	<p align="center"><b>PLAN DE TRABAJO EVALUACIÓN CALIDAD AMBIENTAL MARINA</b></p> <p align="center">IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE INTERVENCIÓN CORRECTIVA, PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR EROSION, EN EL VOLCÁN DE LODO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ARBOLETES-ANTIOQUIA, CONTRATO Nro. 4600010148 DE 2019</p>	<p>Versión 004</p>	<p>CÓDIGO:</p>
		<p>NOVIEMBRE 2019</p>	<p>PTECAM-001-V4</p>

## ESTADO DEL AREA A INTERVENIR

### CONTRATO DE OBRA

CONSTRUIR OBRAS PARA EL CONTROL DE EROSIÓN EN LA ZONA SUR-OESTE DEL  
VOLCÁN DE LODO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ARBOLETES EN EL  
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA.

Nro. 4600010148 DE 2019

### CONTRATO DE INTERVENTORIA

INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA, LEGAL Y AMBIENTAL  
PARA CONSTRUIR OBRAS PARA EL CONTROL DE EROSIÓN EN LA ZONA SUR -  
OESTE DEL VOLCÁN DE LODO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ARBOLETES EN EL  
DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA


### NUMERO CONTRATO DE INTERVENTORIA

Nro. 4600010162 DE 2019

ESTADO DE REVISIÓN	NOMBRE	CARGO	FIRMA
ELABORÓ	Marleny García Echavarría	Oceanógrafa	
APROBÓ	Jhon Jairo Castellón Vallejo	Director de Obra	
APROBÓ	Luis Alfonso Cagua Ospino	Director de interventoría	


ARBOLETES – ANTIOQUIA

DICIEMBRE DE 2019

	<p><b>PLAN DE TRABAJO EVALUACIÓN CALIDAD AMBIENTAL MARINA</b></p> <p>IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE INTERVENCIÓN CORRECTIVA, PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR EROSION, EN EL VOLCÁN DE LODO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ARBOLETES-ANTIOQUIA, CONTRATO Nro. 4600010148 DE 2019</p>	<p>Versión 004</p> <p>NOVIEMBRE 2019</p>	<p>CÓDIGO:</p> <p>PTECAM-001-V4</p>
---	---	--	-------------------------------------


## CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. MARCO CONCEPTUAL .....	4
3. AREA DE ESTUDIO .....	5
4. EPOCAS CLIMATICAS EN EL LITORAL CARIBE COLOMBIANO.....	7
4.1 Época Seca o Época de Verano (diciembre a marzo).....	7
4.2 Época Húmeda o Época de Invierno (abril a Noviembre).....	8
5. ANTECEDENTES.....	10
6. ESTADO ACTUAL.....	14
7. ASPECTOS TECNICOS.....	17
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	19
9. REFERENCIAS .....	20

	<p align="center"><b>PLAN DE TRABAJO EVALUACIÓN CALIDAD AMBIENTAL MARINA</b></p> <p align="center">IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE INTERVENCIÓN CORRECTIVA, PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR EROSION, EN EL VOLCÁN DE LODO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ARBOLETES-ANTIOQUIA, CONTRATO Nro. 4600010148 DE 2019</p>	<p>Versión 004</p> <p>NOVIEMBRE 2019</p>	<p>CÓDIGO:</p> <p>PTECAM-001-V4</p>
---	---	--	-------------------------------------

## FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Area de estudio .....	7
<b>Figura 2.</b> Evolución histórica de la línea de costa del sector Arboletes–Punta Rey. (A) cambios en la posición de la línea de costa entre 1938 y 2005, evidenciando la desaparición de la península de Punta Rey y la erosión generalizada hacia el sur y este de la Punta Arboletes. B) Aerofotografía IGAC (1938) de la península de Punta Rey. C) Como respuesta a la erosión en la zona se construyeron (hasta 2004) 37 obras de defensa en la zona: el espolón No. 27, ubicado al frente de Arboletes ha sido hasta la fecha la única estructura que ha logrado minimizar el retroceso de la línea de costa; tomada de Correa & Vernet, 2004. D) Retroceso de acantilados asociado a movimientos de masa generados por lluvias, norte del casco urbano de Arboletes. Tomado de: Correa et al, 2007. ....	10
<b>Figura 3.</b> Rasgos geomorfológicos del litoral Punta Rey – Arboletes, fotografías tomadas en el año 2007. A) playas en erosión con materiales gruesos (bloques) dispersos provenientes de enrocados de defensa y restos de espolones; nótese el escarpe erosivo de la terraza (0.5 m de altura), cortado prácticamente sobre el horizonte de suelos (vista hacia el sur de Puerto Rey); B) acumulación de bloque en la actual Punta Rey; al fondo la isla Rey, extremo Oeste de la desaparecida península de Punta Rey; C) acumulaciones de rocas y playas e dimensiones menores en la punta Arboletes (punta Rey), vista hacia el Norte de Puerto Rey, D) acantilados hacia el norte del barrio Minuto de Dios (1.5 a 2 m de altura ), cortados en arcillolitas meteorizadas; las playas delgadas frontales desaparecen en los periodos de oleajes fuertes y no ofrecen protección efectiva a los escarpes, E) agrietamientos en la terraza y entrantes en la línea de costa producidos por los espolones; al fondo, Puerto Rey, F) sacos rellenos de arena dispuestos recientemente para la protección del barrio Minuto de Dios; islotes remanentes de la erosión de la terraza en el sector, vista desde el Minuto de Dios hacia el Sur. Tomado de: Correa et al, 2007. ....	12
<b>Figura 4.</b> Tasas de erosión litoral entre Arboletes y Turbo, Tomado de Correa & Vernet, 2004. ....	13
<b>Figura 5.</b> Erosión costera A) Area del volcán de lodo, B) Erosión al norte del Volcán. ....	14
<b>Figura 6.</b> Cambios de la línea de costa A) línea de costa del 2009, B) línea de costa del 2018, C) línea de costa actual. ....	15
<b>Figura 7.</b> Diferencias de línea de costa del 2009, 2018, 2019.....	16


	<p align="center"><b>PLAN DE TRABAJO EVALUACIÓN CALIDAD AMBIENTAL MARINA</b></p> <p align="center">IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE INTERVENCIÓN CORRECTIVA, PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR EROSION, EN EL VOLCÁN DE LODO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ARBOLETES-ANTIOQUIA, CONTRATO Nro. 4600010148 DE 2019</p>	<p>Versión 004</p>	<p>CÓDIGO:</p>
		<p>NOVIEMBRE 2019</p>	<p>PTECAM-001-V4</p>

## 1. INTRODUCCIÓN

Colombia está afrontando un problema creciente de erosión en sus costas. Este problema afecta los asentamientos humanos, la infraestructura costera (vías costeras, hotelería, turismo, viviendas, entre otros) y los ecosistemas estratégicos marino-costeros, incluyendo zonas de conservación, así como el resto del patrimonio marino-costero del país (Minambiente, 2016).


La erosión del litoral es una amenaza geológica en muchas zonas costeras, sobre todo en aquellas intervenidas y con economías basadas en usos intensivos del espacio físico (agricultura, acuicultura, turismo, industria, actividades portuarias). Las predicciones a futuro de los impactos del Cambio Climático Global sobre las costas consideran muy probable la intensificación de estas amenazas, en función de factores como los aumentos de población y el ascenso eustático del nivel del mar, estimado entre los 40 y 80 cm para el año 2100. (Bird, 1985; IPCC, 2001 y 2007).

Hoy día, las obras de protección costera cumplen un papel muy importante, pero para ser efectivas requieren de la existencia de una potente información de detalle. Esta reflexión, a pesar de ser incorporada en numerosos documentos de planificación, se ve confrontada por la ausencia a veces inexplicable de información sobre litoral y medio marino a pequeñas escalas (Díaz et al., 2012). En el presente documento se describen las características climatológicas, geológicas y oceanográficas de la zona a intervenir, los antecedentes de la línea de costa, en la cual opera el **CONSORCIO TÓMBOLOS ARTIFICIALES**, con **CONTRATO DE OBRA No. 4600010148** cuyo objeto es “Construir obras para el control de erosión en la zona sur-oeste del volcán de lodo ubicado en el municipio de arboletes en el departamento de Antioquia”. como ejecutor de la obra que busca mitigar la erosión costera en el municipio de Arboletes quiere dar a conocer que debido a la complejidad de la zona existen muchos aspectos que se modifican y alteran con gran rapidez, los cuales pueden influir en el proceso constructivo.

	<p align="center"><b>PLAN DE TRABAJO EVALUACIÓN CALIDAD AMBIENTAL MARINA</b></p> <p align="center">IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE INTERVENCIÓN CORRECTIVA, PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR EROSION, EN EL VOLCÁN DE LODO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ARBOLETES-ANTIOQUIA, CONTRATO Nro. 4600010148 DE 2019</p>	<p>Versión 004</p>	<p>CÓDIGO:</p>
		<p>NOVIEMBRE 2019</p>	<p>PTECAM-001-V4</p>

## 2. MARCO CONCEPTUAL

- ⚓ **Línea de costa:** La línea de costa es un elemento de contacto entre la superficie emergida y la oceánica (Dolan et al., 1980).
- ⚓ **Erosión costera:** La erosión costera es el resultado de la pérdida de sedimentos debido a factores naturales (olas, corrientes, huracanes, tsunamis, etc.) y factores antropogénicos (extracción de arenas y recursos marino costeros para construcción, tala de manglares, obras costeras descoordinadas e infraestructura muy cercanas a la línea de costa) (Minambiente, 2016).
- ⚓ **Dinámica litoral:** La dinámica litoral es el conjunto de procesos costeros causados por los agentes climáticos marinos al actuar sobre el medio. Los elementos esenciales de la dinámica litoral son los agentes actuantes, el medio sobre el que actúan y el transporte del material de un lugar a otro. Los principales agentes climáticos marinos son el oleaje, el viento, las variaciones del nivel del mar y las corrientes (Sistemas litorales, 2019).
- ⚓ **Oceanografía:** Es la ciencia de la Tierra que estudia los procesos biológicos, físicos, geológicos y químicos que se dan en los mares y en los océanos (IEO, 2019)
- ⚓ **Cambio Climático:** el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) lo define como cualquier cambio en el clima con el tiempo debido a la variabilidad natural o como resultado de actividades humanas.

	<b>PLAN DE TRABAJO EVALUACIÓN CALIDAD AMBIENTAL MARINA</b>  IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE INTERVENCIÓN CORRECTIVA, PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR EROSION, EN EL VOLCÁN DE LODO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ARBOLETES-ANTIOQUIA, CONTRATO Nro. 4600010148 DE 2019	Versión 004	CÓDIGO:
		NOVIEMBRE 2019	PTECAM-001-V4


### 3. AREA DE ESTUDIO

Arboletes tiene una extensión de 718 km<sup>2</sup> está ubicado en el extremo norte de Antioquia, sobre el mar Caribe y al extremo de la serranía de Abibe. Limita al norte con el mar Caribe, al oriente con el municipio de Los Córdoba (Córdoba), al sur con los municipios de San Pedro de Urabá y Turbo, y al occidente con los municipios de San Juan de Urabá y Necoclí (INVEMAR, 2017).

La cabecera municipal de Arboletes está a 4 msnm, tiene una temperatura media 26,4º C, una precipitación anual de 1664 mm, con una disminución muy marcada en las lluvias en los meses de enero a marzo; estos valores de precipitación y temperatura permiten identificar para el municipio un clima tropical seco o de sabana (Aw) según la clasificación climática de Koppen y una zona de vida de bosque seco tropical (bs-T) según la clasificación ecológica de Holdridge (1967).

El régimen de mareas en el Caribe sur Colombiano es del tipo semidiurno mixto, con dos altos y dos bajos de diferentes amplitudes en el día mareal. De acuerdo con las tablas de mareas del IDEAM, las amplitudes máximas de marea para la zona están en el orden de los 40cm (Correa & Vernet, 2004). En Arboletes los regímenes de oleaje incidente están esencialmente controlados por los vientos Alisios del norte y noreste durante el verano, y por los vientos sur en el periodo de invierno. Los oleajes más persistentes se presentan en el sector de “costa abierta” entre Arboletes y Necoclí, de acuerdo con estadísticas parciales (Molina et al., 1992), la altura promedio de los oleajes varía entre 0.97 y 1.18m.

En el litoral norte de Antioquia, el paisaje y ambiente morfogenético de planicies marinas y fluvio-marinas determinan los relieves de plataforma costera, plano de marea y terrazas; la plataforma costera y el plano de marea, conforman las costas bajas y el relieve de terrazas conforman las costas altas; en algunos sectores estas costas altas están formadas por colinas y lomas que se clasifican dentro del paisaje de lomerío (IGAC, 2007).


	<p align="center"><b>PLAN DE TRABAJO EVALUACIÓN CALIDAD AMBIENTAL MARINA</b></p> <p align="center">IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE INTERVENCIÓN CORRECTIVA, PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR EROSION, EN EL VOLCÁN DE LODO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ARBOLETES-ANTIOQUIA, CONTRATO Nro. 4600010148 DE 2019</p>	<p>Versión 004</p>	<p>CÓDIGO:</p>
		<p>NOVIEMBRE 2019</p>	<p>PTECAM-001-V4</p>

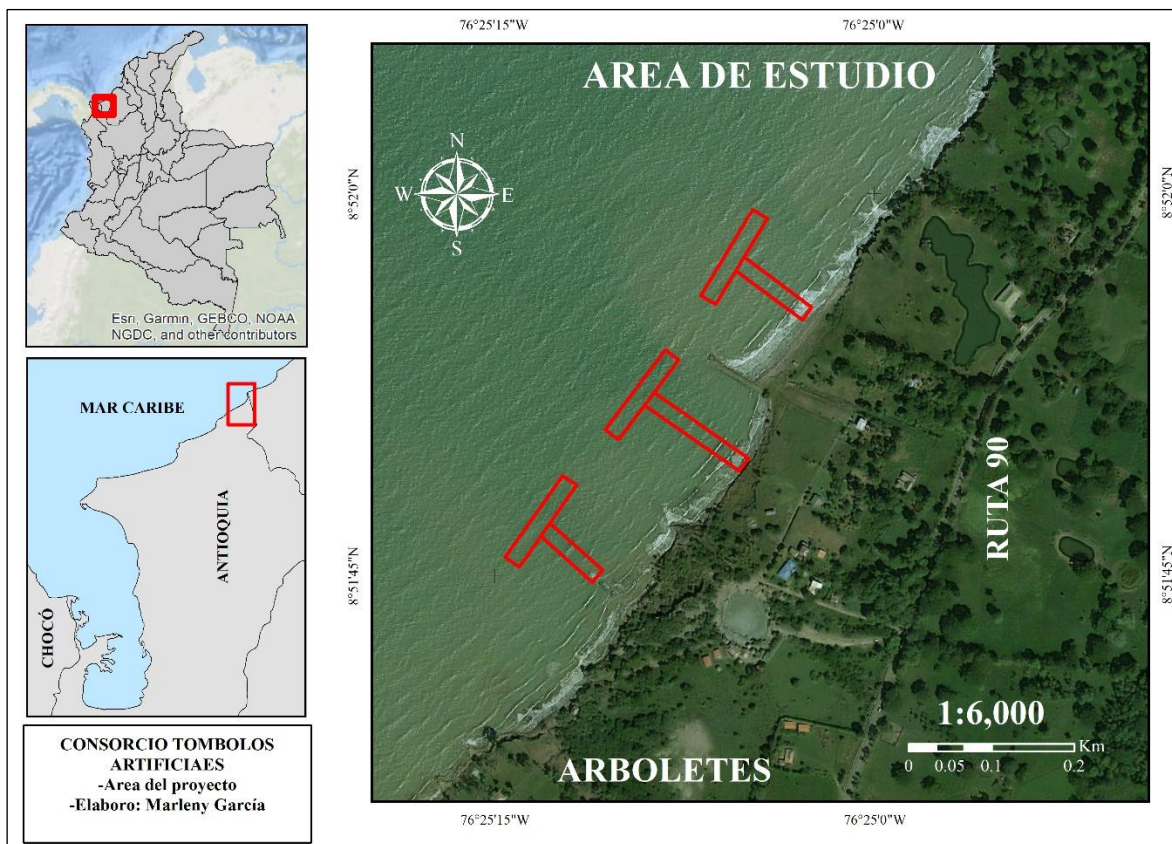
El área a intervenir está ubicada al norte del municipio de Arboletes, específicamente al frente del sector donde se encuentra el volcán de lodo sobre una terraza (ver **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.**), la morfología de los volcanes de lodo consiste cerro o colinas, con laderas convexas, cima plana o en artesa, formados por la acumulación de material de erupciones pasadas o por la deformación del terreno debida al empuje de los materiales confinados en profundidad. La zona a intervenir está compuesta por sedimentos marinos y transicionales, seguido de conglomerados, areniscas, arcillolitas y calizas (Eoceno Superior al Plioceno) (SGC, 2017).

Los mecanismos de generación de los volcanes de lodo se inician en una gran cuenca sedimentaria, donde los sedimentos finos (lodos, arcillas, materia orgánica) se depositan en un ambiente transicional tierra-mar (depósitos parálícos), alcanzan su mayor espesor (depocentro) y van acompañados de una acumulación rápida de sedimentos y generación de esfuerzos diferenciales que determinan presiones sobre los núcleos de los sedimentos y la migración de estos a través de fracturas y deformaciones en el terreno (SGC, 2017).

Los volcanes de lodo son una de las manifestaciones en superficie del diapirismo de lodo. “Este fenómeno se origina por la presencia en profundidad, de material arcilloso de características plásticas y gases en condiciones de alta presión, que se movilizan lateralmente hacia la superficie a través de fracturas o zonas de debilidad, generando levantamientos y fracturamiento del terreno, así como expulsión de lodo y gases por bocas de variadas formas y tamaños” (SGS, 2017), En la zona norte de Urabá se han reconocido numerosas manifestaciones superficiales del diapirismo de lodo, la mayor y más septentrional en el golfo de Urabá es el Volcán de lodo de Arboletes, con una altura cercana a los 15 m por encima de la terraza Marina, 22 m por encima del nivel medio de la pleamar y un diámetro aproximado de 200 m (CORPOURABÁ, 2010; DIMAR-CIOH, 2009).



	<b>PLAN DE TRABAJO EVALUACIÓN CALIDAD AMBIENTAL MARINA</b>		Versión 004	CÓDIGO:
	IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE INTERVENCIÓN CORRECTIVA, PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR EROSION, EN EL VOLCÁN DE LODO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ARBOLETES-ANTIOQUIA, CONTRATO Nro. 4600010148 DE 2019		NOVIEMBRE 2019	PTECAM-001-V4




**Figura 1.** Area de estudio

#### **4. EPOCAS CLIMATICAS EN EL LITORAL CARIBE COLOMBIANO**

##### **4.1 Época Seca o Época de Verano (diciembre a marzo)**

Se extiende desde Diciembre hasta abril, caracterizándose por vientos fuertes del sector Norte - Noreste y lluvias débiles y escasas. En esta época pueden presentarse los denominados "Mares de Leva", ocasionados por la incursión en aguas del Mar Caribe de Frentes Polares provenientes del Hemisferio Norte, cuando alcanzan a llegar a los 15 grados de latitud Norte (unas 150 millas náuticas al norte de la Guajira). Durante el inicio de la época seca sobre el Mar Caribe, lo más



	<p align="center"><b>PLAN DE TRABAJO EVALUACIÓN CALIDAD AMBIENTAL MARINA</b></p> <p align="center">IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE INTERVENCIÓN CORRECTIVA, PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR EROSION, EN EL VOLCÁN DE LODO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ARBOLETES-ANTIOQUIA, CONTRATO Nro. 4600010148 DE 2019</p>	<p align="center">Versión 004</p>	<p align="center">CÓDIGO:</p>
		<p align="center">NOVIEMBRE 2019</p>	<p align="center">PTECAM-001-V4</p>


significativo son los avances de los extremos sur de los frentes fríos, más exactamente entre la península de Yucatán, las Antillas mayores (Cuba y República Dominicana) y hasta el centro del Mar Caribe, entre las latitudes 15°N a 11°N, trayendo consigo abundantes vientos, descensos paulatinos en la temperatura ambiente, y en algunas ocasiones la ocurrencia de fenómenos oceánicos como los mares de leva.

Como fenómeno significativo para esta época seca, sobre el litoral Caribe colombiano, cabe resaltar la permanencia semicontinua de la baja presión del Darién, sobre el litoral Caribe sur, lo que genera un incremento en la nubosidad y algunas lluvias aisladas hacia el Golfo de Urabá. Por otra parte, el comportamiento de la nubosidad comienza su aumento a medida que transcurre el mes de marzo, y por ende disminuye la influencia de los vientos alisios del noreste, ocasionando algunas precipitaciones sobre el área del litoral Caribe sur, de manera especial durante la segunda quincena del mes, cuando se presenta una activación de la baja presión del Darién, que llega a situarse inclusive sobre el sur del departamento de Bolívar, Sucre y Córdoba, esto ocasiona algunas lluvias aisladas al término de la última quincena del mes de marzo y parte de la segunda quincena del mes de Abril respectivamente (CIOH, 2019).

#### **4.2 Época Húmeda o Época de Invierno (abril a Noviembre)**

Época de lluvias que se extiende desde Abril a Noviembre. Se caracteriza por vientos débiles, de orientación variable y por un régimen de lluvias abundantes. En esta época suelen presentarse los denominados Ciclones Tropicales (Huracanes), los cuales pueden aumentar el régimen de lluvias en todo el Caribe colombiano.


Durante el inicio de la época húmeda sobre el Mar Caribe, comienza a percibirse el ascenso paulatino de la Zona de Convergencia Intertropical sobre los 08°N, así como la reactivación de la baja presión anclada de Panamá, con lo cual se presentan las primeras precipitaciones, esto debido al ascenso paulatino de la Zona

	<p align="center"><b>PLAN DE TRABAJO EVALUACIÓN CALIDAD AMBIENTAL MARINA</b></p> <p align="center">IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE INTERVENCIÓN CORRECTIVA, PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR EROSION, EN EL VOLCÁN DE LODO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ARBOLETES-ANTIOQUIA, CONTRATO Nro. 4600010148 DE 2019</p>	<p align="center">Versión 004</p>	<p align="center">CÓDIGO:</p>
		<p align="center">NOVIEMBRE 2019</p>	<p align="center">PTECAM-001-V4</p>

de Convergencia Intertropical, y la activación de la baja del Darién. Para el litoral Caribe sur (Golfo de Urabá), estas precipitaciones se registran de forma moderada y fuerte durante el transcurso de la primera época húmeda.

El régimen de vientos durante el comienzo de la temporada, se mantiene bastante constante a lo largo del litoral Caribe norte (Santa Marta a Punta Espada) y centro (Santa Marta a Delta Río Sinú), manteniéndose en dirección noreste y este con intensidades de 10 a 15 nudos. Es de resaltar que el comportamiento del viento para esta época, es a disminuir su intensidad debido al desplazamiento de la alta presión del atlántico Norte hacia las altas latitudes (azores). Así mismo, hacia finales del mes de junio, dicha velocidad del viento varía intensificándose y causando un aumento considerable de la altura del oleaje, debido al gradiente de presión que se presenta al descender la alta presión de las Bermudas con la Zona de Convergencia Intertropical, lo que da inicio al “*Veranillo de San Juan*”.

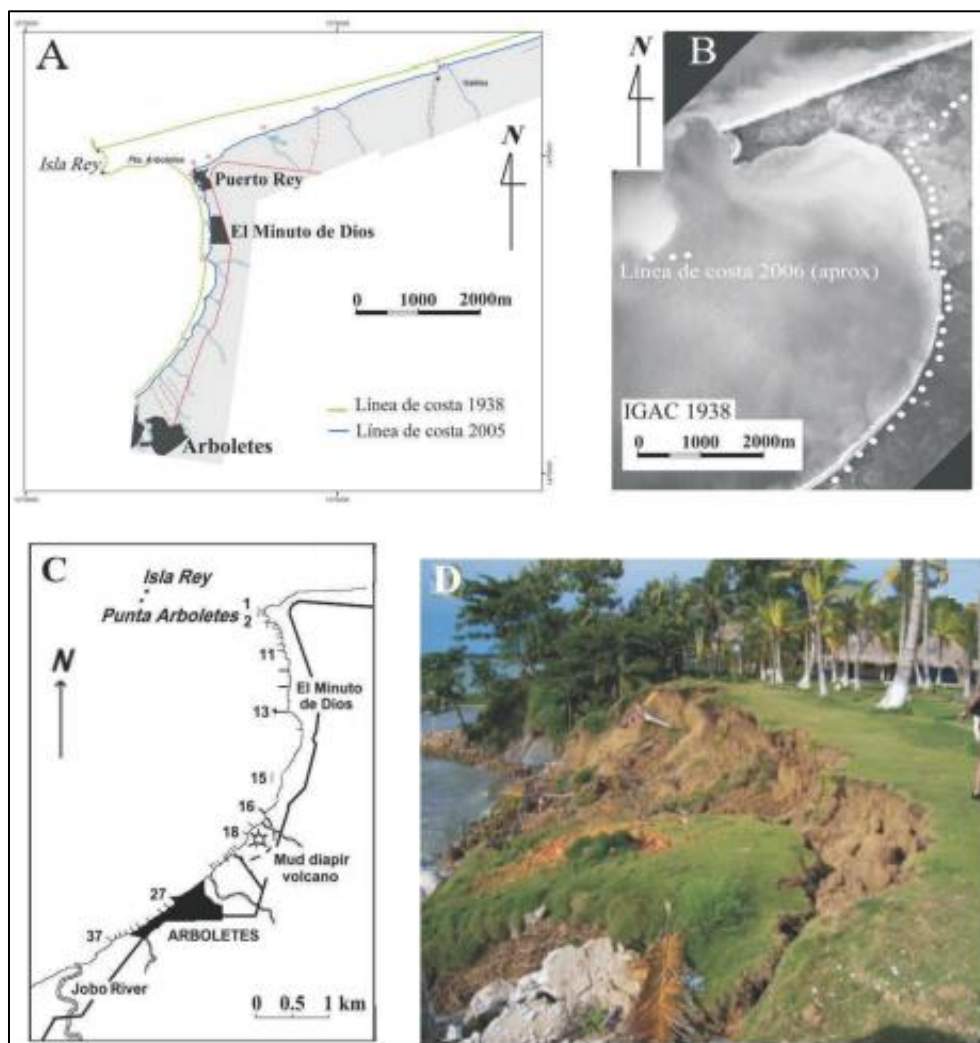
La cobertura nubosa sobre la parte terrestre del Caribe, se observa de la siguiente manera: sobre el litoral Caribe norte (Santa Marta a Punta Espada) y centro (Santa Marta hasta delta Río Sinú), se mantiene en la escala de semicubierto a despejado, manteniéndose gran aglomeración de nubes en horas de la mañana y despejándose en horas del mediodía y la tarde y hacia el sur del litoral (Golfo de Urabá), se presenta una mayor concentración de nubes, observándose una cobertura del cielo parcialmente nublado. Con el inicio de la temporada de las ondas del este desde el mes de mayo, se puede observar el avance a lo largo del cinturón semicontinuo de bajas presiones (ZCIT), el paso de abundantes ondas tropicales, las cuales ocasionan incrementos moderados en la cobertura nubosa, así como aumentos significativos en los índices de precipitación, principalmente a lo largo de toda la franja del litoral Caribe colombiano.


	<p align="center"><b>PLAN DE TRABAJO EVALUACIÓN CALIDAD AMBIENTAL MARINA</b></p> <p align="center">IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE INTERVENCIÓN CORRECTIVA, PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR EROSION, EN EL VOLCÁN DE LODO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ARBOLETES-ANTIOQUIA, CONTRATO Nro. 4600010148 DE 2019</p>	<p>Versión 004</p>	<p>CÓDIGO:</p>
		<p>NOVIEMBRE 2019</p>	<p>PTECAM-001-V4</p>

## 5. ANTECEDENTES

La línea de costa del Sector Volcán de Lodo es una de las dinámicas en el Litoral Antioqueño, estudios anteriores constataron tasas de erosión de 7 a 40 m/año en esta zona (Correa, I. D., & Vernet, G, 2004), en la

**Figura 2** se evidencia los cambios presentados desde 1938 y 2005, en los cuales hay un claro retroceso de la línea de costa desde el sector Arboletes hasta la desaparición de Punta Rey.




	<p align="center"><b>PLAN DE TRABAJO EVALUACIÓN CALIDAD AMBIENTAL MARINA</b></p> <p align="center">IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE INTERVENCIÓN CORRECTIVA, PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR EROSION, EN EL VOLCÁN DE LODO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ARBOLETES-ANTIOQUIA, CONTRATO Nro. 4600010148 DE 2019</p>	<p>Versión 004</p>	<p>CÓDIGO:</p>
		<p>NOVIEMBRE 2019</p>	<p>PTECAM-001-V4</p>

**Figura 2.** Evolución histórica de la línea de costa del sector Arboletes–Punta Rey. **(A)** cambios en la posición de la línea de costa entre 1938 y 2005, evidenciando la desaparición de la península de Punta Rey y la erosión generalizada hacia el sur y este de la Punta Arboletes. **(B)** Aerofotografía IGAC (1938) de la península de Punta Rey. **(C)** Como respuesta a la erosión en la zona se construyeron (hasta 2004) 37 obras de defensa en la zona: el espolón No. 27, ubicado al frente de Arboletes ha sido hasta la fecha la única estructura que ha logrado minimizar el retroceso de la línea de costa; tomada de Correa & Vernet, 2004. **(D)** Retroceso de acantilados asociado a movimientos de masa generados por lluvias, norte del casco urbano de Arboletes. **Tomado de: Correa et al, 2007.**

La existencia de la península Punta Rey en años anteriores fue importante debido a que disipaba la incidencia directa de los oleajes de NE, en el momento en el que se efectúa la desaparición de la península se evidencia una acelerada erosión en las playas que están ubicadas hacia el sur de la misma. En estas nuevas circunstancias para los años siguientes de la desaparición de la península la erosión del sector se aceleró significativamente como resultado de la construcción desorganizada de numerosas defensas rígidas (37 espolones hasta el 2004) que interrumpieron el transporte neto de arenas hacia el Sur (y en épocas invernales hacia el Norte) y determinaron la formación de escarpes acantilados que configuraron una línea de costa crenulada e irregular, morfodinámicamente muy compleja **Figura 3.**

La desaparición de esta península significó la pérdida de aproximadamente 4.5 km<sup>2</sup> de terrenos y la desprotección total contra los oleajes de las playas de Arboletes y de sus sectores aledaños, hecho que “disparó” en primera instancia la fuerte erosión que hoy puede seguirse hasta la desembocadura del Río Hobo, (1 km al sur de la ciudad), con tasas extremas entre 4 y 6 m/año en el tiempo del estudio mencionado (Correa & Vernet, 2004).


La erosión presentada frente al volcán de lodo se estima en - 5m/año (Correa & Vernet, 2004), evidenciada en la **Figura 4**, esta condición hace que la zona este sujeta a cambios constantes en su geomorfología, los cuales a lo largo de los últimos años han afectado los asentamientos humanos, la zona costera, vías y el turismo aledaño a estos.

	<p align="center"><b>PLAN DE TRABAJO EVALUACIÓN CALIDAD AMBIENTAL MARINA</b></p> <p align="center">IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE INTERVENCIÓN CORRECTIVA, PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR EROSION, EN EL VOLCÁN DE LODO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ARBOLETES-ANTIOQUIA, CONTRATO Nro. 4600010148 DE 2019</p>	<p>Versión 004</p>	<p>CÓDIGO:</p>
		<p>NOVIEMBRE 2019</p>	<p>PTECAM-001-V4</p>



**Figura 3.** Rasgos geomorfológicos del litoral Punta Rey – Arboletes, fotografías tomadas en el año 2007. **A)** playas en erosión con materiales gruesos (bloques) dispersos provenientes de enrocados de defensa y restos de espolones; nótese el escarpe erosivo de la terraza (0.5 m de altura), cortado prácticamente sobre el horizonte de suelos (vista hacia el sur de Puerto Rey); **B)** acumulación de bloque en la actual Punta Rey; al fondo la isla Rey, extremo Oeste de la desaparecida península de Punta Rey; **C)** acumulaciones de rocas y playas e dimensiones menores en la punta Arboletes (punta Rey), vista hacia el Norte de Puerto Rey, **D)** acantilados hacia el norte del barrio Minuto de Dios (1.5 a 2 m de altura ), cortados en arcillolitas meteorizadas; las playas delgadas frontales desaparecen en los periodos de oleajes fuertes y no ofrecen protección efectiva a los escarpes, **E)** agrietamientos en la terraza y entrantes en la línea de costa producidos por los espolones; al fondo, Puerto Rey, **F)**




	<p align="center"><b>PLAN DE TRABAJO EVALUACIÓN CALIDAD AMBIENTAL MARINA</b></p> <p align="center">IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE INTERVENCIÓN CORRECTIVA, PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR EROSION, EN EL VOLCÁN DE LODO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ARBOLETES-ANTIOQUIA, CONTRATO Nro. 4600010148 DE 2019</p>	<p>Versión 004</p> <p>NOVIEMBRE 2019</p>	<p>CÓDIGO:</p> <p>PTECAM-001-V4</p>
---	---	--	-------------------------------------

sacos rellenos de arena dispuestos recientemente para la protección del barrio Minuto de Dios; islotes remanentes de la erosión de la terraza en el sector, vista desde el Minuto de Dios hacia el Sur. **Tomado de: Correa et al, 2007.**



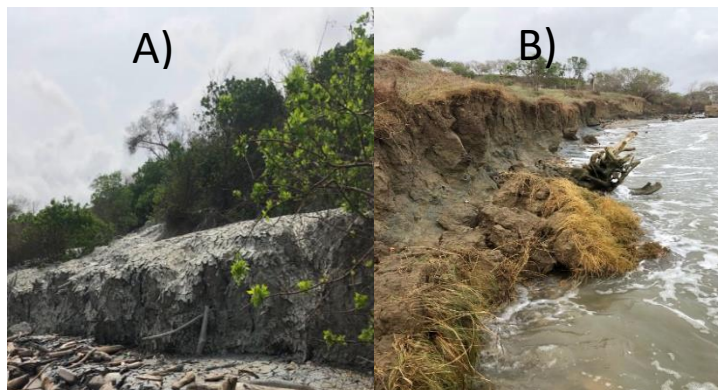
**Figura 4.** Tasas de erosión litoral entre Arboletes y Turbo, **Tomado de Correa & Vernet, 2004.**




	<p align="center"><b>PLAN DE TRABAJO EVALUACIÓN CALIDAD AMBIENTAL MARINA</b></p> <p align="center">IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE INTERVENCIÓN CORRECTIVA, PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR EROSION, EN EL VOLCÁN DE LODO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ARBOLETES-ANTIOQUIA, CONTRATO Nro. 4600010148 DE 2019</p>	<p>Versión 004</p>	<p>CÓDIGO:</p>
		<p>NOVIEMBRE 2019</p>	<p>PTECAM-001-V4</p>

## 6. ESTADO ACTUAL

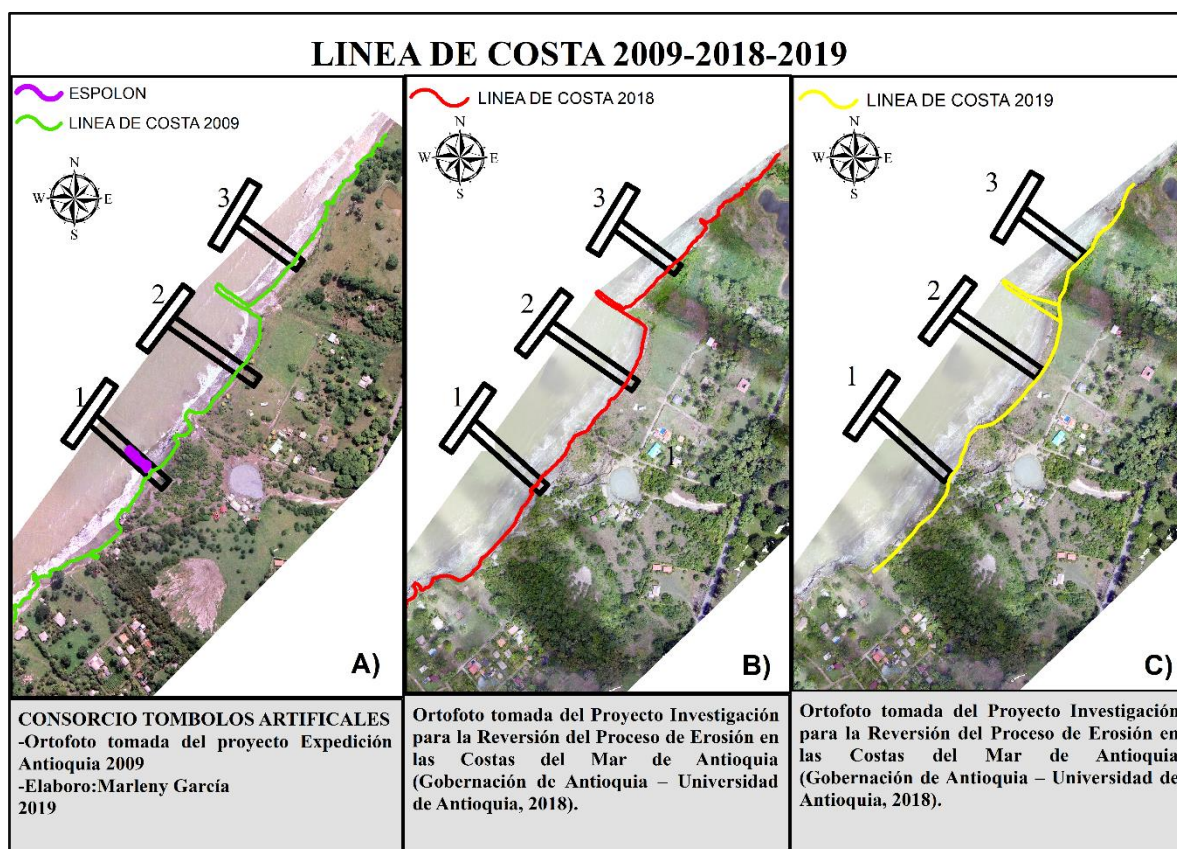
El retroceso de la línea de costa de Arboletes se debe principalmente a la combinación de dos procesos que actúan en época húmeda y época seca. En época seca, de enero a marzo los vientos alisios aumentan la altura de las olas y éstas tienen mucha energía que termina disipándose en la base de los acantilados y terrazas marinas, socavando la base del escarpe y produciendo pendientes negativas que propician desprendimientos del escarpe. En época húmeda, la erosión se da por desplazamientos del terreno desde la parte superior de escarpes y terrazas, pues los suelos presentan arcillas expansivas, estas arcillas en época húmeda se expanden y se saturan con agua, produciendo movimientos en masa debido a la saturación y a las pendientes negativas en la base del escarpe (Gobernación de Antioquia & UdeA, 2018). La erosión es causada por la acción de ola rompiente que llega hasta la base del escarpe de la terraza marina, socava la base del escarpe y erosiona los estratos sedimentarios de menor resistencia ver **Figura 5**, formando una serie de cavidades en la base del escarpe que provocan un desprendimiento de las porciones superiores de la terraza. Adicionalmente los desprendimientos de la parte superior de la terraza son potenciados por los procesos de expansión –contracción de los minerales arcilla presentes en los suelos de la terraza, teniendo un problema de erosión tanto desde la base del escarpe, como desde la parte superior del escarpe (Gobernación de Antioquia & UdeA, 2018).



**Figura 5.** Erosión costera **A)** Área del volcán de lodo, **B)** Erosión al norte del Volcán.

	<b>PLAN DE TRABAJO EVALUACIÓN CALIDAD AMBIENTAL MARINA</b>  IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE INTERVENCIÓN CORRECTIVA, PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR EROSION, EN EL VOLCÁN DE LODO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ARBOLETES-ANTIOQUIA, CONTRATO Nro. 4600010148 DE 2019	Versión 004	CÓDIGO:
		NOVIEMBRE 2019	PTECAM-001-V4


En la **Figura 6** se evidencian los cambios de la línea de costa **A-2009**, **B-2018** y **C-2019**, se puede observar a simple vista los cambios en la morfología y el retroceso que tiene la línea de costa desde el 2009, fecha para la cual se expide la licencia ambiental resolución 1667, el estado en el año 2018, para el cual la Universidad de Antioquia actualiza los estudios de la zona y la línea de costa actualizada 2019 al momento de intervención de la obra, son evidentes los cambios en el lapso de 10 años en la parte **A** de la figura en mención se observa un pequeño espolón en línea violeta que para el estado actual no existe.

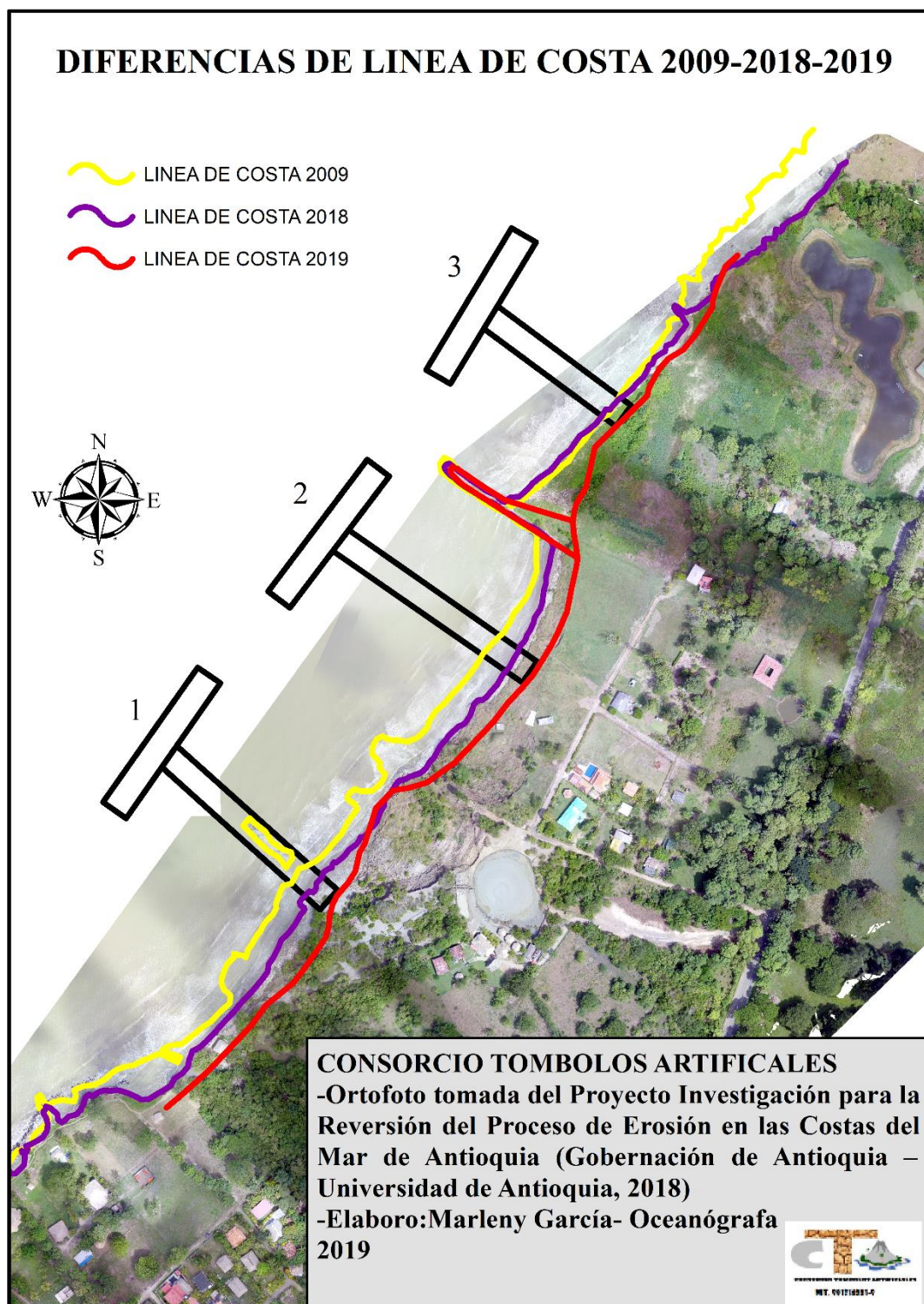


**Figura 6.** Cambios de la línea de costa **A)** línea de costa del 2009, **B)** línea de costa del 2018, **C)** línea de costa actual.


En la **Figura 7** se evidencia con mayor detalle el retroceso de la línea de costa a la cual ha estado expuesta la zona en la última década.



	<p><b>PLAN DE TRABAJO EVALUACIÓN CALIDAD AMBIENTAL MARINA</b></p> <p>IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE INTERVENCIÓN CORRECTIVA, PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR EROSION, EN EL VOLCÁN DE LODO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ARBOLETES-ANTIOQUIA, CONTRATO Nro. 4600010148 DE 2019</p>	<p>Versión 004</p>	<p>CÓDIGO:</p>
		<p>NOVIEMBRE 2019</p>	<p>PTECAM-001-V4</p>



**Figura 7.** Diferencias de línea de costa del 2009, 2018, 2019.

	<p align="center"><b>PLAN DE TRABAJO EVALUACIÓN CALIDAD AMBIENTAL MARINA</b></p> <p align="center">IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE INTERVENCIÓN CORRECTIVA, PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR EROSION, EN EL VOLCÁN DE LODO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ARBOLETES-ANTIOQUIA, CONTRATO Nro. 4600010148 DE 2019</p>	<p align="center">Versión 004</p>	<p align="center">CÓDIGO:</p>
		<p align="center">NOVIEMBRE 2019</p>	<p align="center">PTECAM-001-V4</p>


## 7. ASPECTOS TECNICOS

La licencia ambiental resolución 1667 emitida en el 2009, contempla la construcción de las obras de protección costera denominadas tómbolos en el casco urbano del municipio de Arboletes, Volcán de lodo, Minuto de Dios y Punta de Rey, la contratista Aqua y Terra fue la encargada de realizar los estudios que en ese momento se requerían.

La primera parte de las obras en mención se construyeron al frente del casco urbano para el año 2011-2012 con la construcción de 3 tómbolos, la contratista en cargada fue la empresa CONALVIAS; con fines de darle continuidad a la obra para el año 2018 la Universidad la Universidad de Antioquia actualizó los estudios realizados desde de la expedición de la licencia. La Gobernación de Antioquia contrata al Consorcio Tómbolos Artificiales en el 2019 con la finalidad de construir 3 tómbolos en frente del volcán de lodo, pero debido a la dinámica litoral de la zona en la ejecución de la obra, la topografía determina que debido a la erosión presentada, es necesario evaluar un posible incremento en los materiales a utilizar en la realización de esta.

La licencia ambiental resolución 1667 de 2009 (Artículo segundo pág. 28) expedida por el ministerio, contempla que para la realización de los tómbolos 1 y 3 se realizarían las vías de acceso a estos con los 2 espolones existentes, para esa fecha (ver **Figura 6** año 2009) en la actualidad uno de los espolones ya está totalmente cubierto y deteriorado, el otro espolón debido al paso del tiempo el estado del material no es el mismo y se debe estimar un nuevo material, por lo anterior se debe realizar la construcción completa de las vías de acceso.

Importante recordar que la licencia ambiental es clara en algunos aspectos, como la cantidad de diques a construir. OBRAS QUE SE ADELANTAN DEBEN ESTAR SUJETA A LICENCIA AMBIENTAL


	<p align="center"><b>PLAN DE TRABAJO EVALUACIÓN CALIDAD AMBIENTAL MARINA</b></p> <p align="center">IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE INTERVENCIÓN CORRECTIVA, PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR EROSION, EN EL VOLCÁN DE LODO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ARBOLETES-ANTIOQUIA, CONTRATO Nro. 4600010148 DE 2019</p>	<p>Versión 004</p>	<p>CÓDIGO:</p>
		<p>NOVIEMBRE 2019</p>	<p>PTECAM-001-V4</p>

**ARTÍCULO SEGUNDO:** La presente licencia ambiental autoriza la realización de las obras y/o actividades de la siguiente infraestructura marítima, por sectores:

Construcción **de tres (3) diques exentos de 100 m de longitud** cada uno a una distancia promedio de 100 m de la línea de costa, y la correspondiente regeneración de las playas abrigadas por estas estructuras.

Tres (3) Viales de acceso para la conformación de los diques exentos necesarios. Dos (2) de estos viales de acceso se construirán sobre los espolones ubicados frente a los tómbolos 1 y 3, prolongándolos 22 m y 8m respectivamente. Vertido de arena para la formación de los tres (3) tómbolos establecidos para este sector.


**ARTÍCULO DÉCIMO SEXTO.** La licencia ambiental que se otorga mediante esta resolución ampara únicamente las obras o actividades descritas en el Estudio de Impacto Ambiental, el Plan de Manejo Ambiental y en **la presente resolución.**

	<p align="center"><b>PLAN DE TRABAJO EVALUACIÓN CALIDAD AMBIENTAL MARINA</b></p> <p align="center">IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE INTERVENCIÓN CORRECTIVA, PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR EROSION, EN EL VOLCÁN DE LODO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ARBOLETES-ANTIOQUIA, CONTRATO Nro. 4600010148 DE 2019</p>	<p>Versión 004</p>	<p>CÓDIGO:</p>
		<p>NOVIEMBRE 2019</p>	<p>PTECAM-001-V4</p>

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ⚓ Debido a todos los procesos que en la zona convergen existe una alta probabilidad de que la ejecución de la obra tenga retrasos debido a las condiciones oceanográficas de la época seca (diciembre, enero, febrero y marzo).
- ⚓ Es necesario monitorear topográficamente la zona de influencia durante el desarrollo de todo el proyecto en especial en donde están ubicados los espolones con el fin de conocerlos cambios que se presenten y puedan alterar el desarrollo, material y presupuesto de la obra.
- ⚓ Para que la obra sea funcional se deben respetar las dimensiones en las cuales fueron diseñados los 3 tómbolos, en caso de no construir alguno de los tómbolos se deberá realizar una nueva modelación del sitio para evaluar el nuevo escenario a plantear.
- ⚓ Para conocer la cantidad exacta de material es necesario evaluar las condiciones existentes en el eje horizontal y vertical (z) para lo cual se deberán realizar comparaciones en la topografía y batimetría, que se definió anteriormente.
- ⚓ Es recomendable que las obras se ejecuten en el menor tiempo posterior a los estudios realizados, debido a la dinámica del litoral antioqueño.
- ⚓ Evidenciado el problema de erosión del sector del volcán de lodo, se recomienda tomar medidas costeras en el talud del volcán debido a que los tómbolos a construir disminuirán la erosión de la parte costera, pero la erosión en la parte alta del escarpe continuara debido a la formación geológica existente.



	<p align="center"><b>PLAN DE TRABAJO EVALUACIÓN CALIDAD AMBIENTAL MARINA</b></p> <p align="center">IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE INTERVENCIÓN CORRECTIVA, PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR EROSION, EN EL VOLCÁN DE LODO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ARBOLETES-ANTIOQUIA, CONTRATO Nro. 4600010148 DE 2019</p>	<p align="center">Versión 004</p>	<p align="center">CÓDIGO:</p>
		<p align="center">NOVIEMBRE 2019</p>	<p align="center">PTECAM-001-V4</p>

## 9. REFERENCIAS

**Bird, E.C.F (1985).** Coastline Changes: A Global Review. John Wiley & Sons, New York, 219p.

**Correa, I., Ríos, A., González, D., Toro, M., Ojeda, G., & Restrepo, I (2007).** Erosión litoral entre Arboletes y Punta San Bernardo, costa Caribe Colombiana. Boletín de Geología, 29(2), 115-129 p.


**Correa-Arango, I. D., & Vernet, G (2004).** Introducción al problema de la erosión litoral en Urabá (sector Arboletes-Turbo), Costa Caribe Colombiana. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR, Santa Marta, v. 33, n. 1, De. 2004, 07-28p.

**CORPOURABA (2010).** Plan Básico del Ordenamiento Territorial PBOT del municipio de Arboletes.

**DIMAR-CIOH (2009).** Capítulo IV: Caracterización del Litoral del Golfo de Urabá. Pp 73-85. En Caracterización físico-biótica del Litoral Caribe Colombiano. Tomo II. Dirección General Marítima –Centro Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. Ed. DIMAR, Serie Publicaciones Especiales CIOH Vol. 2. Cartagena de Indias, Colombia. 100 pp.

**Gobernación de Antioquia y Universidad de Antioquia (2018).** Informe de la Componente geológico. Realizado en Volcán de lodos, municipio de Arboletes. Recuperado de: proyecto Investigación para la reversión del proceso de erosión en las costas del mar de Antioquia. 52p.

**IPCC, Internacional Panel on Climate Change (2001).** Tercer Informe de evaluación, Cambio Climático 2001. Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad: En: <http://www.ipcc.ch/meet/session 17.htm>, consultado el 15/03/2006. 91p.

	<p align="center"><b>PLAN DE TRABAJO EVALUACIÓN CALIDAD AMBIENTAL MARINA</b></p> <p align="center">IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE INTERVENCIÓN CORRECTIVA, PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR EROSION, EN EL VOLCÁN DE LODO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ARBOLETES-ANTIOQUIA, CONTRATO Nro. 4600010148 DE 2019</p>	<p>Versión 004</p> <p>NOVIEMBRE 2019</p>	<p>CÓDIGO:</p> <p>PTECAM-001-V4</p>
---	---	--	-------------------------------------

**IPCC, International Panel on Climate Change (2007).** The Physical Science Basis, Summary for Policymakers. En: <http://www.ipcc.ch/meet/10session.htm>, consultado el 15/03/2007. 21p.

**García-Valencia, C (2007).** Atlas del golfo de Urabá: una mirada al Caribe de Antioquia y Chocó. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – Invemar– y Gobernación de Antioquia. Serie de Publicaciones Especiales de Invemar N.º 12. Santa Marta, Colombia. 180p.

**Molina, A., Molina, C. y P. Chevillot (1992).** La percepción remota aplicada para determinar la circulación de las aguas superficiales del Golfo de Urabá y las variaciones de su línea de costa. Boletín Científico CIOH, Cartagena - Colombia. 11, 43-58p.

**Ministerio de medio ambiente (2007).** Plan maestro de erosión costera, Colombia, 36p.


**Servicio Geológico Colombiano SGC (2017).** Volcanismo de Lodo del Caribe Central Colombiano. Bogotá Colombia.

## **CIBERGRAFIA**

Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas  
<https://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/ClimatologiaCaribe7.php>

Sistemas litorales  
<https://sites.google.com/site/sistemaslitorales/diagnosi/destruccio/la-dinamica-litoral>

Instituto español de oceanografía  
[http://www.ieo-santander.net/investigacion\\_oceanografia.php](http://www.ieo-santander.net/investigacion_oceanografia.php)

	<b>PLAN DE TRABAJO EVALUACIÓN CALIDAD AMBIENTAL MARINA</b>  IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE INTERVENCIÓN CORRECTIVA, PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR EROSION, EN EL VOLCÁN DE LODO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ARBOLETES-ANTIOQUIA, CONTRATO Nro. 4600010148 DE 2019	Versión 004	CÓDIGO:
		NOVIEMBRE 2019	PTECAM-001-V4

MARLENY GARCÍA E.

**Luz Marleny García Echavarría**

cc: 1.028007540 de Apartadó-Ant

