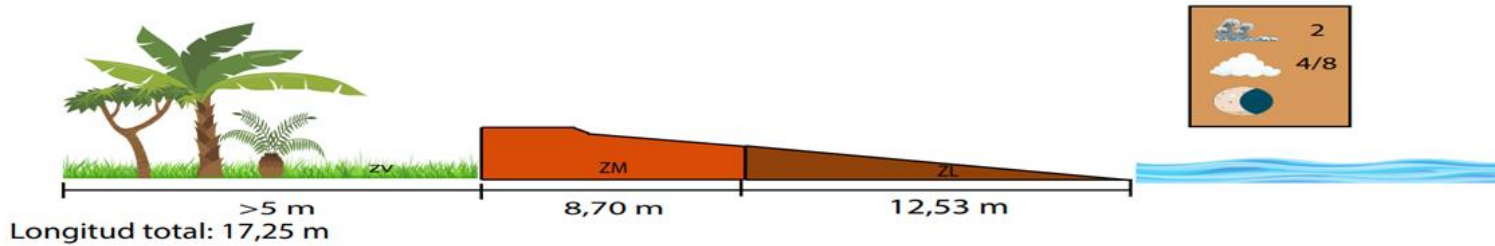
Longitud total: 13,90 m



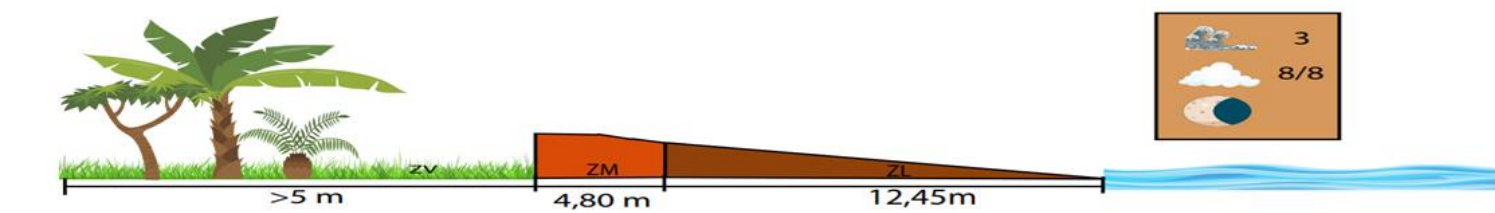
Longitud total: 21,23 m



Longitud total: 17,25 m

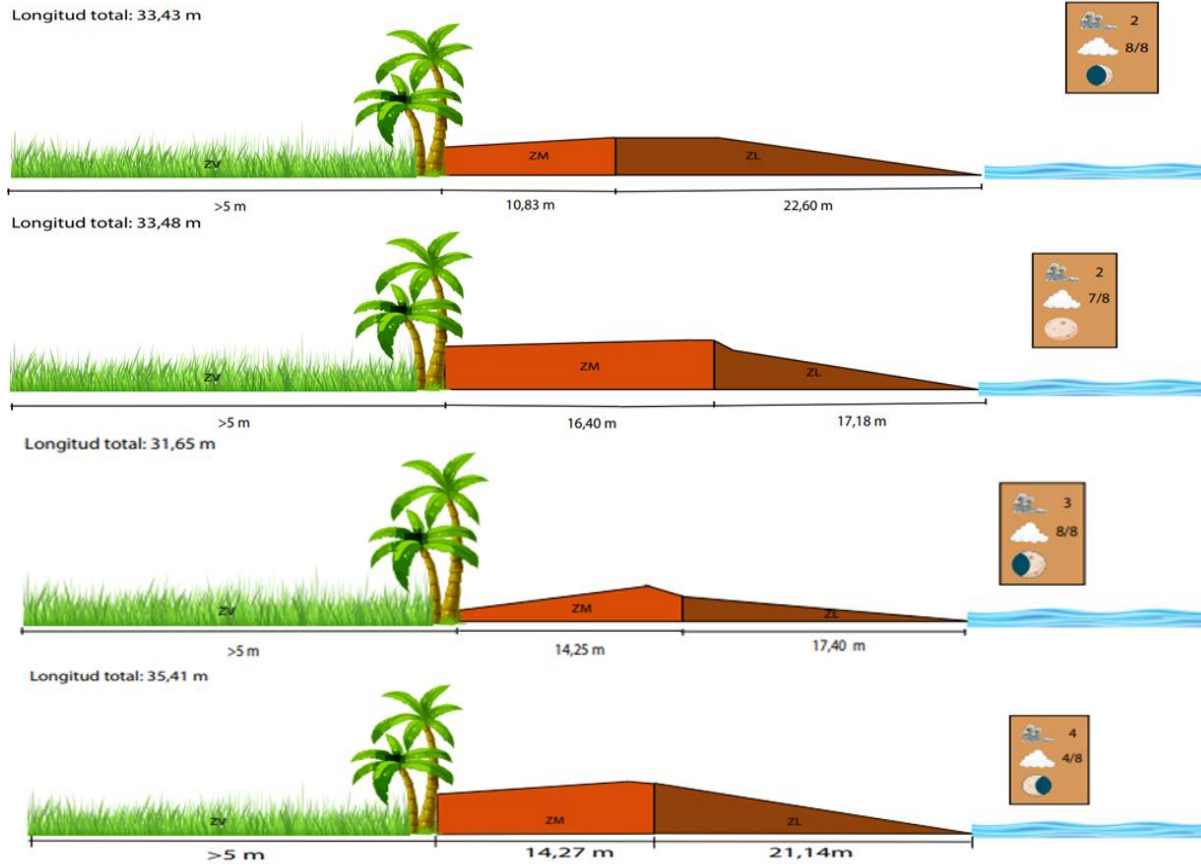


Longitud total: 17,25 m

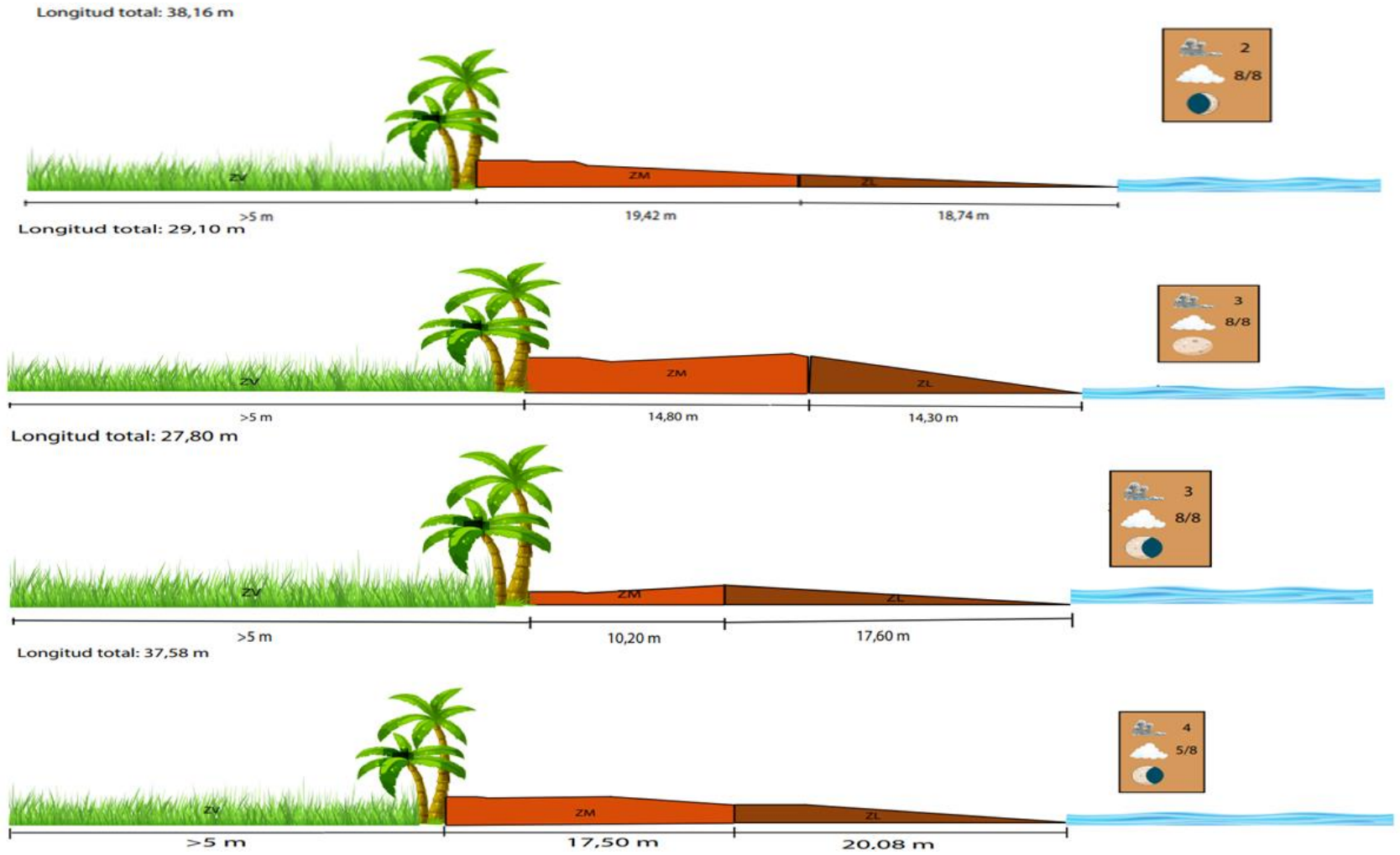


ANEXO B. Perfiles topográficos de playas del sector G

ESTACIÓN G01

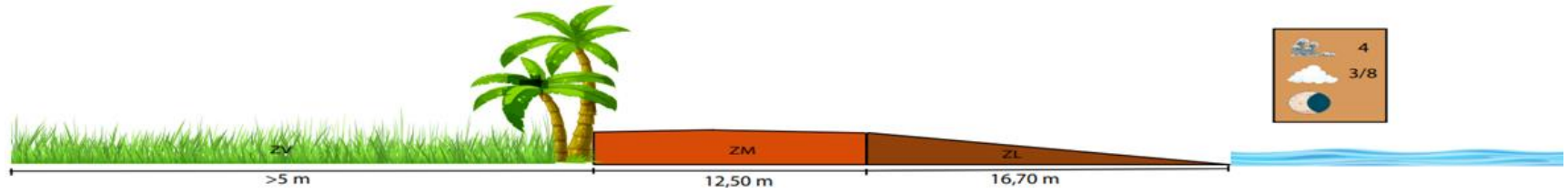
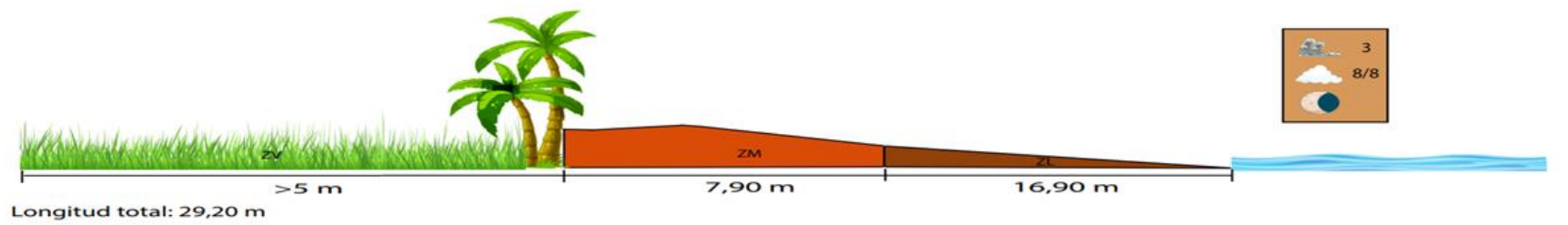
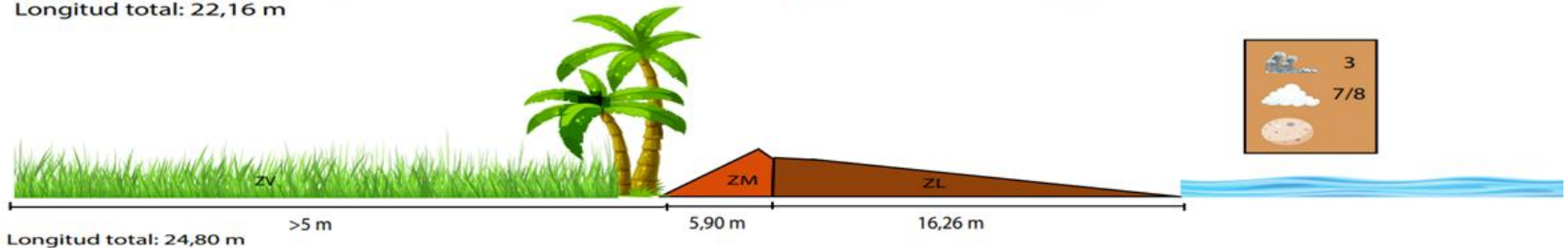


ESTACIÓN G02



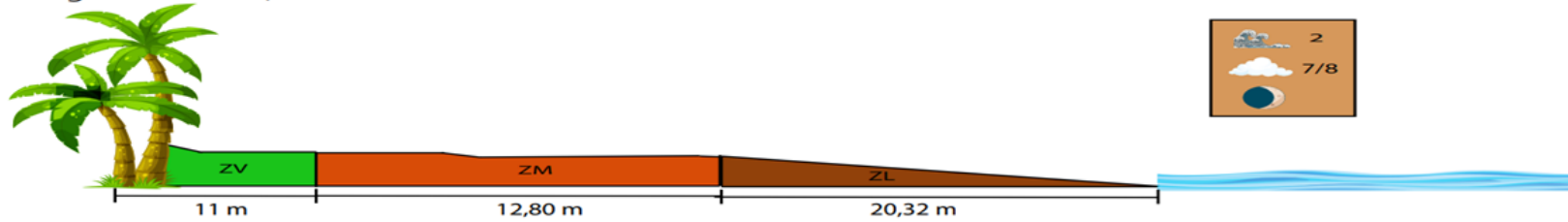
ESTACIÓN G03

Longitud total: 26,21 m

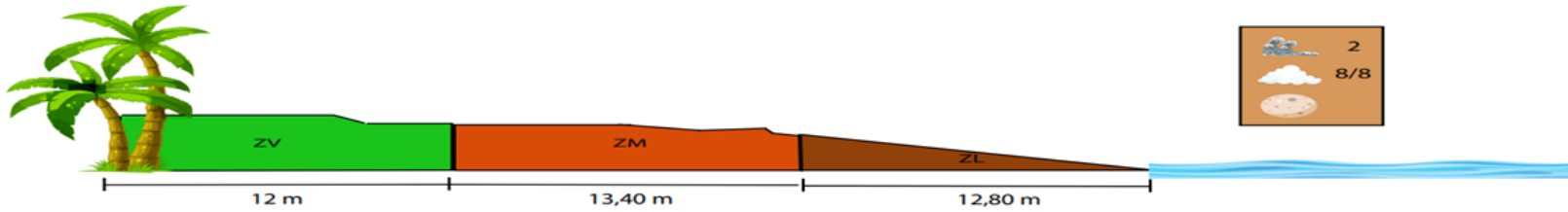


ESTACIÓN G04

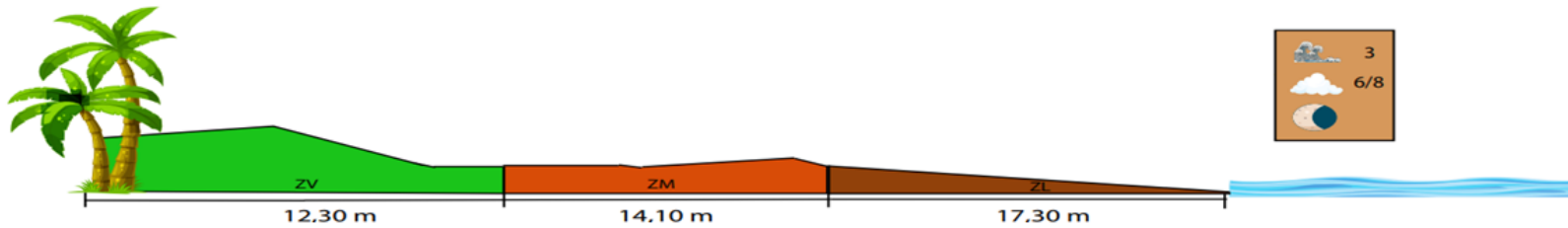
Longitud total: 44,12 m



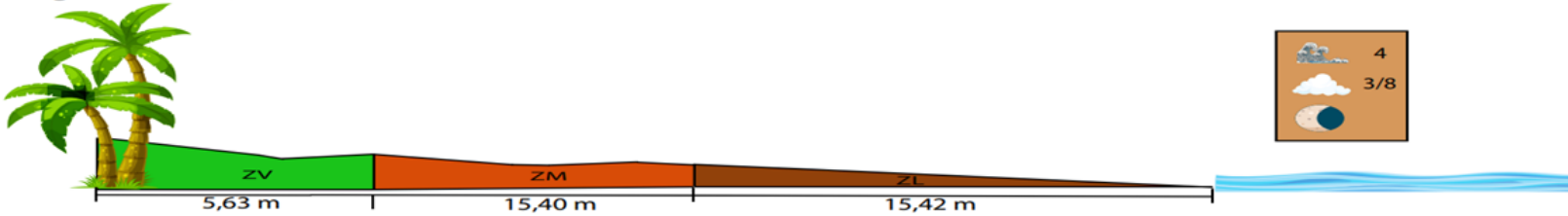
Longitud total: 38,20 m



Longitud total: 44,10 m

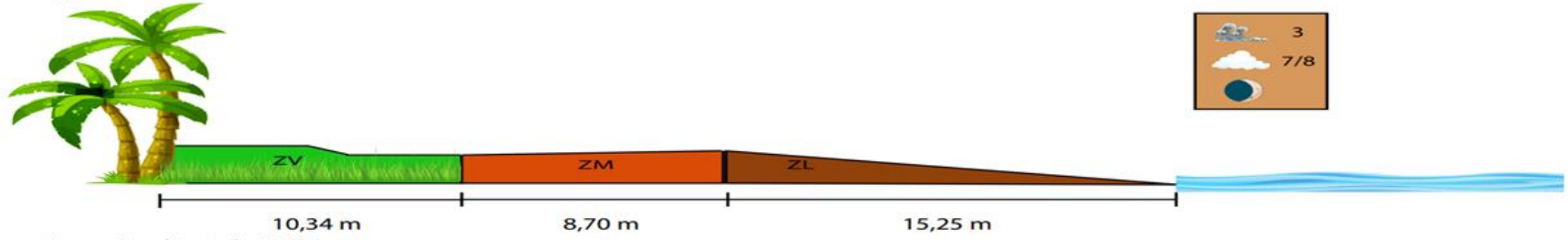


Longitud total: 36,45 m

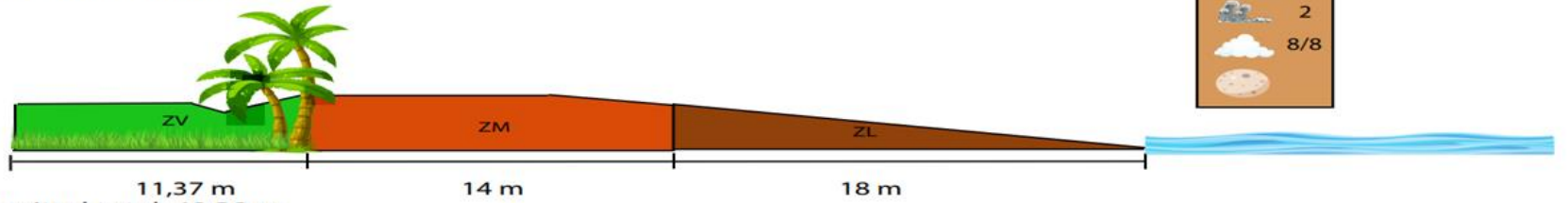


ESTACIÓN G05

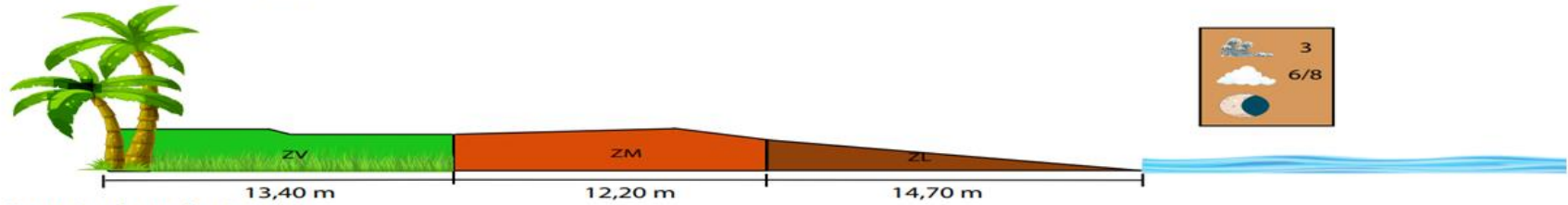
Longitud total: 34,26 m



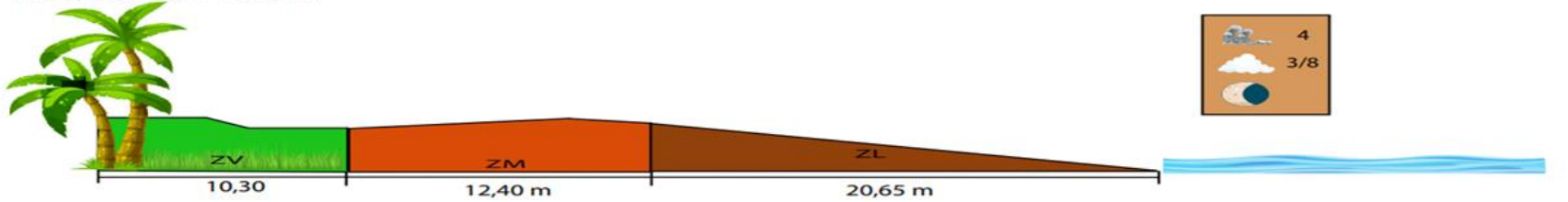
Longitud total: 43,37 m



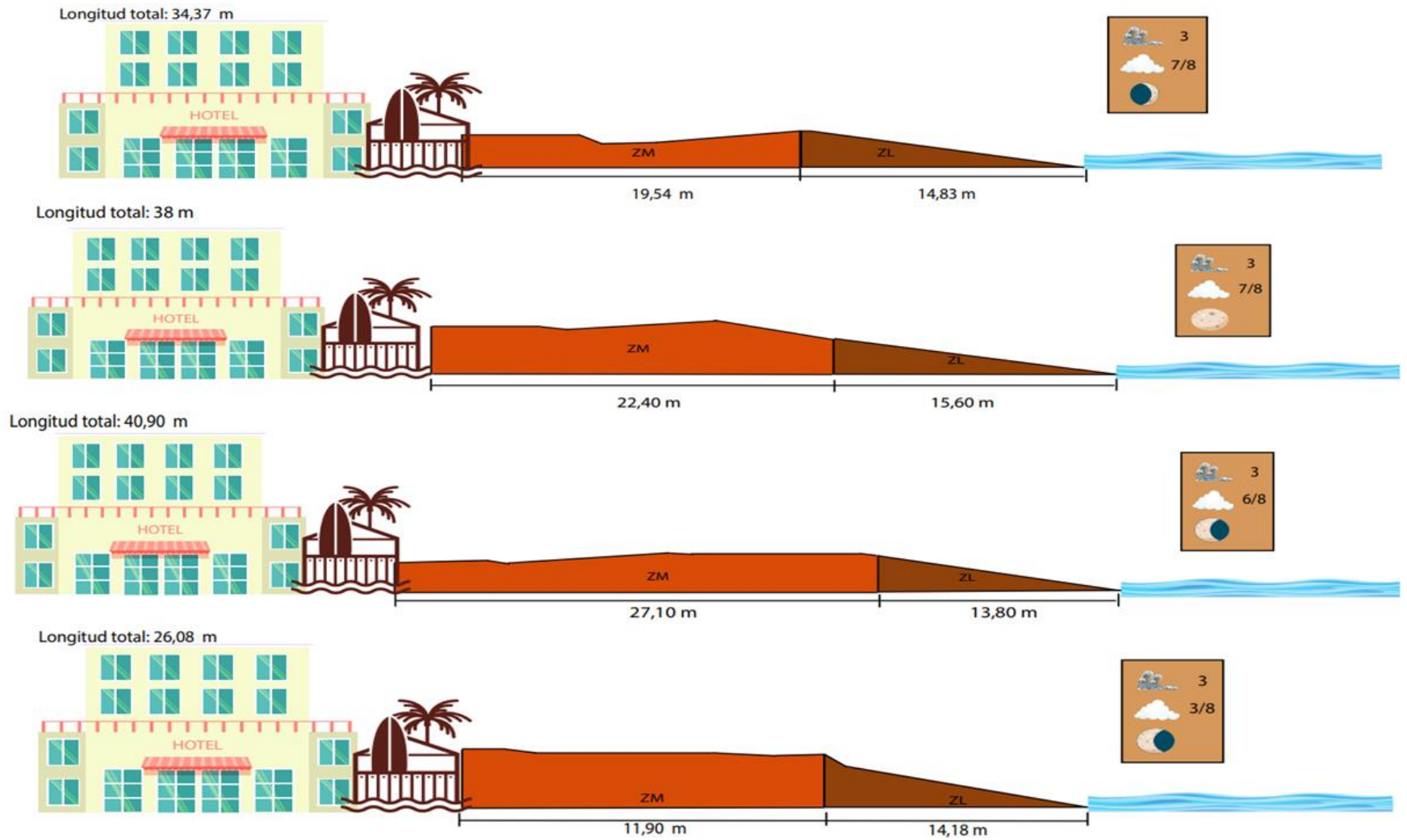
Longitud total: 40,30 m



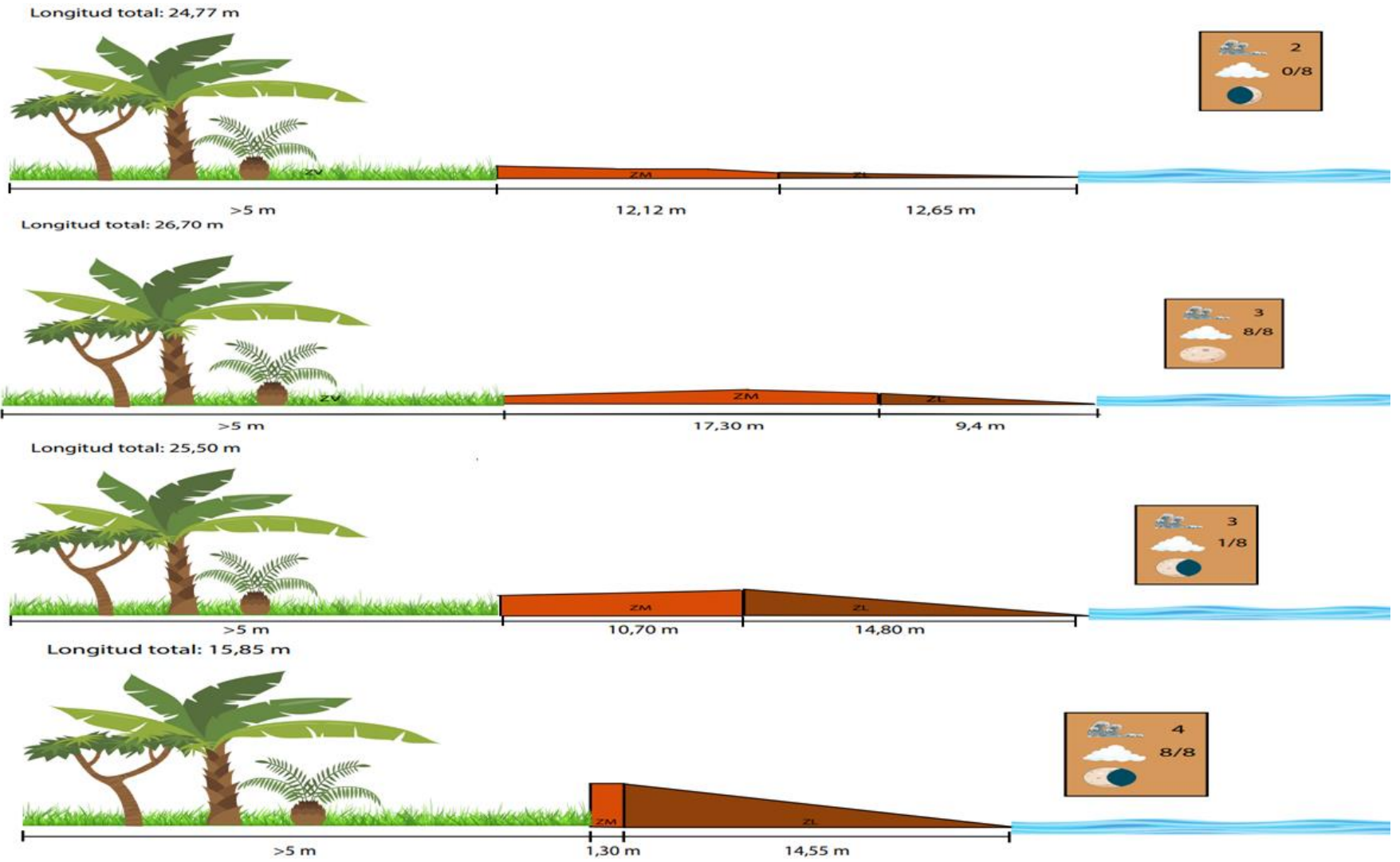
Longitud total: 43,35 m



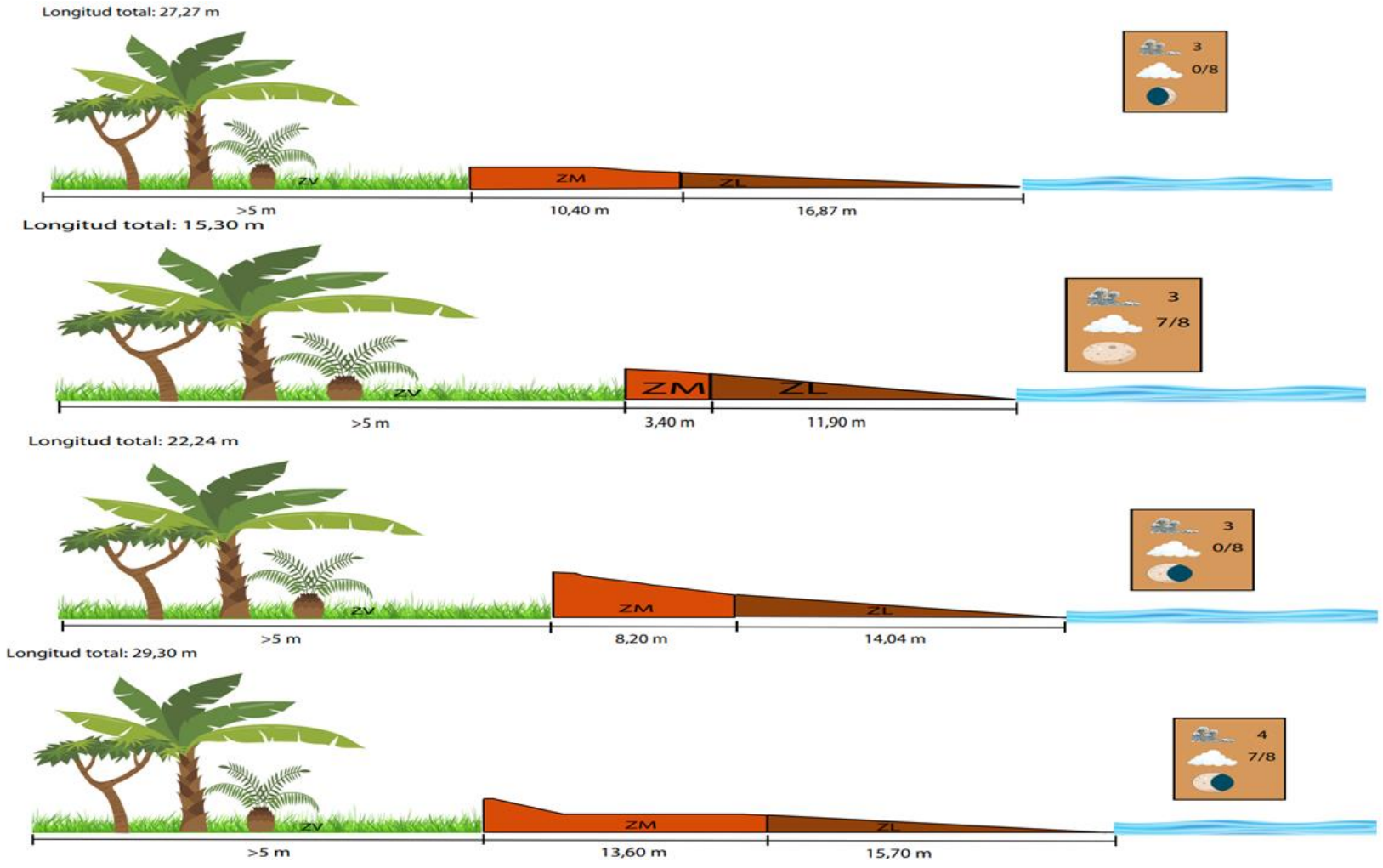
ESTACIÓN G06



ESTACIÓN G08

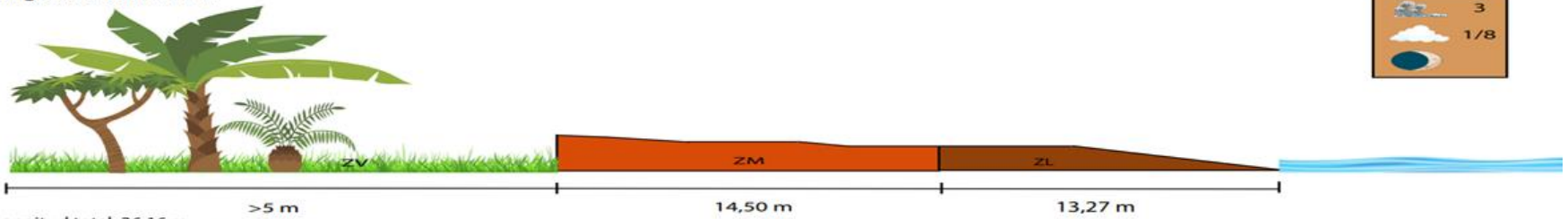


ESTACIÓN G09

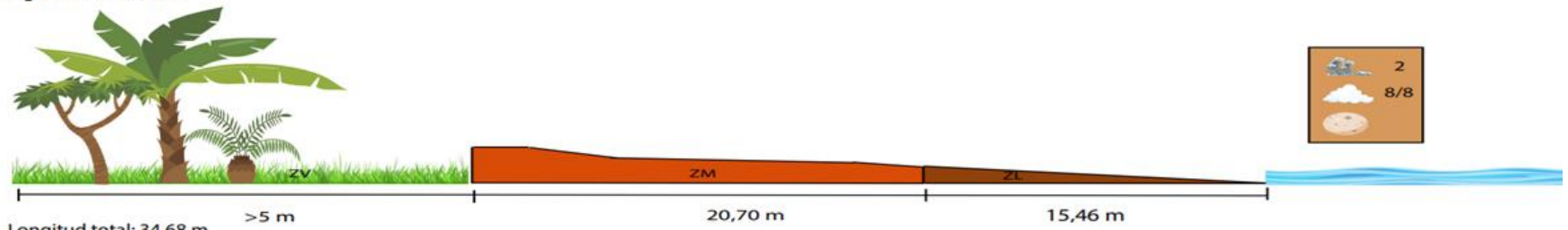


ESTACIÓN G10

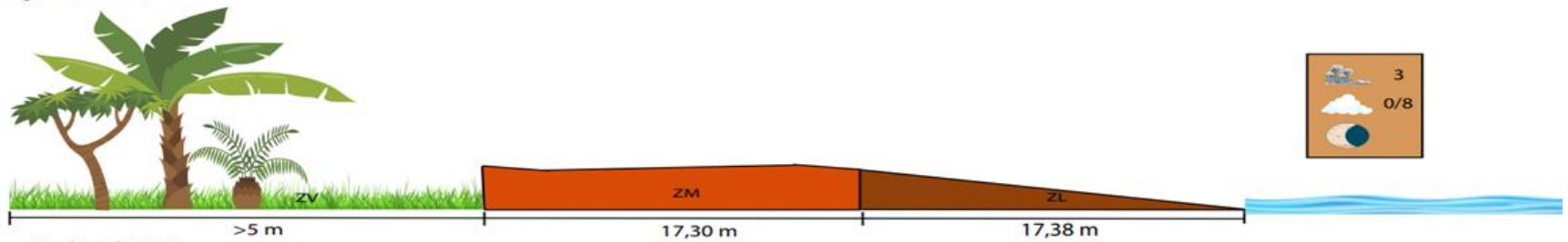
Longitud total: 17,77 m



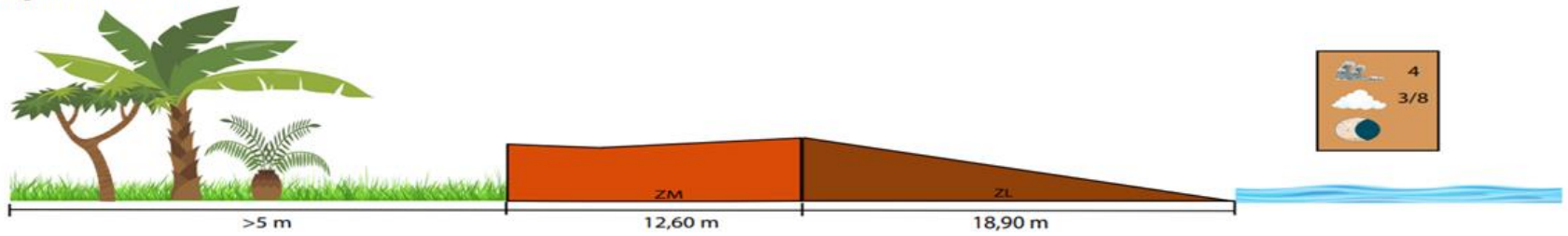
Longitud total: 36,16 m



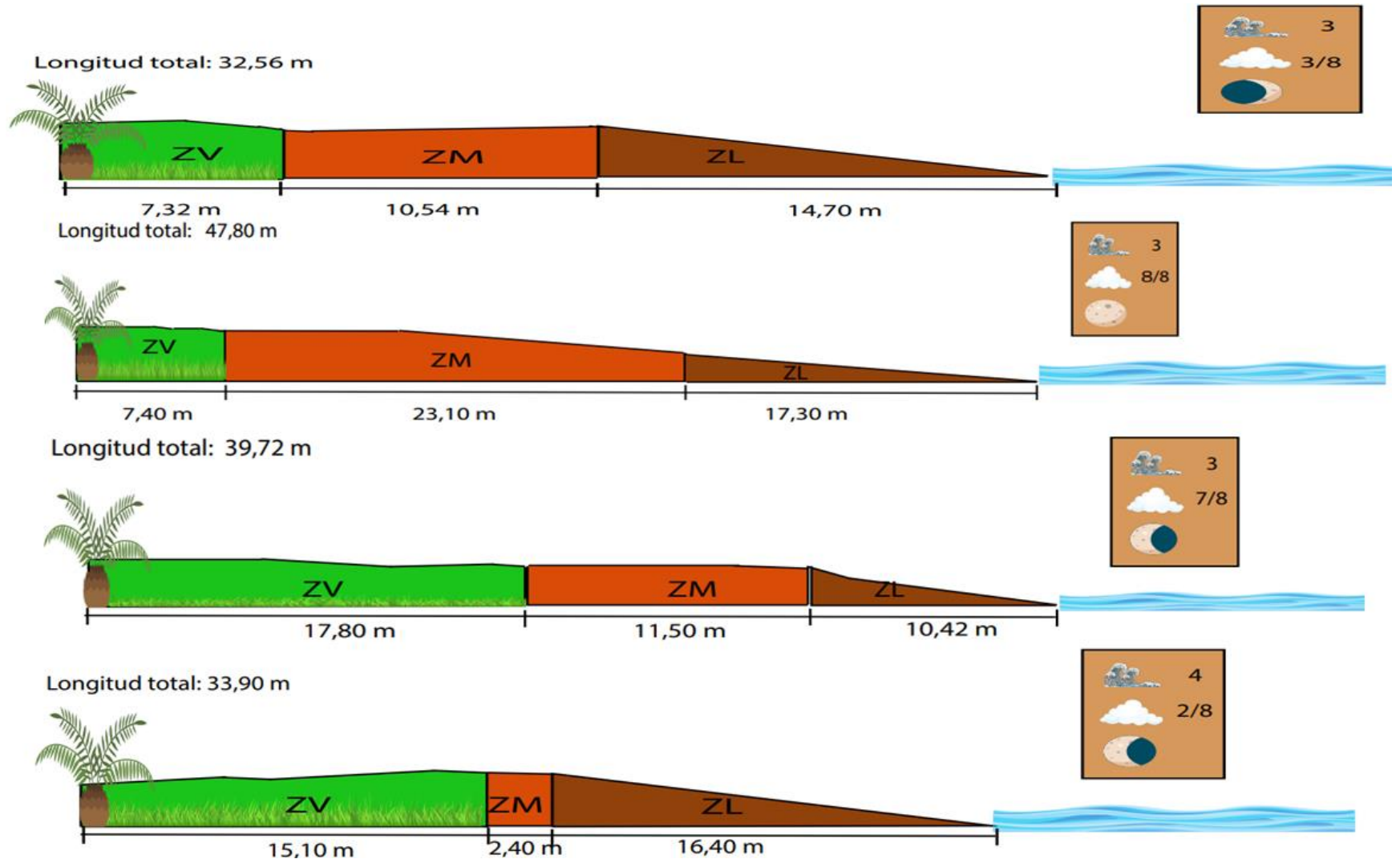
Longitud total: 34,68 m



Longitud total: 31,50 m

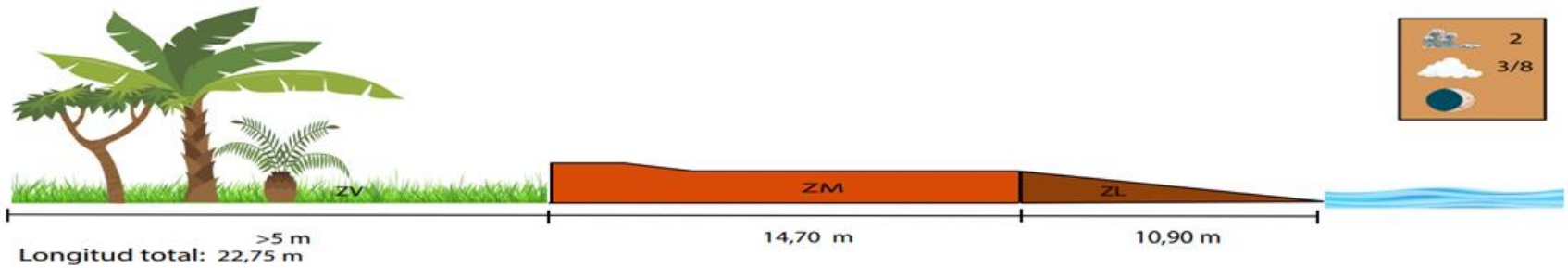


ESTACIÓN G11

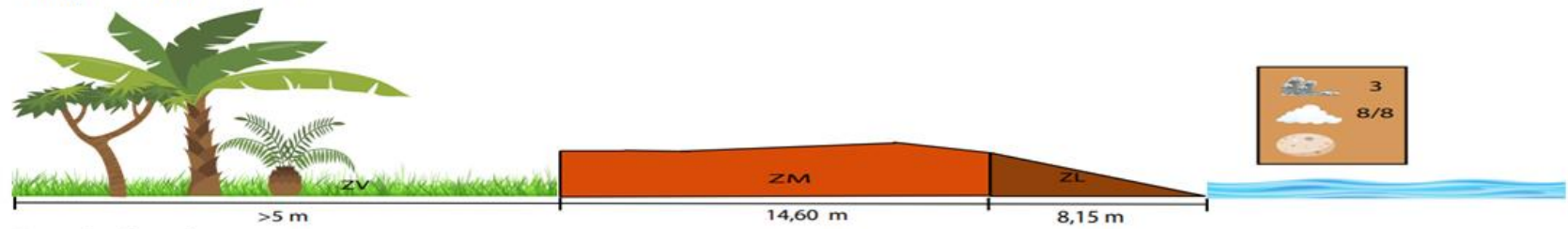


ESTACIÓN G12

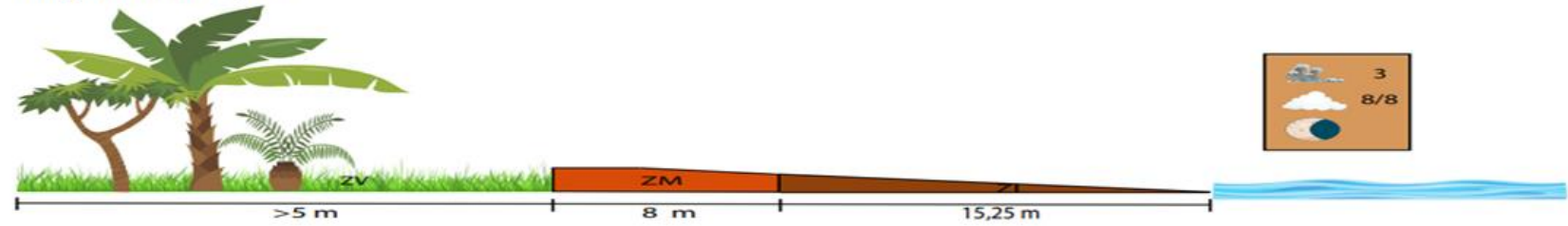
Longitud total: 25,60 m



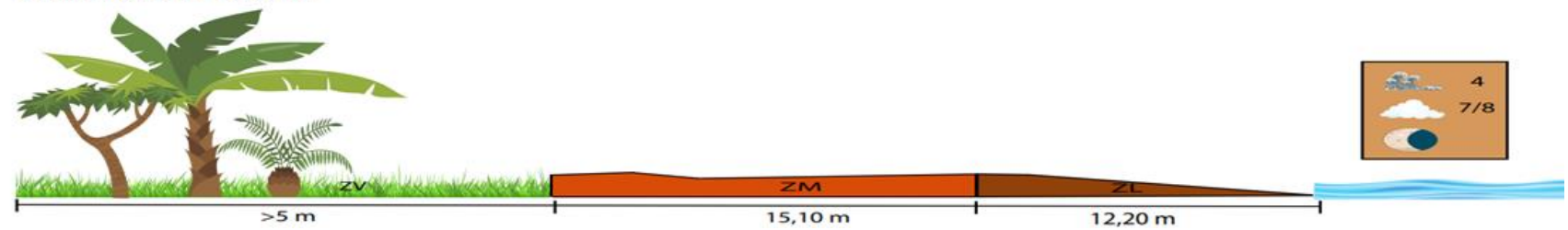
>5 m
Longitud total: 22,75 m



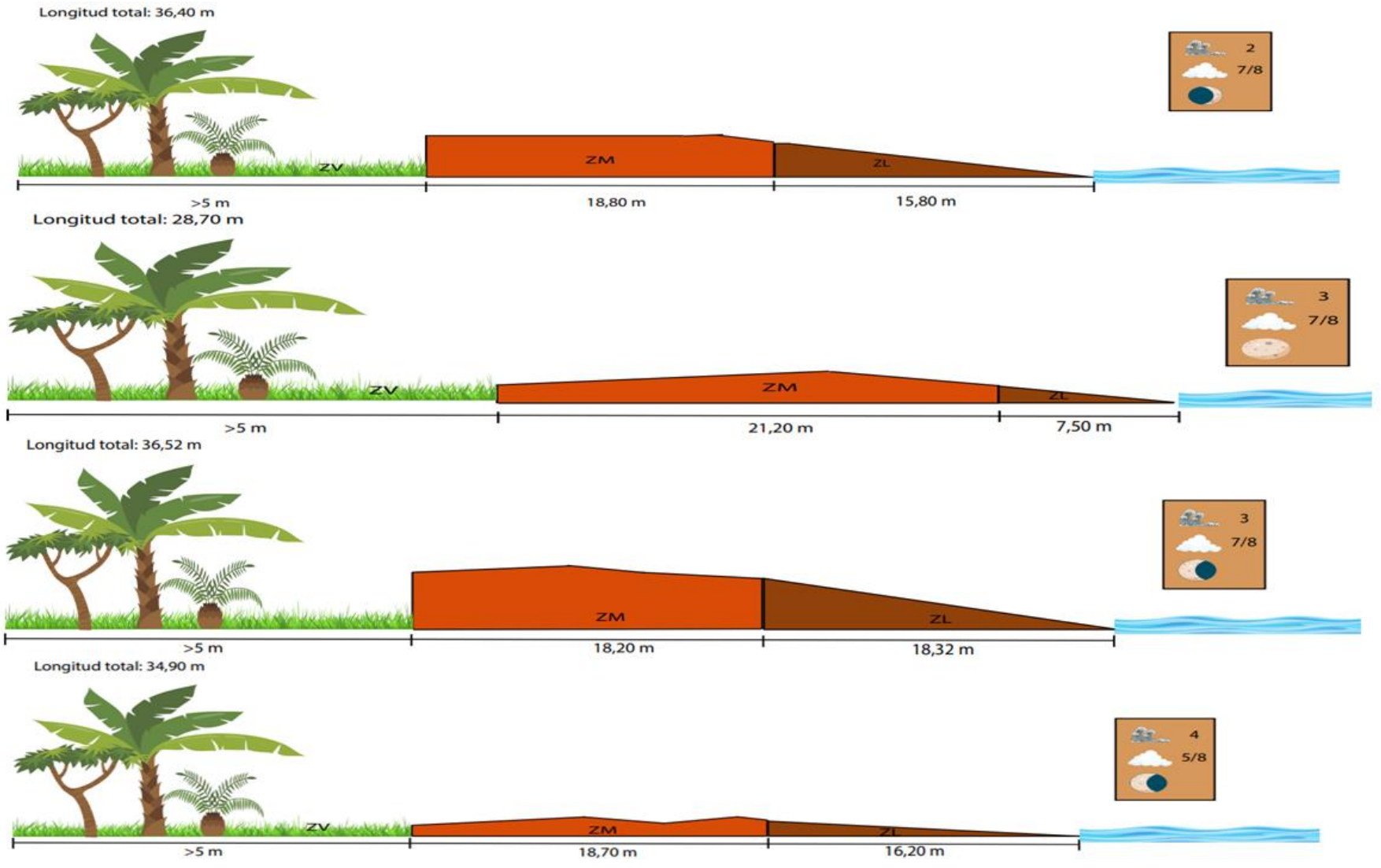
>5 m
Longitud total: 25,60 m



>5 m
Longitud total: 27,30 m

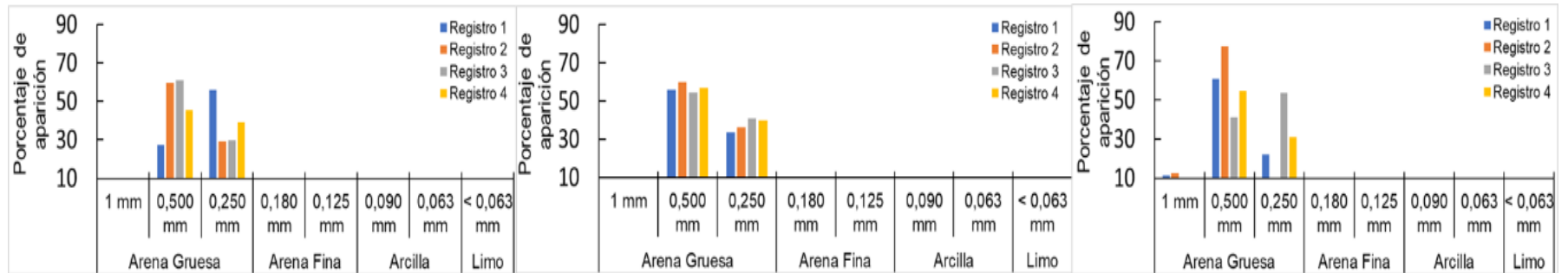


ESTACIÓN G13

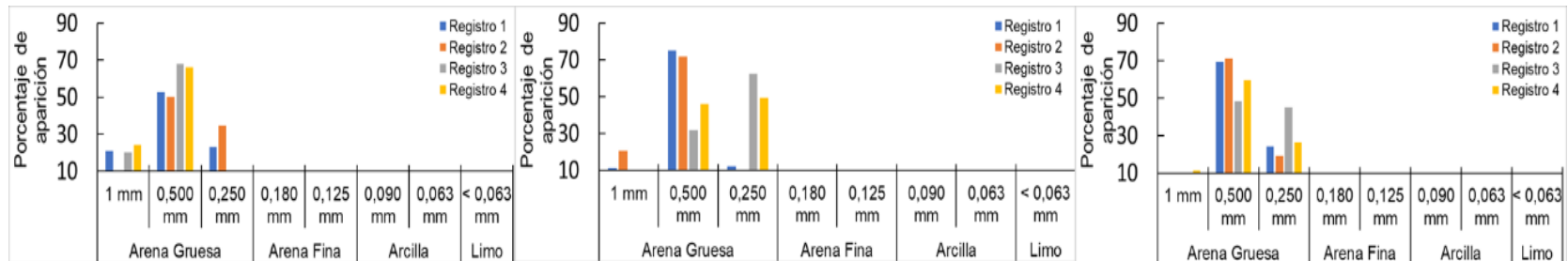


ANEXO C. Granulometría en porcentaje del sector M, en los 3 estratos: ZV (A), ZM (B), ZL (C).

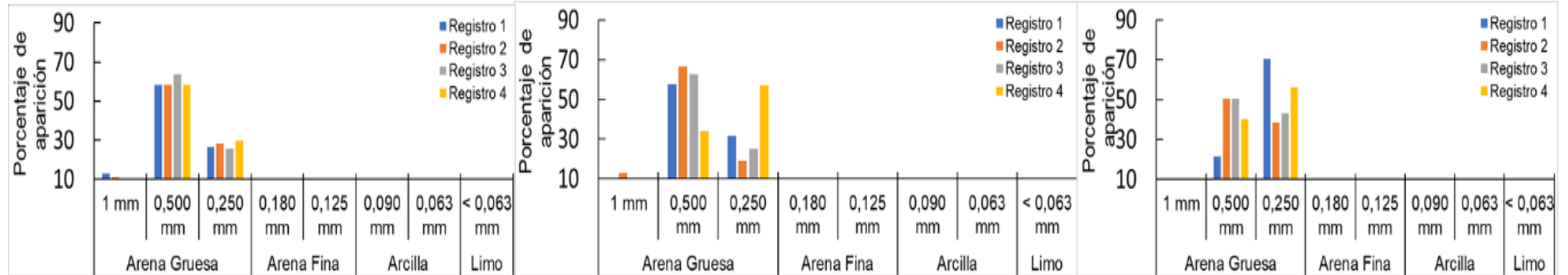
ESTACIÓN M01



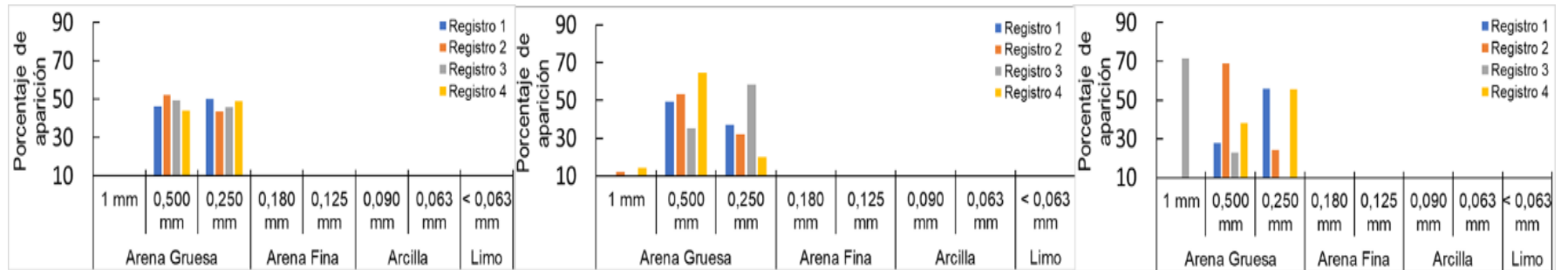
ESTACIÓN M02



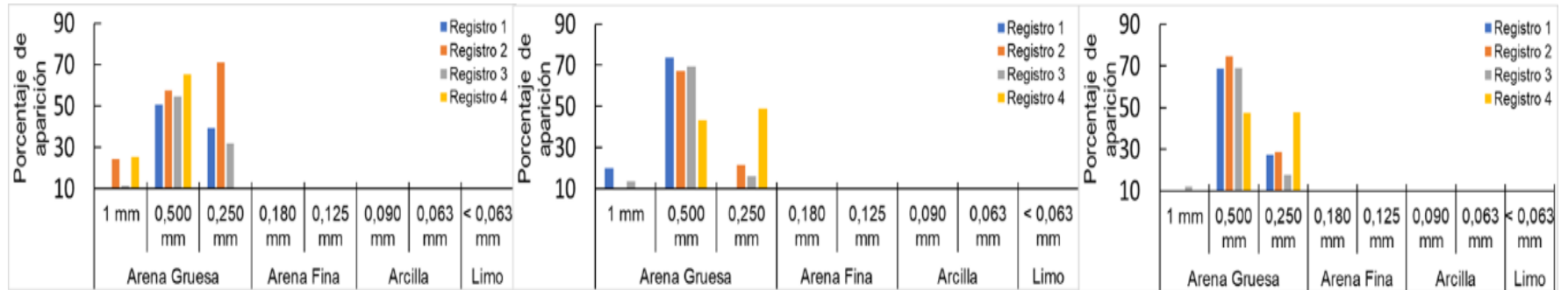
ESTACIÓN M03



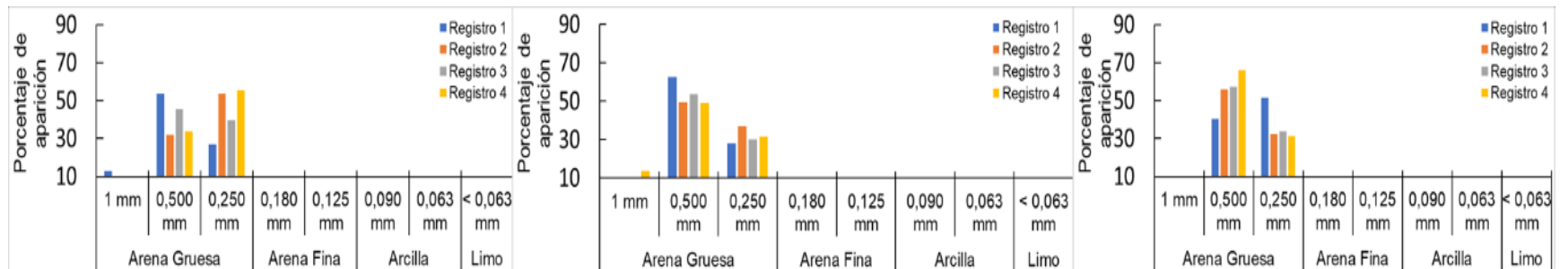
ESTACIÓN M05



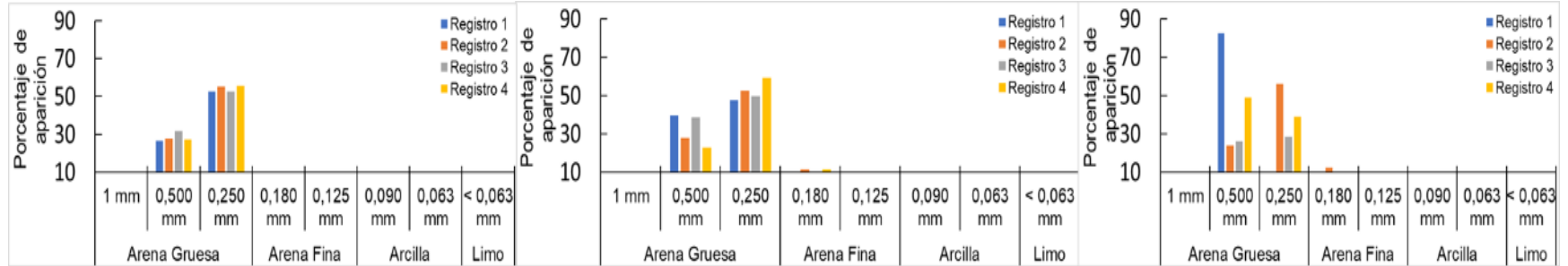
ESTACIÓN M06



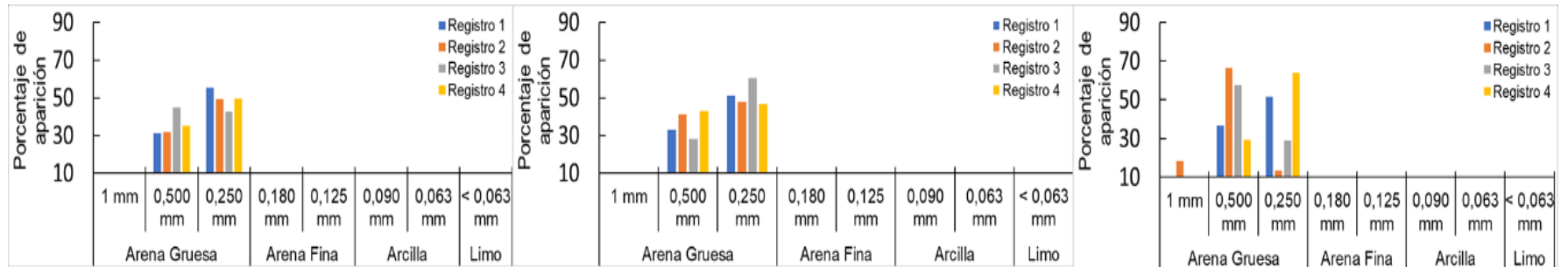
ESTACIÓN M07



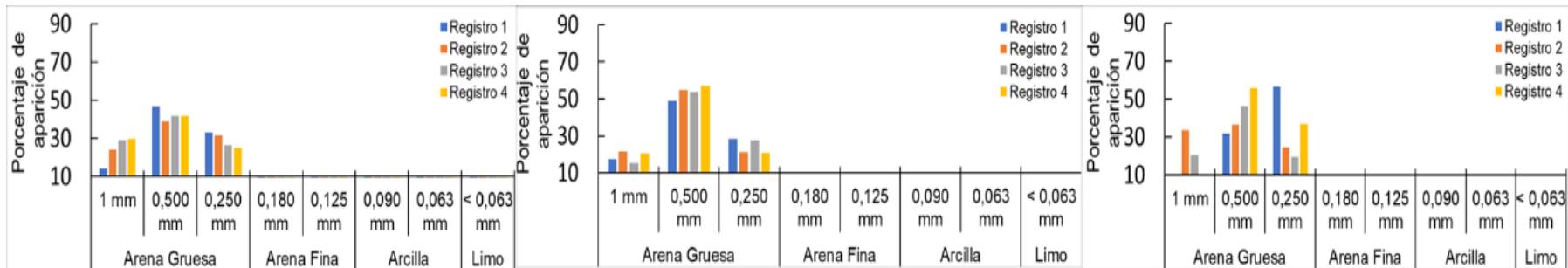
ESTACIÓN M08



ESTACIÓN M09

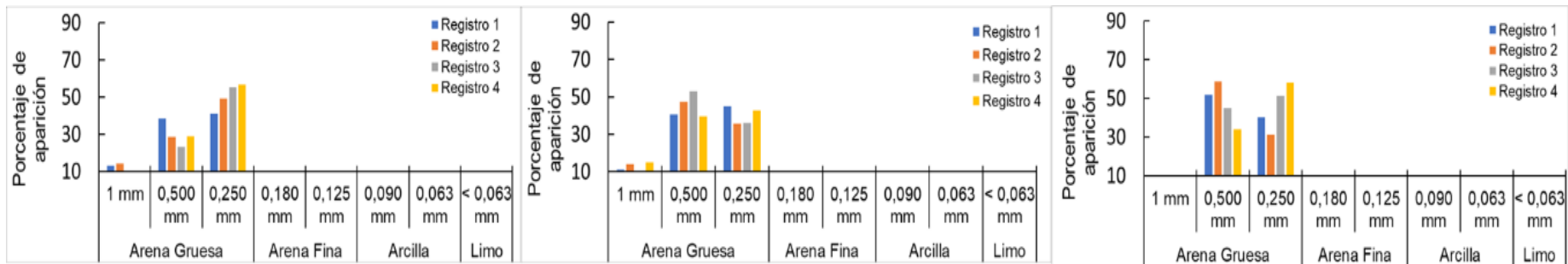


ESTACIÓN M10

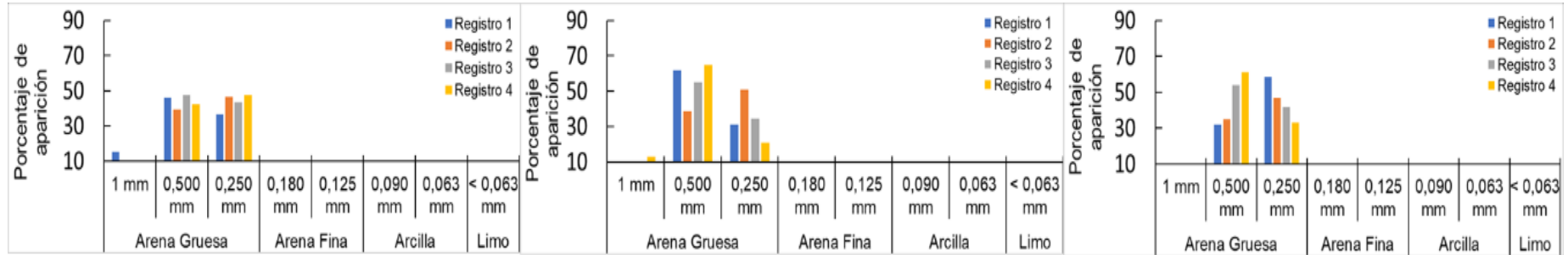


ANEXO D. Granulometría en porcentaje del sector G, en los 3 estratos: ZV (A), ZM (B), ZL (C).

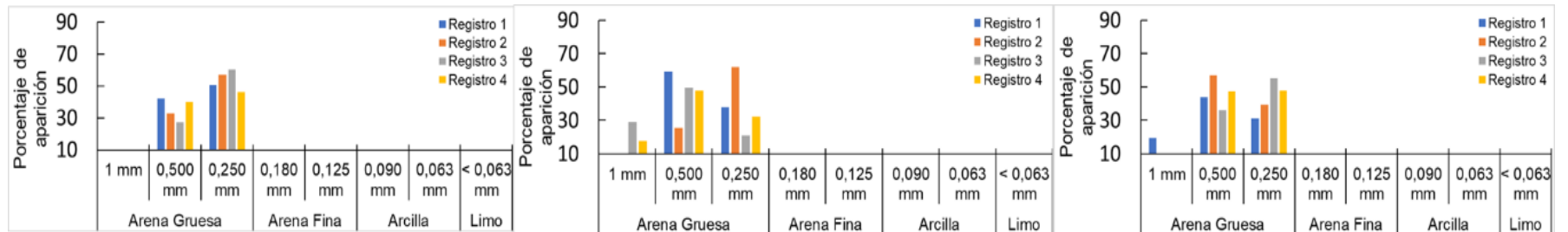
ESTACIÓN G01



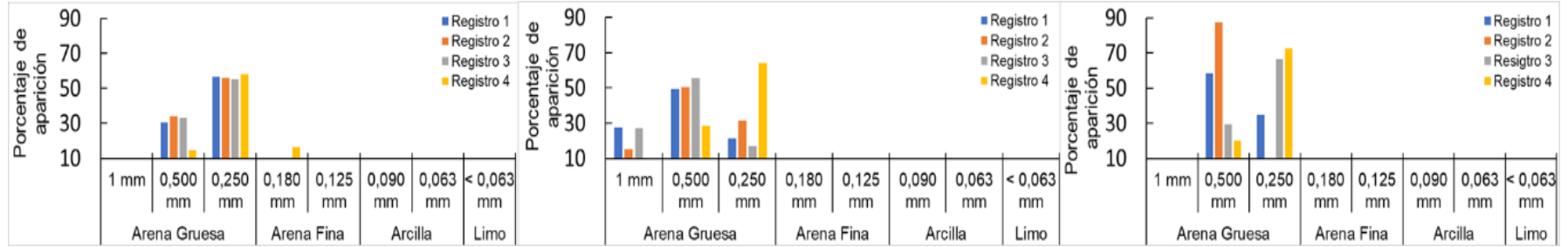
ESTACIÓN G02



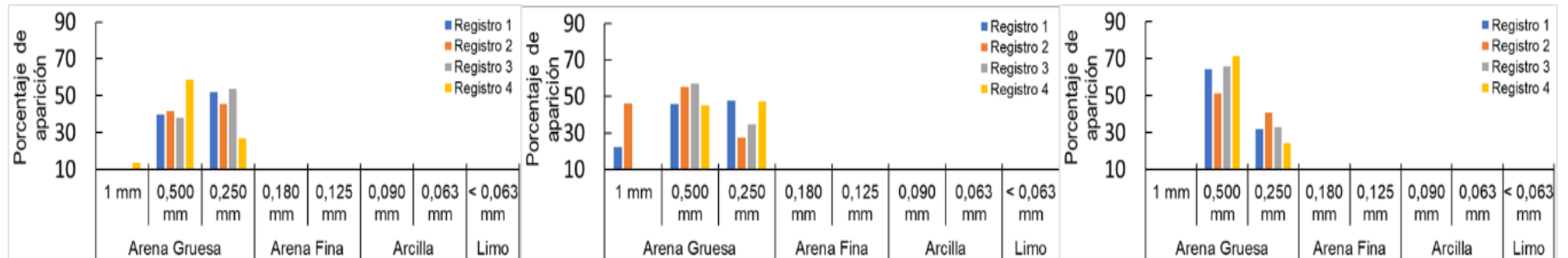
ESTACIÓN G03



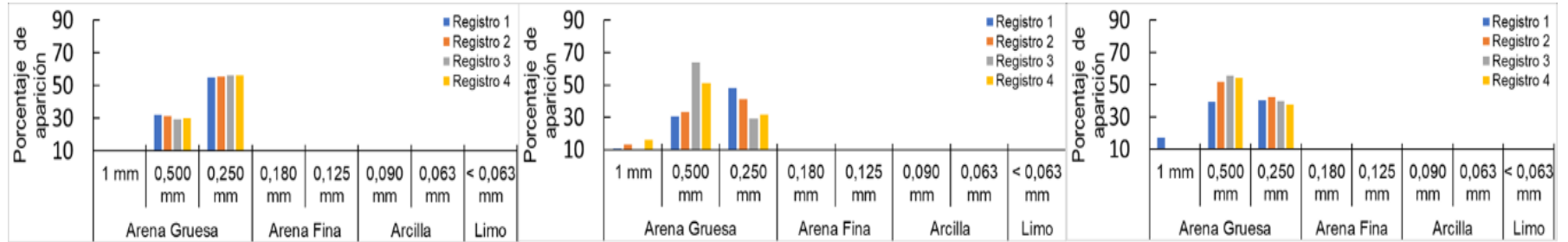
ESTACIÓN G04



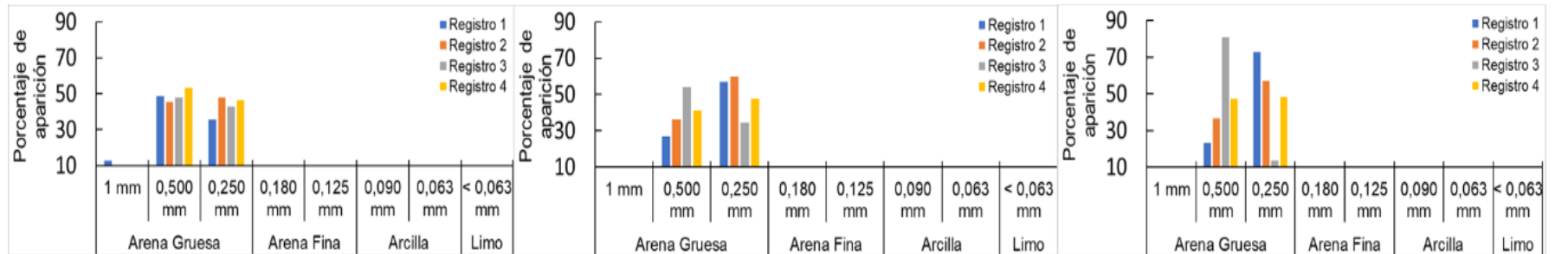
ESTACIÓN G05



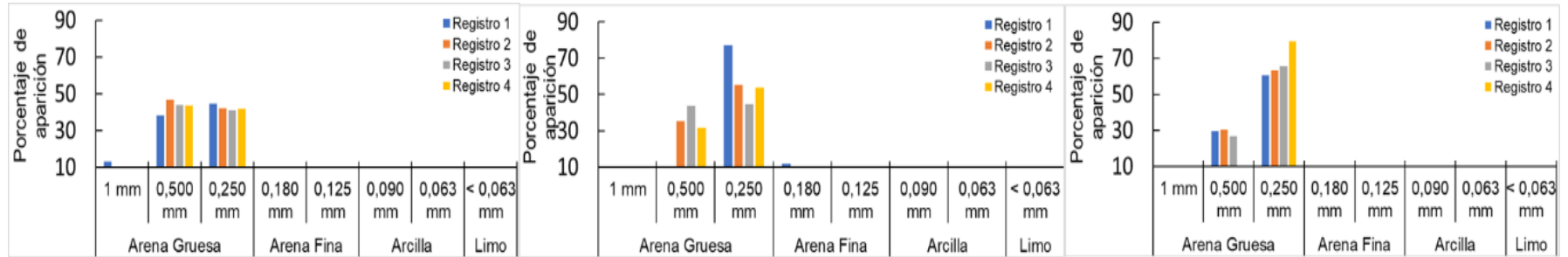
ESTACIÓN G06



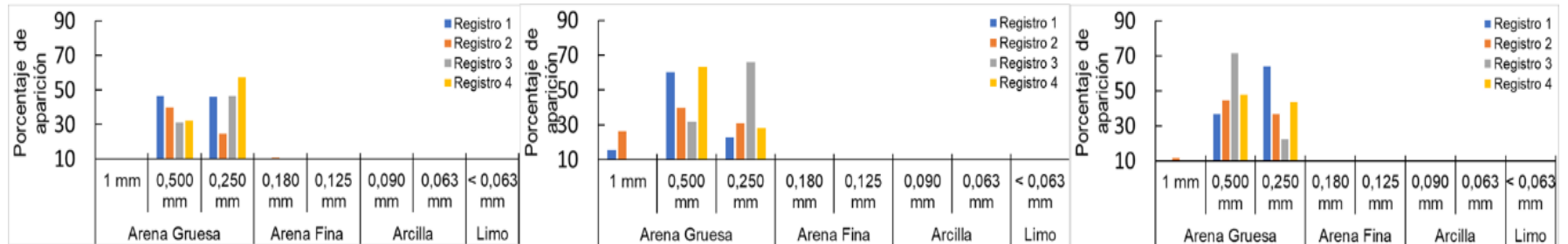
ESTACIÓN G07



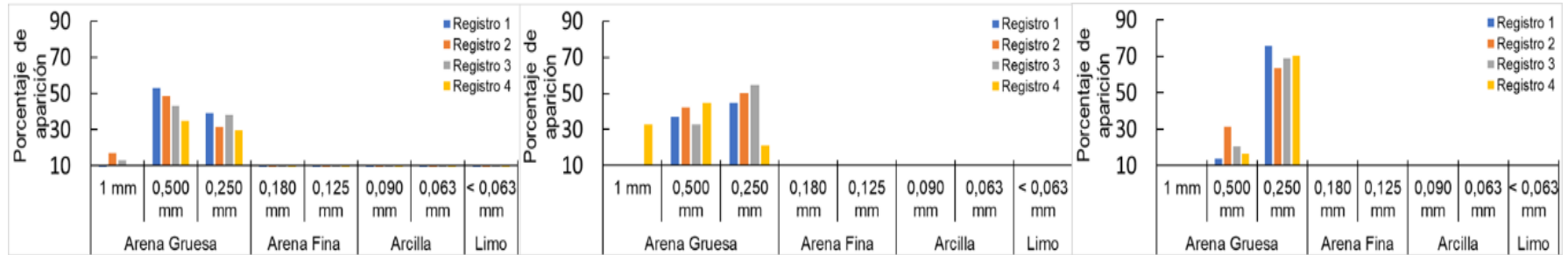
ESTACIÓN G08



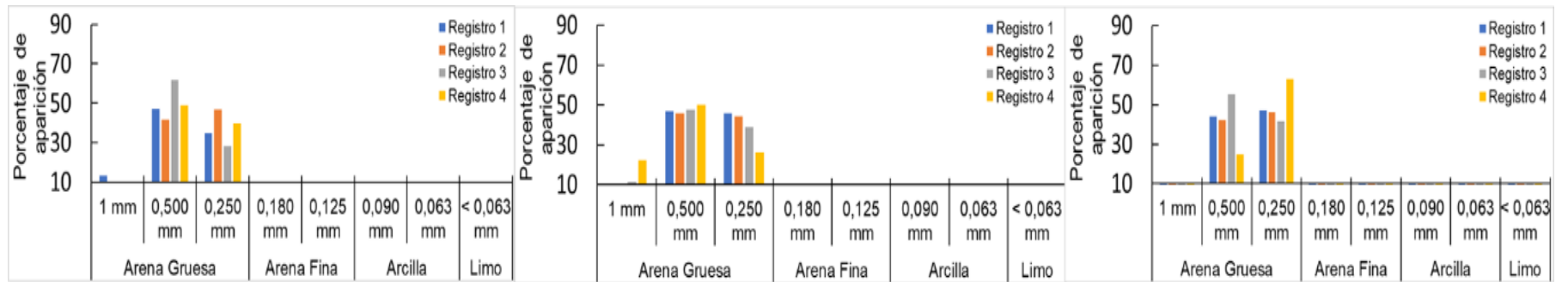
ESTACIÓN G09



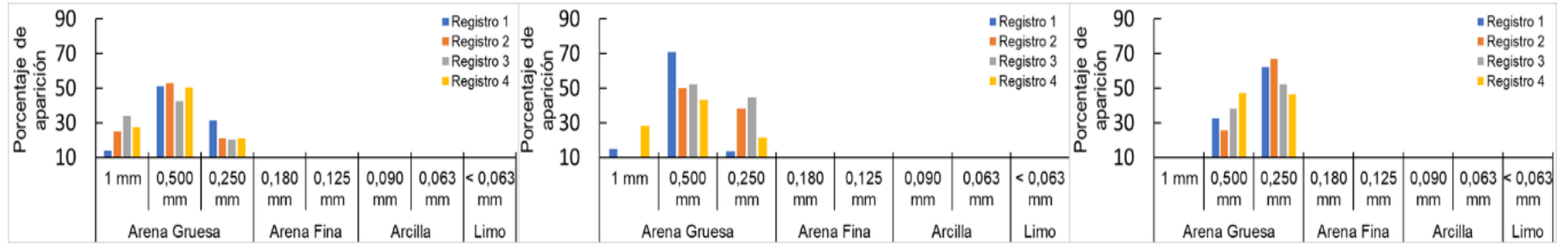
ESTACIÓN G10



ESTACIÓN G11



ESTACIÓN G12



ESTACIÓN G13

