

**DISTRIBUCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA MICROSCÓPICA- PALINOFACIES  
EN LOS SEDIMENTOS RECIENTES DE LA BAHÍA DE TUMACO**

**GABRIEL MANTILLA CADENA  
ELKIN ALEXIS PÉREZ GUTIÉRREZ**

**UNIVERSIDAD DE CALDAS  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS GEOLÓGICAS  
PROGRAMA DE GEOLOGÍA  
MANIZALES – CALDAS  
2010**

**DISTRIBUCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA MICROSCÓPICA- PALINOFACIES  
EN LOS SEDIMENTOS RECIENTES DE LA BAHÍA DE TUMACO**

**GABRIEL MANTILLA CADENA  
ELKIN ALEXIS PÉREZ GUTIÉRREZ**

**Tesis de grado para optar por el título de  
Geólogo**

**Presidente  
Ph. D. ANDRÉS PARDO TRUJILLO**

**UNIVERSIDAD DE CALDAS  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS GEOLÓGICAS  
PROGRAMA DE GEOLOGÍA  
MANIZALES – CALDAS  
2010**

**NOTA DE APROBACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma Director del Trabajo de Grado

Manizales, Diciembre de 2010

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo, mi carrera y mi vida, especialmente a mis padres Claudio y Doris, y a mi hermano Cristian, por todo el amor, esfuerzo y confianza que ellos me brindan cada día dándome la oportunidad de lograr lo que ahora soy y seré el día de mañana.*

*A mis amigos de toda la vida Mauricio, Carolina y, Albeiro, y amigos durante mi carrera Juan Fernando, Hernando, Oscar, Felipe, Andrea, Pacho y Cesar, y a todas las personas que siempre están ahí para brindar una mano de sinceridad y apoyo incondicional.*

**Gabriel**

*Dedico este trabajo a Dios, a mi madre Cristina por su amor y apoyo incondicional, a mis hermanos por su entera confianza, a Raquel por la ayuda de mis logros y mis metas, a Mauricio amigo fiel y sincero que siempre ha estado a mi lado, y en general a mis amigos por su voz de aliento.*

**Elkin**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar a la Universidad de Caldas por ser el recinto de sabiduría donde logramos alcanzar una parte de nuestros sueños.

A la Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH, que gracias al convenio firmado con la universidad, permitió el desarrollo de este trabajo.

Al profesor Andrés Pardo por todo su apoyo, sabiduría y esfuerzo para el desarrollo del mismo.

A los profesores de la carrera por haber brindado parte de sus conocimientos para realizarnos como los profesionales que siempre soñamos.

A los estudiantes de Maestría en Ciencias de la Tierra por la colaboración y el aporte de sus conocimientos en la elaboración de este trabajo.

A la profesores Héctor Chica y Carmen Duzan por la colaboración de los programas estadísticos utilizados en este trabajo.

A David Sanín por su ayuda y colaboración.

Y a todas las personas que hicieron parte de este proyecto, muchas gracias.

## TABLA DE CONTENIDO

	pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ÁREA DE ESTUDIO	2
2. OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GENERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3. GENERALIDADES	4
3.1 CLIMA	4
3.1.1 Precipitación	4
3.1.2 Temperatura Ambiente	5
3.1.3 Vientos	7
3.2 HIDROGRAFÍA	7
3.2.1 Mareas	8
3.2.2 Olas	8
3.3 VEGETACIÓN	9
4. MARCO GEOLÓGICO	11
4.1 FORMACIÓN SAN AGUSTÍN	11
4.1.1 Fm San Agustín. Miembro Caray	11
4.1.2 Fm San Agustín. Miembro Cascajal	12
4.2 DEPÓSITOS CUATERNARIOS	13
4.2.1 Depósitos Fluvio-volcánicos de cono distal	13
4.2.2 Depósitos de terraza aluvial con influencia volcanoclástica	13
4.2.3 Terrazaas aluviales	13
4.2.4 Depósitos Intermareales	13
4.2.5 Depósitos de playa	14
4.2.6 Deltas de marea	14
4.2.7 Islas Barrera	14
4.2.8 Cordones Litorales	14
5. GEOMORFOLOGÍA	16
6. METODOLOGÍA	18
6.1 TRABAJO DE CAMPO Y RECOLECCIÓN DE MUESTRAS	18
6.2 PROCESAMIENTO PALINOLÓGICO DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO	20
6.3 ANÁLISIS ÓPTICO	21
7. CONCEPTOS	24

7.1 PALINOFACIES	24
7.2 MATERIA ORGÁNICA Y SUS COMPONENTES	24
7.2.1 Grupo Fitoclastos	24
7.2.1.1 Con estructura definida	24
7.2.1.2 Sin estructura definida	25
7.2.2 Grupo Palinomorfos	25
7.2.2.1 Esporomorfos	25
7.2.2.2 Zoomorfos	25
7.2.3 Grupo Amorfo	25
7.2.3.1 Materia Orgánica Amorfa (MOA)	25
7.2.3.2 Geles Húmicos	26
7.2.3.3 Resinas	26
8. RESULTADOS	27
8.1 ANÁLISIS	27
8.1.1 Grupo Fitoclastos	29
8.1.2 Grupo Palinomorfo	29
8.1.3 Grupo Amorfo	31
8.2 DIAGRAMAS DE DISTRIBUCIÓN DE LOS COMPONENTES ORGÁNICOS EN LA BAHÍA DE TUMACO	31
8.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO MULTIVARIADO	34
9. DISCUSIÓN	37
10. CONCLUSIONES	39
BIBLIOGRAFÍA	40
PLANCHAS	44

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág.</b>
<b>Tabla1</b> Datos de las muestras de lodo recolectadas con su respectivo código, coordenada, tipo de sedimento y lugar donde fueron tomada	19
<b>Tabla 2</b> Datos de las muestras de arena recolectadas con su respectivo código, coordenadas, tipo de sedimento y lugar donde fueron tomadas	19
<b>Tabla 3</b> Conteo semicuantitativo de los componentes orgánicos	22
<b>Tabla 4</b> Porcentaje de cada uno de los componentes encontrados en las diferentes muestras	28
<b>Tabla 3</b> Resultados del análisis estadístico multivariado con el porcentaje de los componentes respectivos, donde se muestran las dos asociaciones de palinofacies	35

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
<b>Figura 1</b> Mapa de localización del área de estudio con los respectivos sitios de muestreo	2
<b>Figura 2</b> Desplazamiento de la zona de convergencia intertropical para la Costa Pacífica Colombiana	4
<b>Figura 3</b> Variación multianual de la precipitación (mm) en Tumaco	5
<b>Figura 4</b> Variación multianual de la temperatura ambiente (°C) en Tumaco	6
<b>Figura 5</b> Valores promedios de la intensidad de los vientos para esta zona del país	7
<b>Figura 6</b> Resultado de las direcciones de oleaje para la zona de estudio	9
<b>Figura 7</b> Formaciones vegetales del área de estudio	10
<b>Figura 8</b> Mapa Geológico del Área de estudio	15
<b>Figura 9</b> Mapa morfológico delimitado por el área de trabajo, basado en la nomenclatura de las unidades definidas en el estudio de Earthsat (1999)	17
<b>Figura 10</b> Etapa de trabajo de campo y recolección de muestras	18
<b>Figura 11</b> Etapas de procesamiento químico de las muestras	21
<b>Figura 12</b> Sistema de clasificación de la materia orgánica. Modificado de Tyson (1995)	23
<b>Figura 13</b> Porcentaje de los Grupos orgánicos	27
<b>Figura 14</b> Porcentajes respectivos del grupo fitoclastos	29
<b>Figura 15</b> Porcentajes respectivos del grupo palinomorfo	30
<b>Figura 16</b> Porcentajes respectivos grupo Amorfo	31
<b>Figura 17</b> Diagrama de distribución grupo fitoclastos	32

<b>Figura 18</b>	Diagrama de distribución grupo palinomorfos	33
<b>Figura 19</b>	Diagrama de distribución grupo amorfo	34
<b>Figura 20</b>	Asociación de los dos grupos de palinofacies con la distribución en la Bahía de Tumaco	36

## RESUMEN

La composición y distribución de las partículas de materia orgánica microscópica en sedimentos y rocas sedimentarias son controladas por diferentes factores tales como el proceso de transporte, energía del medio, rata de sedimentación, oxidación-reducción en el fondo, entre otros.

En el presente trabajo se estudiaron, en detalle, al microscopio óptico (luz normal y fluorescente) el contenido de materia orgánica microscópica de 30 muestras colectadas en los depósitos sedimentarios recientes de la Bahía de Tumaco al SW de Colombia. Tres grupos principales de materia orgánica pueden ser diferenciados que en orden decreciente de abundancia son: fitoclastos, palinomorfos y materia orgánica amorfa (MOA).

El estudio estadístico permitió separar dos asociaciones de palinofacies con un predominio de materia orgánica de origen terrestre (grupo fitoclastos con o sin estructura interna definida). La materia orgánica de origen marino prácticamente no existe en el material estudiado, probablemente debido a la gran dilución que presentan con el alto influjo de material vegetal proveniente de la selva húmeda tropical del pacífico colombiano. Así el análisis de palinofacies, por sí solo, no permite discriminar ambientes de depósito en el área de estudio, de ahí que combinar otros aspectos faciales es de suma importancia para interpretar o realizar reconstrucciones de ambientes antiguos.

### **Palabras Clave:**

Bahía de Tumaco, Cluster, fitoclastos, materia orgánica, materia orgánica amorfa palinofacies, palinomorfos

## 1. INTRODUCCIÓN

El estudio de materia orgánica contenida en sedimentos y rocas sedimentarias es importante debido a que de ellas provienen las principales fuentes energéticas, e.g. carbón, petróleo y gas. La composición y distribución de la materia orgánica microscópica, e.g. fitoclastos, polen y esporas, son el resultado de su producción en los respectivos ambientes de origen, transporte a los lugares de depósito, enterramiento o subsidencia, y cambios post-depositacionales (Tyson, 1995).

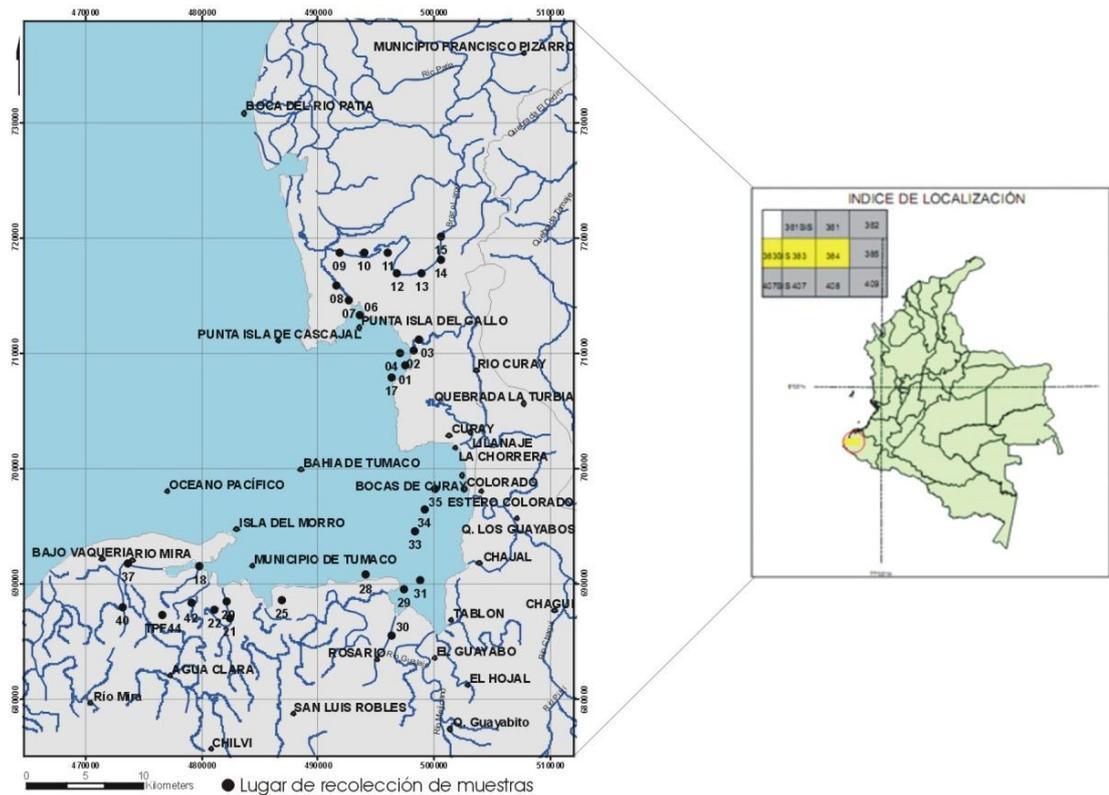
Desde los años '50s se han realizado estudios de distribución de materia orgánica en deltas tropicales modernos tales como el Orinoco en el norte de Suramérica (Muller, 1959), Mahakam en Indonesia (Hardy & Wrenn, 2009), Rajang al Este de Malasia (Gastaldo & Staub, 1996), que han servido de base para realizar modelos útiles en la interpretación de ambientes antiguos. Cabe destacar que Urrego *et al.* (2009) han realizado estudios similares en la bahía de Cispatá (caribe colombiano), enfatizando principalmente en la distribución de palinomorfos.

En este trabajo se pretende identificar, por medio del microscopio óptico, los diferentes componentes orgánicos (palinofacies) presentes en 30 muestras de sedimento obtenidas a lo largo de la Bahía de Tumaco, con el fin de determinar cualitativa y cuantitativamente sus constituyentes. Esta caracterización visual permitirá determinar algunos aspectos relacionados con el grado de preservación, tipo, origen y frecuencia de los componentes orgánicos presentes en las muestras.

Es importante anotar que en la zona no se han realizado este tipo de estudios, por lo que se pretende establecer una base para comparar la evolución de la materia orgánica y su ambiente de depósito en el tiempo.

### 1.1 ÁREA DE ESTUDIO

Al extremo sur de la costa pacífica colombiana se encuentra la Bahía de Tumaco, Departamento de Nariño, que constituye la mayor entrante ubicada en cercanías con la frontera de Ecuador, con coordenadas planas X: 470000-510000, Y: 680000-730000 con origen Bogotá. La zona de estudio comprende un área aproximada de 60 Km<sup>2</sup> de rica hidrografía, compuesta por cuencas y micro cuencas de importantes tributarios de la cuenca Pacífica, además de una extensa zona de canales mareales llamados ‘esteros’ por los habitantes de la región. Este territorio asimismo está inserto dentro de las planicies deltaicas de los ríos Patía y Mira (Centro Control Contaminación del Pacífico [CCCP], 2001b) (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa de localización del área de estudio con los respectivos sitios de muestreo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar una caracterización detallada de la materia orgánica microscópica (palinofacies) de diferentes muestras de la Bahía de Tumaco y conocer su variación en el espacio.

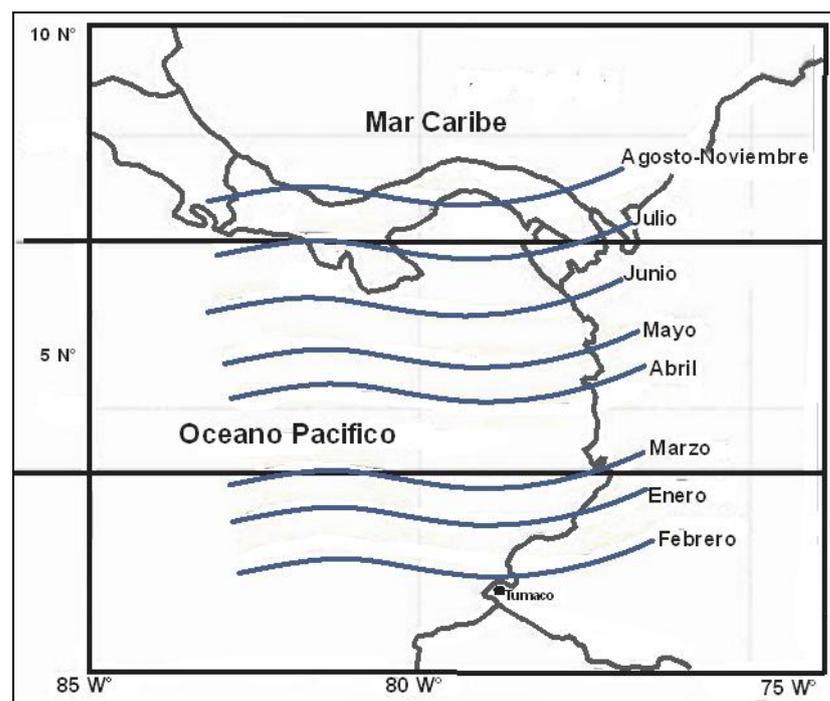
### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Recolectar muestras de sedimentos lodosos que contengan materia orgánica para su posterior análisis.
- Realizar un inventario semicuantitativo de la materia orgánica de las muestras al microscopio óptico.
- Elaborar tablas de conteo para calcular porcentajes relativos de materia orgánica (MO) en las respectivas muestras.
- Elaborar e interpretar diagramas de distribución de componentes orgánicos a través de la Bahía de Tumaco.

### 3. GENERALIDADES DE LA BAHÍA DE TUMACO

#### 3.1 CLIMA

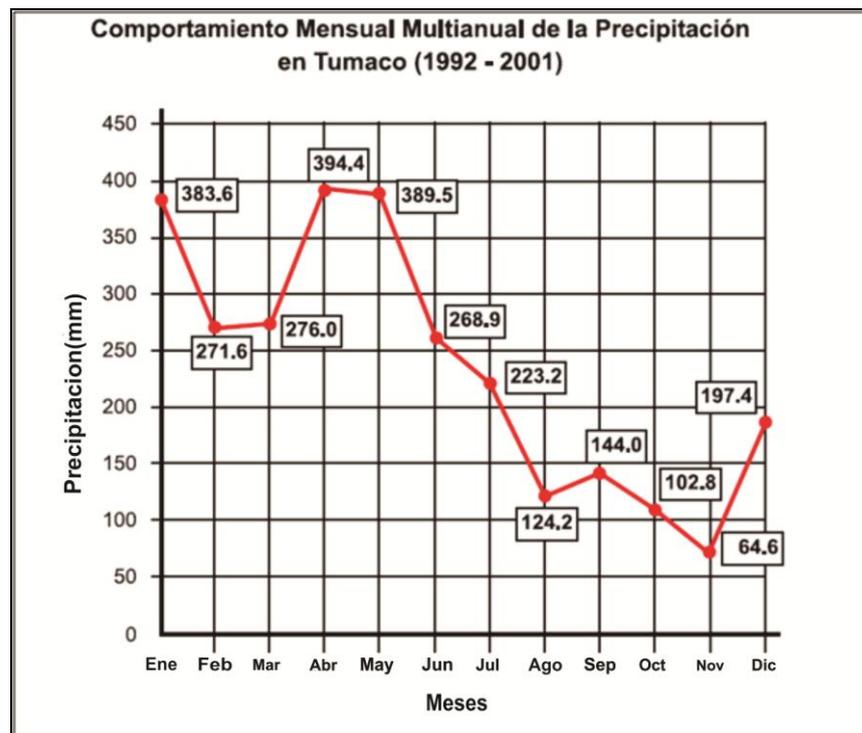
El clima de Tumaco está marcado por su estrecha cercanía con el mar así como por la influencia de la cordillera Occidental. Dada su posición se caracteriza por un constante intercambio de brisa marina y brisa terrestre, de ahí que su clima se enmarque dentro de las características generales de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCTI), como son altas temperaturas, aunque no excesivas, aire húmedo y abundantes lluvias, que influyen de manera fundamental en el relieve de la bahía con elevaciones que no superan los 50 m de altura (Figura 2).



**Figura 2.** Desplazamiento de la zona de convergencia intertropical para la costa pacífica colombiana. Tomado de CCCP (2007).

**3.1.1 Precipitación.** El ascenso obligado del aire caliente y húmedo favorece la alta precipitación sobre la llanura costera. En general, los valores anuales de precipitación registrados a través del tiempo en la región de Tumaco dan a

entender que el orden de precipitación en el área de estudio es de 3066,9 mm, con fluctuaciones entre 1928 mm y 4206,3 mm. Las lluvias tropicales deben su intensidad y abundancia a la fuerte inestabilidad de masas de aire húmedas que son simultáneamente cálidas. El calentamiento diurno acentúa esta inestabilidad y así en la zona son muy frecuentes las precipitaciones en horas de la noche, comportamiento determinado por la influencia de la ZCIT sobre la región (Figura 3).

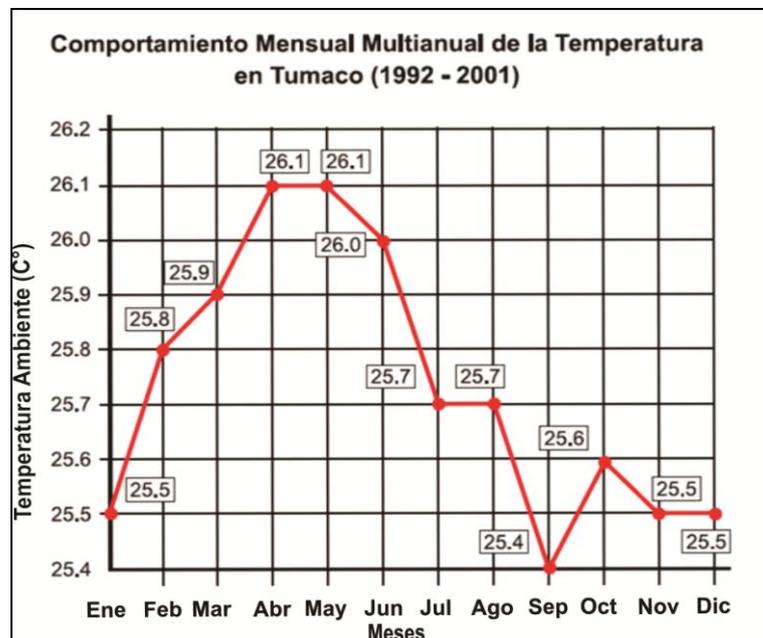


**Figura 3.** Variación multianual de la precipitación (mm) en Tumaco. Tomado de CCCP (2003).

**3.1.2 Temperatura Ambiente.** La zona de estudio presenta, durante la época húmeda, temperaturas superiores o iguales a 25,8°C, exceptuando el mes de enero cuyo registro es de 25,5°C. Los meses de abril y mayo son los que presenta mayor registro de temperatura con un valor de 26,1°C, condicionada ésta por el desplazamiento hacia el Norte de la ZCIT en la región Pacífica durante esta época. Posteriormente entre julio y diciembre, época seca, la temperatura disminuye y se estabiliza por debajo de los 25,7°C, ajustándose el

comportamiento de la temperatura a manifestaciones monomodales, con un período caliente de febrero a junio y otro relativamente frío de julio a enero (CCCP, 2003).

El promedio medio anual es del orden de los 25,7°C, con fluctuaciones extremas entre 19 y 32°C. Los promedios mensuales de temperatura presentan variaciones muy bajas, usualmente menores de 1°C. Los promedios de temperaturas máximas se presentan alrededor de los 30°C, mientras que los de temperaturas mínimas se encuentran sobre los 21°C (Figura 4).

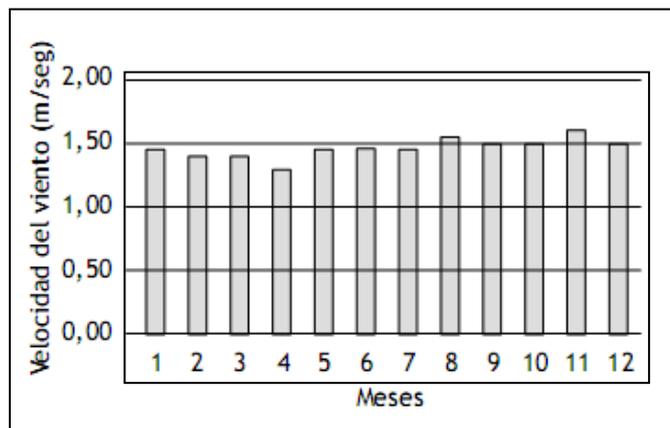


**Figura 4.** Variación multianual de la temperatura ambiente (°C) en Tumaco. Tomado de CCCP (2003).

La información sobre el comportamiento de la precipitación y la temperatura ambiente en la zona de estudio se efectuó a partir de los registros históricos recolectados en la estación climatológica principal del IDEAM, ubicada en el Centro Control Contaminación del Pacífico – CCCP, en el lapso correspondiente a los años 1992-2001.

**3.1.3 Vientos.** La Bahía de Tumaco se caracteriza por un fenómeno de viento local denominado ‘brisa marina’. Frecuentemente al final de la mañana se establece un viento que sopla del mar, alcanza su intensidad máxima al comienzo de la tarde, después disminuye progresivamente y cesa en la noche. La intensidad de esta brisa es mayor cuando el día es cálido, pero puede ser menor cuando el día está nublado. La causa de este movimiento del aire es la diferencia de calentamiento de la superficie del mar y de la tierra causado por la radiación solar. Otro factor a tener en cuenta lo constituye la incidencia sobre la región de los vientos Alisios los cuales se ven afectados por la ZCIT. Cuando ésta se localiza sobre el área hace que converjan aquí los vientos Alisios provenientes del noreste y los Alisios del sureste. Cuando la ZCIT se desplaza hacia el norte, en la región predominan los vientos del sureste, que adquieren localmente componentes SW y NW.

A continuación se muestra la Figura 5 en la que se identifica el promedio mensual de la intensidad de los vientos que es característica para las zonas costeras del pacifico colombiano:



**Figura 5.** Valores promedios de la intensidad de los vientos para esta zona del país. Tomado de CCCP (2002).

### 3.2 HIDROGRAFÍA

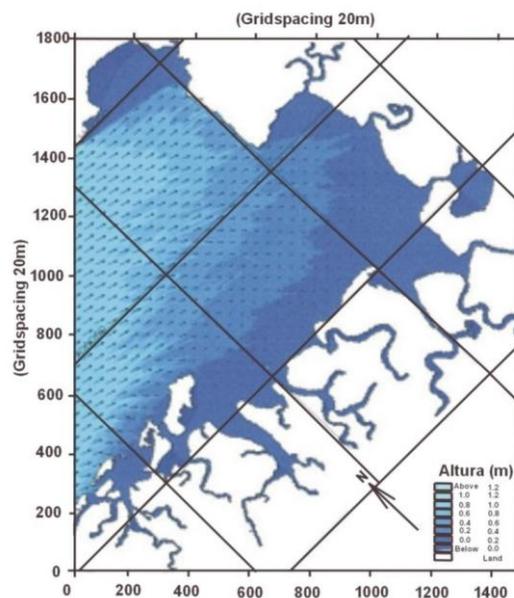
La Bahía de Tumaco está separada en dos sectores con características diferentes. El primero, al sur, corresponde a la llanura deltaica del río Mira e

incluye la línea de costa y el frente del delta, en el cual se pueden separar, de acuerdo con los fenómenos de sedimentación predominantes, la llanura deltaica mareal y la llanura deltaica fluvial. El segundo sector, al noreste, corresponde a una costa de acantilados que condiciona la distribución hacia el sur de los sedimentos depositados por el sistema de distributarios del delta del río Patía. Las llanuras deltaicas, tanto la mareal como fluvial, son rasgos fisiográficos muy dinámicos, sometidos a cambios constantes y muy rápidos debido a la interacción de varios agentes hidrográficos de influencia continental y marina como son el flujo de los distributarios del delta, la variación de las mareas, la acción modeladora de las olas y las corrientes litorales. Estos rasgos son característicos de aquellos deltas donde las mareas constituyen el factor morfogenético de mayor influencia e ilustran claramente el carácter estuarino de los deltas de los ríos Mira y Patía. Estos a su vez poseen amplias llanuras de inundación, sus cauces son meándricos y presentan deltas redondeados.

**3.2.1 Mareas.** El régimen de mareas es de tipo mesomareal con un rango promedio de 2,5 m y cruza al rango macromareal durante los períodos de pujas (ascenso relativo del nivel del mar 3,9 m registrados en el mareógrafo de Tumaco). La influencia predominante de las mareas en el desarrollo costero se puede inferir de la presencia sobresaliente de deltas mareales de reflujo que se extienden hasta 4 km hacia aguas afuera. Sumado a ello presenta dos pleamares y dos bajamares en un mismo día con un período aproximado de 12 horas y 25 minutos y tiene una dirección de propagación de NE durante el flujo y SW durante el reflujo.

**3.2.2 Olas.** La dirección dominante de las olas es desde el oeste y el noroeste. La energía de las olas es moderada con longitudes de onda de 10 a 50 m y una altura promedio de 0,5 a 1,5 m. El rango de alturas en tormentas varía de 1,5 a 3,5 m y la mayoría de las playas son disipativas (Martínez, J. O., González, J. L., Pilbkey, O. H. & Neal, W. J., 1995). Sin embargo, la energía de las olas es mitigada por las salientes continentales que encierran y definen la Bahía de

Tumaco y que crean ambientes protegidos hacia el interior de la misma que favorecen la sedimentación. Las corrientes litorales se presentan de suroeste a noreste de acuerdo con las direcciones de la corriente colombiana que avanza en sentido sur a norte y es modificada por la contracorriente ecuatorial del norte, no obstante se presentan reversiones locales en la vecindad de algunos deltas de mareas de reflujo (Figura 6).



**Figura 6.** Resultado de las direcciones de oleaje para la zona de estudio. Tomado de García, D., Escobar, A., Ramírez, C. & García, J. L. (2004).

### 3.3 VEGETACIÓN

La vegetación presente en la zona corresponde a bosques tropicales húmedos que se encuentran constituidos por las siguientes formaciones vegetales (Figura 7).

*Manglar intervenido y Ripario:* Bosques de manglar constituidos por arbustos y árboles entre 25 y 30 m de altura. Son características las raíces epígeas en formas de zancos y los neumatóforos que ayudan a la estabilidad de las plantas en los lodazales y a la absorción de aire en suelos que permanecen inundados. Se observan diferentes bosques de manglar que dependen de la

frecuencia de mareas, salinidad del suelo y de las especies dominantes (CCCP, 1986). El norte de la ensenada presenta un bosque de manglar con árboles altos de buen diámetro. La parte central ha sido intervenida sin ninguna técnica dando lugar a la aparición de rancochales (*Acrostyrium aureum*), sin embargo el manglar presenta buena formación. El sur (alrededor de Tumaco) ha sido fuertemente intervenido lo que ha originado la degradación del mismo. En algunos sitios el manglar es de forma achaparrada (CCCP, 1986). La especie dominante es el mangle rojo (*Rhizophora sp.*) en la línea costera y bordes de 'estero'. Otras especies son el mangle negro (*Avicenia nítida*) y el mangle blanco (*Laguncularia recemosa*) que no presentan asociaciones definidas (CCCP, 1986).

*Natal*: Bosques localizados en las orillas de los esteros que rodean a Tumaco ya que prefieren suelos aireados de textura arcillosa y se encuentran asociados con la especie zapatolonga (CCCP, 1995).

*Guandal*: Se encuentra localizado al lado de la anterior formación, en zonas inundables de agua dulce cerca a los ríos. Este tipo de vegetación también es denominada bosque ambrófilo tropical (CCCP, 1995).



**Figura 7.** Formaciones vegetales del área de estudio. Tomado de Aguirre (2010).

## 4. MARCO GEOLÓGICO

El litoral sur del Pacífico colombiano, donde se encuentra localizada la Bahía de Tumaco, hace parte del terreno suprayacente Atrato – San Juan – Tumaco (Etayo *et al.*, 1986) y es el resultado de la colmatación de la cuenca formada durante la colisión entre el continente y la placa oceánica al occidente de Colombia. Esta zona se ubica en la región de la llanura del Pacífico, constituida por un amplio depósito de materiales semiconsolidados del Pliopleistoceno y edades recientes, en las que emergen pequeñas colinas de rocas sedimentarias de edad Terciaria, ligeramente plegadas.

En este trabajo se hace una descripción general de las unidades encontradas en superficie con una recopilación de los trabajos realizados por INGEOMINAS (2003) y modificados de una nueva propuesta formal en preparación para la sucesión aflorante en la Bahía de Tumaco por Borrero *et al.* (2010). (Figura 8).

### 4.1 FORMACIÓN SAN AGUSTÍN

**4.1.1 Fm San Agustín. Miembro Curay.** Las rocas de esta unidad son principalmente limolitas y arcillolitas, y en menor proporción areniscas de tamaño fino. Se encuentran dispuestas en estratos medio a muy gruesos (espesores entre 0,30 m y mayores a 1 m), con geometría tabular y en menor proporción, lenticular. Igualmente no están afectadas por pliegues y fallas mayores. En general la tendencia de la estratificación de la unidad es sub-horizontal, es decir presenta inclinaciones de 2° a 3° hacia el sureste, siendo la mayor inclinación media de 8° en la misma dirección.

En algunas capas de esta unidad se encuentran fósiles de foraminíferos, bivalvos y gasterópodos (en orden de abundancia), los cuales se encuentran completos o en fragmentos. A lo largo de las secuencias descritas, láminas delgadas discontinuas de materia orgánica de origen vegetal se encontraron en muy baja proporción.

La unidad, en términos generales, se presenta homogénea, como una sucesión de arcillolitas y limolitas con muy pequeñas intercalaciones de areniscas finas a medias de color gris verdoso. Así mismo los contactos entre capas son transicionales y en menor proporción netos. La composición general es siliciclástica.

**4.1.2 Fm San Agustín. Miembro Cascajal.** La unidad se describe como una sucesión de areniscas con tamaños de grano medio a grueso en estratos medios a gruesos (espesores entre 0,30 m y mayores a 1 m), con geometría lenticular y en menor proporción tabular, con estructuras sedimentarias y entre ellas laminación plana paralela y laminación inclinada. En general la tendencia de la estratificación es sub-horizontal, un poco inclinada sólo cerca a la base de los depósitos cuando se acercan al límite de los paleocanales.

En algunas capas de esta unidad se encontraron bivalvos y, eventualmente, se encuentran niveles con diferentes proporciones de bioturbación, siendo la más frecuente la moteada con desarrollo de galerías de espesor centimétrico. En general, el miembro Cascajal es homogéneo, conformado por una secuencia de areniscas gruesas a muy gruesas ligeramente conglomeráticas, y en menor proporción capas conglomeráticas masivas y de lodolitas. Sólo en el sector de El Morro se observaron areniscas con tamaños de grano fino a medio que composicionalmente son arenitas arcósicas a sublíticas conformadas por cristales subhedrales de cuarzo, plagioclasa, anfíbol, biotita y en menor cantidad de moscovita y fragmentos líticos predominantemente volcaniclásticos.

La deformación local es menos pronunciada que en el miembro Curay en la que sólo se apreció una falla local en Salahonda y fallamiento asociados a procesos gravitacionales resientes en el arco de la isla El Morro. Es importante recalcar que la estratificación de esta unidad siempre es sub-horizontal y no se observó ningún tipo de plegamiento, reportando sólo inyecciones de diques clásticos con espesores centimétricos en la isla El Morro.

## **4.2 DEPÓSITOS CUATERNARIOS**

**4.2.1 Depósitos Fluvio-volcánicos de cono distal.** La unidad está compuesta por depósitos de flujos piroclastos de bloques y cenizas de color café grisáceo. La matriz, con tamaño de grano de arena de fino a media de color gris, corresponde a una ceniza de composición cristalo-vítrea. Los clastos son centimétricos, subangulares, de composición dacítica y con textura porfirítica. Una característica importante de este depósito es que se encuentra ligeramente soldado, con pobre calibrado y meteorizado por la acción de la actividad fluvial actual.

**4.2.2 Depósitos de terraza aluvial con influencia volcanoclástica.** Esta unidad se describe como un depósito volcánico secundario, de color gris oscuro, conformado por una sucesión de capas y láminas delgadas y gruesas con geometría externa tabular y localmente lenticular, mostrando contactos netos planares. Los depósitos de terraza aluvial son formados por depósitos volcanoclásticos secundarios, láminas y capas muy delgadas a delgadas de arena de tamaño de grano fino a medio. Son arenitas sublíticas, masivas, inconsolidadas, mostrando un buen calibrado y buena porosidad visual, compuestas por cristales de cuarzo, vidrio y líticos negros subangulares a subredondeados y con delgadas intercalaciones de limolitas. Dentro de la sucesión se encuentran también clastos de pómez con tamaño de grano que varía entre 2 y 5 cm, subangulares y subredondeados, de color amarillo grisáceo y composición dacítica (fenocristales de anfíboles y biotita en una matriz vitroclástica).

**4.2.3 Terrazas aluviales.** Los depósitos de terraza aluvial son principalmente arenas, con geometría predominantemente lenticular, aunque localmente es tabular. Además se observan lentes conglomeráticos distribuidos de manera puntual.

**4.2.4 Depósitos Intermareales.** Se localizan aledaños a los depósitos de playa y depósitos compuestos por arenas inconsolidadas con tamaño de grano fino a

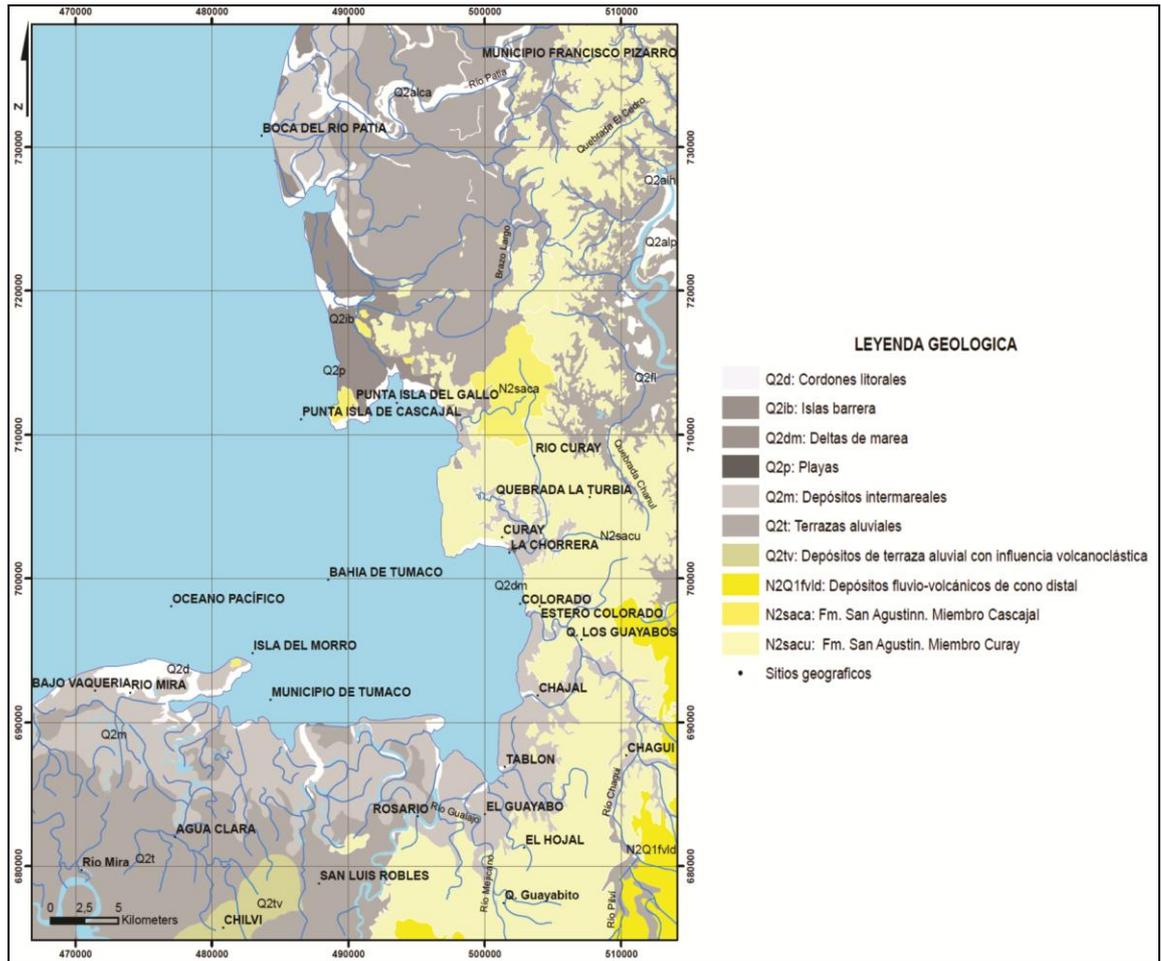
medio, de color gris oscuro. Cuando hay marea baja se caracterizan por presentar ondulitas de corriente y oscilación de diferentes tamaños afectados por bioturbación.

**4.2.5 Depósitos de playa.** Arenas de color gris, inconsolidadas con disposición horizontal, compuestas por cristales de cuarzo, feldespato, magnetita y líticos negros, y con presencia de restos orgánicos de bivalvos y gasterópodos.

**4.2.6 Deltas de marea.** Depósitos de arenas inconsolidadas de tamaño de grano fino y color gris oscuro, compuestos por cristales de cuarzo, plagioclasas, anfíboles, moscovita magnetita. También en algunos sectores hay presencia de restos orgánicos de bivalvos y gasterópodos, y marcada bioturbación

**4.2.7 Islas Barrera.** Depósitos de arenas inconsolidadas de tamaño de grano fino y color gris oscuro, compuestos por cristales de cuarzo, plagioclasas, anfíboles, moscovita magnetita. En algunos sectores hay presencia de restos orgánicos de bivalvos y gasterópodos, y marcada bioturbación.

**4.2.8 Cordones Litorales.** Entre la isla de Tumaco y la isla El Morro. Depósito de arenas inconsolidadas de tamaño de grano fino y color gris oscuro, compuesto por cristales de cuarzo, plagioclasas, anfíboles, moscovita magnetita, con presencia, en algunos sectores, de restos orgánicos de bivalvos y gasterópodos, y marcada bioturbación. La parte alta de la secuencia es retrabajada por acción eólica.



**Figura 8.** Mapa Geológico del área de estudio. Tomado de Borrero, C. & Jaramillo, M. (en preparación).

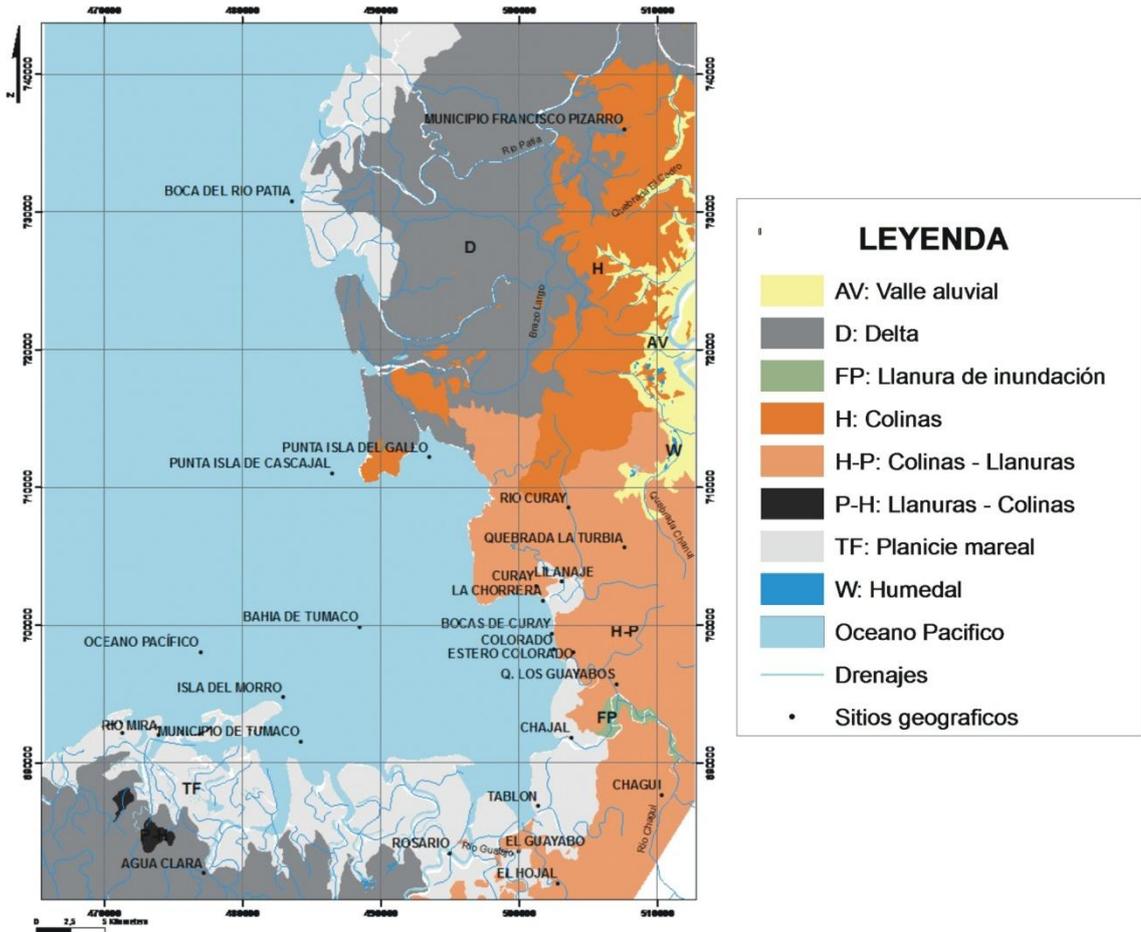
## 5. GEOMORFOLOGÍA

En el área de estudio, en la parte central y oriental, se puede diferenciar varias geoformas que corresponden a colinas y montañas de diferentes características por su forma, longitud, inclinación, divisoria de aguas o red de drenaje (Villota, 1997) que forman parte del Litoral Pacífico. Cuando estas unidades se localizan adyacentes a la línea de costa, como producto de la erosión marina sobre la línea se forman una serie de acantilados con alturas que oscilan entre 10 y 40 m que se extiende a lo largo de planicies fluvio-marinas de extensión variable. Asociados a estos bordes rocosos es característico encontrar, adyacentes a la línea de costa, pilares que son remanentes de los acantilados que forman pequeñas islas. También asociados a los acantilados se observan arcos de piedra y cavernas las cuales según Martínez & Carvajal (1990) se producen por la influencia mecánica de las olas sobre los segmentos de rocas que muestran zonas débiles desde el punto de vista estructural y litológico.

Las unidades geomorfológicas mayores en la zona costera son los deltas del Río Mira, al sur, y del Río Patía, al norte. Estos deltas son agrupados en la clase morfológica de alta influencia mareal (López, 2008). Los deltas están atravesados por numerosas vías fluviales perpendiculares a la línea de costa ocupada por aguas estuarinas, localmente llamados 'esteros', y cuya forma es un cono abierto hacia el mar con una gran sinuosidad y ramificación tierra adentro. Sus unidades geomorfológicas principales son las terrazas aluviales, las terrazas marinas y los pantanos de manglar. Éstos últimos se forman en la parte posterior de las islas Barrera que los protegen de la acción directa del oleaje y cuya amplitud es variable, como se observa en la parte NE del área de estudio, así mismo pueden alcanzar los 12 km al sur de Tumaco. Aunque el manglar es una asociación vegetal su desarrollo está restringido a un medio físico muy particular donde se alternan aguas salobres con agua dulce en zonas bajas con influencia fuerte de las mareas. El Pantano de Manglar es

disectado por una red de drenajes y en ellos se propicia una sedimentación de material limo-arcilloso acarreado por los ríos, al igual que materia orgánica derivada de los procesos bióticos que se producen en el área (Figura 9).

MAPA GEOMORFOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO



**Figura 9.** Mapa morfológico del área de trabajo. Tomado de Borrero, C & Jaramillo C. (2010).

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1 TRABAJO DE CAMPO Y RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

El muestreo de los sedimentos se realizó entre el 20 de enero y el 9 de febrero de 2010, usando la técnica de buceó autónomo realizada por un habitante de la región (Figura 10). En total se recolectaron 44 muestras de los sedimentos más superficiales a profundidades entre 2 a 7 metros. Cada muestra fue localizada de manera precisa con la ayuda de un GPS Garmin 60 Csx. Para el objeto de este estudio se utilizaron 31 muestras de lodo con alto contenido de materia orgánica, las restantes no se tuvieron en cuenta debido a que resultaron ser arenas relativamente libres de material orgánico (Tabla 1 y 2).

Así mismo el muestreo se realizó aproximadamente cada 2 km de distancia y cubrió principalmente ambientes de canales y zonas de desembocadura de los ríos distributarios (Figura 10). En cada punto de muestreo se colectaron entre 50 a 70 gr de sedimento, aproximadamente, utilizando frascos plásticos de 70 cc. En cada una de ellas se extrajo la mayor cantidad de agua posible para luego adicionar alcohol al 70% con el fin de conservar la materia orgánica para su posterior preparación en el laboratorio.



**Figura 10.** Etapa de trabajo de campo y recolección de muestras.

Muestra	Coordenadas		Tipo de sedimento	Lugar donde fue tomada
Tpf 01	X:497176	Y:709174	Lodo con materia orgánica	Zona de desembocadura
Tpf 02	X:497834	Y:710505	Lodo con materia orgánica	Llanura mareal
Tpf 03	X:498367	Y:711476	Lodo con materia orgánica	Llanura mareal
Tpf 04	X:496729	Y:710333	Lodo con materia orgánica	Zona de desembocadura
Tpf 06	X:493257	Y:713588	Lodo con materia orgánica	Zona de desembocadura
Tpf 07	X:492381	Y:714846	Lodo con materia orgánica	Canales Mareales
Tpf 08	X:491229	Y:716172	Lodo con materia orgánica	Canales Mareales
Tpf 09	X:490221	Y:717567	Lodo con materia orgánica	Canales Mareales
Tpf 10	X:493611	Y:719012	Lodo con materia orgánica	Canales Mareales
Tpf 11	X:495605	Y:718973	Lodo con materia orgánica	Canales Mareales
Tpf 12	X:496482	Y:717185	Lodo con materia orgánica	Canales Mareales
Tpf 13	X:498541	Y:717228	Lodo con materia orgánica	Canales Mareales
Tpf 14	X:500233	Y:718361	Lodo con materia orgánica	Canales Mareales
Tpf 15	X:500296	Y:720428	Lodo con materia orgánica	Canales Mareales
Tpf 17	X:496044	Y:708184	Lodo con materia orgánica	Zona de desembocadura
Tpf 18	X:479417	Y:691792	Lodo con materia orgánica	Planicie mareal
Tpf 20	X:481764	Y:688798	Lodo con materia orgánica	Planicie mareal
Tpf 21	X:482071	Y:687308	Lodo con materia orgánica	Planicie mareal
Tpf 22	X:480787	Y:688021	Lodo con materia orgánica	Planicie mareal
Tpf 25	X:486520	Y:688879	Lodo con materia orgánica	Planicie mareal
Tpf 28	X:493707	Y:691066	Lodo con materia orgánica	Zona de desembocadura
Tpf 29	X:497057	Y:689847	Lodo con materia orgánica	Zona de desembocadura
Tpf 30	X:495998	Y:685838	Lodo con materia orgánica	Planicie mareal
Tpf 31	X:498462	Y:690686	Lodo con materia orgánica	Zona de desembocadura
Tpf 33	X:498053	Y:694869	Lodo con materia orgánica	Zona de desembocadura
Tpf 34	X:498825	Y:696766	Lodo con materia orgánica	Zona de desembocadura
Tpf 35	X:499748	Y:698531	Lodo con materia orgánica	Zona de desembocadura
Tpf 37	X:473672	Y:691741	Lodo con materia orgánica	planicie mareal
Tpf 40	X:473159	Y:687974	Lodo con materia orgánica	planicie mareal
Tpf 42	X:479112	Y:688285	Lodo con materia orgánica	planicie mareal
Tpf 44	X:476626	Y:687231	Lodo con materia orgánica	planicie mareal

**Tabla 1.** Tabla de datos de las muestras de lodo orgánico recolectadas en la Bahía de Tumaco con su respectivo código, coordenada, tipo de sedimento y ambiente de depósito donde fue tomada.

Muestra	Coordenadas		Tipo de sedimento	Lugar donde fue tomada
Tpf 05	X:495193	Y:712030	Arena	Zona de desembocadura
Tpf 16	X:492923	Y:711591	Arena	Zona de desembocadura
Tpf 19	X:481270	Y:690731	Arena	Planicie mareal
Tpf 23	X:483135	Y:691989	Arena	Zona de desembocadura
Tpf 24	X:485407	Y:691141	Arena	Zona de desembocadura
Tpf 26	X:487033	Y:686491	Arena	Planicie mareal
Tpf 27	X:490290	Y:692415	Arena	Zona de desembocadura
Tpf 32	X:497823	Y:692830	Arena	Zona de desembocadura
Tpf 36	X:498732	Y:700553	Arena	Zona de desembocadura
Tpf 38	X:471627	Y:692746	Arena	Planicie Mareal

Muestra	Coordenadas	Tipo de sedimento	Lugar donde fue tomada
Tpf 39	X:472774 Y:689946	Arena	Planicie Mareal
Tpf 41	X:478454 Y:689770	Arena	Planicie Mareal
Tpf 43	X:477759 Y:687231	Arena	Planicie Mareal

**Tabla 2.** Tabla de datos de las muestras de arena recolectadas en la Bahía de Tumaco con su respectivo código, coordenadas, tipo de sedimento y ambiente de depósito donde fue tomada.

## 6.2 PROCESAMIENTO PALINOLÓGICO DE MUESTRAS EN LABORATORIO

Las muestras recolectadas fueron procesadas en el laboratorio de Paleoflora en la ciudad de Bucaramanga, donde se emplearon diferentes métodos de preparación de materia orgánica. Luego de evaluar cada técnica se eligió un método estándar en el que se observó mejor la calidad y la cantidad de materia orgánica (MO). Esta técnica consiste en tomar de 20 a 25 gr de sedimento el cual se ataca con ácido clorhídrico (HCL) y ácido fluorhídrico (HF) durante 24 horas para poder eliminar la fracción mineral. Posteriormente se realizó un lavado de la muestra e inmersión en bromuro de Zinc (ZnBr<sub>2</sub>) para separar la fracción orgánica de los minerales que no fueron disueltos previamente. Además se realizó un filtrado de la muestra con un tamiz de 10 micras para el posterior montaje de materia orgánica en una lamina (fracción no oxidada); para un lavado de los palinomorfos se empleó ácido nítrico HNO<sub>3</sub> (fracción oxidada). Finalmente se montaron las fracciones oxidadas y no oxidadas en una lámina usando bálsamo de Canadá (Figura 11).



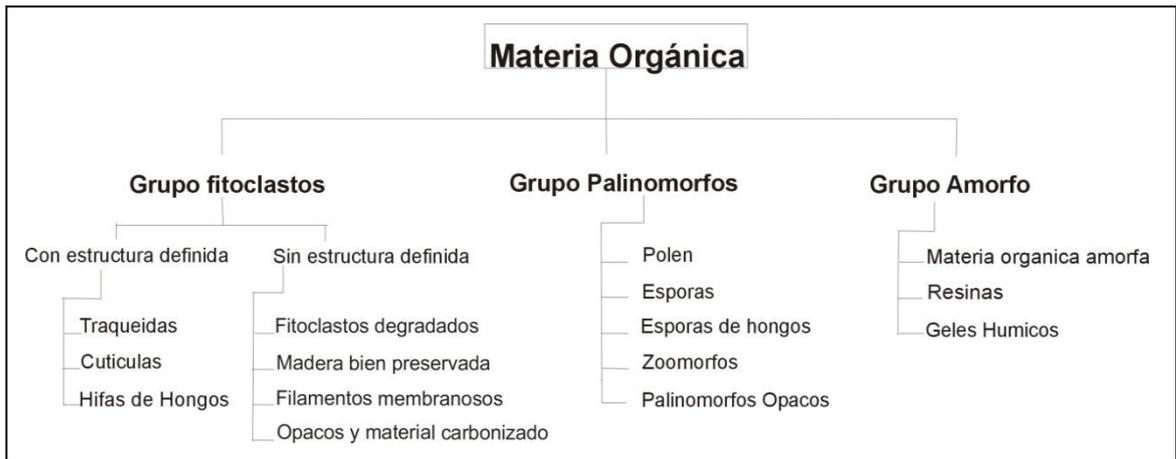
**Figura 11.** Etapas de procesamiento en laboratorio de las muestras respectivas.

### 6.3 ANÁLISIS ÓPTICO

El análisis óptico de las secciones palinológicas se realizó en un microscopio de luz transmitida Nikon Eclipse E-200, con objetivos de 40X y 100X, donde se determinó cuantitativa y cualitativamente la materia orgánica mediante un conteo general de 200 a 300 partículas (Tabla 3). Tanto para la sección oxidada y no oxidada, respectivamente su porcentaje relativo fue estimado semi-cuantitativamente en diferentes campos visuales de la placa, usando la tabla de estimación de porcentajes de Shvetsov (1954). La materia orgánica microscópica se clasificó siguiendo el método propuesto por Tyson (1995) (Figura 12).

MUESTRA	TRAQUEIDAS	CUTICULAS	HIFAS DE HONGOS	FITOCLASTOS DEGRADADOS	MADERA POBREMENTE PRESERVADA	OPACOS Y MATERIAL CARBONIZADO	POLEN	ESPORAS	ESPORAS DE HONGOS	PALINOMORFOS OPACOS	MOA	RESINAS	GELES HUMICOS	ZOOMORFOS
Tpf 01	18	36	54	12	238	128	49	9	4	10	49	28	7	1
Tpf 02	30	20	50	12	104	89	61	19	4	9	9	18	7	3
Tpf 03	86	27	113	165	83	63	11	7	5	12	3	6	8	0
Tpf 04	16	22	38	23	30	100	11	3	0	6	2	3	17	1
Tpf 06	20	18	38	12	152	115	43	21	18	8	14	13	1	1
Tpf 07	12	20	32	6	105	78	143	16	3	12	0	7	1	1
Tpf 08	12	6	18	17	63	106	31	2	0	11	1	5	3	1
Tpf 09	16	14	30	27	82	153	11	5	1	7	0	6	1	1
Tpf 10	26	15	41	48	114	184	36	35	4	9	3	4	1	1
Tpf 11	17	7	24	38	161	112	28	21	5	18	2	4	1	0
Tpf 12	30	7	37	45	101	127	22	22	4	22	1	3	1	0
Tpf 13	18	12	30	45	143	126	22	30	9	5	0	4	1	1
Tpf 14	34	8	42	39	164	83	45	41	14	4	0	3	1	5
Tpf 15	22	3	25	50	133	114	19	27	10	8	0	5	0	1
Tpf 17	10	9	19	45	131	141	28	9	0	4	1	1	0	0
Tpf 18	54	7	61	37	90	96	76	11	6	0	31	2	0	0
Tpf 20	22	2	24	131	74	46	11	2	3	3	2	4	2	0
Tpf 21	35	5	40	39	47	88	23	6	10	2	62	11	0	0
Tpf 22	26	2	28	77	127	90	11	1	8	7	0	4	0	0
Tpf 25	36	3	39	54	89	91	53	6	13	7	5	5	4	0
Tpf 28	56	3	59	52	32	142	44	19	4	15	9	11	0	0
Tpf 29	71	18	89	45	52	71	43	11	6	10	10	18	1	0
Tpf 30	35	1	36	63	83	69	158	10	18	4	1	11	3	0
Tpf 31	37	8	45	64	42	136	13	16	5	11	6	12	1	0
Tpf 33	30	3	33	47	127	67	87	14	11	14	1	4	0	1
Tpf 34	47	9	56	107	41	166	51	25	10	20	18	9	6	0
Tpf 35	26	4	30	183	82	86	22	14	10	16	13	1	0	0
Tpf 37	32	4	36	59	123	139	11	2	9	8	16	4	0	0
Tpf 40	39	3	42	245	54	94	10	13	5	1	4	4	0	0
Tpf 42	34	14	48	108	34	167	45	10	10	20	45	8	12	0
Tpf 44	16	13	29	42	99	48	116	17	8	7	4	9	1	0

**Tabla 3.** Conteo semicuantitativo de los componentes orgánicos.



**Figura 12.** Sistema de clasificación de la materia orgánica empleada en este trabajo. Modificado de Tyson (1995).

Las microfotografías de los diversos componentes orgánicos fueron tomadas con una cámara Nikon DSU2, localizándolos con la ayuda de un England Finder. Las planchas con los componentes estudiados se realizaron en Corel Draw. Con el fin de discriminar o identificar con más detalle las estructuras internas de los componentes orgánicos se empleó luz fluorescente (Plancha 4 y 5).

Una vez realizado el cálculo de porcentajes de los diferentes componentes orgánicos, se realizó un diagrama clúster mediante el programa estadístico statgraphics 5,1 que permitió conocer la similitud y diferencia de todas las partículas orgánicas observadas en las muestras que generaron dos grupos principales de distribución de materia orgánica.

## 7. CONCEPTOS

### 7.1 PALINOFACIES

Combaz (1964) introduce este término para referirse a “toda la materia orgánica que estuvo contenida en un sedimento tras una separación de la matriz sedimentaria por ácidos fluorhídricos y clorhídricos”. Tyson (1995) las define como un conjunto distintivo de materia orgánica contenida dentro un cuerpo de sedimentos que reflejan condiciones ambientales específicas o que están asociadas con rangos característicos como potencial generador de hidrocarburos. Otros autores, e.g. Robert (1979) y Ercegovac (2006), han empleado el término en diferentes sentidos describiendo la materia orgánica en función de sus componentes individuales, estimación de sus proporciones relativas y absolutas, su tamaño, forma y grado de preservación.

### 7.2 MATERIA ORGÁNICA Y SUS COMPONENTES

La materia orgánica sedimentaria la constituyen partículas producidas o derivadas de seres vivos, ya sean marinos o terrestres, que pueden encontrarse con frecuencia contenidos en sedimentos o rocas sedimentarias. La materia orgánica (MO) puede concentrarse o aislarse con la ayuda de ácidos fuertes que disuelven la fracción mineral de la roca o sedimento que la contienen. Ésta puede ser estudiada al microscopio óptico con el fin de determinar su origen, composición, grado de preservación y maduración. Se han propuesto numerosos sistemas de clasificación de MO, e.g., Combaz (1964), Batten (1996) y Ruíz (1999). En el presente trabajo se empleará el esquema de Tyson (1995), quien distingue tres grupos principales.

#### 7.2.1 Grupo Fitoclastos

*7.2.1.1 Con estructura definida.* Son fragmentos de restos vegetales tales como hojas, troncos y tejidos que conservan parte de sus estructuras originales. Dentro de ellos se pueden tener cutículas, traqueidas e hifas de hongos (Plancha 1).

*7.2.1.2 Sin estructura definida.* Esta subdivisión está conformada por partículas vegetales que no tienen una estructura interna definida. Debido a procesos de degradación se pueden encontrar fitoclastos degradados, filamentos membranosos y material carbonizado.

**7.2.2 Grupo Palinomorfos.** Incluye los microfósiles de pared orgánica (unicelulares o multicelulares). Son importantes para datar las rocas y realizar reconstrucciones paleoambientales debido a que la presencia de algunos de ellos está limitada temporal y geográficamente. Dentro de este grupo se encuentran los esporomorfos y zoomorfos.

*7.2.2.1 Esporomorfos.* Conformado por granos de polen y esporas producidos por plantas terrestres y hongos. Sus tamaños microscópicos y baja densidad permiten una alta dispersión en el ambiente tanto en el agua como en el aire, por lo que se les pueden encontrar a grandes distancias de su fuente de origen (Plancha 2).

*7.2.2.2 Zoomorfos.* Compuesto por restos o fragmentos de animales tales como foraminíferos, escolecodontos, escamas o alas de insectos, exoesqueletos de artrópodos, patas, antenas y vellos de invertebrados (Plancha 3).

**7.2.3 Grupo Amorfo.** Conformada por materia orgánica amorfa (MOA), resinas y geles húmicos.

*7.2.3.1 Materia orgánica amorfa (MOA).* Su característica principal es la ausencia de estructuras y bordes que la definan a escala microscópica. Se produce a partir de una alta degradación de sustancias y componentes orgánicos de origen terrestre o marino. El aumento de resinas y productos amorfos es comúnmente asociado a la diagénesis de los tejidos microfíticos (tejidos internos de restos vegetales). La MOA de origen marino –derivada principalmente de algas– tiene una composición alifática que contrasta con la

MOA de origen continental –principalmente derivada de madera– que es principalmente aromática (Batten, 1996).

*7.2.3.2 Geles Húmicos.* Producidos por decaimiento y degradación de tejidos de plantas terrestres, generando ya sea preservación u homogenización de las estructuras originales de la planta (formación de vitrinita, con o sin estructuras) (Batten, 1996). Se caracterizan por tener bordes difusos y pueden llegar a tener formas redondeadas cuando la degradación es muy alta. A menudo estas partículas son químicamente resistentes. Generalmente se les asocia con raíces y algunos tejidos que sufren oxidación en presencia de agua (Tyson, 1995).

*7.2.3.3 Resinas.* Se clasifican en el grupo amorfo ya que carecen de estructura. Son secreciones provenientes de la exudación de plantas superiores que se solidifican al contacto con el aire. Se reconocen por ser hialinas, homogéneas, con contornos bien definidos y superficies lisas, en ocasiones fracturadas. Bajo luz transmitida sus colores van desde amarillo hasta naranja intenso, son altamente fluorescentes y resistentes a la degradación (Plancha 5).

## 8. RESULTADOS

### 8.1 ANÁLISIS

Una vez realizado el análisis cualitativo y cuantitativo de los respectivos componentes orgánicos para las muestras, se encontraron tres grupos principales de materia orgánica: Fitoclastos, Palinomorfos y Materia Orgánica Amorfa.

En la Figura 13 se observa la composición total de los componentes orgánicos para los sedimentos de la Bahía de Tumaco. En la gráfica se muestra un predominio del grupo fitoclastos con un porcentaje del 85%, cantidades moderadas del grupo palinomorfos con un porcentaje del 12%, y con cantidades bajas del grupo amorfo con un porcentaje de 3%.



**Figura 13.** Porcentaje de los grupos orgánicos hallados en este estudio.

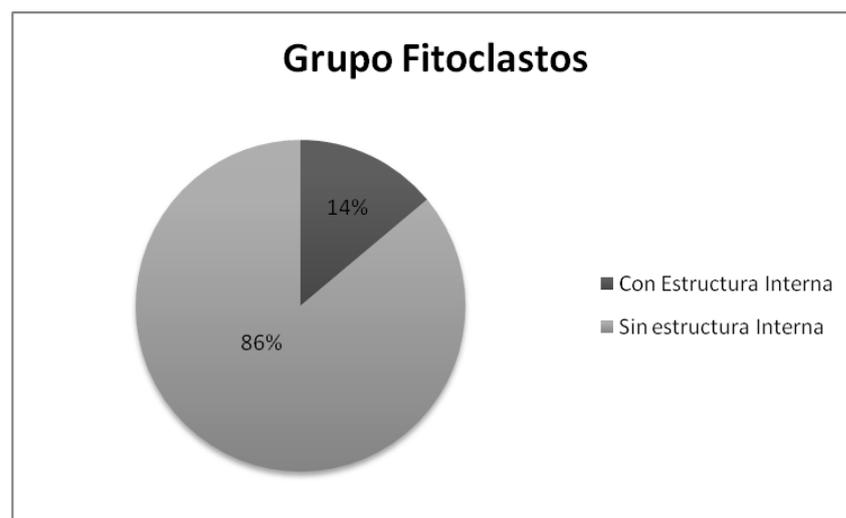
El conteo porcentual de los grupos principales se observan en la Tabla 4 y los grupos respectivos se describen a continuación.

MUESTRA	TRAQUEIDAS CON PITS	CUTICULAS	HIFAS DE HONGOS	FITOCLASTOS DEGRADADOS	MADERA BIEN PRESERVADA	FILAMENTOS MEMBRANOSOS	OPACOS Y MATERIAL CARBONIZADO	POLEN	ESPORAS	ESPORAS DE HONGOS	PALINOMORFOS OPACOS	MOA	RESINAS	GELES HUMICOS	ZOOMORFOS
Tpf 01	1,98	3,95	5,93	28,98	1,32	26,13	14,05	5,38	0,99	0,44	1,10	5,38	3,07	0,77	0,11
Tpf 02	4,72	3,15	7,87	30,87	1,89	16,38	14,02	9,61	2,99	0,63	1,42	1,42	2,83	1,10	0,47
Tpf 03	10,97	3,44	14,41	24,23	21,05	10,59	8,04	1,40	0,89	0,64	1,53	0,38	0,77	1,02	0
Tpf 04	3,21	4,41	7,62	45,49	4,61	6,01	20,04	2,20	0,60	0,00	1,20	0,40	0,60	3,41	0,20
Tpf 06	2,50	2,25	4,74	38,58	1,50	18,98	14,36	5,37	2,62	2,25	1,00	1,75	1,62	0,12	0,12
Tpf 07	1,85	3,08	4,92	32,46	0,92	16,15	12,00	22,00	2,46	0,46	1,85	0,00	1,08	0,15	0,15
Tpf 08	2,27	1,14	3,41	47,73	3,22	11,93	20,08	5,87	0,38	0,00	2,08	0,19	0,95	0,57	0,19
Tpf 09	2,36	2,07	4,43	47,56	3,99	12,11	22,60	1,62	0,74	0,15	1,03	0	0,89	0,15	0,15
Tpf 10	3,14	1,81	4,95	36,59	5,80	13,77	22,22	4,35	4,23	0,48	1,09	0,36	0,48	0,12	0,12
Tpf 11	2,44	1,01	3,45	36,35	5,46	23,13	16,09	4,02	3,02	0,72	2,59	0,29	0,57	0,14	0
Tpf 12	4,44	1,04	5,47	36,98	6,66	14,94	18,79	3,25	3,25	0,59	3,25	0,15	0,44	0,15	0
Tpf 13	2,28	1,52	3,80	42,33	5,70	18,12	15,97	2,79	3,80	1,14	0,63	0	0,51	0,13	0,13
Tpf 14	4,00	0,94	4,94	41,60	4,58	19,27	9,75	5,29	4,82	1,65	0,47	0	0,35	0,12	0,59
Tpf 15	3,05	0,42	3,47	40,78	6,93	18,45	15,81	2,64	3,74	1,39	1,11	0	0,69	0	0,14
Tpf 17	1,49	1,34	2,83	40,69	6,71	19,52	21,01	4,17	1,34	0,00	0,60	0,15	0,15	0	0
Tpf 18	8,30	1,08	9,38	26,62	5,69	13,85	14,77	11,69	1,69	0,92	0	4,77	0,31	0	0
Tpf 20	3,78	0,34	4,12	43,47	22,51	12,71	7,90	1,89	0,34	0,52	0,52	0,34	0,69	0,34	0
Tpf 21	5,38	0,77	6,14	41,94	5,99	7,22	13,52	3,53	0,92	1,54	0,31	9,52	1,69	0	0
Tpf 22	4,28	0,33	4,61	35,91	12,69	20,92	14,83	1,81	0,16	1,32	1,15	0	0,66	0	0
Tpf 25	5,38	0,45	5,83	37,52	8,07	13,30	13,60	7,92	0,90	1,94	1,05	0,75	0,75	0,60	0
Tpf 28	7,91	0,42	8,33	36,44	7,34	4,52	20,06	6,21	2,68	0,56	2,12	1,27	1,55	0	0
Tpf 29	10,06	2,55	12,61	36,12	6,37	7,37	10,06	6,09	1,56	0,85	1,42	1,42	2,55	0,14	0
Tpf 30	4,54	0,13	4,68	33,77	8,18	10,78	8,96	20,52	1,30	2,34	0,52	0,13	1,43	0,39	0
Tpf 31	5,49	1,19	6,69	40,42	9,51	6,24	20,21	1,93	2,38	0,74	1,63	0,89	1,78	0,15	0
Tpf 33	4,75	0,47	5,22	28,80	7,44	20,09	10,60	13,77	2,22	1,74	2,22	0,16	0,63	0	0,16
Tpf 34	6,16	1,18	7,34	24,64	14,02	5,37	21,76	6,68	3,28	1,31	2,62	2,36	1,18	0,79	0
Tpf 35	3,70	0,57	4,27	29,20	26,07	11,68	12,25	3,13	1,99	1,42	2,28	1,85	0,14	0	0
Tpf 37	4,93	0,62	5,55	30,35	9,09	18,95	21,42	1,69	0,31	1,39	1,23	2,47	0,62	0	0
Tpf 40	5,77	0,44	6,21	23,22	36,24	7,99	13,91	1,48	1,92	0,74	0,15	0,59	0,59	0	0
Tpf 42	4,48	1,84	6,32	25,56	14,23	4,48	22,00	5,93	1,32	1,32	2,64	5,93	1,05	1,58	0

**Tabla 4.** Porcentaje de cada uno de los componentes orgánicos encontrados en las diferentes secciones palinológicas

**8.1.1 Grupo Fitoclastos.** Existe un alto porcentaje de estos componentes orgánicos contenidos en los sedimentos de la Bahía de Tumaco. Esta abundancia está relacionada a la alta producción de detritos vegetales por parte de la exuberante vegetación característica de la llanura del Pacífico. Dentro del grupo se encuentran restos leñosos y cutículas donde se aprecian sus estructuras originales.

Sin embargo en el material estudiado existe un claro predominio de fitoclastos degradados sin estructura interna y fragmentos opacos (86%) (Figura 14), muy probablemente relacionado a la alta degradación de hongos y bacterias que dominan en las regiones tropicales húmedas. La gran cantidad de ríos distributarios en el delta facilitan la distribución de partículas y su transporte desde fuentes lejanas.



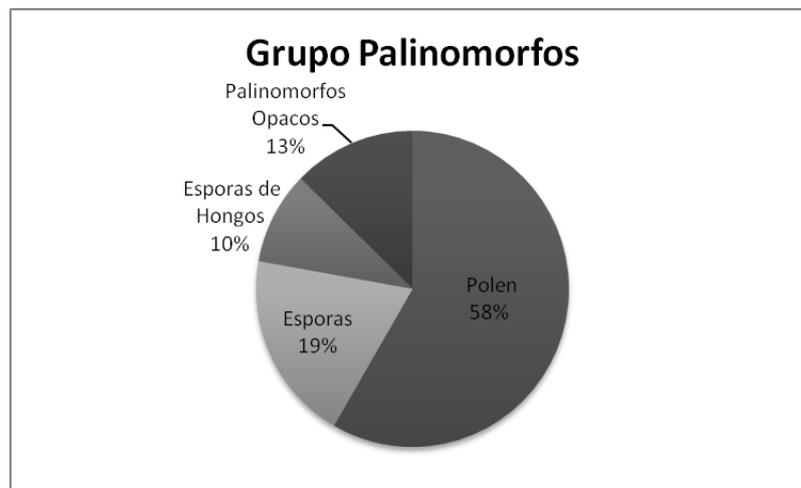
**Figura 14.** Porcentajes promedio del grupo fitoclastos hallados en las muestras estudiadas.

**8.1.2 Grupo Palinomorfos.** En las muestras estudiadas se encuentran abundantes granos de polen y esporas. Dentro de los granos de polen observados dominan las angiospermas. *Rizophora* es uno de los más abundantes, el cual es producido en la zona de manglar. También se identificaron granos característicos de *Malvaceae*. Adicionalmente se

identificaron diversas formas de esporas de pteridofitas dentro de las que se encuentran *Cyatheaceae*, *Lycopodiaceae* y *Euphorbiaceae* (Plancha 2). La presencia de esporas de hongo es característica en bosques tropicales donde se ha reportado miles de especies, de hecho casi tres cuartas partes de las especies son nuevas para la ciencia (Hawksworth & Rossman, 1997).

La cantidad de ríos distributarios, la intensidad de los vientos y lluvias, además de los agentes polinizadores que intervienen en esta área biogeográfica, permiten que los granos de polen y esporas se dispersen fácilmente por lo cual se hallaron gran variedad contenidos en estos sedimentos. Sumado a los componentes de materiales orgánicos de origen vegetal, cabe destacar que el porcentaje de zoomorfos es considerable ya que en el área de estudio existe una gran abundancia de comunidades faunísticas de todo tipo. Adicionalmente en este trabajo se observaron algunos restos de escolecodontos y alas de insectos principalmente (Plancha 3).

En la Figura 15 se observan las diferentes categorías de este grupo, obteniendo así una relación de porcentajes mucho más altos en los granos de polen, con un porcentaje de 58%, cantidades moderadas de esporas de plantas superiores y palinomorfos opacos con contenidos entre el 13-19%, y cantidades más bajas de esporas de hongos con un contenido del 10%.



**Figura 15.** Porcentajes respectivos de los componentes del grupo Palinomorfos.

**8.1.3 Grupo Amorfo.** Este grupo, encontrado en los sedimentos de la Bahía de Tumaco, no es fluorescente y por tanto se interpreta como producto de la degradación de partículas orgánicas de origen vegetal. Sumado a ello el porcentaje de presencia en las muestras es bajo, lo cual puede estar relacionado a que estas partículas se destruyan con facilidad por degradación biológica y/o mecánica (acción de corrientes fluviales y olas).

En la Figura 16 se observa el porcentaje de los respectivos componentes de este grupo, siendo el más abundante la materia orgánica amorfa con un contenido de 50%, una cantidad considerable de resinas con un porcentaje del 37%, y cantidades bajas de geles húmicos con un porcentaje del 13% del total de los componentes para este grupo orgánico.



**Figura 16.** Porcentajes respectivos del grupo orgánico Amorfo.

## 8.2 DIAGRAMAS DE DISTRIBUCIÓN DE LOS COMPONENTES ORGÁNICOS EN LA BAHÍA DE TUMACO

El diagrama de distribución correspondiente al grupo fitoclastos se muestra en la Figura 17. En él se identifican tres zonas específicas de mayor porcentaje, acumulaciones que coinciden con las zonas de desembocadura de los canales mareales principales. A medida que nos acercamos hacia el continente disminuye el porcentaje indicando que la abundancia de los distributarios de los

deltas actúan directamente en el transporte de partículas que provienen de diversas fuentes. La dirección de las mareas también influye de forma directa en las acumulaciones de estos sedimentos que llegan a estas zonas permitiendo así una homogeneidad con una redistribución de todos estos componentes orgánicos.

Determinadas las anteriores características de la zona se compararon con los estudios realizados por Gastaldo & Staub (1996) en el que relacionan el alto contenido del grupo fitoclastos en el delta del río Rajang al este de Malasia, presentando una alta tasa de degradación característica de ambientes tropicales en el que las partículas vegetales en descomposición son trasportadas por las fuentes aluviales y posteriormente depositadas en los ambientes deltaicos. Dado el paralelo se determinó que la materia orgánica de este tipo de ambientes presenta las mismas características en cuanto a transporte, depósito, acumulación y dispersión como se observó en la Bahía de Tumaco.

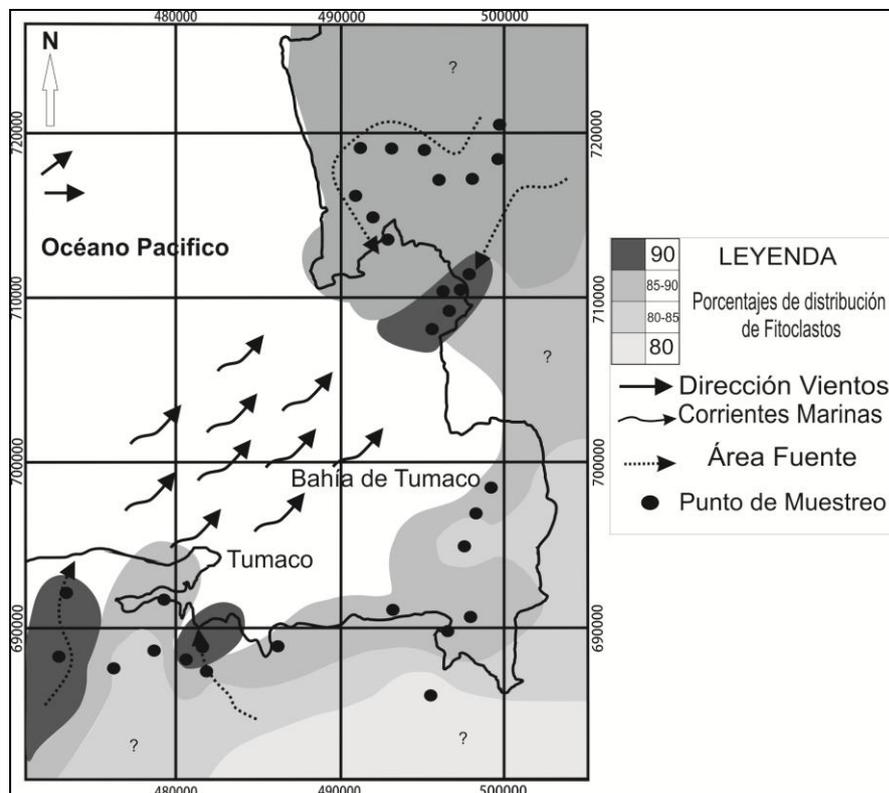
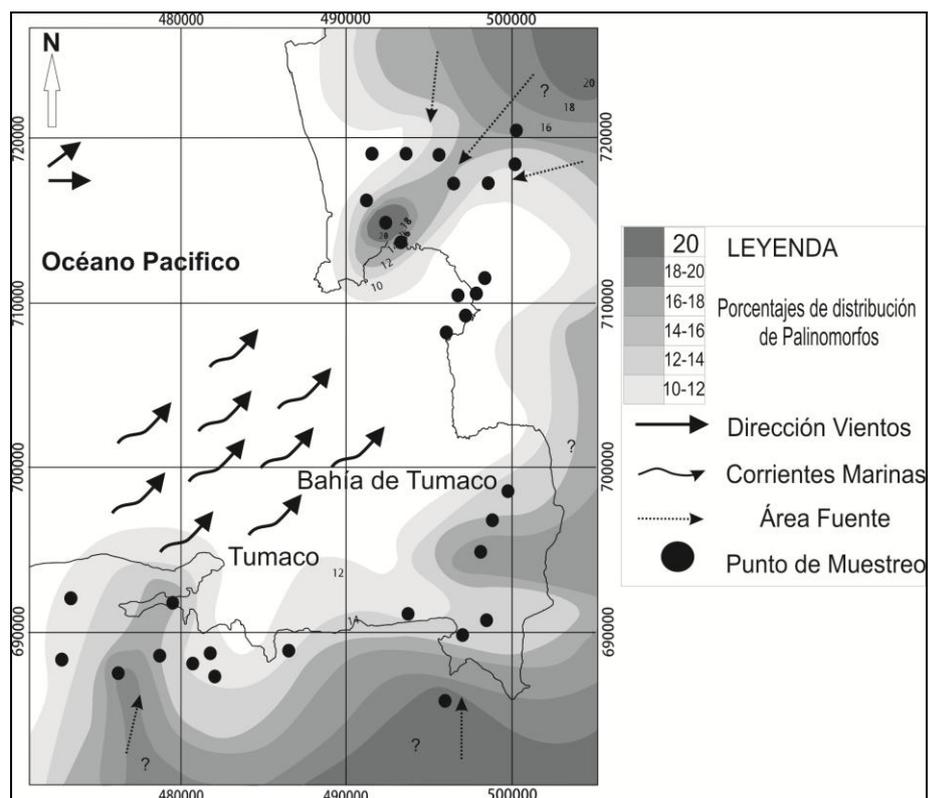


Figura 17. Diagrama de distribución del grupo Fitoclastos.

El diagrama de distribución para el grupo palinomorfos se observa en la Figura 18. El porcentaje del total de los componentes orgánicos es moderado (10 – 20%). Así mismo el gráfico muestra una relación clara en cuanto a los lugares de mayor acumulación de estos palinomorfos ya que la mayor fuente es el continente y a medida que nos acercamos hacia el océano los granos de polen y esporas tienden a ser menores.

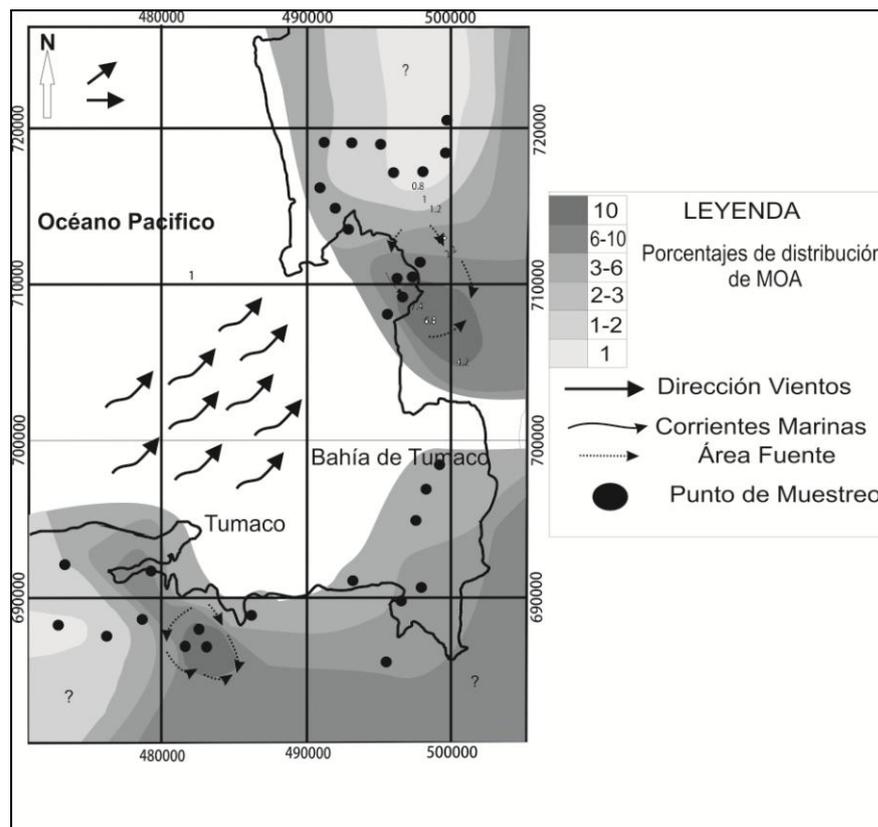
Estudios realizados en otras zonas deltaicas tropicales muestran que existe un alto contenido de palinomorfos. Estos autores dan a conocer que la mayoría de granos de polen y esporas se encuentran en las planicies deltaicas y son producidas por la vegetación local con algunas contribuciones de plantas terrestres remotas (Street & Richelot, 1994; Hopping, 1967 y Muller, 1959).



**Figura 18.** Diagrama de distribución del grupo Palinomorfos.

El gráfico de distribución del grupo amorfo se observa en la Figura 19. El porcentaje de este grupo es bajo (1 – 10%) y está relacionado con la alta

degradación de partículas de origen vegetal ya existentes. El efecto de las mareas actúa directamente en la distribución de este grupo ya que las mayores cantidades están en zonas donde la intensidad de las olas disminuye por los rasgos morfológicos presentes a diferencia de las zonas donde el efecto de las mareas es más directo, de esta manera se hace difícil la conservación de estas partículas orgánicas.



**Figura 19.** Diagrama de distribución grupo amorfo.

### 8.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO MULTIVARIADO

Los resultados del análisis estadístico multivariado por agrupamiento de datos permitieron determinar asociaciones por similitud en cantidad porcentual de componentes orgánicos. En general las dos asociaciones de palinofacies presentan altas cantidades del grupo fitoclastos, cantidades moderadas de polen e hifas de hongos, y en menor proporción esporas, resinas, geles húmicos y zoomorfos (Tabla 5).

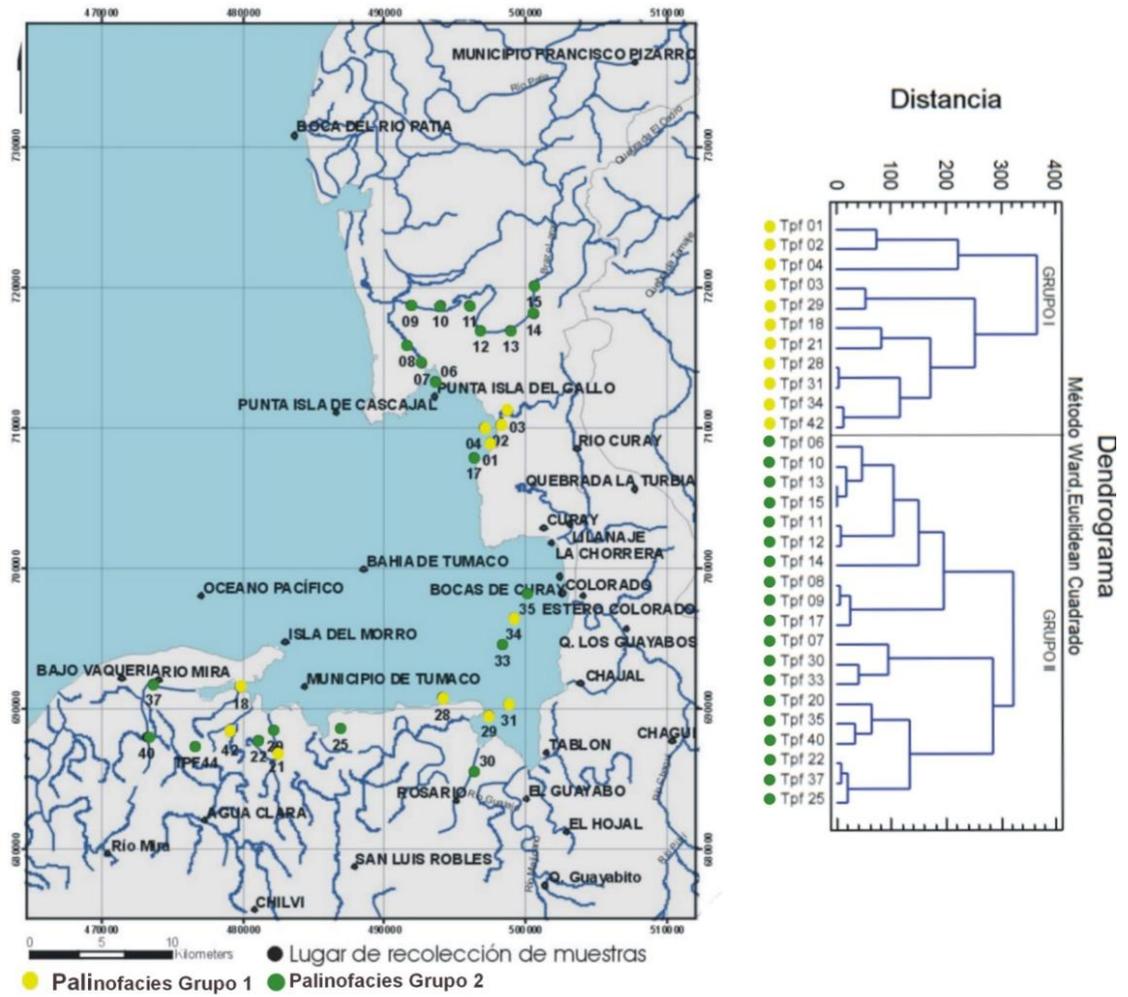
Facies	Traqueidas de maderas con pits	Cutículas	Hifas de hongos	Madera sin estructura interna	Fitoclastos degradados
1	6,24	2,18	8,42	8,37	32,85
2	3,52	1,05	4,57	9,57	37,05
Facies	Filamentos membranosos	Opacos y Material carbonizado	Polen	Esporas	Palinomorfos opacos
1	9,83	16,23	5,52	1,75	1,45
2	15,94	15,38	5,98	2,08	1,31
Facies	Esporas de hongos	MOA	Geles húmicos	Resinas	Zoomorfos
1	0,81	1,45	3,07	0,81	0,07
2	1,06	1,31	0,48	0,70	0,09

**Tabla 5.** Resultados del análisis estadístico multivariado con el porcentaje de los componentes respectivos, donde se muestran las dos asociaciones de palinofacies.

El primer grupo, con 11 muestras, se caracteriza por mayores cantidades de materia orgánica estructurada (traqueidas, cutículas e hifas de hongos). El segundo grupo, con las muestras restantes, está caracterizado por la abundancia de fitoclastos sin estructura interna como fitoclastos degradados y filamentos membranosos.

De acuerdo a esta relación se establece que para la asociación de palinofacies del grupo 1 existe un mayor grado de preservación de materia orgánica. Esta asociación se observa claramente en las zonas de desembocadura de los ríos distributarios donde existe un constante aporte de partículas orgánicas. Esta zona en particular de la bahía presenta mayor acumulación de sedimentos y el efecto de las mareas actúa de tal manera que la materia orgánica se homogenice y se conserve más fácilmente.

La asociación de componentes del grupo 2, realizado el análisis respectivo que arroja mayor abundancia de fitoclastos sin estructura interna, permite determinar que son restos vegetales con mayor degradación debido al reabajamiento ya que son partículas que provienen de fuentes más lejanas transportada por los ríos principalmente. Este grupo, de acuerdo a la distribución de la materia orgánica en la Bahía de Tumaco, está mejor representada en los canales mareales o 'esteros' (Figura 20).



**Figura 20.** Asociación de los dos grupos de palinofacies con la distribución en la Bahía de Tumaco.

## 9. DISCUSIÓN

La proporción de materia orgánica (MO) no estructurada en el análisis indicó la alta tasa de degradación en este ambiente tropical, tal como Gastaldo & Staub (1996) han demostrado esto es un reflejo de la alta oxigenación y el constante retrabajamiento de estos materiales.

Este trabajo es semejante a los realizados por Hardy & Wrenn (2009) y Gastaldo & Staub (1996) en deltas tropicales puesto que, tal como se demostró en las variaciones de distribución de las partículas que se encuentran en la Bahía de Tumaco, los factores que controlan la abundancia de los componentes orgánicos en ambientes tropicales son complejos y dependen directamente de la hidrodinámica, tasa de sedimentación, el viento, la productividad primaria y la proximidad de la vegetación.

En conjunto las dos asociaciones de palinofacies determinadas ayudan a entender la proveniencia y comportamiento de los componentes orgánicos mas no permite caracterizar y generalizar el ambiente de depósito ya que para esta zona, en particular, actúan varios factores físicos y biológicos que son característicos, de esta manera las variaciones de materia orgánica no son significativas como para que se genere un gradiente marcado de correlación.

En la Bahía de Tumaco, que presenta características de un ambiente transicional y donde actúan procesos marinos y continentales, los componentes orgánicos de estructuras compuestas por carbonatos y silicatos de origen marino fueron eliminados debido al método de preparación de las secciones palinológicas que se eligió. Lo anterior produjo un sesgo en cuanto a las observaciones finales que permitió visualizar casi en su totalidad la materia orgánica de origen terrestre. Es recomendable trabajar otro método que permita analizar e integrar tanto los componentes de origen marino y terrestre

para determinar a más detalle la variación de la MO contenida en los sedimentos de la Bahía de Tumaco.

## 10. CONCLUSIONES

En los sedimentos recientes de la Bahía de Tumaco se identificaron principalmente tres componentes, que en orden decreciente de abundancia son:

I) Grupo fitoclastos. Su contenido es mayor y más diverso al incluir partículas estructuradas y no estructuradas que provienen de restos vegetales, variando las características del grado de preservación.

II) Grupo palinomorfos. Se caracteriza por los granos de polen y esporas provenientes de plantas terrestres con gran variedad y diversidad, reconocidos fácilmente por sus características morfológicas.

III) Grupo amorfo. Está representado por partículas sin estructuras ni bordes definidos ya que son producidos por decaimiento y degradación de los componentes de origen vegetal.

El análisis estadístico (Cluster) generó dos asociaciones principales de palinofacies que se relacionan con un ambiente determinado (canales mareales y zonas de desembocadura). Las diferencias principales de ambos grupos están directamente relacionadas con el grado de preservación y homogeneización de las partículas orgánicas.

Así mismo los sedimentos contienen palinomorfos, cutículas y resinas con alta fluorescencia que sugieren un determinado contenido de material lipídico que puede generar mezclas de kerógenos tipo II y III en los deltas tropicales actuales y posiblemente extrapolable a las unidades antiguas del pacífico colombiano.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, N. (2010). Exploración Botánica de la Flora Vasculare en el Pacífico Colombiano. *Informe Técnico Inédito*. Manuscrito en preparación. Manizales: Universidad de Caldas, Programa de Geología.
- Batten, D. J. (1996). Palynofacies and paleoenvironmental interpretation. *Palinology: Principles and Applications*. J. Jansonius and McGregor, AASP. 3: 1011-1064.
- Borrero, C., Pardo, A. & Echeverri, S. (2010). *Propuesta estratigráfica formal para la sucesión Neogena aflorante en la Bahía de Tumaco extremo SW de Colombia*. Manuscrito en preparación. Manizales: Universidad de Caldas, Programa de Geología.
- Centro Control Contaminación del Pacífico – CCCP. (1986). *Determinación del aporte de materia orgánica del manglar en la Ensenada de Tumaco*. Subserie Informes de Investigación. Folios 19.
- Centro Control Contaminación del Pacífico – CCCP. (1995). *Diagnóstico de la contaminación Pacífico colombiano. Componentes Psicosocial de la contaminación marina en el municipio de Tumaco*. Serie Informes. Subserie Informes de Investigación. Folios 130.
- Centro Control Contaminación del Pacífico – CCCP. (2001b). Proyecto Estudio de las Condiciones Hidroquímicas, Físicas y de la Contaminación Caso de Estudio Ensenada de Tumaco. *Informe técnico*. San Andrés de Tumaco: CCCP.
- Centro Control Contaminación del Pacífico – CCCP. (2002). *Compilación Oceanográfica de la Cuenca Pacífica Colombiana*. San Andrés de Tumaco: CCCP.
- Centro Control Contaminación del Pacífico - CCCP. (2003). Aportes al entendimiento de la Bahía de Tumaco. Entorno Oceanográfico, Costero y de Riesgos, Vol. 2. *Informe Técnico*. Cali: Editorial Sepia.
- Centro Control Contaminación del Pacífico – CCCP. (2007, Agosto 10). *Influencia de la ZCIT en la Bahía de Tumaco* [en línea]. Extraído el 15 de

Octubre, 2010 de

<http://www.cccp.org.co/modules.php?name=News&file=article&sid=327>

- Combaz, A. (1964). Les Palinofacies. *Revue de Micropaléontologie*, 7(3), 205-218.
- Ercegovac, M. K. (2006). Organic facies and Palynofacies: Nomenclature, Classification and applicability for petroleum source rock evaluation. *Coal Geology*, 68, 70-78.
- Etayo *et al.* (1986). Mapa de terrenos geológicos de Colombia. *Publicaciones Geológicas Especiales de INGEOMINAS*, 14-1, 1-253.
- García, D., Escobar, A., Ramírez, C. & García, J. L. (2004). Estudio de la hidrodinámica y los Procesos de Erosión y Sedimentación en la Bahía de Tumaco. *Seminario Internacional “La Hidroinformática en la Gestión integrada de los Recursos Hídricos”*. Cali: Universidad del Valle – Instituto Cinara. p. 23-30.
- Gastaldo, R. A. & Staub, J. R. (1996). Palynofacies Patterns in Channel Deposits of the Rajang River and Delta, Sarawak, East Malaysia. *PALAIOS*, 11, 266-279.
- Hardy, M. J. & Wreen, J. H. (2009). Palynomorph distribution in modern tropical deltaic and shelf sediments Mahakam delta, Borneo, Indonesia. *Palynology*, 33(2), 19-42.
- Hawksworth, D. L. & Rossman, A. Y. (1997). Where are all the undescribed fungi? *Phytopathology*, 87, 888-891.
- Hopping, C. A. (1967). Palynology and the oil industry. *Review of paleobotany and palinology*, 2, 23-48.
- López, S. A. (2008). *Variables físicas en el control de la morfodinámica reciente de los deltas fluviales colombianos*. Tesis de Maestría en Ciencias de la Tierra, Departamento de Geología, Universidad EAFIT. 61 p.
- Martínez, J. O. & Carvajal, H. (1990). Atlas de geomorfología y erosión de la Costa Pacífica Colombiana (Valle, Cauca y Nariño). *Informe inédito*. Manuscrito en preparación. Bogotá: INGEOMINAS.

- Martínez, J. O., González, J. L., Pilkey, O. H. & Neal, W. J. (1995). Tropical barrier islands of Colombia's Pacific Coast. *Journal of Coastal Research*, 11(2), 432-453.
- Muller, J. (1959). Palynology of Recent Orinoco delta and shelf sediments: *Micropaleontology*, 5, 1-23.
- Nivia, A., Pérez, C., Sepulveda, J. (2003) Geomorfología y geología de la plancha 383 Tumaco. Informe tecnico INGEOMINAS 39 p.
- Pardo, A. & Roche E. (2004). *Paleocene-Eocene Palynology and Palynofacies from Northeastern Colombia and western Venezuela*. Trabajo de Grado de Doctorado. Departamento de Geología, Universidad de Lieja Bélgica. 333 p.
- Robert, P. (1979). Classification des matières organique en fluorescence Application aux roches-mères pétrolières. *Bull. Centre Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitane*, 3, 223-263.
- Ruiz, O. (1999). Vers une palinostratigraphie séquentielle du bassin des Llanos, Colombie basée sur la répartition de la Matière Organique Sédimentaire, Université Pierre et Marie Curie: 123.
- Shvetsov, M. S. (1954). "Concerning some additional aids in studying sedimentary formations: Bull. Moscow Soc. ." Naturalists (Byulleten Moskovskogo Obshchestva Ispytateley Prirody) 29: 61-66.
- Street, M., & Richelot, C. (1994). Wind and water transport and sedimentation of mioespores along two rivers subject to major floods and entering the Mediterranean sea at Calvi (corsica, France). En Travers, A. (Ed.) *Sedimentation of organic particles*. Cambridge: Cambridge University Press. p. 59-67.
- Tyson, R. V. (1995). *Sedimentary organic matter (Organic facies and Palynofacies) Fossil fuels and environmental geochemistry*. University of Newcastle upon Tyne, UK: Editorial CHAPMAN & HALL. 615 p.
- Urrego, L. E.; Bernal, G. & Polania, J. (2009). Comparison of pollen distribution patterns in surface sediments of a Colombian Caribbean mangrove with geomorphology and vegetation. *Review of Palaeobotany and Palynology* 156, 358-375.

Villota, H. (1997). Una Nueva Aproximación a la Clasificación Fisiográfica del Terreno. *Rev. CIAF*, 15, 83-115.

# PLANCHAS

## **Plancha 1**

### **Tipos de Materia Orgánica Observados en los Sedimentos Recientes de la Bahía de Tumaco**

EF: Coordenada England Finder.

1. Traqueida. Muestra Tpf 01; EF: D41/3. Magnificación 100X.
2. Resto madera bien preservado. Muestra Tpf 20; EF: Y36/2. Magnificación 40X.
3. Fitoclasto bien preservado. Muestra Tpf 25; EF: G40/4. Magnificación 100X.
4. Cutícula bien preservada. Muestra Tpf 28; EF: T19/2. Magnificación 40X.
5. Cutícula bien preservada. Muestra Tpf 18; EF: C19/1. Magnificación 100X.
6. Cutícula bien preservada. Muestra Tpf 29; EF: P43/1. Magnificación 40X.
7. Fitoclasto degradado. Muestra Tpf 18; EF: P49/1. Magnificación 40X.
8. Fitoclasto degradado. Muestra Tpf 01; EF: O48/4. Magnificación 40X.
9. Resto de Madera con estructura interna. Muestra Tpf 18; EF: G49/3. Magnificación 40X.
10. Resto de madera carbonizada. Muestra Tpf 01; EF: K45/1. Magnificación 40X.
11. Fragmento de madera carbonizada con estructura interna. Muestra Tpf 03; EF: S50/2. Magnificación 100X.
12. Fitoclasto opaco. Muestra Tpf 31; EF: X35/1. Magnificación 40X.
13. Hifa de hongo bifurcada. Muestra Tpf 18; EF: V49/3. Magnificación 100X.
14. Hifa de hongo con tabiques. Muestra Tpf 01; EF: P48/3. Magnificación 100X.
15. Filamentos membranosos. Muestra Tpf 33; EF: B43/3. Magnificación 40X.
16. Cuerpo frutal de hongo. Muestra Tpf 06; EF: J51/3. Magnificación 100X.
17. Espora de Hongo. Muestra Tpf 28; EF: K39/2. Magnificación 100X.
18. Espora de Hongo. Muestra Tpf 02; EF: J49/2. Magnificación 100X.
19. Espora de Hongo. Muestra Tpf 14; EF: G19/2. Magnificación 100X.
20. Espora de Hongo. Muestra Tpf 22; EF: E16/4. Magnificación 100X.
21. Espora de Hongo. Muestra Tpf 20; EF: E31/3. Magnificación 100X.

### Plancha 1

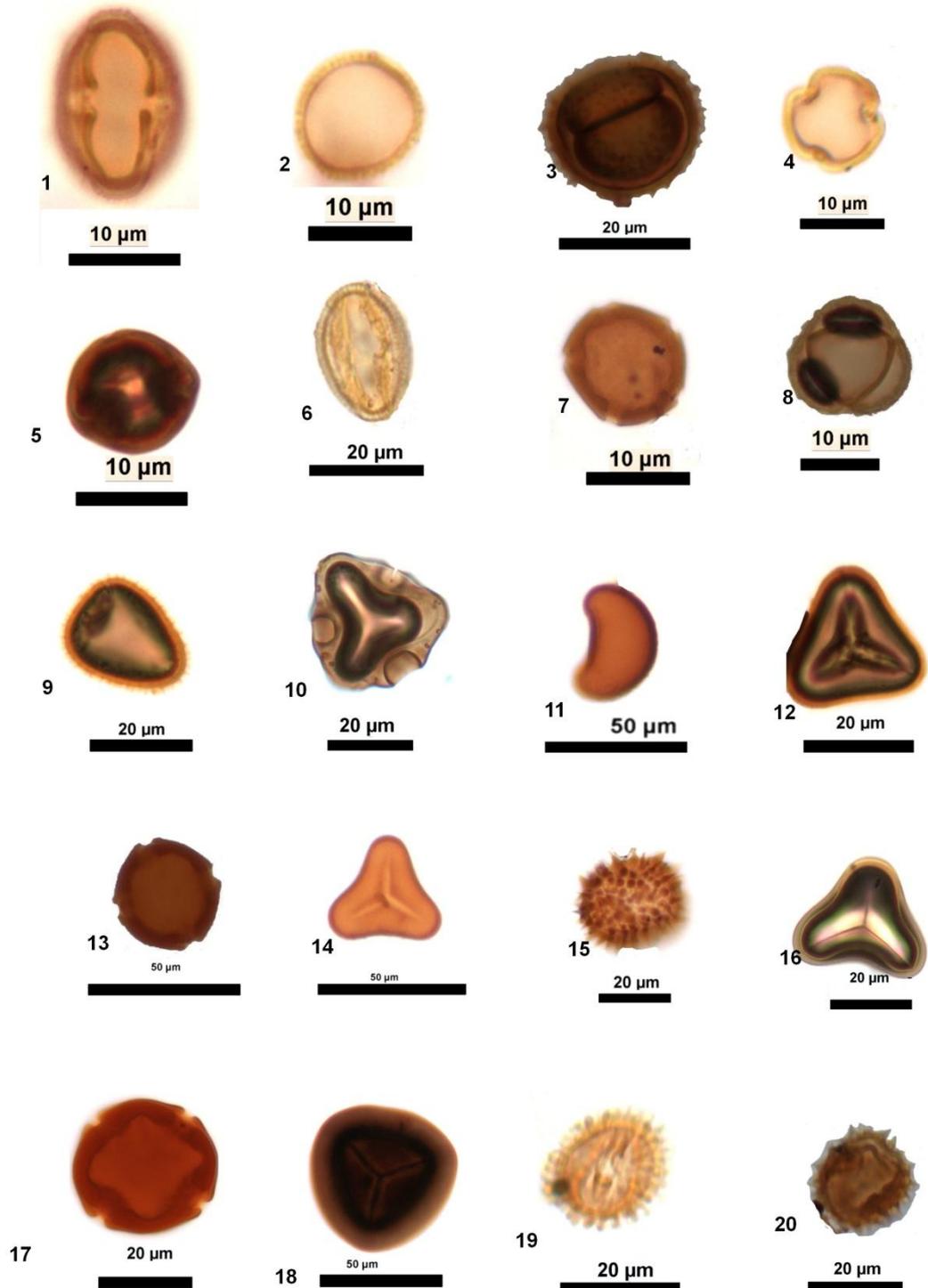


## Plancha 2

### Algunos palinomorfos encontradas en los Sedimentos Recientes de la Bahía de Tumaco.

1. Grano de polen (*Euphorbiaceae*). Muestra Tpf 18; EF: D21/2. Magnificación 100X.
2. Grano de polen. Muestra Tpf 18; EF: F46/1. Magnificación 100X.
3. Grano de polen. Muestra Tpf 29; EF: L23/1. Magnificación 100X.
4. Grano de polen. Muestra Tpf 18; EF: J17/3. Magnificación 100X.
5. Grano de polen (*Rizhopora*). Muestra Tpf 18; EF: V49/3. Magnificación 100X.
6. Grano de polen. Muestra Tpf 07; EF: Q44/1. Magnificación 100X.
7. Grano de polen. Muestra Tpf 18; EF: U39/4. Magnificación 100X.
8. Espora. Muestra Tpf 20; EF: D14/1. Magnificación 100X.
9. Espora. Muestra Tpf 25; EF: T48/3. Magnificación 100X.
10. Espora (*Cnemidaria*). Muestra Tpf 15; EF: T35/2. Magnificación 100X.
11. Espora Monolete. Muestra Tpf 28; EF: S45/3. Magnificación 100X.
12. Espora Trilete(*Lycopodiaceae*). Muestra Tpf 29; EF: H44/1. Magnificación 100X.
13. Espora. Muestra Tpf 28; EF: J21/4. Magnificación 40X.
14. Espora trilete (*Cyatheaceae*). Muestra Tpf 29; EF: K13/2. Magnificación 40X.
15. Grano de Polen(*Malvaceae*). Muestra Tpf 01; EF: G45/3. Magnificación 100X.
16. Espora Trilete (*Cyatheaceae*). Muestra Tpf 06; EF: J45/1. Magnificación 100X.
17. Grano de Polen. Muestra Tpf 29; EF: O17/2. Magnificación 100X.
18. Espora Trilete(*Lycopodiaceae*). Muestra Tpf 28; EF: O24/4. Magnificación 40X.
19. Grano de Polen. Muestra Tpf 11; EF: Q39/4. Magnificación 100X.
20. Grano de Polen. Muestra Tpf 14; EF: K36/4. Magnificación 100X.

## Plancha 2



### Plancha 3

**Diversos Zoomorfos encontrados en los sedimentos de la bahía de Tumaco.**



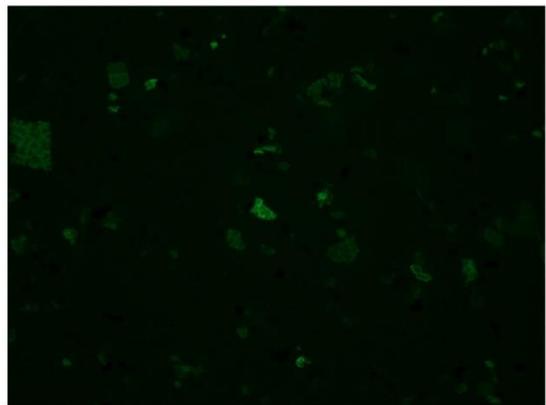
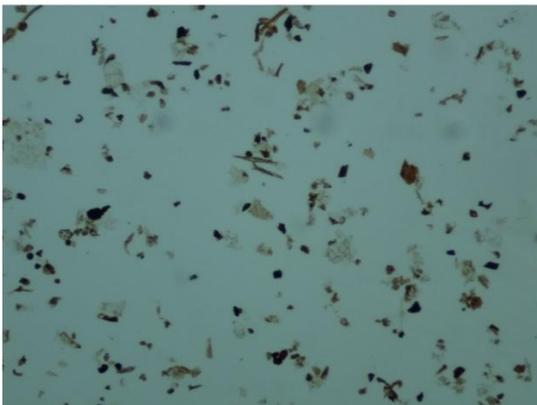
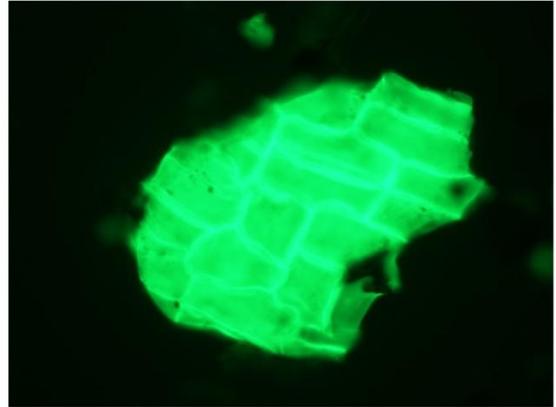
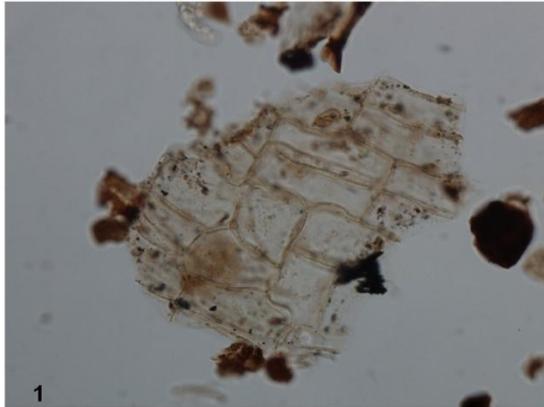
## **Plancha 4**

### **Fluorescencia de algunos componentes orgánicos observados en los sedimentos de la Bahía de Tumaco**

1. Cutícula bien preservada. Magnificación de 40X.
2. Grano de Polen. Magnificación de 40X.
3. Vista general de los Componentes Orgánicos de los Sedimentos Recientes de la Bahía de Tumaco. Magnificación de 10X.

(Nótese la alta fluorescencia de estos componentes orgánicos y donde se alcanza a observar mayor detalle de las estructuras internas)

### Plancha 4



## **Plancha 5**

### **Fluorescencia de algunos componentes del grupo amorfo, observados en las muestras de la bahía de Tumaco.**

1. Resina. Muestra Tpf 28; EF: W40/2. Magnificación de 100X.
2. Indeterminado. Muestra Tpf 14; EF: R15/4. Magnificación de 100X.
3. Gel Húmico. Muestra Tpf 31; EF: G47/2. Magnificación de 100X.

(Nótese la baja fluorescencia para el gel húmico).

### Plancha 5

