



UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Pregrado
Carrera de Geografía

**ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN TEMPORO-ESPACIAL DE LA
MORFOLOGÍA FAN-DELTA EN LA LOCALIDAD DE HUINAY, FIORDO
COMAU, REGIÓN DE LOS LAGOS.**

Memoria para optar al título de Geógrafa

NICOLE ANTONELLA GONZÁLEZ LIZAMA

Profesora Guía: María Victoria Soto Bätterle

SANTIAGO – CHILE

2016

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia, quiero agradecer a mi profesora guía María Victoria Soto, quién me permitió participar en su proyecto Fondecyt y poder desarrollar un trabajo relacionado a temas costeros, temática que siempre ha llamado mi atención a lo largo de la carrera. Agradezco con mucho cariño su paciencia, confianza y apoyo. También sus recomendaciones y observaciones que llevaron al desarrollo y término de la presente investigación.

Agradezco al Centro Científico Huinay por la información entregada, que fue muy importante para la realización de esta memoria. A mis compañeras de terreno e investigación: Frida, Constanza y Paz, ya que sin ustedes las experiencias y anécdotas en el fiordo no hubiesen sido las mismas. Agradezco también a Misael por su apoyo y disposición en todo momento.

A mis amigos y compañeros con quienes compartí en esta etapa de mi educación. A Paz por recorrer juntas esta travesía geográfica. A Camila, Rosita, Claudia, Andrea, Belén, Pablo y Félix por todos los trabajos realizados, las risas y el apoyo brindado a lo largo de estos años. A mis profesores, ayudantes, compañeros de generación y compañeros que conocí trabajando en la torre chica, gracias por los momentos de distensión y alegría. A todos aquellos que aportaron de una u otra manera a mi formación profesional y personal.

Finalmente agradecer a ellos, lo más importante en mi vida: mi familia. A mis queridos padres, hermana y a mi Sammy, quienes me entregan su infinito amor, preocupación y contención día a día. Agradezco con mucho amor todo el esfuerzo que han realizado, los valores, consejos y enseñanzas, que me han permitido enfrentar cualquier situación adversa, dando lo mejor de mí, siempre. También a mi linda y numerosa familia por sus palabras de apoyo; y a mis incondicionales amigas por estar cada vez que las necesite.

INDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN	9
1.1. Introducción	9
1.2. Planteamiento del problema	10
1.3. Área de estudio	13
1.3.1. Cuenca Hidrográfica Huinay-Lloncochaigua.....	16
1.3.2. Fiordo Comau.....	18
1.4. Objetivos	26
1.4.1. Objetivo General.....	26
1.4.2. Objetivos Específicos.....	26
1.3. Hipótesis	27
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	28
2.1. Estuario	28
2.1.1. Morfología y Zonificación de Estuario.....	30
2.1.2. Tipos de estuario.....	32
2.2. Deltas	41
2.2.1. Delta estuarial.....	43
2.2.2. Componentes Deltaicos.....	44
2.2.3. Procesos Deltaicos.....	45
2.2.4. Tipos de Delta.....	47
2.2.5. Evolución del Delta.....	52
2.2.6. Costas Deltaicas.....	52
CAPÍTULO 3: PLANTEAMIENTO METODOLOGICO	53
3.1. Identificar y caracterizar los individuos geomorfológicos constituyentes del fan-delta Huinay	54
3.1.1. Fuente de Información.....	54
3.1.2. Instrumentos y Método.....	57
3.2. Analizar las condiciones de oleaje, mareas y batimetría asociados al contexto geográfico del fan-delta de Huinay	58
3.2.1. Fuente de Información.....	58
3.2.2. Instrumentos y Método.....	58
3.3. Analizar comparativa y secuencialmente los diversos cambios y tendencia evolutiva experimentada entre los años 1982-2015 en el fan-delta	59
3.3.1. Fuente de Información.....	59
3.3.2. Instrumentos y Método.....	60
CAPÍTULO 4: RESULTADOS	61
4.1. Individuos geomorfológicos constituyentes del fan-delta Huinay	61
4.1.1. Entorno geomorfológico actual de los individuos constituyentes del fan-delta.....	63
4.1.2. Perfiles de Elevación.....	69
4.1.3. Análisis Granulométrico.....	75
4.2. Condiciones de oleaje, mareas y batimetría asociados al contexto geográfico del fan-delta de Huinay	81

4.2.1. Condiciones del oleaje.....	81
4.2.2. Variación Mareal.....	82
4.2.3. Batimetría	92
4.3. Configuración, cambios y tendencia evolutiva experimentada entre los años	
1982-2015 en el fan-delta Huinay.	94
4.3.1. Estado morfológico <i>fan-delta</i> Huinay años 1982 y 1985.	94
4.3.2. Estado morfológico <i>fan-delta</i> Huinay años 1988 y 1997	97
4.3.3. Estado morfológico <i>fan-delta</i> Huinay años 2000 y 2004	99
4.3.4. Estado morfológico <i>fan-delta</i> Huinay años 2006 y 2010	101
4.3.5. Estado morfológico <i>fan-delta</i> Huinay años 2013 y 2015	103
4.3.6. Reconstitución evolutiva del <i>fan-delta</i> Huinay	105
CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	111
5.1. Discusión	111
5.1.1. Sobre el concepto de estuario.....	111
5.1.2. Sobre el concepto de <i>fan-delta</i>	112
5.1.3. Tendencia evolutiva <i>fan-delta</i> Huinay: proyección de la carretera austral y cambio climático.....	114
5.2. Conclusiones	117
BIBLIOGRAFÍA	119
ANEXOS	124

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudio, Localidad de Huinay, Fiordo Comau.	15
Figura 2: Cuencas Hidrográficas flanco oriental, Cuenca Huinay-Lloncochaigua, Fiordo Comau.	17
Figura 3: Marco Geológico: Localidad de Huinay, Fiordo Comau.	22
Figura 4: Fiordo Comau y proyección de la carretera austral.....	25
Figura 5: A) Representación esquemática de las definiciones de estuario según Pritchard (1967). B) La distribución esquemática de los procesos físicos que operan dentro de los estuarios y la zonificación de facies tripartita.	30
Figura 6: Zonas y elementos del estuario según Araya Vergara (1981).	31
Figura 7: Clasificación física de estuarios basada en el patrón de circulación. A) cuña salina, B) fiordos, C) mezcla parcial, D) homogéneos.	33
Figura 8: Tipos de delta en ría según configuración y tipo de respuesta a la alta energía del oleaje.	34
Figura 9: Distribución de A) Los tipos de energía, B) Componentes morfológicos y C) Facies sedimentarias en la sección longitudinal dentro un estuario dominado por olas.	35
Figura 10: Distribución de A) Los tipos de energía, B) Componentes morfológicos y C) Facies sedimentarias en la sección longitudinal dentro un estuario dominado por mareas.	36
Figura 11: Caracterización conceptual de la morfología estuarina en función de la importancia relativa de los procesos mareales, fluviales y de oleaje.	38
Figura 12: Clasificación morfogenética de estuarios.	40
Figura 13: Prisma evolutivo de los ambientes costeros.	43
Figura 14: Componentes de un sistema deltaico (modificado de Coleman y Prior, 1980) y sección idealizada (Dabrio y Zazo, 1988).	45
Figura 15: Clasificación ternaria de tipos deltaicos, basada en el régimen del frente deltaico (Galloway, 1975, Elliot, 1986)	48
Figura 16: Modelo Esquemático, tipos de delta.	49
Figura 17: El espectro continuo de los sistemas delta. F.D. = Dominio Fluvial; W.D. = Dominio de Olas; 0, T.D. = Dominio mareal.	50
Figura 18: Morfología deltaica Huinay- Lloncochaigua en marea baja, año 2015.	65
Figura 19: Morfología deltaica Huinay- Lloncochaigua en marea baja, año 2015.	66
Figura 20: Patrón <i>braided</i> en canales distributarios, <i>fan-delta</i> Huinay.	67
Figura 21: Patrón <i>braided</i> en canales distributarios, <i>fan-delta</i> Huinay.	68
Figura 22: Perfiles de elevación por acción mareal, <i>fan-delta</i> Huinay.	69
Figura 23: Perfil de Elevación, <i>fan-delta</i> Huinay en condiciones de bajamar.	71
Figura 24: Perfil de Elevación, <i>fan-delta</i> Huinay en condiciones de pleamar.	71
Figura 25: Sección perfil en bajamar, <i>fan-delta</i> Huinay.	72
Figura 26: Sección perfil en bajamar, <i>fan-delta</i> Huinay.	72
Figura 27: Sección perfil en bajamar, <i>fan-delta</i> Huinay.	73
Figura 28: Sección perfil en pleamar, <i>fan-delta</i> Huinay.	73
Figura 29: Sección perfil en pleamar, <i>fan-delta</i> Huinay.	74
Figura 30: Sección perfil en pleamar, <i>fan-delta</i> Huinay.	74
Figura 31: Puntos de muestreo, material sedimentario <i>fan-delta</i> Huinay.	75

*Análisis y Caracterización temporo-espacial de la morfología fan-delta en la localidad de Huinay,
Fiordo Comau, Región de Los Lagos.*

Figura 32: Curva de frecuencia acumulada, <i>fan-delta</i> Huinay.	78
Figura 33: Mareograma para el mes de enero 2016, Puerto Montt.	84
Figura 34: Mareograma para el mes de junio 2016, Puerto Montt.....	85
Figura 35: Mareogramas diarios por fases lunares, mes enero 2016.....	87
Figura 36: Mareogramas diarios por fases lunares, mes junio 2016..	88
Figura 37: <i>Fan-delta</i> y cambios de marea. A) Bajamar en lóbulos deltaicos, B) Pleamar en lóbulos deltaicos, C) Bajamar en troncos, D) Pleamar en troncos.....	89
Figura 38: <i>Fan-delta</i> y cambios de marea. A) Pleamar en lóbulos, del día 28 de enero (15:30 hrs.) B) Bajamar en lóbulos, del día 22 de enero (20:32 hrs.)	90
Figura 39: <i>Fan-delta</i> y cambios de marea. A) Pleamar día 2 de junio (14:00hrs.) B) Bajamar 2 de junio (18:42 hrs.).....	90
Figura 40: <i>Fan-delta</i> y cambios de marea. A) Pleamar en muelle Huinay, día 3 de junio (15.00 hrs.), B) Bajamar en muelle Huinay, día 4 de junio (9:43 hrs.).....	91
Figura 41: Batimetría Fiordo Comau.....	93
Figura 42: Estado morfológico <i>fan-delta</i> Huinay años 1982 y 1985.....	96
Figura 43: Estado morfológico <i>fan-delta</i> Huinay años 1988 y 1997.....	98
Figura 44: Estado morfológico <i>fan-delta</i> Huinay años 2000 y 2004.....	100
Figura 45: Estado morfológico <i>fan-delta</i> Huinay años 2006 y 2010.....	102
Figura 46: Estado morfológico <i>fan-delta</i> Huinay años 2013 y 2015.....	104
Figura 47: Reconstitución evolutiva <i>fan-delta</i> Huinay, año 1982,1997 y 2015.	105
Figura 48: Representación morfológica <i>fan-delta</i> Huinay, año 1982.....	106
Figura 49: Representación morfológica <i>fan-delta</i> Huinay, año 1997.....	107
Figura 50: Representación morfológica <i>fan-delta</i> Huinay, año 2015.....	108
Figura 51: Tendencia de acreción en lóbulos deltaicos, <i>fan-delta</i> Huinay.....	110
Figura 52: Tendencia de erosión por desmembramiento en lóbulos deltaicos <i>fan-delta</i> Huinay. ...	110
Figura 53: Tendencia erosión en banco lateral fluvial, <i>fan-delta</i> Huinay	110

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Designaciones para los valores de Desviación Estándar o Selección.....	56
Tabla 2: Designaciones para los valores de Simetría	56
Tabla 3: Designaciones para los valores de Curtosis	57
Tabla 4: Material utilizado para análisis secuencial evolutivo del <i>fan-delta</i> Huinay.....	59
Tabla 5: Material complementario para análisis secuencial evolutivo del <i>fan-delta</i> Huinay.....	59
Tabla 6: Criterios aplicados al estuario Huinay	61
Tabla 7: Criterios aplicados al <i>fan-delta</i> Huinay	62
Tabla 8: Tabla Granulométrica, <i>fan-delta</i> Huinay	77
Tabla 9: Granulometría de las arenas, <i>fan-delta</i> Huinay	80
Tabla 10: Descripción granulometría de las arenas, <i>fan-delta</i> Huinay.....	80

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Clasificación granulométrica	124
Anexo 2: Tabla de mareas para enero 2016, Puerto Montt.	125
Anexo 3: Tabla de mareas para junio 2016, Puerto Montt.	126
Anexo 4: Cambio de variación mareal en imágenes satelitales <i>fan-delta</i> Huinay.	127

RESUMEN

A partir del análisis geomorfológico se estudia la morfología *fan-delta* asociada a la desembocadura de los ríos Huinay y Lloncochaigua, en la localidad de Huinay, fiordo Comau, región de Los Lagos. Se analizó el contexto específico territorial y geográfico del ambiente periglacial inserto en cuencas norpatagónicas, con el propósito de caracterizar la morfología deltaica a través de imágenes y fotografías aéreas de las últimas tres décadas desde 1982, analizando la morfología y los cambios internos en las formas deltaicas de Huinay-Lloncochaigua. Se realizó cartografías geomorfológicas bajo las diferentes condiciones de marea, identificando la dinámica subaérea y subacuática de las formas estudiadas. El trabajo de terreno realizado en enero y junio 2016, permitió definir la naturaleza del *fan-delta*, debido a la marcada impronta aluvial de los lóbulos deltaicos, el patrón *braided* característico de flujos con abundante carga sedimentaria y bancos compuestos por gravas de origen fluvial. Los resultados obtenidos revelan los patrones de cambio y tendencia evolutiva de la morfología asociada al litoral cercano, los cuales indican que el *fan-delta* Huinay actualmente se encuentra en procesos de acumulación, acreción y progradación de material. Se plantea la necesidad de avanzar en la investigación de estas formas, más aún en escenarios de cambio ambiental asociados a la disminución de las precipitaciones y aumento de las temperaturas durante el presente siglo.

Palabras claves: fiordo, mar interior, macro mareas, *fan-delta*.

ABSTRACT

From the geomorphological analysis the *fan-delta* morphology associated to the mouth of the Huinay and Lloncochaigua rivers is studied, in the town of Huinay, Comau fjord, Los Lagos region. The specific territorial and geographic context of the periglacial environment inserted in norpatagonian watersheds was analyzed, with the purpose of characterizing the delta morphology through aerial images and photographs of the last three decades since 1982, while analyzing the morphology and the internal changes in the deltaic forms of Huinay-Lloncochaigua. Geomorphological cartographies were carried out under the different tidal conditions, identifying the sub-aerea and underwater dynamics of the studied forms. The field work carried out in January and June 2016 allowed to define the *fan-delta* nature, due to the marked alluvial imprint of the delta lobes, the characteristic braided pattern of flows with abundant sedimentary load and banks composed of gravels of fluvial origin. The results reveal the patterns of change and evolutionary trend of the morphology associated to the near shore, which indicate that the *fan-delta* Huinay is currently in processes of accumulation, accretion and progradation of material. There is a need to advance in the research of these forms, even more so in scenarios of environmental change associated with the decrease of precipitation and the increase of temperatures during the present century.

Key words: fjord, inland sea, macro tides, *fan-delta*.

CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN

1.1. Introducción

Las cuencas hidrográficas, son consideradas ecosistemas estratégicos regionales que cumplen funciones tanto territoriales y ambientales, desde regular los flujos hídricos, proteger el suelo, transportar sedimentos y suministrar agua para consumo humano. Así el territorio de la cuenca exhibe características de singularidad geomorfológica, siendo en las partes bajas de la cuenca, específicamente las que poseen desembocaduras, donde dicha singularidad es aún mayor.

Las desembocaduras se definen como la parte más baja de los cursos de agua continental, ríos o esteros, que realizan sus descargas al mar, siendo sistemas costero-litorales, donde se caracterizan por la alta biodiversidad que presentan, producto de la mezcla de agua dulce y salada, ambos tipos de aguas, dan lugar a aguas en cierta medida salobres en las que tanto los nutrientes como los sedimentos que transporta el río quedan diluidos. Venegas (2015) indica la existencia de dos tipos de desembocaduras ampliamente reconocidos: deltas y estuarios. Los cuales pueden diferenciarse entre sí, por aspectos como: tipo de costa o plataforma en la que se desarrollan, caudal del curso de agua continental, carga sedimentaria de dicho curso, morfología, entre otros.

Pino & Mulson (1983, en Venegas, 2015) señalan que una de las principales características de la costa nacional es la gran cantidad de desembocaduras del tipo estuarial, ubicadas desde los 28° latitud S. hacia el extremo meridional del país. Aunque gracias a la clasificación morfoclimática de desembocaduras por Araya Vergara (1982) se puede tener una visión general de las condiciones que se presentan en la costa chilena, donde también asegura que existen desembocaduras del tipo delta, principalmente a los extremos norte y sur del territorio nacional, en donde se encuentran: deltas distales truncados y deltas de cabecera de fiordo respectivamente.

Esta investigación se enmarca en el proyecto FONDECYT N° 1151087: *“Reconocimiento de hotspot en el ambiente periglacial de fiordos y mar interior: Hacia una evaluación integrada de conductores de geoamenazas, riesgos e impacto en los recursos territoriales del Golfo de Ancud”* y tiene como propósito aportar a la discusión y conocimiento sobre las formas deltaicas en un sistema estuarial desde la geomorfología en los ambientes periglaciales, siendo sistemas morfológicos de alta sensibilidad a los agentes climáticos (Beniston *et al.* 2013), más aún en el caso de estudio: *fan-delta* en la desembocadura de Huinay-Lloncochaigua ubicada en el Fiordo Comau, donde existe una marcada influencia marina.

1.2. Planteamiento del problema

Al sur del país, en la región de Los Lagos, el componente hídrico se vuelve totalmente relevante, el cual es conducido por la morfología y la acción tectónica que se ha provocado a lo largo de los años, además de la incidencia de la zona de falla Liquiñe-Ofqui (ZFLO). Siendo posible distinguir grandes diferencias de relieve, la cual se refleja en la predominancia de la depresión intermedia en las provincias de Osorno y Llanquihue, y el contraste que se provoca en la provincia de Chiloé, que se caracteriza paisajísticamente porque la depresión entre la Cordillera de la Costa y la Cordillera de Los Andes se encuentra sumergida en el mar, originando así una gran cantidad de islas, fiordos y canales que conforman el Archipiélago de Chiloé. La provincia de Palena, ubicada en el sector más austral de la región está conformada básicamente por la Cordillera de Los Andes, presentando cuencas endorreicas y exorreicas, generando una condición que otorga características climáticas y ecológicas singulares.

En la Provincia de Palena, los cursos de agua, de origen nival, forman vastos sistemas hidrológicos que incluyen esteros, lagos, lagunas y ríos principales. Así el ambiente periglacial de mar interior conforma un paisaje complejo y altamente dinámico constituido por grupos de formas variadas, las cuales son el resultado de la convergencia de los distintos procesos naturales que sumado al escenario imperante del cambio global puede generar impactos pronunciados, sobre todo en las partes más altas de las cuencas, influyendo directamente en todo el territorio (Ferrando, 2005).

Este complejo escenario, el cual se influencia por mecanismos endógenos como exógenos requiere ser cabalmente comprendido e interpretado en términos de su comportamiento, y en este sentido, es desde los conocimientos de geomorfología que se logra una adecuada interpretación y comprensión de las características, dinámica y reacción de los paisajes y sus formas. Por este motivo se hace necesario entender los procesos y la configuración morfológica que se produce en los ríos principales del Golfo de Ancud, específicamente en los sistemas de desembocadura, que se caracterizan por la biodiversidad, alta productividad y gran dinamismo derivado de la condición de intercambio entre materia y energía tanto continental como marina (Venegas, 2015).

Los fiordos y canales del Golfo de Ancud a pesar de su particularidad geográfica, actualmente por el incipiente crecimiento económico y la construcción que da continuidad a la carretera austral pueden verse enfrentadas al estrés ambiental, producto de la explotación y extracción de los recursos naturales (Rudolph *et al.*, 2011). Uno de los fiordos que puede verse afectado por dicho estrés ambiental es el fiordo Comau, el cual es parte de una falla estructural longitudinal de 68 kilómetros que se extiende de Norte a Sur, donde las montañas que rodean al fiordo se elevan a una altitud que alcanza los 2000 metros, mientras que la máxima profundidad del mar interior es de 500 metros (Centro Científico de Huinay, 2015).

El fiordo Comau posee laderas de fuerte pendiente, tanto por encima como por debajo del nivel del mar, generando que hacia el mar del fiordo desemboquen tres sistemas fluvio-marinos principales: Cahuelmó, Huinay- Lloncochaigua y Vodudahue. Dichos sistemas presentan acciones combinadas de los procesos marinos y fluviales, que son determinantes en la formación de cuerpos deposicionales y modelado morfológico presente en la desembocadura de los ríos. Es así que el área de estudio de esta investigación corresponde a la configuración del medio sedimentario fluvio-marino conformada en la compleja desembocadura de los ríos Huinay y Lloncochaigua. Presentando una morfología deltaica del tipo *fan-delta* inserta en un sistema estuarial de carácter macro mareal.

Los estuarios y deltas son los dos tipos de desembocaduras que predominan en el territorio a nivel mundial, siendo sistemas que presentan acciones combinadas de los procesos marinos y fluviales por cual determinan la formación de cuerpos deposicionales en la desembocadura, como también en el tipo de modelado que se exprese en el territorio. Se pueden diferenciar entre sí, por distintos aspectos, por ejemplo: el tipo de costa, la carga sedimentaria, el caudal del curso, entre otras (Venegas, 2015). Sin embargo, estas formas (estuario y delta) no son excluyentes, por cuanto puede darse la existencia de deltas dentro de estuarios (Arriagada, 2009).

Los sistemas de estuarios, como ambientes costeros transitorios situados en la interfaz marina y terrestre, dependen de las olas, las mareas y de las descargas de un sistema fluvial para su fuente de alimento y su expresión geomorfológica (Arriagada, 2005). Sumado a esto, también se influyen del medio continental, la fisiografía adyacente a la costa, las tempestades y la acción tectónica como a su vez del marco geológico presente. Generando así una dinámica interna asociada a cambios morfológicos y evolutivos propios, haciendo que cada estuario sea único en su naturaleza, siendo difícil distinguir si se está observando un principio general o un detalle único de ellos (Martínez & Cortez, 2008). En cuanto al trabajo investigativo se ha dificultado concretar una definición o clasificación de estuario que sea concluyente, teniendo una aproximación de vista dinámica, geomorfológica y geológica con los trabajos de Cameron & Pritchard (1967, en Araya Vergara, 1970), criterios para la diversidad de tamaños y formas gracias a Darlymple *et al.* (1992), y los aportes de Cooper (1993, 2001) que propone cinco categorías para clasificar los estuarios sobre la base de su morfodinámica (entre estuarios abiertos y cerrados).

Por otro lado, Perillo (1995) con sus trabajos sobre la morfología y dinámica de los estuarios hace alusión a una posible definición para los deltas, siendo zonas en las que la carga de sedimentos aportada por el río es más grande en comparación con las fuerzas dinámicas que redistribuyen el material. Tal como señala D.S Van Maren (2005) los deltas son el resultado de la interacción y dinámica del suministro y la redistribución de sedimentos fluviales con procesos marinos. Teniendo claros ejemplos sobre investigación deltaica en los trabajos de: Galloway (1975), McPherson (1987) Nemec & Steel (1988), Nemec (1990) y Xue &

Galloway (1991) que conceptualizan la morfología deltaica y su clasificación de *fan-delta*. D.S. Van Maren (2005) estudia el sistema deltaico del Río Rojo en Vietnam, Molinet (2006) hace lo mismo para el delta del Ebro, España. Boggs (2006) indica las clasificaciones y tipos de deltas que existen. Hori & Saito (2007) realizan la clasificación, arquitectura y evolución de los deltas. Y finalmente Syvitski & Saito (2007) determinan las directrices de cómo la influencia humana puede afectar a la configuración de los deltas.

En Chile los trabajos sobre formas estuariales y deltaicas se inicia con los trabajos de Pomar (1962), describiendo cambios morfológicos de la costa. Posteriormente las clasificaciones y trabajos realizados por Araya Vergara (1970), son una contribución para entender los procesos que afectan a los estuarios de Rapel y Maule, y en 1981 analiza el concepto de delta en ría y su influencia en la evolución del litoral chileno. Una de las conclusiones del autor (1981-1982) es que para Chile Central existe una fuerte influencia morfo-climática, que parece delimitar el dominio de estos ambientes de desembocadura (Arriagada, 2009). Otro aporte importante es el de Andrade (1985), quien realiza un estudio morfosedimentológico de las marismas y estuarios del golfo de Ancud. Cómo también Bell (2009) se aproxima al estudio desde la sedimentología en los deltas entrelazados lacustres del cuaternario en el lago General Carrera.

En general e históricamente se evidencia que los sistemas más estudiados desde la perspectiva geodinámica, corresponden preferentemente a Chile Central, habiendo menor información respecto de los sistemas de desembocadura para las condiciones húmedas del sur del país, sobre todo para el ambiente glacial de los fiordos patagónicos, lo que provoca una imperante necesidad de generar este tipo de conocimiento e información para el área de estudio en cuestión. Las formaciones deltaicas constituyen sistemas costeros interesantes desde el punto de vista científico al estar constituido por factores hidrográficos, oceanográficos, geomorfológicos, químicos y biológicos que interactúan entre sí, que lo convierten en un complejo ambiente costero-fluvial.

1.3. Área de estudio

La localidad de Huinay, está situada en la Región de los Lagos, comuna de Hualaihué en el fiordo Comau o Leptepu, en la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes. Geográficamente se ubica en los 42° 22' 43.6" de Latitud Sur y 72°24' 51.7" Longitud Oeste (Figura 1). El poblado de Huinay posee un área de unos 340 km² aproximadamente, limita al norte y al sur con la reserva privada del Parque Pumalín (Morales *et al.*, 2014). Su localización corresponde a la provincia biogeográfica de los Fiordos del Sur de Chile, y específicamente a una zona altamente representativa de los fiordos continentales de la Patagonia Norte (Häussermann & Försterra, 2009).

El acceso a Huinay solo es posible por vía marítima, como ha sido desde tiempos de los indígenas Poyas y los alcereros de la Colonia. En la Caleta Lloncochaigua, a orillas de una marisma de 40 hectáreas se encuentra el pueblo de Huinay, cuyo nombre significa “alerce retorcido”. Donde existen 4 casas, con una población estable de 7 a 15 personas. Durante gran parte del año, la población flotante puede alcanzar a 10 operarios de algunos centros de cultivo de salmones que están en el sector. El sustento de la población se basa en la ganadería, pesca, agricultura (pequeños huertos) y la atención a turistas en época estival (Fitzek, 2014). Otras actividades que se desarrollan en Huinay en forma marginal son el ecoturismo (por iniciativa propia de visitantes o agencias especializadas externas), y en particular la pesca deportiva en los primeros dos kilómetros del río Lloncochaigua (Fitzek, 2014).

También como parte de la localidad, desde 2001 se encuentra la estación científica perteneciente a la Fundación San Ignacio de Huinay, creada a fines de 1998 por la Empresa Nacional de Electricidad S.A (ENDESA) y la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, basado en el concepto de desarrollo sustentable y promover la investigación de las áreas marinas y terrestres (Centro Científico de Huinay, 2015). La estación cuenta con un personal estable de 11 personas, y puede recibir a unos 12 investigadores externos. Además operan un vivero forestal de especies nativas y una pequeña red de senderos para el uso interno de investigadores (Fitzek, 2014).

El paisaje que posee Huinay, se condiciona por el relieve, siendo el más representativo el cerro Tambor, que alcanza los 1951 m.s.n.m. y otras elevaciones por sobre los 1000 m.s.n.m. El río que desagua junto al pueblo es el Lloncochaigua, que discurre primero de sur a norte por detrás del cerro Tambor y después de este a oeste; se une poco antes de su desembocadura con el río Huinay, que viene del norte. Teniendo en cuenta la geomorfología, se reconoce el modelado glacial del territorio; además se encuentran numerosos lagos y lagunas en su territorio; las laderas son en general de pendientes abruptas (Fitzek, 2014).

Según Besoain (1985 en Soto & Flores, 2011), los suelos de Huinay corresponden al tipo trumao de cordillera, originados por deposición directa de arenas volcánicas recientes de naturaleza basáltico andesítico, mezcladas con cenizas y pómez, derivadas de la actividad volcánica del Cuaternario.

El clima en Huinay se caracteriza por un superávit pluviométrico con valores que superan los 100 mm/mes durante todos los meses del año. Es un clima del tipo mediterráneo, con inviernos fríos y lluviosos y veranos más templados y con menores precipitaciones. Aplicando la tradicional taxonomía de Köppen, la zona climática correspondiente a la región de los fiordos se cataloga como clima templado húmedo con lluvias todo el año (Cfb), sin estación seca (Soto en Häussermann & Försterra, 2009). La temperatura media anual alcanza los 11,5 ° Celsius, mientras que la humedad relativa se mantiene por el 80 por ciento (Centro Científico de Huinay, 2015).

En cuanto a la vegetación, en Huinay hay presencia de una pradera litoral en la zona de desembocadura del río, zonas alteradas, las cuales fueron convertidas en prados en la parte baja y llana del valle fluvial. También hay pluviselva valdiviana hasta llegar a los 700 m.s.n.m., bosque abierto de alerces (*Fitzroya cupressoides*), bosque caducifolio de *Nothofagus pumilio* y de *Nothofagus antarctica*, y vegetación de montaña altoandina que llega hasta las máximas altitudes (Morales *et al.*, 2014). Las zonas alteradas, serán el resultado de los asentamientos humanos activos en tiempos pasados, como la extracción, la tala de alerces, prados para el ganado, cultivos e introducción de especies vegetales del Viejo Mundo. Actualmente las repercusiones de la acción antrópica sobre la vegetación parece irrelevante (Soto & Flores 2011).

El Ministerio de Obras Públicas proyecta dar continuación a la conexión de la Ruta CH-7 Carretera Austral, abriendo el tramo desde Cahuelmó hasta Leptepu, Esta proyección Fitzek (2014) la considera una seria amenaza para la conservación de los ecosistemas.

Análisis y Caracterización temporo-espacial de la morfología fan-delta en la localidad de Huinay, Fiordo Comau, Región de Los Lagos.

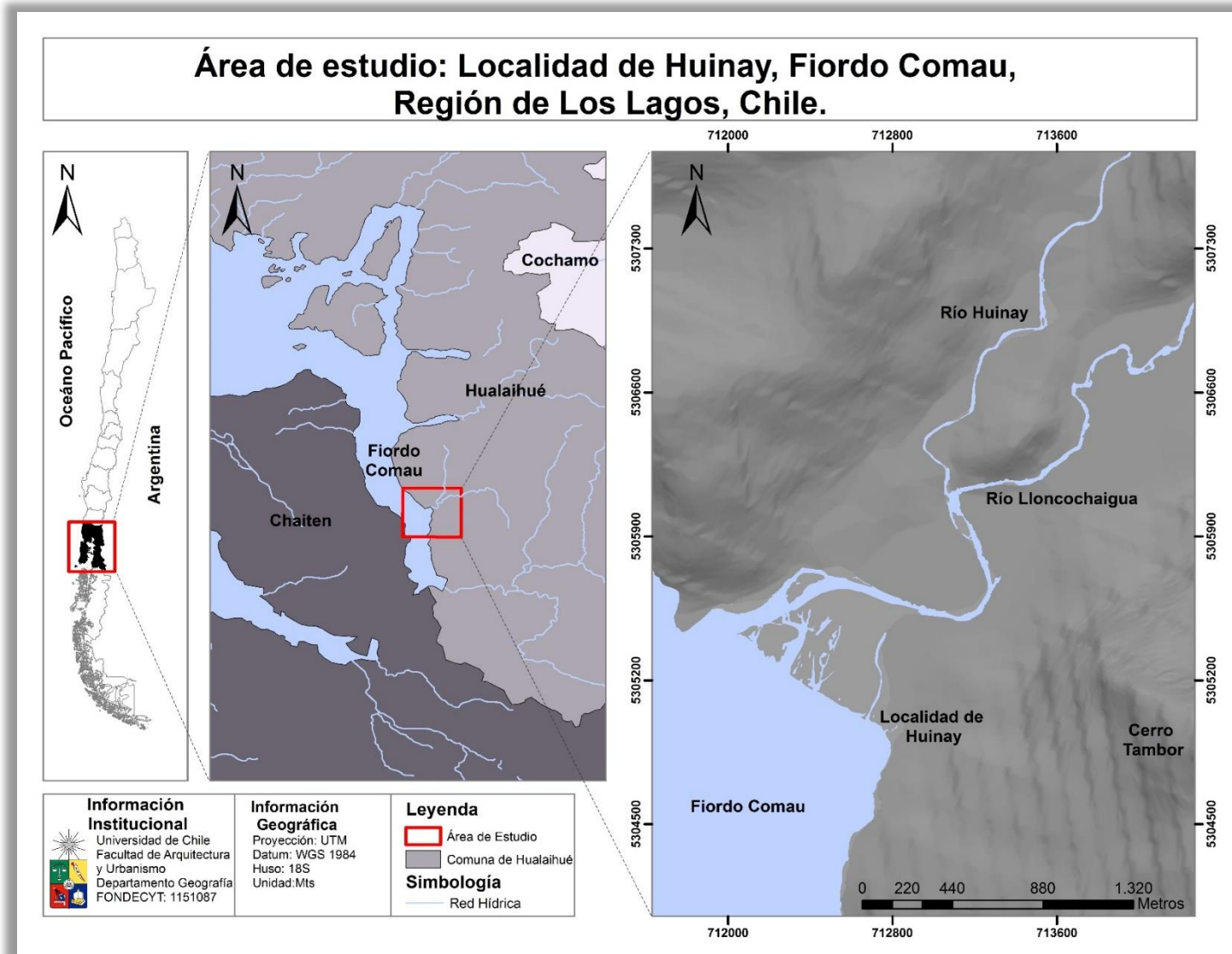


Figura 1: Área de estudio, Localidad de Huinay, Fiordo Comau. Fuente: Elaboración propia, FONDECYT N° 1151087.

1.3.1. Cuenca Hidrográfica Huinay-Lloncochaigua

El territorio de Huinay, además de participar en la escorrentía directa que se produce en las laderas del fiordo Comau, es parte de la cuenca hidrográfica de los ríos Huinay y Lloncochaigua.

La cuenca de Huinay presenta una superficie de 30,73 km², el cual se une a la cuenca de Lloncochaigua con una extensión de 113,86 km², ambos ríos forman la desembocadura de Huinay-Lloncochaigua. El río Huinay nace en las laderas adyacentes a una laguna menor, denominada Centinela alcanzando los 804 m.s.n.m. El río Huinay tiene una longitud de 10,86 km el cual se mezcla al caudal del río Lloncochaigua al sur, él que tiene una longitud de 17,78 km. El río Lloncochaigua nace en las lagunas Gaviotas y Navidad a los 365 m.s.n.m. Y también puede ser conocido por los nombres de: Lloncochaigüe, Loncochaigüe, Lloncochallan, Lloncochagua. Ambos ríos en sus trayectos hasta la confluencia se muestran angostos y encajonados producto del relieve, luego cuando el río Lloncochaigua tributa sus aguas al río Huinay, el cauce del río en sus últimos 2 kilómetros se expande en forma de estuario, donde la amplitud de su boca alcanza 1 kilómetro.

Para entender el contexto específico del área de estudio en Huinay, se hace necesario definir las cuencas hidrográficas presentes de forma general en el fiordo Comau. Donde se identifican en total 20 cuencas hidrográficas (entre ellas algunas corresponden a subcuencas o microcuencas), asociadas a regímenes hídricos continuos, siendo 7 cuencas las que configuran el flanco oriental del fiordo y 13 al flanco occidental. Las cuencas hidrográficas con mayor superficie son las pertenecientes al flanco oriental del fiordo, las cuales, mantienen su red hídrica gracias al origen pluvio-nival de la alta cordillera (cuenca alta), siendo la pendiente, la responsable de generar grandes caídas de agua en el trayecto hasta la desembocadura en el mar interior. La cuenca baja de todas las cuencas hidrográficas identificadas también poseen un régimen pluvio-nival al igual que los distributarios que aportan en el caudal. Los regímenes presentes en el área de estudio se condicionan por el clima preponderante de templado-lluvioso, con abundantes precipitaciones y ausencia de periodos secos distribuidas a lo largo de todo el año, llegando a sobrepasar al año los 6.000 mm (Häussermann & Försterra, 2009).

En la figura siguiente (Figura 2), se aprecia solamente las cuencas hidrográficas del flanco oriental del fiordo Comau, entre ellas: Cuenca Cahuelmó (201,09 km²), Cuenca Barceló-Vodudahue (885 km²) y la perteneciente al área de estudio la cuenca hidrográfica de Huinay-Lloncochaigua.

Fitzek (2014) indica que todos los ríos presentes en el fiordo son de régimen pluvio-nival y sus caudales junto a un gran número de arroyos y cascadas en las laderas reaccionan con cambios significativos a las fuertes lluvias que pueden alcanzar los valores de 25mm de agua

caída en 2 horas, medidos en la estación meteorológica del Centro Científico Huinay. Además las riberas de los ríos se inundan con frecuencia por eventos de precipitación.

También es importante mencionar la gran cantidad de cuerpos de agua que se encuentran en las cercanías de Huinay, donde un estudio limnológico encontró 38 cuerpos de agua. La laguna de mayor extensión cubre 100 ha, otras 5 alcanzan los valores entre 25 y 80 ha. Casi todas las lagunas tienen carácter de oligotróficas (Palau & Caputo 2013 en Fitzek 2014).

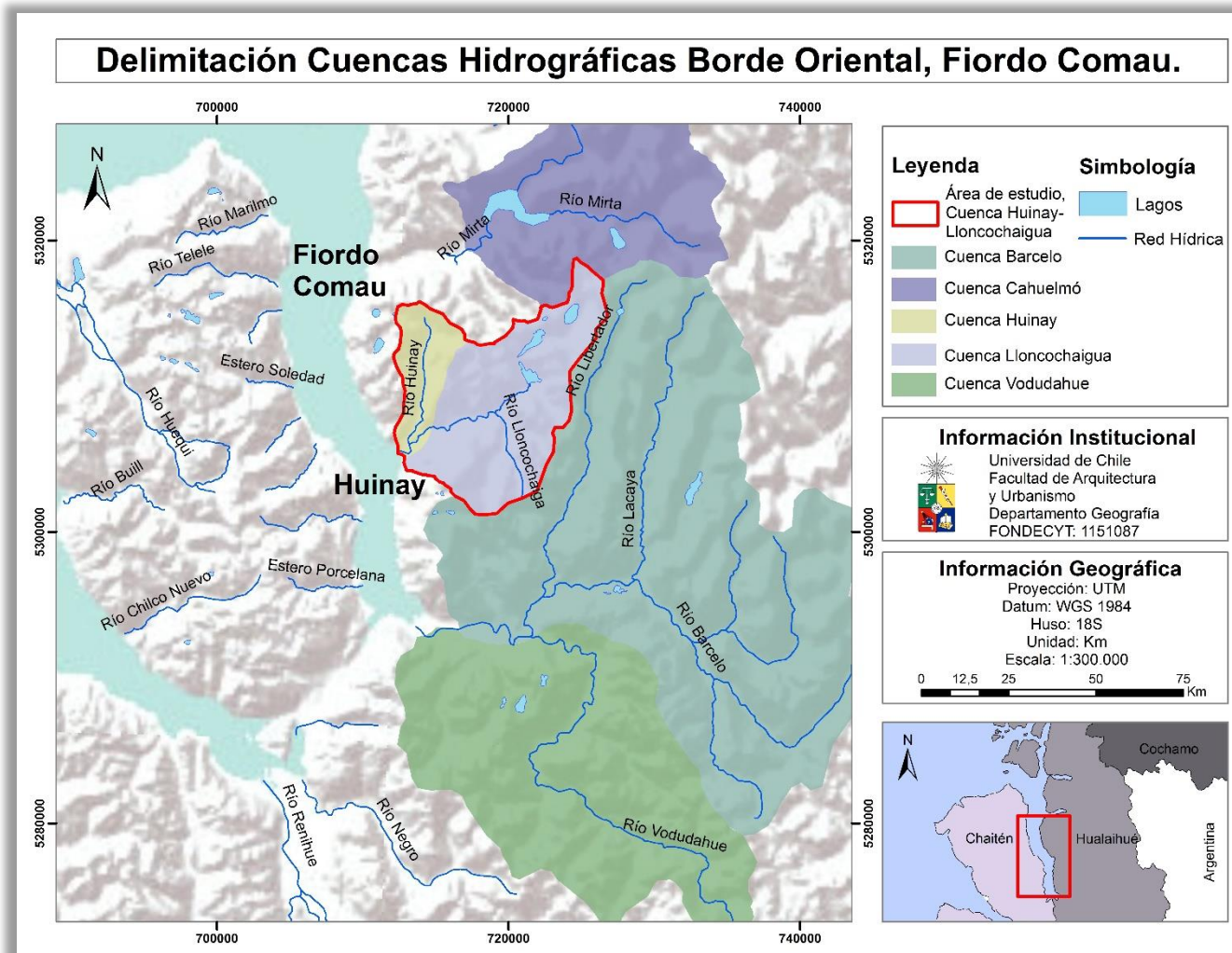


Figura 2: Cuencas Hidrográficas flanco oriental, Cuenca Huinay-Lloncochaigua, Fiordo Comau. Fuente: Elaboración propia, FONDECYT N° 1151087

1.3.2. Fiordo Comau

El fiordo Comau es parte de una falla estructural longitudinal de 68 kilómetros que se extiende de norte a sur. Las montañas que rodean al fiordo se elevan a una altitud de 2000 m.s.n.m. mientras que la máxima profundidad del agua es de 500 metros, siendo remodelado con el paso de los glaciares continentales durante las glaciaciones del periodo Cuaternario. En algunos lugares del fiordo existen rastros del levantamiento del lecho después de las glaciaciones, en la forma de bancos de conchas fosilizadas.

El campo de hielo que se deslizó por el fiordo, atrapado entre las altas montañas, talló el valle a grandes profundidades, las que con el tiempo han sido parcialmente rellenadas con sedimentos. Caracterizando al fiordo con laderas de fuertes pendientes, tanto por encima como por debajo del nivel del mar. Posee costas rocosas, que caracteriza gran parte de las riberas del fiordo, existiendo también playas de cantos rodados y pequeñas marismas.

El fiordo tiene gran afluencia de agua dulce con un promedio anual de lluvias que sobrepasan los 6 metros. El clima es del tipo templado con un promedio anual de temperaturas de 10,5° C. en días despejados, la fuerte radiación solar refleja la latitud de 42° Sur. Un bosque tupido siempre verde mezclado con distintas especies de *Nothofagus* cubre las paredes del fiordo (Centro Científico de Huinay, 2015).

El agua del fiordo se caracteriza por la presencia de una capa superficial de salinidad baja que se puede extender por más de 8 metros de profundidad y puede alcanzar salinidades por debajo del 10%. En combinación con una amplitud de marea máxima de 7,5 metros, los primeros 15 metros presenta poca diversidad de especies y muy distintas de las que se encuentran a mayor profundidad. Fuertes patrones de zonificación están bien ejemplificados a través de claras bandas horizontales. La salinidad debajo de los 18 metros es muy constante alcanzando un 32% (Centro Científico de Huinay, 2015).

A continuación se presenta la configuración fisiográfica del sector, asociado al contexto inmediato del área de estudio (localidad de Huinay) en el fiordo Comau:

1.3.2.1. Clima

El fiordo se encuentra bajo la influencia de un clima templado y húmedo. En el Centro Científico San Ignacio de Huinay existe una estación meteorológica, el cual recoge diversos datos como la pluviometría, temperatura, radiación solar, humedad y velocidad del viento. Gracias a estos datos se generaliza el comportamiento anual de las lluvias en el fiordo, donde existen 2 a 3 meses secos en verano (diciembre a marzo) y lluvia el resto del año, sobrepasando al año los 6.000 mm. El promedio de temperatura anual es de aproximadamente 10,5° C. y la temperatura diaria puede ser muy variable dependiendo de la nubosidad y el viento (Centro Científico de Huinay, 2015). En invierno los cerros suelen estar nevados por sobre los 800 m.s.n.m.; la nieve cae generalmente hasta los 300 m.s.n.m. La humedad relativa oscila entre 83% en diciembre y 93% en junio-julio; su valor promedio anual es 88,9%. La radiación global total anual promedio suma 3.600MJ/m² (Fitzek, 2014).

1.3.2.2. Geología

Ferrando (1975) indica que en el Golfo de Ancud (donde se sitúa el fiordo Comau), algunas islas y conjuntos de ellas, pertenecen a remanentes de arcos morrénicos de la Última Glaciación (Wurm o Wisconsin). Se encuentran depósitos glaciales y fluvioglaciales que ocupan la mayor parte de la Depresión Central, engranando hacia el N-W con depósitos marítimos terciarios, de los cuales están adosados al pie oriental de la Cordillera de la Costa. Los depósitos morrénicos de la última glaciación pertenecen a tres unidades gélidas: Glaciar Todos Los Santos-Llanquihue, Glaciar Reloncaví y Glaciar Comau o Leptepu, los cuales corresponden en general a depósitos compuestos por rodados, tanto graníticos como volcánicos que varían de tamaño considerablemente entre unos sectores y otros, con diámetros entre 5 y 15 cm, siendo depósitos caóticos, sin estructuras.

La unidad orográfica costera se caracteriza por la presencia de una serie de aplanamientos de altura, remanentes de una antigua superficie de erosión de complejo origen, y por una fuerte disección fluvial que ha dado como resultado una densa red de valles, de laderas rectas y fuerte pendiente, incididos por el complejo metamórfico que la constituye (Ferrando, 1975).

La cordillera de Los Andes, para el área de estudio, está constituida por rocas intrusivas, graníticas, con un 80% fuertemente disectado y rebajado por la erosión glacial y periglacial, durante el desarrollo de las glaciaciones pleistocénicas, donde se vio afectado por las precipitaciones sólidas y, efluente de enormes volúmenes de hielo y sedimentos en dirección hacia la Depresión Central (Ferrando, 1975).

Como se observa en la cartografía (Figura 3) se reconocen los siguientes tipos de depósitos tanto en el fiordo Comau como en la localidad de Huinay, ordenados por tiempo geológico:

1. Era Cenozoica:

1.1. Período Cuaternario:

- a) Q1: Depósitos aluviales; coluviales; remociones en masa (Época: Pleistoceno-Holoceno)
- b) Qf: Depósitos fluviales (Época: Pleistoceno-Holoceno)
- c) Q3i: Estratovolcanes y complejos volcánicos: lavas basálticas a riolíticas y depósitos piroclásticos andesítico-basálticos (Época: Pleistoceno-Holoceno)

1.2. Período Neógeno:

- a) PPI3: Secuencia y centros volcánicos parcialmente erodados (Época: Plioceno-Pleistoceno)
- b) Mg: Granodioritas, Dioritas, Tonalitas (Época: Mioceno)

2. Era Mesozoica:

2.1. Período Cretácico:

- a) Kig: Granitos, granodioritas, tonalitas y biotita (Época: Inferior)

2.2. Período Jurásico:

- a) Jig: Dioritas; gabros; monzodioritas, granodioritas, tonalitas y biotita (Época: Inferior)

3. Era Paleozoica:

3.1. Período Pérmico

- a) PzTr4(a): Esquistos pelticos (Época: Paleozoico-Triásico)
- b) PzTr4 (b) Esquistos, anfibolitas, rocas metamórficas ultramáficas (Época: Paleozoico-Triásico)

3.2. Período Carbonífero

- a) CPg: Granitos, granodioritas; tonalidades; dioritas; biotita y muscovita (Época: Carbonífero-Permico)

Los lineamientos constituyen una flexión o rasgo físico mapeable en la superficie terrestre, es de forma lineal, rectilínea o suavemente curvilínea, que puede ser simple o compuesto en función de la expresión de su complejidad en terreno, por lo tanto constituyen “discontinuidades estructurales naturales” (Ohara & Flores, 1998). Como se aprecia en la figura 3, estas discontinuidades están presente mayormente en el flanco oriental del fiordo, en las laderas desde el estuario de Cahuelmó hasta el Vodudahue.

Otro fenómeno estructural relevante para el área de estudio es la Zona de Falla Liquiñe Ofqui (ZFLO), la cual corresponde a un conjunto de lineamientos coincidentes espacialmente con el eje mio-plioceno del Batolito Norpatagónico y con la cadena volcánica reciente (Lavenue & Cembrano, 1994, en Naquira, 2009). La ZFLO es una estructura de carácter regional que cruza de norte-sur más de 1.000 km. de longitud (Cembrano *et al.*, 2002, en Naquira, 2009),

desde la zona de Liquiñe en la provincia de Valdivia, hasta el Golfo de Penas por el sur. Su larga evolución ha estado estrechamente ligada al desarrollo del arco magmático y el crecimiento orogénico en ese segmento de los Andes del Sur (Lara *et al.*, 2006).

La subducción oblicua se ha considerado como la principal causa de la deformación de cizalle lateral a lo largo de la ZFLO (Hervé, 1976; Cembrano, 1992, en Naquira, 2009). Sin embargo, otros autores consideran que la generación y/o activación de la zona de falla sería una respuesta mecánica y termal del margen continental a la colisión de la Dorsal de Chile con la Placa Sudamericana, en el extremo sur de la zona de falla ($46^{\circ}30'$) (Nelson *et al.*, 1994, en Naquira, 2009).

La ZFLO registra deformación dúctil y frágil de edad Cenozoica. La deformación dúctil se observa en la estructura y microfábrica de franjas de roca intensamente deformadas en unidades plutónicas ubicadas en lineamientos de la ZFLO.

La ZFLO, en la que se encuentran varios volcanes de diversa importancia, está asociada además, con el terremoto del 31 de diciembre de 2006, de 5,7 de magnitud local (ML), en el Alto Bío; con la erupción del volcán Chaitén, en 2008, y un enjambre sísmico cerca del fiordo Comau y Hornopirén, el mismo año, según estudios del Servicio Sismológico (La Nación, 2010).

Otro aspecto importante, es la presencia de un geositio, específicamente en la ribera norte del río Lloncochaigua, cercano a su desembocadura, al norte de Huinay, donde aflora una sucesión sedimentaria fosilífera probablemente holocena. Este afloramiento corresponde a un acantilado, labrado en depósitos que forman una terraza marina por acción erosiva del río y del mar. Se presentan tres afloramientos principales en una extensión de 200 metros aproximadamente. Los estratos horizontales constituyen una sucesión de 12 metros de espesor, en las que es posible observar cuatro horizontes con conchas marinas. El acantilado es el límite de una terraza que se extiende aguas arriba por una distancia indeterminada (Hervé, s.f.). Su importancia radica en el valor geológico, estructural, geomorfológico, escénico y paleoambiental.

En cuanto a los sistemas de desembocadura, tanto Cahuelmó y Huinay-Lloncochaigua pertenecen al mismo tiempo geológico (Era Cenozoica, Periodo Cuaternario, Época: Pleistoceno-Holoceno); es posible encontrar sedimentos de depósitos aluviales, coluviales y de remociones en masa. Estas desembocaduras son de un origen más nuevo en comparación con el resto de tipos de depósitos que configuran el fiordo. Para la localidad de Huinay (Figura 3), la llanura fluvial de los ríos corresponde a depósitos aluviales, determinando su característica de *fan-delta* o delta aluvial. En cambio el sistema estuarial del río Vodudahue está conformada netamente por depósitos fluviales.

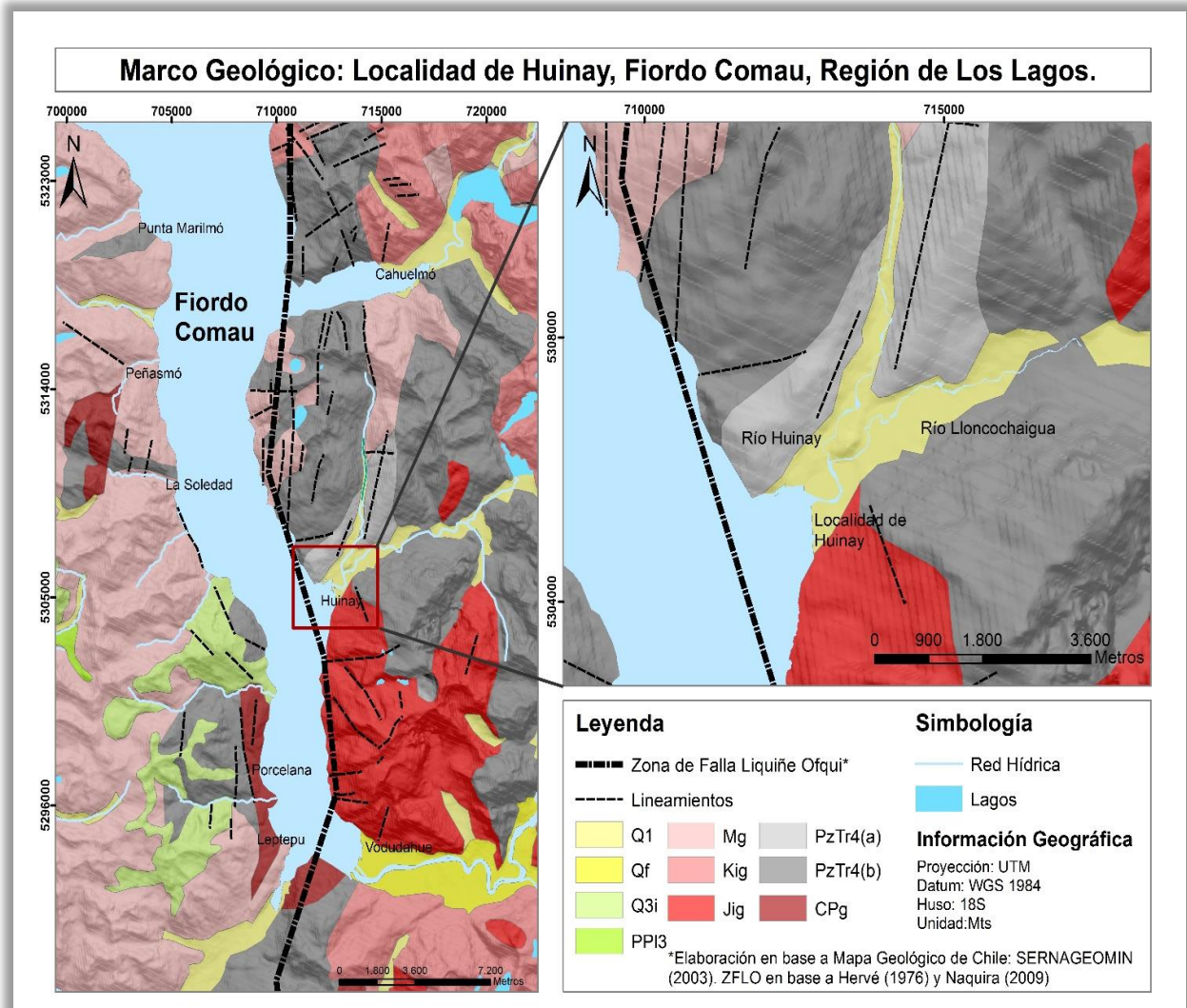


Figura 3: Marco Geológico: Localidad de Huinay, Fiordo Comau. Fuente: Elaboración propia, en base a Mapa Geológico de Chile: SERNAGEOMIN (2003), Hervé (1976) y Naquira (2009). FONDECYT N° 1151087

1.3.2.3. Geomorfología costera y Oceanografía

El fiordo Comau se encuentra entre el lado este de la península Huequi y la costa continental oeste, representando una extensión del mar de 46 km de largo, variando en su ancho de 1 a 3 km. corre principalmente de sur a norte, girando hacia el oeste en el canal Comau donde se conecta con el Golfo de Ancud.

El promedio de profundidad del fiordo es mayor a 250 metros, con un máximo de 500 en su centro. En la boca del fiordo las profundidades disminuyen y son similares a las del Golfo Ancud adyacente.

Aparte de las que se encuentran en la boca del canal Comau, no hay islas en el interior del fiordo. Tampoco existen arrecifes o bancos en el interior, ni siquiera cerca de la costa. En general, la línea costera sobre el mar de este estuario rápidamente aumenta en altitud a más de 1900 metros. Esta batimetría es continua bajo el agua, con acantilados que rápidamente aumentan en profundidad (Centro Científico de Huinay, 2015).

El fiordo Comau, tiene una particularidad geográfica que lo diferencia del resto de los fiordos del sur del país. Sobarzo (2009 en Häussermann & Försterra, 2009; 59) indica que el fiordo Comau presenta una *“disposición casi meridional (a lo largo de 72°28´W aprox.) con una orientación hacia los 346°, respecto del norte geográfico. A lo largo de su eje cubre una extensión de 34,3km. Su parte más ancha se encuentra en la boca (10km), mientras que la más estrecha (solo 2 km) se ubica frente a punta Calle (42°24´S). Los principales aportes de agua dulce que recibe se ubican en su costado oriental y en su cabecera.”* Estos autores también citan que *“no presenta un montículo submarino o umbral en su boca. Esta boca conecta al fiordo con el golfo de Ancud, a través de los pasos Marilmó y Comau (ambos de orientación zonal) y con el canal Hornopirén, a través del canal Cholgo (de orientación meridional).* Así los aspectos oceanográficos están condicionados por las características geomorfológicas, teniendo las siguientes disposiciones en el fiordo:

- a) Debido a su disposición meridional y a la cadena de montañas que lo rodea, *“este fiordo se encuentra relativamente protegido por los vientos zonales predominantes en la zona austral de Chile”*.
- b) La ausencia de un umbral en su boca *“podría indicar tiempos de residencia de las aguas de fondo comparativamente más cortos que otros fiordos de la zona austral de Chile”*.
- c) Por su disposición en el extremo nororiental del golfo de Ancud, *“la influencia de aguas oceánicas sobre este fiordo se encuentra restringida principalmente por el paso Desertores-Apiao (<100m de profundidad)”*

1.3.2.4. Vegetación

En general se aprecia en el fiordo secuencias altitudinales de vegetación. Esto comienza con una pluvioselva diversa extratropical dominada por bosques siempreverdes, sujeta a la perturbación natural, pasando por comunidades de Alerce Andino (*Fitzroya cupressoides*), seguidos por cojines alto-andinos, hasta la roca pura y campos de nieve eterna en las altas cumbres.

La biogeografía de los valles presentan respuestas adaptivas a las condiciones abióticas imperantes y es también área de recepción de fauna y flora que se introduce desde la cordillera. Posee una cobertura vegetal con características muy especiales, entre las especies arbóreas destacan: Alerce o Lahuén, Ciprés o Lahuán, Ciprés de las Guaitecas, Coigüe, Roble de Chiloé, Lenga, Ñirre, Coigüe de Magallanes, Petra, Arrayán rojo, Melí, Luma, Mañío, Ulmo, Tineo y Canelo. En referencia a especies arbustivas que conforman el sotobosque, su pueden destacar entre muchas otras: Helecho, Michay, Calafate, Tepu, Murta, Quila, Colihue, Berberidáceas en general y Ciruelillo (Soto & Flores, 2011).

1.3.2.5. Actividad Antrópica

La región de Los Lagos sustenta su economía principalmente en la actividad acuícola, siendo las explotaciones e industrialización del salmón y la acuicultura en general, entes modificadores del territorio, que se materializan en cambios de uso de suelo y ocupación del territorio. Sin embargo el fiordo Comau, es un sector que aún no ha experimentado un significativo aumento e intensificación del uso del suelo (ni del agua), pero ya existen algunas instalaciones pioneras en el borde oriental del fiordo. La construcción de la ruta austral proyectada en esta zona (Figura 4), en el tramo de Pichanco- Huinay- Vodudahue, será un fuerte incentivo a la acuicultura, como también a los asentamientos poblados y otras actividades económicas ahora incipientes en la comuna de Hualaihué, sobretodo en el área de estudio de la localidad de Huinay.

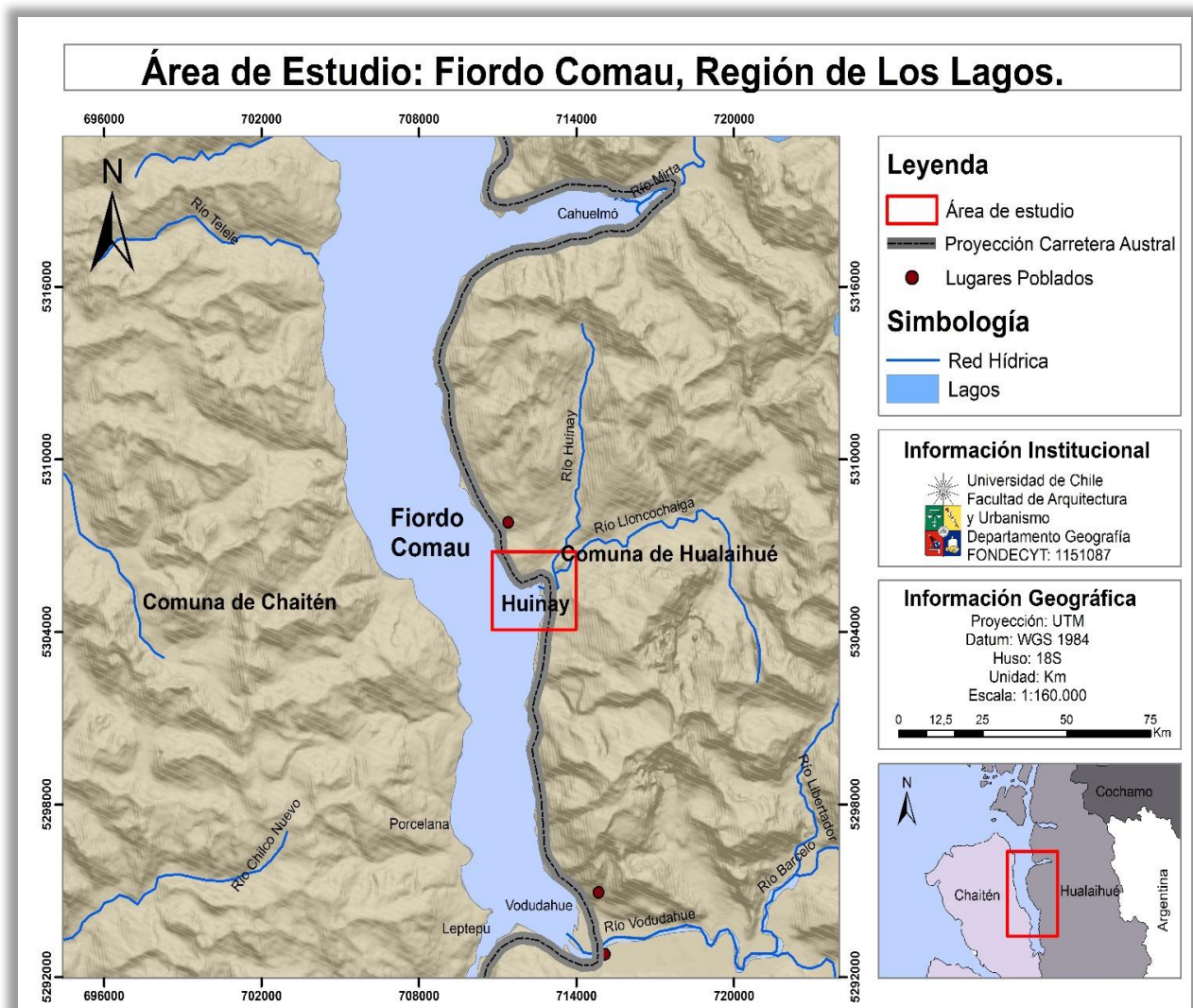


Figura 4: Fiordo Comau y proyección de la carretera austral. Fuente: Elaboración propia en base a Ministerio de Obras Públicas (MOP). FONDECYT N° 1151087.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Analizar la geomorfología del sistema de desembocadura del río Huinay-Lloncochaigua a través de la configuración temporo-espacial del *fan-delta* asociado, Fiordo Comau, Región de Los Lagos, Chile.

1.4.2. Objetivos Específicos

1. Identificar y caracterizar los individuos geomorfológicos constituyentes del *fan-delta*.
2. Analizar las condiciones de oleaje, mareas y batimetría asociados al contexto geográfico del *fan-delta* de Huinay.
3. Analizar comparativa y secuencialmente los diversos cambios y tendencia evolutiva experimentada entre los años 1982-2015 en el *fan-delta*.

1.3. Hipótesis

La hipótesis de esta investigación se basa en las siguientes apreciaciones teóricas:

- Araya Vergara (1982) estableció una clasificación geomorfológica de las desembocaduras de Chile tomando en consideración las características morfoclimáticas que delimitan cada tipo de zona. Para el área de estudio se trataría del tipo: Zona de deltas de cabecera de fiordo y de glaciares, siendo exclusivos para las costas de fiordos de la Patagonia.
- De acuerdo a las nociones de Darlymple *et al.* (1992) y su esquema evolutivo, indica que existen individuos morfológicos costeros que no pueden ser reconocidos como deltas, ni tampoco como estuarios, por encontrarse en estado transitorio entre ambos. Sin embargo, estas formas (estuario y delta) no son excluyentes, por cuanto puede darse la existencia de deltas dentro de estuarios (Arriagada, 2009).
- Bird (2008) establece distintos factores determinantes en la configuración deltaica: clima, geología, topografía, entre otros, que configuran la naturaleza y la tasa de producción de sedimentos hacia la costa. Reconociendo que los factores que afectan la morfodinámica pueden variar en el tiempo y el espacio.

La hipótesis que sustenta este trabajo investigativo señala que:

- En la desembocadura formada por los ríos Huinay y Lloncochaigua se reconocen aquellos rasgos morfológicos que dan cuenta de las características morfoclimáticas del tipo fiordo patagónico, considerándose la morfología presente en la desembocadura como deltaica del tipo *fan-delta*.
- El caso de estudio responde a una morfología *fan-delta* inserta en un ambiente estuarial.
- La complejidad de los distintos factores participes en la interacción y los procesos internos de la configuración del *fan-delta* Huinay, generan una dinámica única que se asocia a cambios morfológicos y evolutivos propios. La tendencia evolutiva del *fan-delta* Huinay es la acreción y progradación hacia el mar interior.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

Se abordan los conceptos que serán recurrentes en la investigación, se desarrollan aspectos referentes a la definición y taxonomía de las desembocaduras, desde el concepto de estuario, que posee un enfoque hidrológico (Evans & Prego, 2003) hasta llegar a la evolución o tipos de deltas como formas sedimentarias complejas asociadas al ambiente fluvio-marino.

2.1. Estuario

Los estuarios constituyen uno de los ambientes costeros más interesantes desde el punto de vista científico, debido a la complejidad de los factores geomorfológicos, hidrográficos, oceanográficos, químicos y biológicos que interactúan entre sí (Martínez & Cortez, 2008). Generan una dinámica interna única y son estas condiciones que hacen que cada estuario sea único en su naturaleza y en diversas ocasiones es difícil determinar si se está observando un principio general o un detalle particular (Martínez & Cortez, 2008).

Estas particularidades han dificultado tanto las definiciones como las clasificaciones de los estuarios. La definición con mayor aceptación es la de Pritchard (1967 en Bird, 2008), como un cuerpo semi-cerrado de agua que tiene una libre conexión con el mar abierto y desde el cual el agua de mar se diluye mensurablemente con agua dulce derivado del drenaje continental (Figura 5A). Un estuario ocuparía el área de la desembocadura del río, donde los intervalos de salinidades van aproximadamente desde 0,1% al 30-35%. A pesar de que esta definición es útil cuando se trata de procesos químicos y biológicos en la transición fluvio-marino, es de uso limitado en el estudio de los depósitos antiguos y en la distribución de litofacies, ya que esto se determina principalmente por los procesos físicos y morfológicos que con el nivel de salinidad. Esto porque la influencia mareal generalmente tiene un mayor alcance hacia el continente, que la cuña de agua salina (Rochford 1951; Nichols & Biggs, 1985 en Dalrymple *et al.*, 1992).

Es necesario reconocer que los estuarios son considerados por muchos como algo que ocurre dentro de la boca del río, las cuales han sido inundadas por el mar (Curry 1969 en Dalrymple *et al.*, 1992) y que actualmente no son la construcción de una costa deltaica abierta. De hecho, en la actualidad, se considera al estuario como el ahogamiento del río por el suministro de sedimentos tanto de origen terrestre como marino, condicionado por el aumento del nivel del mar (Guilcher 1967; Roy *et al.*, 1980; Dalrymple *et al.*, 1990 en Dalrymple *et al.*, 1992).

Algunos autores han señalado que los estuarios han sido características poco comunes durante la mayor parte de la historia de la Tierra (Russell, 1967 en Perillo, 1995), simplemente porque los depósitos estuarinos pueden ser delimitados y confundidos inequívocamente por otros depósitos marinos de aguas poco profundas en el registro geológico debido a su extensión superficial limitada, su carácter efímero y su falta de características distintivas (Schübel y Hirschberg, 1978 en Perillo 1995).

Otros autores definen al estuario como una amplia boca de un río, o el brazo del mar, donde la marea se encuentra con la corriente del río o flujos y reflujos (Stevenson, 1972 en Evans & Prego, 2003). También denominan estuario a alguna entrante en una costa donde la circulación de la marea se reúne con el escurrimiento continental y, en general prevalece sobre la contribución continental (Gorsline, 1967 en Evans & Prego, 2003).

Los estuarios no pueden ser definidos únicamente en la morfología y su modo de origen. Ambas son características secundarias de un sistema cuya característica esencial es la mezcla y la interacción de agua marina con agua del río entrante (Evans & Prego, 2003). Este interés por la inclusión de la geometría y el origen en el concepto de estuario es ejemplificado en la siguiente definición que plantea Darlymple *et al.* (1992), la cual es ampliamente utilizada y satisface a la mayoría de los científicos. Para Darlymple *et al.* (1992) una apreciación acertada para los estuarios es aquella que reconoce que éstos son una zona de interacción entre las corrientes de los ríos y una variedad de los procesos marinos, incluyendo las mareas y las olas así también la intrusión de agua salada (Figura 5B). En base a estas consideraciones, los autores definen a un estuario como la parte del mar de un sistema de valles ahogados que recibe sedimentos de fuentes fluviales y marinas, que contiene facies influenciados por la marea, las olas y los procesos fluviales. El estuario puede extenderse desde el límite de la línea continental de las facies de marea (cabeza del estuario) hasta el límite mar adentro de las facies costeras (boca del estuario). Está implícito en esta definición de estuarios que solamente se pueden formar en la presencia de un aumento del nivel del mar (es decir, una transgresión).

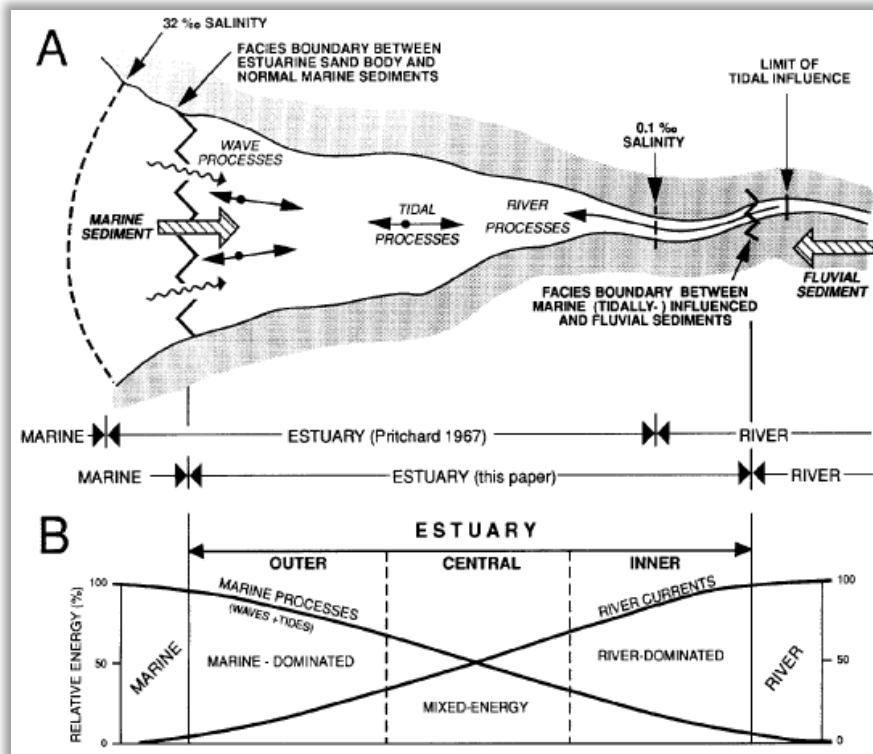


Figura 5: A) Representación esquemática de las definiciones de estuario según Pritchard (1967). B) La distribución esquemática de los procesos físicos que operan dentro de los estuarios y la zonificación de facies tripartita. Fuente: Darlymple et al. (1992).

Los estuarios son características muy comunes en la mayor parte de las costas del mundo. Donde la gran variedad de los estuarios que existen depende de la climatología local, geografía, geología y las características hidrológicas. Pero también su posición actual y la evolución futura se basan en gran medida en las variaciones en el nivel del mar, suministro de sedimentos y la actividad estructural (Perillo, 1995).

2.1.1. Morfología y Zonificación de Estuario

La morfología de un estuario puede estar relacionado a los procesos hidrodinámicos, como el caudal del río, corrientes de marea asociados a la acción de las ondas, procesos químicos como la floculación de los sedimentos de grano fino, y procesos biológicos tales como el crecimiento de marismas, manglares o vegetación marina y la generación de depósitos de conchas. Estos procesos son complejos y variables en el tiempo y dentro de un estuario (Bird, 2008).

Araya Vergara (1981) plantea una zonificación exclusiva para los estuarios (los que también denomina deltas en ría o deltas estuariales), basándose en la morfología interna que éstos presentan (Figura 6):

- Zona proximal o fluvial: posee meandros estuariales.
- Zona media o deltaica interior: con bancos medios y distributarios.
- Zona distal o lagunar: posee una laguna distal semibloqueada por una barrera litoral o flecha. Según el caso, dentro de esta zona también es posible considerar, la presencia de un delta distal atrofiado o un delta trasmutado (convexidad de acreción).

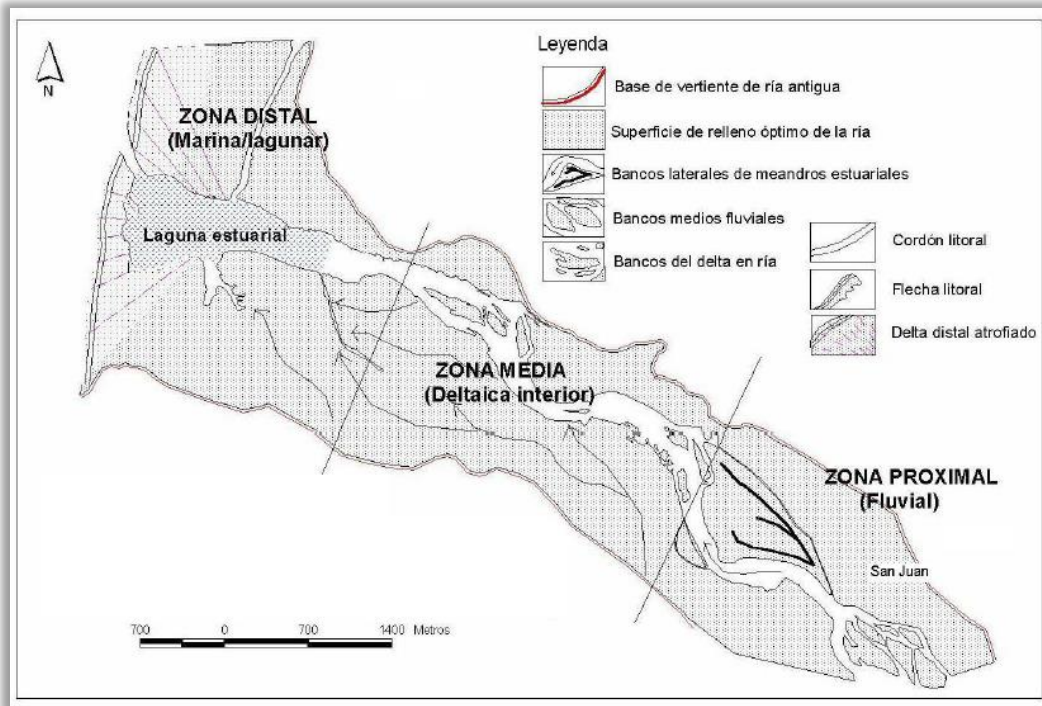


Figura 6: Zonas y elementos del estuario según Araya Vergara (1981). Fuente: Arriagada (2005).

Según Darlymple *et al.* (1992) existe una zonificación tripartita para los estuarios, distinguiéndose las siguientes zonas:

- Una parte externa (distal, boca) dominada por procesos marinos (olas y/o corrientes de marea), que induce una sedimentación gruesa (arenas) y un transporte aguas arriba de los sedimentos. El transporte de la carga sedimentaria neta es hacia la cabeza del estuario.
- Una parte central con baja energía, donde existe influencia de la energía marina (corrientes de marea). Es un área de convergencia neta y por lo general contiene el grano más fino de carga de fondo de sedimentos presentes en el estuario, independientemente de si el estuario es dominado por oleaje o por mareas.
- Una zona interna (proximal, de cabeza) dominada por la energía del río (aún con influencia marina), que induce una sedimentación gruesa transportada aguas abajo, hacia el mar.

Los movimientos de sedimentos en suspensión son en gran medida independiente de esta zonificación.

La forma de los estuarios es muy variada, pero Haslett (2009) determinó que todos poseen:

- Una cabeza de estuario, donde el río entra en el estuario.
- Márgenes del estuario que definen los lados de la ría.
- Una boca del estuario, donde el estuario queda abierto al mar.

2.1.2. Tipos de estuario

Se han propuesto una serie de clasificaciones para los estuarios, pero la mayoría de ellos se basan en diferentes aspectos del sistema estuarino, como amplitud de la marea, topografía, morfología, sedimentología, la mezcla de agua dulce y salada, la circulación, lo que provoca que existan pocos intentos de clasificaciones integradas (Dyer, 1997, en Haslett, 2009).

Pritchard (1952 en Perillo 1995) introdujo la primera clasificación fisiográfica, modificado por el mismo autor en 1960. Su clasificación todavía está siendo considerada como una buena aproximación preliminar a la comprensión de la estructura general de estos cuerpos costeros. Como se observa en la Figura 7, ésta divide a los estuarios en: 1) valles fluviales inundados (riás y planicies costeras), 2) fiordos y 3) estuarios construidos por barra. Más tarde, Pritchard (1960 en Perillo, 1995) completa la clasificación incorporando un cuarto grupo asociado a estuarios formados por procesos tectónicos.

La salinidad, como una medida de la dilución del agua de mar dentro de un estuario, es una herramienta poderosa para estudiar la circulación no inducida por la marea. Pritchard (1955-1960 en Perillo, 1995) clasifica los estuarios utilizando un principio de equilibrio salino que establece matemáticamente la tasa de cambio de la salinidad en un punto fijo dentro de un estuario, siendo provocada por el funcionamiento de dos procesos: difusión y advección. La primera, se produce cuando la diferencia en la composición iónica del agua dulce y salada produce turbulencia, que mezcla el agua en el estuario alcanzando una salinidad uniforme. Y la advección, implica la mezcla física entre la sal y el agua dulce debido a la circulación interna.

Aunque estos procesos co-ocurren, uno de ellos puede dominar la mezcla en un estuario dado. Pero hay que tener claro que la difusión puede considerarse como una mezcla química, mientras que la advección representa una mezcla física (Haslett, 2009). La forma y el grado de mezcla en un estuario determinan la clasificación propuesta por Pritchard:

- Cuña Salina (las capas de agua dulce y agua salada se encuentran bien diferenciadas).
- Mezcla parcial (acción de las mareas genera vórtices que introducen transportes de masa significativos).
- Verticalmente Homogéneos (la mezcla turbulenta es muy importante).
- Seccionalmente Homogéneos (en estuarios angostos y profundos, la salinidad varía solamente a lo largo del eje del canal).

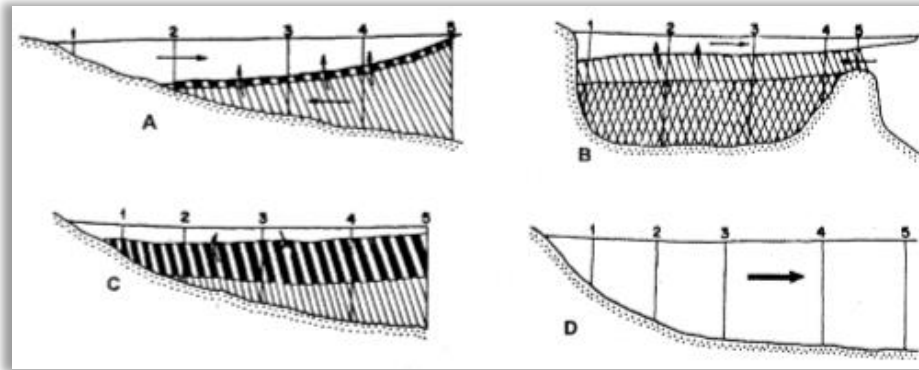


Figura 7: Clasificación física de estuarios basada en el patrón de circulación. A) cuña salina, B) fiordos, C) mezcla parcial, D) homogéneos. Fuente: Pritchard (1960).

En 1975, Hayes (en Perillo, 1995) propuso una clasificación para los estuarios basada en las variaciones del rango de marea (H), teniendo estuarios: *micromareales* ($H < 2$ m), *mesomareales* ($2 < H < 4$ m) y *macromareales* ($H > 4$ m).

Araya Vergara (1981) señala que el concepto de estuario es un término netamente hidrológico y no geomorfológico, por lo mismo, considera más apropiado denominar a esta forma como “deltas en ría”. Bajo este concepto, Araya Vergara (1982) estableció una clasificación geomorfológica de las desembocaduras para Chile, tomando en consideración las características morfoclimáticas que delimitan cada tipo de zona:

- Zona de deltas distales: corresponden a pequeños deltas que aparecen en las bocas de algunos ríos intermitentes del desierto; formas pequeñas de no más de 2 km de línea litoral.
- Zona de rías progradadas: son reconocibles desde el río Copiapó ($27^{\circ}20'$) hasta el Maipo ($33^{\circ}47'$). Su apareamiento de Norte a Sur coincide con el de los ríos exorreicos de caudal constante hacia el mar y con las condiciones de semi-aridez de la región.
- Zona de deltas en ría: su localización se concentra en Chile Central entre la desembocadura del Rapel (34°) y la del Bío-Bío (37°), donde la energía fluvial es suficiente para calibrar canales amplios de curso inferior, pero la energía marina también es suficiente como para impedir el progreso de la progradación hacia el mar.
- Zona de rías: este tipo de desembocadura están localizados entre las rías del Imperial ($38^{\circ}45'$) y del Maullín ($41^{\circ}37'$). Los ríos en esta región tienen una turbidez específica inferior a la de Chile Central, hecho por el cual no se dispone de mucha materia para la construcción de deltas en ría. También se trata de un tramo de la costa que ha sufrido subsidencia tectónica reciente.
- Zona de deltas de cabecera de fiordo y de glaciares: Son exclusivos para las costas de fiordos de la Patagonia. Constituyen solo el 0.2% de la línea litoral chilena.

Luego de esta clasificación, Araya Vergara (1985) distingue tres tipos de delta en ría según su respuesta a la acción del *swell* (que se observan en la Figura 8), como respuesta a la alta energía del oleaje, cuya configuración es la resultante de sus características morfológicas sistemáticas, con respecto a la orientación de la ría:

- Delta estuarial paralelo: posee un lecho de río recto o lineal desviado por una barrera o flecha, a un curso paralelo a la costa, sin ser ésta la dirección original del río.
- Delta estuarial transversal: corresponde al caso de rías dispuestas en ángulos rectos a la línea de costa, con un flujo fluvial significant. Los bancos estuariales son más cortos que aquellos presentes en el estuario de disposición paralela, y ellos están acompañados por formas cuspidadas que indican interacciones de la energía del oleaje y las mareas.
- Delta estuarial oblicuo: concierne al caso de rías con disposición oblicua a la línea de costa. Éste desarrolla brazos más largos que en el caso del estuario transversal, debido a que la energía del oleaje en el ambiente estuarino es más débil. Una flecha recurvada en la boca constituye una respuesta a la deriva a lo largo de la costa impedida por la descarga del río.

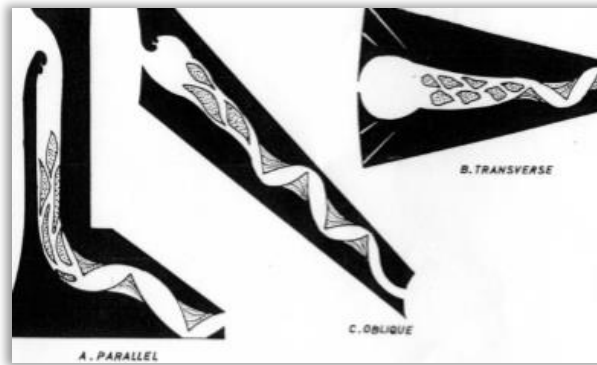


Figura 8: Tipos de delta en ría según configuración y tipo de respuesta a la alta energía del oleaje. Fuente: Araya-Vergara (1985).

Para Darlymple *et al.* (1992) existen solo dos tipos de estuarios:

- Estuario dominado por las olas: la influencia de las mareas es mínima, donde la boca del sistema estuarial es afectado por la alta energía de las olas. Estas olas, en combinación con cualquier corriente de marea provocan movimiento del sedimento, desarrollando una barrera, que puede estar en superficie o sumergida, la cual impide que la mayoría de la energía de la ola entre a la ría. Si aumenta la influencia de las mareas, ésta es capaz de mantener las entradas en el estuario. En cambio la energía fluvial, disminuye en dirección al mar debido al gradiente hidráulico. El perfil de este estuario, se caracteriza por dos máximas de energía, uno en la boca del estuario causada por la energía de las olas y otro en la cabeza producida por la acción de los ríos, siendo separadas por un mínimo de energía en la parte central, tal como se muestra en la Figura 9A. Esta distribución total de energía produce una distribución

de litofacies (gruesa-fina-gruesa). Y se conforma por los siguientes individuos morfológicos: flechas, barras y núcleos de bancos de arena en la zona proximal (Figura 9B).

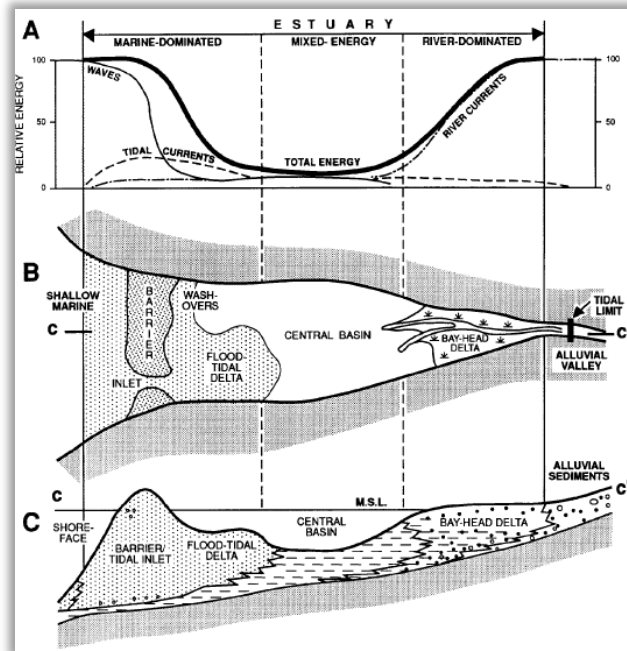


Figura 9: Distribución de A) Los tipos de energía, B) Componentes morfológicos y C) Facies sedimentarias en la sección longitudinal dentro un estuario dominado por olas.

Fuente: Darlymple et al. (1992).

- Estuario dominado por las mareas: el dominio de las mareas también puede ocurrir en rangos de marea mucho más pequeñas si la acción de las olas es limitada y/o el prisma de marea es mayor. En la boca de los estuarios dominados por mareas, se presentan bancos alargados de arena. Por otro lado, la marea entrante se comprime progresivamente en una sección transversal de menor área debido a la geometría en forma de embudo que caracteriza estos estuarios. Las velocidades de la marea de inundación aumentan en el estuario, para luego comenzar a disminuir con la distancia, alcanzando cero en el límite mareal de la zona proximal o cabeza de estuario. También la energía fluvial disminuye hacia el mar como en los estuarios dominados por olas (Figura 10A). Este total de energía no es tan pronunciada como en los estuarios dominados por las olas, así las facies tripartitas de distribución no son tan obvias, las arenas se mueven a lo largo del estuario por los canales de mareas. Los sedimentos fangosos se acumulan en planicies de marea y pantanos a lo largo de los lados del canal del río. Este estuario se compone por dos facies fuertemente contrastadas. La más conocida es la zona de barras mareales alargadas, que se caracteriza por arena gruesa y se encuentran mar adentro de la máxima energía mareal, como se muestra en la Figura 10B. La segunda facie, coincide con el máximo de las mareas de energía, se compone de flujo de régimen superior que muestra un patrón de canal trenzado donde el estuario es amplio, pero

convertido en un solo canal confinado. Los depósitos de esta facie, que pueden no estar presentes en los estuarios de marea dominadas con rangos de marea más pequeños, consisten en arena fina, como se muestra en la Figura 10C. En la zona de baja energía presenta arenas finas, el canal principal es confinado y muestra una progresión regular de sinuosidades que denominan “recto-meandro-recto”. El primer trecho es dominado por mareas y el transporte neto de sedimentos es hacia la cabeza del estuario, cuenta con bancos conectados a barras y algunas barras en medio del canal. El segundo trecho recto (zona proximal) presenta barras similares, pero el transporte neto del sedimento es aguas abajo, producto del dominio del río. El sector meandrante, comúnmente exhibe puntos de barras simétricas, y corresponde al punto de más baja energía del sistema.

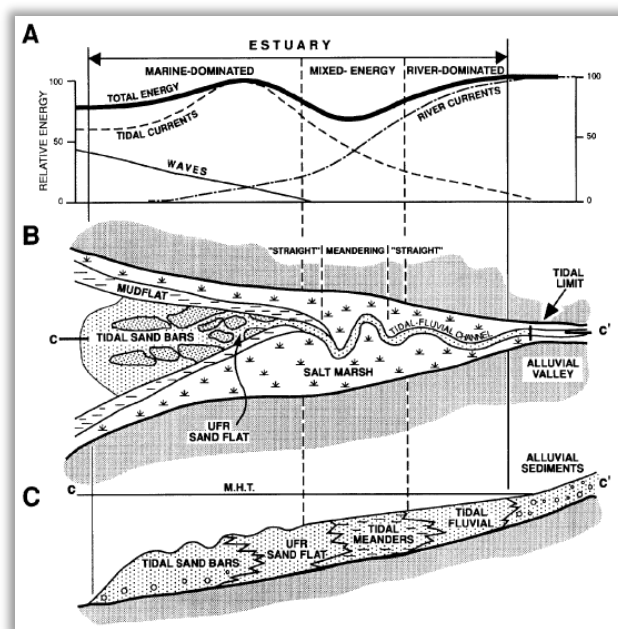


Figura 10: Distribución de A) Los tipos de energía, B) Componentes morfológicos y C) Facies sedimentarias en la sección longitudinal dentro un estuario dominado por mareas.

Fuente: Dalrymple et al. (1992).

Según señalan Dalrymple *et al.* (1992), la incorporación de la categoría “estuario dominado por el río” fue innecesaria, ya que la influencia relativa del río determina principalmente la tasa en la cual el estuario se llena, y no altera la morfología fundamental del sistema. No obstante Cooper (1993), reivindica la importancia del factor fluvial, al identificar y plantear esta categoría para los estuarios de la costa Este de Natal - Sudáfrica, siendo el estuario del río Mgeni un representante de este taxón.

Cooper (1993, 2001) en sus trabajos en la geomorfología y el comportamiento morfodinámico de los estuarios de Sudáfrica, diferencia los siguientes tipos de estuario, que están graficados en la Figura 11:

- Estuarios Abiertos: son aquellos que normalmente están abiertos, tienen una marcada variabilidad en el tamaño y en la dinámica de la boca. Ellos pueden subdividirse en sistemas, que son esencialmente sin barreras, carecen de una acumulación de arena en la zona de la boca del estuario, que se expone más arriba con la marea alta.

- Estuarios Abiertos de Barra: son aquellos que poseen una barrera supramareal, puede variar notablemente en tamaño y en el volumen de la descarga fluvial. Las grandes cuencas de los ríos tienden a formar valles de lecho mucho más grandes. Estos sistemas rara vez exhiben una inundación provocada por las mareas y mucho parecen operar casi exclusivamente como canales de salida. Se evidencian dos tipos:

- *Estuarios dominados por mareas (tide dominated)*: se definen como los estuarios que, a pesar de su bajo rango mareal poseen el suficiente prisma de marea para permitir que sus entradas sean mantenidas por las corrientes de marea contra el litoral y sumado a la mínima acción del oleaje se impulse el transporte de sedimentos litorales.

- *Estuarios dominados por el río*: posee insuficientes prismas para mantener una entrada contra la acción del oleaje y de las mareas, producto de las limitaciones preexistentes en la morfología de la pendiente, el aporte de los sedimentos y la estrechez de los canales. El flujo del río en estos sistemas es crucial para el mantenimiento de un canal de salida. Las facies sedimentarias en los estuarios dominados por el río son netamente de acción y material fluvial.

- Estuarios cerrados: en este tipo de sistema, existen dos formas principales de comportamiento morfodinámico, una en función de si el agua entra libremente sin barreras (*Perched closed estuaries*) y logra el nivel más alto de las mareas. Y otra en relación con la elevación de la cresta de berma y de las barreras que encierran estos sistemas (*Non-Perched closed estuaries*).

Cabe destacar, que Cooper (1993) reconoce la tipología de *deltas en ría* o *deltas estuariales* propuesta por Araya-Vergara (1981) para los estuarios de Chile Central, como estuarios con características similares a los encontrados en las costas de Natal (Sudáfrica), incluyéndolos y posicionándolos dentro de su tipología de estuarios dominados por el río.

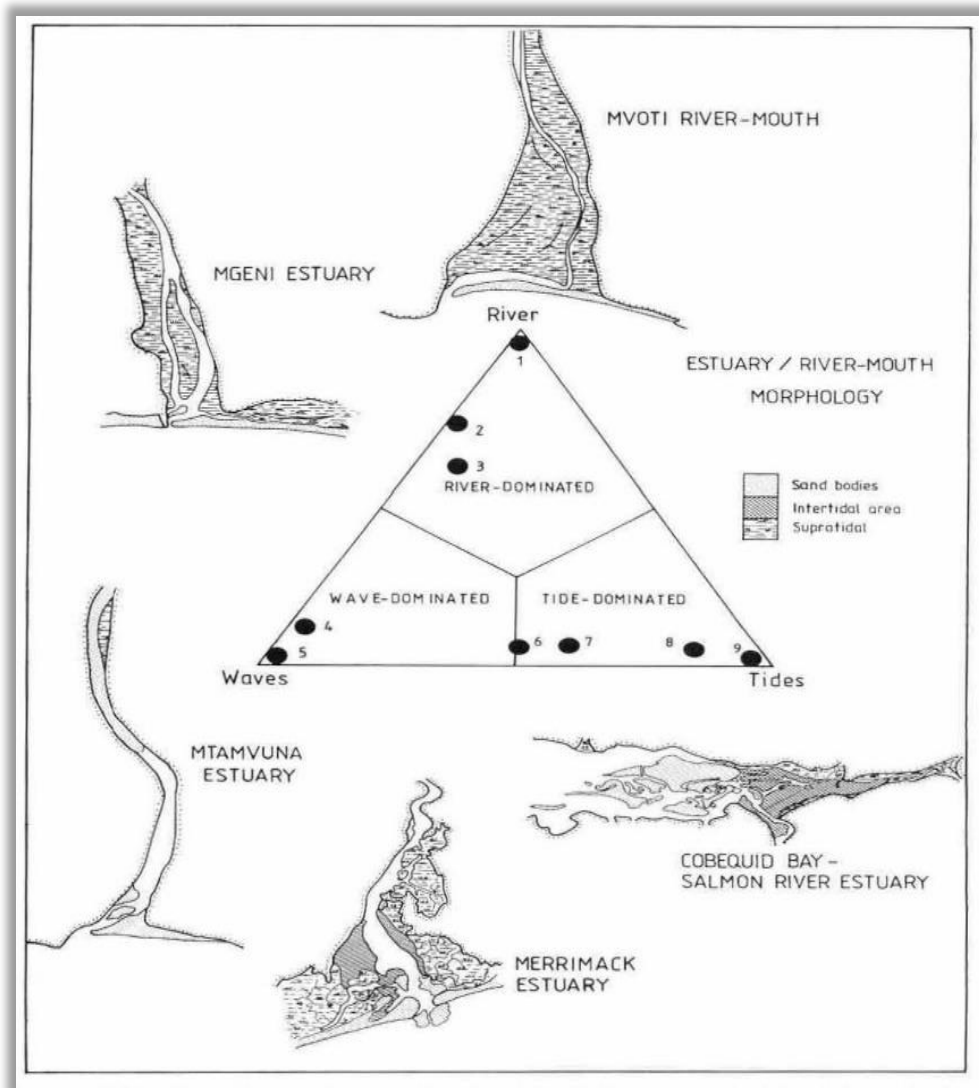


Figura 11: Caracterización conceptual de la morfología estuarina en función de la importancia relativa de los procesos mareales, fluviales y de oleaje. Fuente: Cooper (1993).

Perillo (1995) introduce una clasificación basada en consideraciones tanto genéticas como morfológicas (Figura 12), toma en consideración la clasificación de Pritchard (1960) y Hayes (1975). Establece el concepto de estuarios primarios y secundarios.

- Estuarios Primarios: resultado de los procesos terrestres y/o tectónicos. La acción marina no ha cambiado significativamente su forma original. Se establecen diversos tipos, dependientes del origen del valle y del relieve:

a) *Antiguos Valles Fluviales*: formados por la inundación del mar en los valles fluviales pleistocenos-holocenos durante la última transgresión postglacial. Alcanzan profundidades de 10 metros, alcanzando casos de 20-30 metros en la boca. De acuerdo a sus relieves costeros se dividen en dos subcategorías: *Estuarios de Planicie costera* (costas de relieve bajo

producidas por el relleno sedimentario del río). Y *Rías* (antiguos valles fluviales desarrollados en costas de alto relieve, como montañas y acantilados).

b) *Antiguos Valles Glaciales*: asociados a latitudes altas, donde el ancho del valle es relativamente uniforme y su sección transversal tiene forma de U. Posee un umbral poco profundo cerca o en la boca del estuario, el cual cierra parcialmente el valle. En función de sus relieves costeros han sido categorizados en: *Fiordos* y *Fiardos*.

c) *Estuarios de influencia fluvial*: se refiere a los estuarios formados por ríos con alta descarga, en los cuales el valle no ha sido inundado por el mar. Donde los tramos inferiores del río son afectados por las mareas. Se dividen en: *Estuarios influenciados por mareas* (la intrusión salina es limitada solo a la boca y no se considera dentro del valle del río). Y *Estuarios de frente de delta* (corresponde a los estuarios encontrados en las porciones de deltas afectados por la dinámica de mareas y/o la intrusión salina).

d) *Estuarios estructurales*: Los valles dan respuesta a los procesos neotectónicos como fallas, rebote postglacial, isostasia, vulcanismo, entre otros, ocurridos desde el Pleistoceno hasta ahora.

- *Estuarios Secundarios*: Su forma se debe a los procesos marinos que afectaron la descarga fluvial desde que el nivel del mar alcanzó su posición actual.

a) *Lagunas Costeras*: localizadas en valles fluviales de costas de relieve muy bajo, con rangos de marea de poca amplitud y descargas fluviales pequeñas. La dinámica está afectada por los vientos y el transporte de sedimentos litorales los cuales pueden llegar a construir una barrera que cierre la laguna.

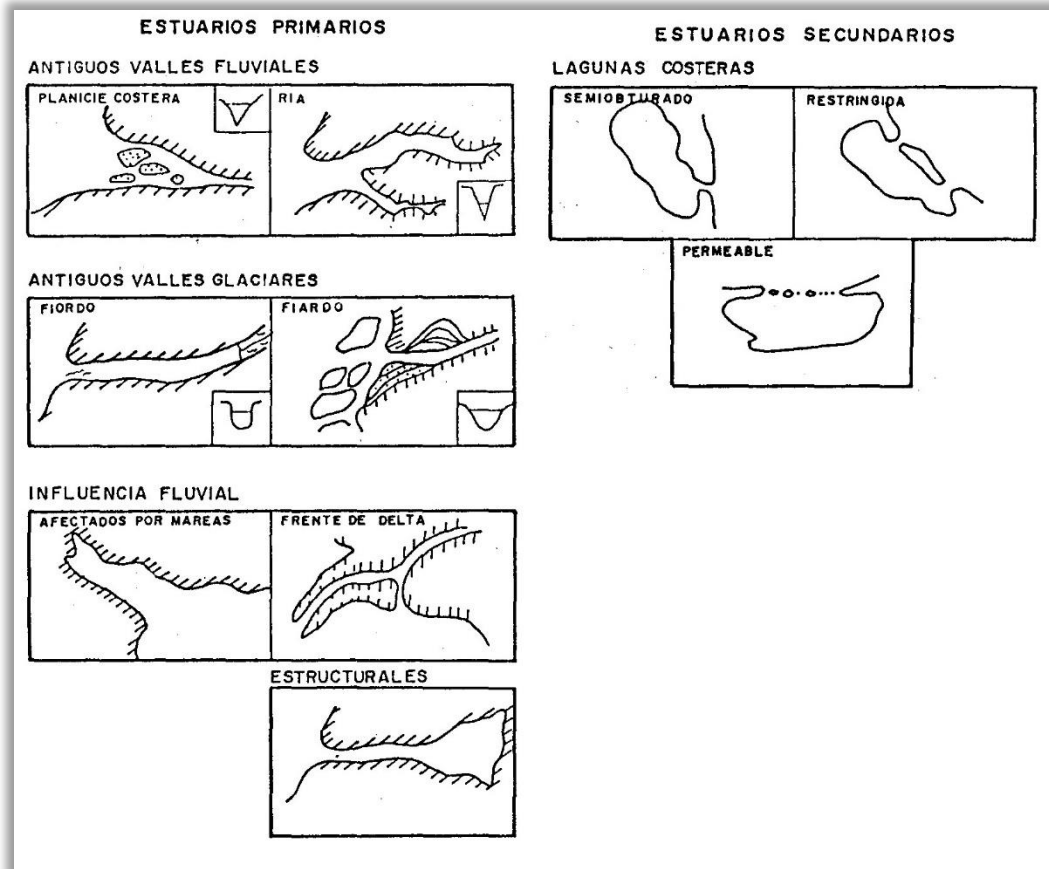


Figura 12: Clasificación morfogenética de estuarios. Fuente: Perillo (1995).

Bird (2008) complementa la clasificación y apreciaciones entregadas por Cooper (1993) diferenciando tres tipos de estuarios dominados por las mareas:

- Estuario micromareal: está dominado por el viento que genera las olas y las corrientes de los ríos que se descargan en el canal. Posee una zona intermareal, relativamente estrecha, bancos de arena, y un umbral de arena y cuña salina que se mueve en y al margen de las mareas.

Estuario mesomareal: posee fuertes corrientes de marea, una zona intermareal más amplia, puede poseer marismas, y múltiples canales de meandros y arroyos. Los meandros de marea pueden ser una respuesta al movimiento aguas arriba y la deposición de los sedimentos del fondo que impiden el flujo de salida de las corrientes de reflujos en los canales.

- Estuario macromareal (o mega mareal): está dominado por las mareas y por las corrientes de marea, por lo general posee una forma de embudo, con una amplia boca y bancos lineales. La forma de embudo es de forma exponencial, decrece en ancho aguas arriba.

2.2. Deltas

Los deltas al igual que los estuarios son medios sedimentarios caracterizados por su complejidad y estar ubicados en la desembocadura de un río dentro del mar (o de un lago). Por lo tanto, el medio sedimentario correspondiente es geográfica y sedimentológicamente intermedia entre la llanura fluvial y la costa (o el lago). Registra las influencias conjuntas o escalonadas del medio continental, de las mareas, de las olas, que pueden generar corrientes litorales y de las tempestades.

Strahler (1989:343) indica que *“los depósitos de barro, limo, arena o grava originados por un río cuando desemboca en una masa tranquila de agua se conocen con el nombre de delta. La disposición está motivada por la rápida reducción de velocidad que experimenta la corriente al penetrar en la masa de agua. Generalmente, el cauce del río se divide y subdivide en cauces más pequeños denominados canales de distribución”*

Perillo (1995) con sus trabajos sobre la morfología y dinámica de los estuarios hace alusión a una posible definición para los deltas, siendo zonas en las que la carga de sedimentos aportada por el río es mayor en comparación con las fuerzas dinámicas que redistribuyen el material. Señala también que los afluentes del delta pueden comportarse como estuarios por sí mismos.

Tal como señala D.S Van Maren (2005) los deltas son el resultado de la interacción y dinámica del suministro y la redistribución de sedimentos por procesos marinos. Las olas aumentan la mezcla de masas de agua dulce y agua salina en el frente de la boca del río y por lo tanto causan una disminución en el flujo de velocidades de salida y expansión lateral de la salida del río. Esto reduce efectivamente la capacidad de transporte desde la salida donde fluyen los efluentes y se genera deposición cercana a la desembocadura del río. El efecto más pronunciado es la existencia de una clasificación y reelaboración de los sedimentos fluviales depositados previamente que se transforman en las características costeras generadas por las olas como: barreras, las playas arenosas lobuladas, o costas cuspidadas (son más o menos paralelas a la tendencia principal de la línea de costa) y el desarrollo de barras intermareales en el frente del delta.

Para Boggs (2006) los deltas son de gran importancia, y los considera como: protuberancias litorales de carácter discreto, donde los ríos entran en océanos, mares semicerrados, lagos o lagunas donde ocurre un suministro de sedimentos más rápido de lo que pueden ser redistribuidos por los procesos de la cuenca. Además indica que los deltas se forman en grandes sistemas de drenaje, con una gran carga activa de sedimentos.

Otros autores como Syvitski & Saito (2007) indican que la arquitectura de los sistemas de deltas son controlados por la interacción entre las condiciones de contorno y los factores de forzamiento:

- El suministro de los sedimentos de la carga de fondo del río y carga suspendida, un reflejo de las características del drenaje de la cuenca, la descarga del agua y los sedimentos que ceden el paso.
- El espacio de alojamiento, controlado por las fluctuaciones del nivel del mar, la batimetría de la costa, la tectónica, los hundimientos, la compactación e isostasia.
- La energía costera, a través de la influencia de las olas y las mareas.
- Diferencias entre las densidades de los efluentes y el recibimiento de las aguas.

Los deltas se han construido por los sedimentos que transportan los ríos, llenando la boca del río y ahogando los valles por la inmersión marina del Holoceno. Bird (2008) indica que esta forma deposicional sobresale del esquema general de la línea de costa y se han formado por la tasa de acumulación de sedimentos en la desembocadura del río, superando en velocidad a la de los sedimentos que se erosionan y se dispersan por las olas y las corrientes mareales. El volumen de sedimento depositado en los deltas a nivel mundial en el Holoceno es enorme, pero en conjunto ocupan solo alrededor del 1% del litoral mundial.

Los deltas se van construyendo en la desembocadura de los ríos y aportan considerables cantidades de sedimentos y para ello Gutiérrez (2008:421) señala que *“necesitan grandes cuencas de drenaje, en las que el clima, la geología y la topografía juegan un importante papel, pero también los deltas nutren de sedimentos movilizados y depositados por corrientes litorales”*.

Aguilera *et al.* (2009:525) define a los deltas como *“formaciones originadas por acumulación de materiales en la desembocadura de ríos caudalosos, solo modeladas por acción marina en su borde externo. Los elementos más gruesos que el río transporta son depositados cuando la corriente, al llegar al mar pierde velocidad. Van formando capas de fondo y frontales sobre las que, ya de forma subaérea, se deposita en las capas superiores”*.

En cuanto al término de delta, éste fue ideado por el griego Herodotus en el siglo V Antes de Cristo para describir las tierras bajas en la desembocadura del río Nilo, las cuales se parecían a la letra griega. Bird (2008) señala que se convirtió en un concepto geomorfológico ya que respondía a la formación en la boca de los ríos hacia el mar.

2.2.1. Delta estuarial

Davies (1977, en Araya Vergara, 1981) utiliza el concepto de *continuum* para indicar las distintas fases de cambio que experimentan las desembocaduras, mediante su evolución morfológica, crea el término de *delta estuarial* (el cual más tarde también utiliza Araya Vergara como *delta en ría*). Este concepto es utilizado para indicar que existen individuos costeros que no son reconocidos como deltas, ni tampoco como estuarios, ya que se posicionan en una fase transitoria entre ambos tipos de desembocadura.

Por su parte, Dalrymple *et al.* (1992) plantean un esquema evolutivo de sistemas costeros que explica, como formas costeras estuariales, pueden derivar a formas deltaicas o a costas progradadas no deltaicas, y viceversa, tras experimentar variaciones en el nivel del mar. El esquema tiene forma de prisma triangular, donde la primera cara de sus extremos representa a los estuarios, y la última, representa a los deltas. Existiendo entre ellas, esta mezcla y composición de fases intermedias entre estuario a delta (Figura 13).

Arriagada (2005) destaca que la expresión *delta estuarial* (entendido como acumulación de bancos que crecen desde el interior de la ría hacia el mar) se aplica a un delta desarrollado dentro de un estuario, y que se hace necesario buscar la forma del terreno sobre la cual se desarrolló éste, y entonces se persigue usar un concepto geomorfológico. Así, Araya Vergara (1981) concluye en que esta forma en su expresión más típica comúnmente es una ría; por lo tanto, propone llamar *deltas en ría* a los deltas interiores formados en valles anegados por el mar.

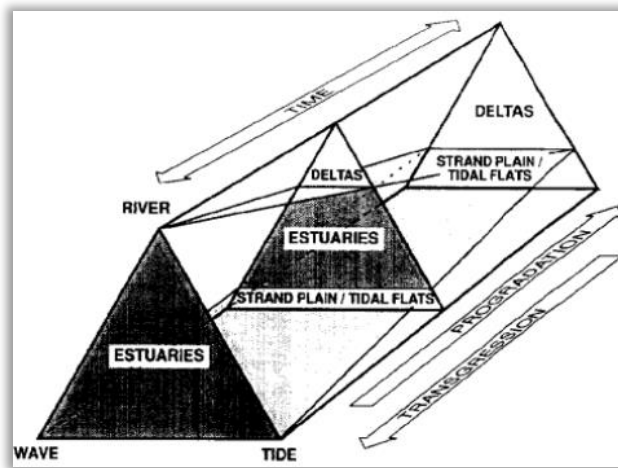


Figura 13: Prisma evolutivo de los ambientes costeros. Fuente: Dalrymple *et al.* (1992).

2.2.2. Componentes Deltaicos

Coleman (1981 en Bird, 2008) señala que la mayoría de los deltas poseen componentes subacuáticas y subaéreas, por encima y por debajo de la línea de baja marea (Figura 14):

- Componente Subacuática: incluye el fondo del mar cerca de la costa y llanura inclinada suavemente a un frente de delta con mayor pendiente que la disminución de la parte delantera del *prodelta* (que es más plano en el fondo del mar). Estas características se han formado gran parte por el depósito de sedimentos por los que fluye hacia los ríos. El tamaño del material va disminuyendo, teniendo arena y limo en el fondo del mar cercano a la costa y arcilla en el *prodelta*. Sin embargo el llano del fondo del mar cercano a la costa puede incluir segmentos recortados por la acción de las olas y la erosión marina.

- Componente Subaérea: Cualquier formación sobre el nivel del mar, consiste en una *llanura deltaica* superior y otra inferior “*La primera, se ha formado por aporte de sedimentos aluviales por encima de la marea alta y, en la inferior, el canal fluvial se convierte en mareal, con una red de distributarios que pueden alcanzar la costa en el frente deltaico*” (Gutiérrez, 2008:421). En algunos deltas el río se dividen en distributarios que divergen a través del delta, “*estos canales están sometidos a los flujos y reflujos de marea*” (Gutiérrez, 2008:421).

El delta superior llano se ha construido por encima del nivel de marea alta, gracias a la deposición de sedimentos durante los episodios de inundación del río o de las corrientes mareales. Puede incluir diques naturales junto a los cauces fluviales o incluir islas antiguas y altas producto del material. En la llanura del delta inferior el canal del río se convierte en un canal afectado por las mareas, llegando a la costa, y pueden desarrollar marismas, manglares o playas por la acción de las olas en la orilla. También en las franjas costeras puede haber crestas de playa, dunas y crestas sinuosas de arenas más antiguas. En algunos grandes deltas hay zonas activas donde la acreción vertical y progradación hacia el mar continúan, abandonando las zonas en que ya no hay deposición por parte del río, y donde la franja costera puede ir sumergiendo y erosionando. Más allá del frente deltaico se extiende el *prodelta*, caracterizado por una pendiente abrupta y sedimentación de materiales arcillosos hacia el mar (subacuático). Estos sedimentos finos son muy inestables y suelen sufrir desplomes. El crecimiento progradante del delta da origen a un lóbulo deltaico, que necesita para su generación subsidencia y un aporte de sedimentos capaz de compensarla.

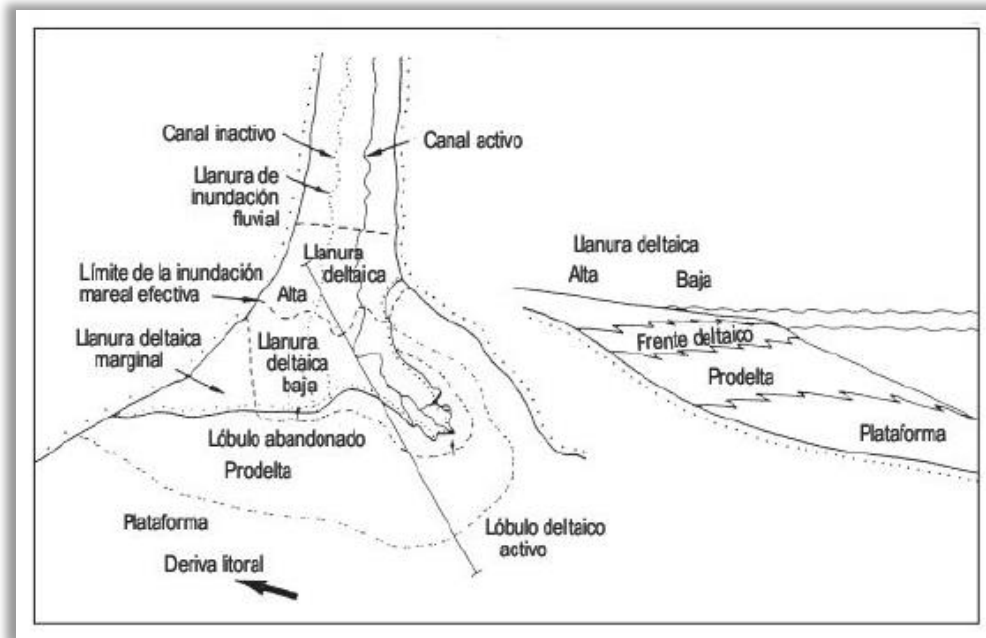


Figura 14: Componentes de un sistema deltaico (modificado de Coleman y Prior, 1980) y sección idealizada (Dabrio y Zazo, 1988). Fuente: Gutiérrez (2008).

2.2.3. Procesos Deltaicos

Bird (2008) determina que la deposición de sedimentos fluviales tiene lugar en y alrededor de la boca de los ríos condicionada por la velocidad del caudal del río, el cual disminuye al entrar el mar, pero la mayoría de los deltas también incorporan sedimentos a la deriva a lo largo de la costa movidos desde el fondo del mar. En general, los sedimentos deltaicos muestran gradaciones de material más grueso (arena) y limo más fino y arcilla aguas abajo a lo largo de canales, como resultado de una disminución en velocidad de flujo.

Los deltas se encuentran en las zonas costeras de varias zonas climáticas. El clima dentro de cuencas fluviales influencia los regímenes de escorrentía y del río, y con la geología y la topografía se determina la naturaleza y la tasa de producción de sedimentos hacia la costa. Existiendo deltas húmedos tropicales que contienen mayor vegetación incluyendo manglares (aunque la vegetación sea removida por las actividades agrícolas). En costas frías y áridas la vegetación deltaica es escasa, y predominan los procesos físicos.

Russell (1967, en Bird 2008) menciona que existen diques naturales que bordean los canales del río en fondos de valle aluviales y deltas, -y están respaldados por baja altitud, a menudo son depresiones pantanosas o inundadas, siendo resultado de la agradación de la llanura.

Cuando el río crece y se desborda el flujo de agua es más rápido a lo largo de la línea del canal del río y mucho más lento en ambos lados para que la carga más gruesa de arena y limo sea llevado por las aguas hacia las zonas inmediatamente adyacentes al cauce del río, donde la velocidad del agua disminuye y sólo las partículas de arcilla más finas son depositadas en el fondo de la llanura del valle. Estas depresiones con depósitos de arcilla producto de las inundaciones, a menudo están ocupadas por vegetación de pantano. En regiones secas, la repetida evaporación de las aguas genera que en pantanos y depresiones se conduzca a una mayor concentración de sal, siendo ocupadas por marismas o pisos salinos sin vegetación. Bird (2008) señala que la deflación de depresiones secas puede conducir a la construcción de dunas de limo o arcilla como en el delta del Senegal en África occidental, y los canales de los ríos que se secan durante períodos de bajo flujo puede proporcionar una fuente de arena arrastrada por el viento de las dunas de sotavento.

En cuanto a los distributarios también señala el autor que se pueden formar por la ruptura de diques naturales durante las inundaciones, particularmente después de la deposición de los sedimentos en el piso del canal. Además la desembocadura del río puede dividirse en dos o más canales por la formación de bancos de arena que crecen como islas. Estos distributarios pueden desaparecer, algunos convirtiéndose en importantes canales de río, siendo estos influenciados por las corrientes de flujo y reflujos de las mareas, manteniendo las desembocaduras. Berendsen (1998 en Bird, 2008) aclara que cuando el rango de marea es grande, los distributarios del delta pueden ampliarse hacia el mar transformando su forma en embudo.

Los procesos en la boca del río dependen en parte de la profundidad del agua cercana a la costa, de la velocidad de la descarga, la cual va disminuyendo en aguas poco profundas a causa de la fricción en el fondo del lecho. Bird (2008) indica que el sedimento fluvial se deposita cuando la corriente se afloja, formando una o más barras en formas que van a depender netamente del tipo de descarga.

En los deltas, donde las ramas principales de los ríos son distributarios, la progradación es por medio de la sedimentación en y alrededor de la boca de éstos canales, sobre todo durante las inundaciones de los ríos. Las olas y las corrientes pueden propagar los sedimentos a lo largo de la costa, ordenándolas en playas de arena y separando los sedimentos más finos para instalarse en las lagunas y pantanos o dispersarse hacia el mar. Cuando el rango de marea aumenta, las mareas penetran impidiendo y revirtiendo la descarga río arriba y causando más flujo hacia los bancos y los depósitos.

2.2.4. Tipos de Delta

La clasificación para organizar la morfología de los deltas resulta por la comprensión de los sedimentos a través del transporte dinámico. Syvitski & Saito (2007) indican que un problema importante asociado con estos sistemas ha sido la obtención consistente de datos sobre los deltas a nivel mundial. Clasificaciones más recientes como la de Orton & Reading (1993, en Syvitski & Saito, 2007) han añadido complejidad mediante la inclusión de la influencia de tamaño de grano y los datos que se pueden sacar gracias a las olas y mareas. Dalrymple *et al.* (1992) & Postma, (1995 en Syvitski & Saito, 2007) indican que existe impacto de la variación del nivel del mar, o la profundidad de los depósitos en alta mar. Se reconoce que los factores que afectan la morfodinámica pueden variar en el tiempo y el espacio (Correggiari *et al.*, 2005, en Syvitski & Saito, 2007). Por ejemplo, un delta puede comenzar su vida como un sistema dominado por las mareas, pero más tarde evolucionar a un sistema dominado por las olas a medida que avanza la plataforma continental. Varios medios de distributarios de un delta también pueden ser diferencialmente influenciados por la descarga del río y la acción de las olas y las mareas (Restrepo *et al.*, 2002; Bhattacharya y Giosan, 2003 en Syvitski & Saito, 2007).

La clasificación de los deltas por Galloway (1975) es la más aceptada y representa en un diagrama ternario la morfología de los deltas en función del aporte fluvial de sedimentos, energía de las olas y de las mareas (Dabrio, 1984 en Gutiérrez, 2008). Tal como se aprecia en la Figura 15, la clasificación consiste en:

- Delta de dominio fluvial: se caracterizan por grandes cuencas fluviales, descargas de los ríos en mares protegidos con olas de poca energía y pequeño rango mareal. Se depositan barras digitadas de arena que progradan rápidamente mar adentro (delta del Mississippi).
- Delta de dominio del oleaje: están afectados por oleajes de mar de fondo en océano abierto, en los que se producen barras arqueadas.
- Deltas de dominio mareal: se singularizan por su amplio intervalo mareal y desarrollan un complejo sistema de manglares, llanuras y bajíos arenosos.

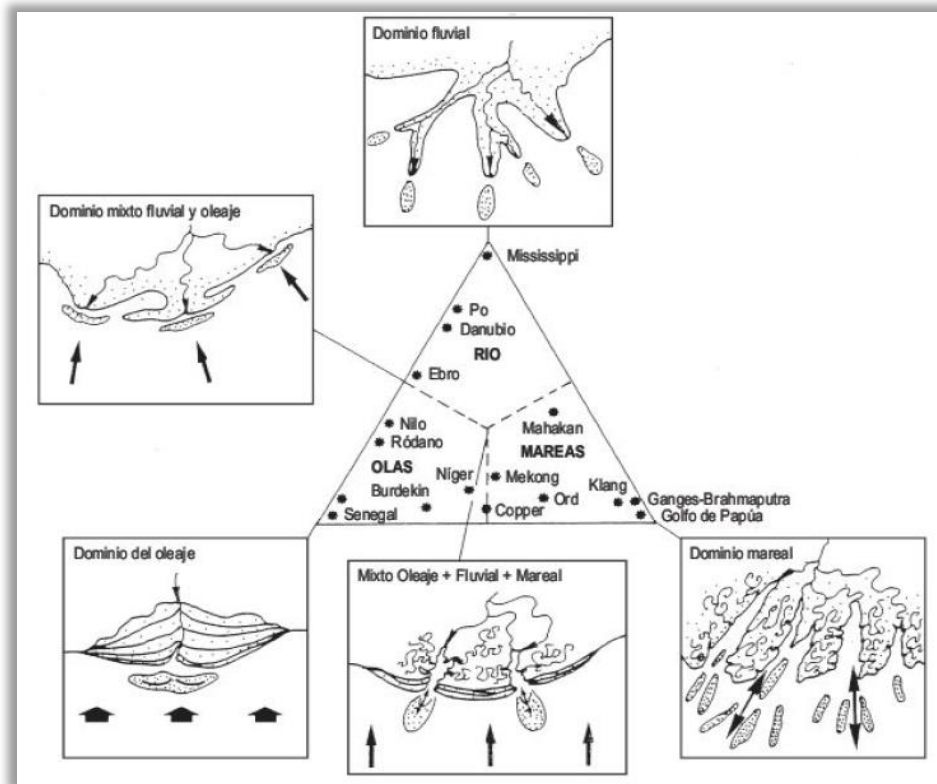


Figura 15: Clasificación ternaria de tipos deltaicos, basada en el régimen del frente deltaico (Galloway, 1975, Elliot, 1986). Fuente: Gutiérrez (2008).

McPherson (1987) indica la existencia de *fan-deltas* y *braid deltas*:

- *Fan-Delta*: La componente subaérea comprende facies principalmente de material aluvial, seguido por flujo de detritos y depósitos de canales *braided*. Producen pequeños cuerpos sedimentarios (unos pocos kilómetros). Presentan una alta variabilidad en patrones de paleocorrientes y cambios abruptos en las facies sedimentarias. Los depósitos son generalmente granos gruesos (con grandes clastos de gran tamaño), muy poco clasificados, ricos en matriz, poseen baja porosidad y permeabilidad. La característica fundamental de un *fan-delta*, es comprender que se trata de un abanico aluvial que se va depositando y prograndando hacia el agua (mar o lago).

- *Braid Delta*: En contraste al *fan-delta*, tienen un componente subaéreo que consiste totalmente de canales *braided* (trenzado) o llanura *braid*. Sus depósitos muestran una mejor clasificación, redondez y orientación que los clastos y sedimentos de un *fan-delta*. Los sedimentos cargan una matriz fangosa, que posee clastos con buena selección en las barras deltaicas. El trayecto del *braid-delta* es altamente continuo (decenas a cientos de kilómetros cuadrados).

McPherson (1987) realiza un modelo esquemático que ilustra la deposición y ajustes de los deltas de grano grueso (Figura 16), la cual incluye (A) *Fan-delta*, (B) *Braid delta* con fuente de material montañoso, (C) *Braid delta* coalescente, relacionados con una amplia llanura *braid*, y (D) *Braid delta* coalescentes, con material de origen fluvio-glacial.

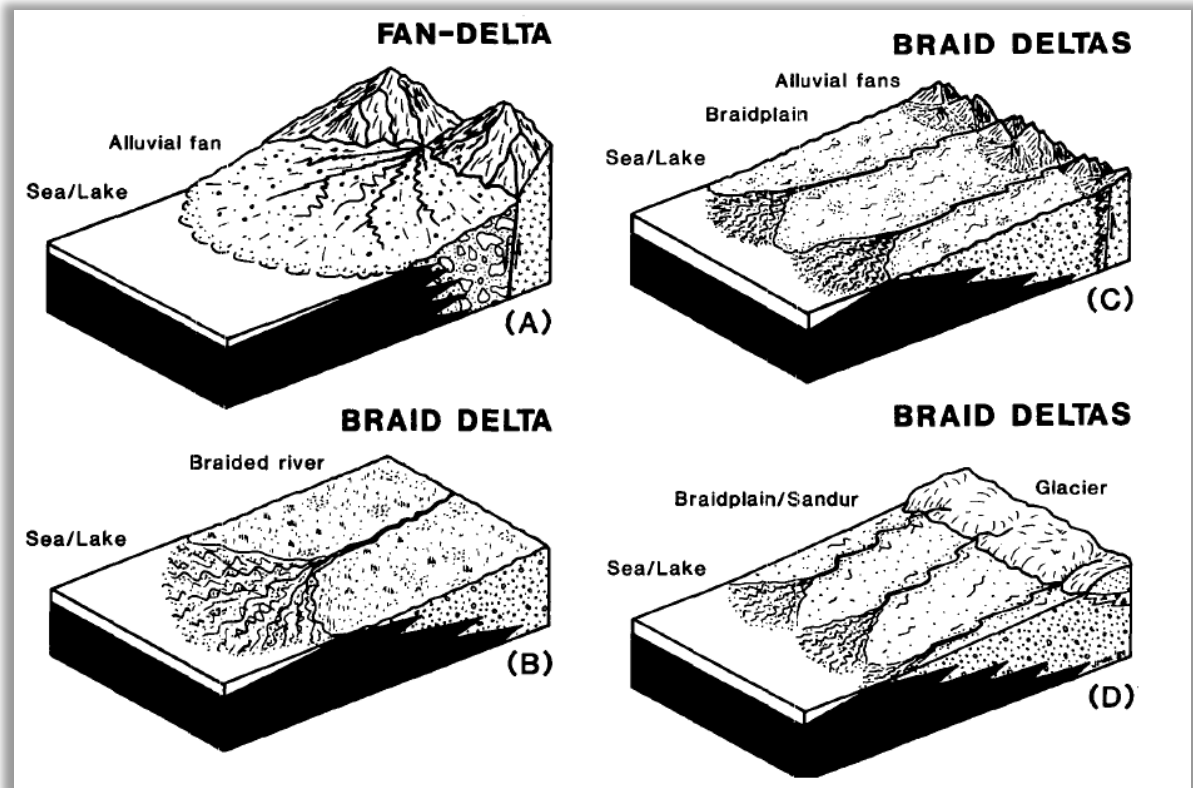


Figura 16: Modelo Esquemático, tipos de delta. Fuente: McPherson (1987).

Nemec (1990) clasifica los deltas en aluviales y no aluviales:

- *Fan-Delta* (Delta Aluvial): existe un creciente interés por los “*fan deltas*” o la variedad de deltas construidos por abanicos aluviales, aunque el énfasis es hacia el sistema de alimentación del delta en sí. Para determinar entre un delta alimentado por un río (delta común) y un *fan-delta* (aluvial), es crucial reconocer la influencia directa ya sea de un río o de un abanico aluvial como principal proveedor del sedimento.

- Delta no aluvial: si se acepta, que los deltas no necesariamente están formados por los ríos, o de sistemas aluviales, entonces se debe proporcionar un espacio para entender lo no-aluvial. En esta clasificación entran en juego los deltas piroclásticos y deltas de lava, son costas formadas por los flujos piroclásticos y de lava respectivamente. También existen los deltas del tipo mixto, que Bird (2008) señala que contienen dos tipos de depósitos volcánicos y otros pueden estar conformados por lahares o por corrientes derivadas de un aluvión. Las

costas volcánicas son características en muchas islas-arcos o volcanes insulares aislados que han establecido sus cráteres. Bird (2008) toma como ejemplo lo que sucede en Hawai e Islanda, donde la lava ha avanzado sobre el fondo marino. Muchos deltas de lava obviamente poseen cantidades significativas de lava y de depósitos volcánicos. También hay casos en que en las zonas costeras existe un sistema progradante por la acción de un sistema dunar eólico. Un espectacular ejemplo que nombra Bird (2008) son los grandes “deltas eólicos” que han progradado en el lago salino Ounianga Serir, Sahara.

Xue & Galloway (1991) presentan una clasificación, entendiendo la existencia de un delta normal, un *fan-delta* (aluvial) y un *braid-delta* (delta trenzado), ya que existen tres procesos básicos que determinan la geometría del delta: (1) La entrada de sedimentos, (2) El flujo y energía de las olas (3) El flujo y energía de las mareas. Estos tres tipos de delta comparten los mismos procesos deposicionales, similares a los de un aluvión o la progradación fluvial, por lo mismo los autores en su clasificación hacen hincapié que son parte de un espectro continuo, creando una clasificación tripartita que se presenta en la siguiente imagen (Figura 17), que refleja el impacto combinado tanto de la acción fluvial, mareal y de las olas.

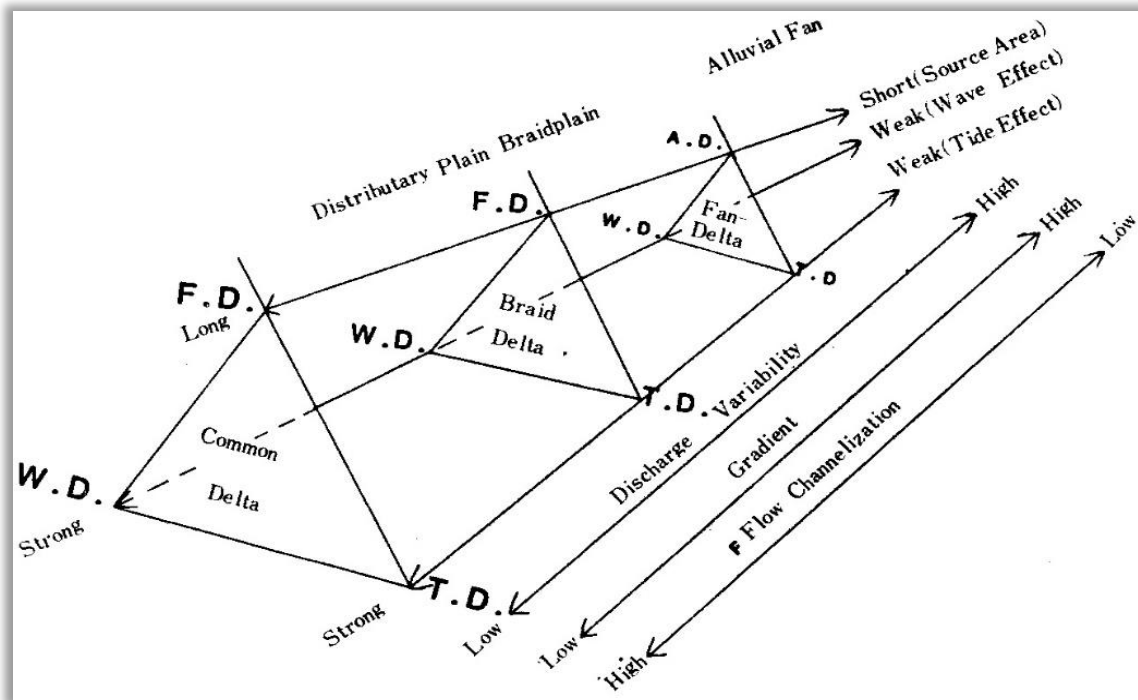


Figura 17: El espectro continuo de los sistemas delta. F.D. = Dominio Fluvial; W.D. = Dominio de Olas; 0, T.D. = Dominio mareal. Fuente: Xue & Galloway (1991).

Boggs (2006) diferencia y clasifica los sistemas deltaicos en relación a la influencia directa de la acción fluvial, mareal y del oleaje:

- Delta dominado por la acción fluvial: son los primeros en ser estudiados, tienen formas generalmente lobuladas, cuando se acumulan en zonas costeras someras, o alargados cuando se edifican en aguas más profundas. La mayoría de los deltas antiguos son del tipo lobulado, presentando características sedimentológicas comunes. Los canales distributarios del delta forman una red ramificada a partir del río principal, son estrechos y de sinuosidad débil, cuando el río cambia de cauce y deja de pasar por un canal, este es rellenado por arenas fluviales, las cuales forman cuerpos estrechos y alargados.

- Delta dominado por las mareas: se forman cuando las corrientes de marea son más fuertes que las salidas de los ríos, estas corrientes bidireccionales pueden redistribuir sedimentos en la boca del río, produciendo un llenado de arena.

- Delta dominado por las olas: cuando una costa presenta un fuerte oleaje, provoca una rápida difusión y la desaceleración de la salida del río produce constricción o desvía las desembocaduras del río. Los depósitos de la boca del río son producto de la acción del oleaje y se distribuyen a lo largo del frente del delta por las corrientes litorales que configuran las playas y barras de la línea litoral.

Para Bird (2008) la clasificación de los deltas se basa en la acción que domina los procesos dentro del sistema deltaico: diferenciando deltas dominados por las mareas, y por el oleaje:

- Delta dominado por las mareas: la acción de las mareas es imperante en el proceso de sedimentación del delta, diferenciando costas por el rango que poseen las mareas, clasificando las costas deltaicas en micromareales, mesomareales y macromareales:

- Delta Micromareal: baja energía, donde las zonas son poco profundas a la orilla de la costa, disminuyendo a medida que las olas y corrientes van entrando.
- Delta Mesomareal: en el delta sobresalen varias aperturas de distributarios a amplias bocas en la costa debido a la acción moderada del oleaje y las corrientes mareales.
- Delta Macromareal: tienen la forma particular de embudo en la desembocadura del río producido por el flujo y refluo de las corrientes de marea.

- Delta dominado por las olas: se forma un delta que se relaciona a los efectos de las olas y las corrientes, que tienden a dispersar los sedimentos y configurar la costa. La acción de las olas se reduce cuando el agua es poco profunda. Si se tiene un fuerte oleaje incidente, el delta toma formas lobuladas, ya que las olas distribuyen sedimentos arenosos a lo largo de la costa. Los sedimentos entregados a la desembocadura del río se dispersan y ordenan según el oleaje, lo que provoca que la costa deltaica prograda por los *beach cusps* y como se configura la refracción del oleaje en la costa.

2.2.5. Evolución del Delta

Las etapas en la evolución de un delta pueden ser definidas desde el momento en que el mar alcanzó su nivel relativo a la superficie terrestre, y empezó a sedimentarse para llevar la entrada de la boca de un valle, a través del llenado completo de esta entrada y la configuración de una forma de relieve deposicional que sobresale en el mar. Los contornos del delta evidencian el resultado de la deposición y erosión a lo largo de sus costas.

Los deltas siguen progradando debido a que el suministro de sedimentos, principalmente del río, supera su remoción de las olas. Bird (2008) indica que la progradación puede ser impresionante en los mares poco profundos, especialmente en las partes de los deltas tropicales, donde la progradación es de más de 200 m / año. La progradación del delta puede acelerarse por el aumento de suministro sedimentario, debido a la deforestación, el pastoreo o el cultivo imprudente que conduce a la rápida erosión del suelo, o actividades mineras en la cuenca del río. Bird (2000, en Bird, 2008) da como ejemplo al delta Mahakam en Kalimantan, el cual se expandió rápidamente después de la tala de bosques en su captación. Y el rápido crecimiento del delta del río George en una laguna costera de Tasmania producto del aumento de los sedimentos fluviales por la minería del estaño aguas arriba. Por lo que se hace imprescindible entender los efectos antrópicos en la evolución de estos sistemas y su sedimentación.

2.2.6. Costas Deltaicas

Las costas deltaicas pueden avanzar o retroceder, generando distintas formas en las playas, suministradas con arenas o gravas por la acción del río. Los sedimentos que llegan a las costas, son lavados por las aguas poco profundas y la acción del oleaje.

Las playas y barreras construidas por los procesos marinos en las costas de un delta frecuentemente encierran lagunas o pantanos. También se pueden formar islas de barrera a partir de las playas que tienen bordes lobulados. En otros casos algunas playas de delta están respaldadas por dunas, teniendo crestas sinuosas de arena largas y estrechas, sumado a bajas franjas de arena que se han ido depositando por la acción de las olas durante las mareas altas ocasionales o mareas de tormenta.

Cuando la energía de onda es baja en las costas del delta, o en bahías y lagunas y barreras a lo largo de estas costas, hay pantanos de agua dulce y marismas, y en latitudes bajas manglares y pantanos. Si la costa del delta queda expuesta a fuerte acción de las olas (por ejemplo, si hay un aumento del nivel relativo del mar, tal vez debido al hundimiento del delta) la progradación cesa, y estas costas pantanosas pueden ser erosionadas. Alternativamente, una mayor energía de las olas puede ofrecer sedimentos de arena para formar nuevas franjas de playas.

CAPÍTULO 3: PLANTEAMIENTO METODOLOGICO

El propósito principal de esta investigación es caracterizar y analizar el comportamiento y componentes geomorfológicos asociados al *fan-delta* de la localidad de Huinay, considerando como se ha mencionado en el marco teórico los componentes y evolución de las formas deltaicas en la desembocadura del río Huinay- Lloncochaigua. La geomorfología y su caracterización es el eje que dará entendimiento a la configuración espacial y temporal que ha experimentado el *fan-delta* en estudio.

En función del desarrollo y resolución de los objetivos específicos planteados anteriormente, para así resolver el punto central y objetivo general de la investigación se da paso a una serie de procesos que llevan a cabo la resolución de estas interrogantes, los cuales se dividió en tres puntos correspondientes a cada objetivo específico. Para el cumplimiento de dichos objetivos, se abordó información tanto cuantitativa como cualitativa de fuentes primarias y secundarias, obtenidas a distintas escalas y así plasmar los resultados locales asociados al *fan-delta* Huinay.

El método de investigación utilizado en este estudio, se basó en fotointerpretación, análisis inductivo y comparativo de fotografías aéreas e imágenes satelitales de la desembocadura de Huinay, ya que se crea una secuencia espacio-temporal de los estados morfológicos y cambios que ha experimentado dicha desembocadura. El análisis fue complementado con material cartográfico histórico, información levantada en terreno e información bibliográfica de diversas fuentes.

Las salidas a terreno a la estación científica de la Fundación San Ignacio de Huinay consistió principalmente en levantar el estado actual de los componentes del *fan-delta* Huinay, a través de cartas topográficas e imágenes satelitales de *Google Earth Pro 2016*, pertenecientes a los años 2010 y 2015, con GPS se marcaron los puntos más significativos de los individuos y componentes del *fan-delta* para realizar una caracterización de los estados de los lóbulos deltaicos a través de perfiles de elevación longitudinales a la línea de costa. Las salidas a terreno fueron en enero y junio de 2016, evidenciándose los cambios en el comportamiento de las mareas y capacidad de carga del río Huinay y Lloncochaigua producto de las condiciones que se presentan debido a la estacionalidad (verano e invierno).

Con la información obtenida en las distintas instancias, se procedió al análisis espacial de la información mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG), donde los resultados en esta etapa son complementados con el trabajo realizado en terreno y en gabinete, para finalmente realizar un análisis general, a fin de dar respuesta a la hipótesis planteada.

3.1. Identificar y caracterizar los individuos geomorfológicos constituyentes del *fan-delta* Huinay

Para realizar la caracterización geomorfológica asociada al ambiente deltaico de la desembocadura a estudiar, se realizó una revisión bibliográfica y de fointerpretación para crear una clasificación de las formas deposicionales presentes.

3.1.1. Fuente de Información

Se trabajó con Araya Vergara (1981), Dalrymple *et al.* (1992), Arriagada (2005), Arriagada (2009), Bird (2008) y Martínez (2008) estableciéndose la siguiente clasificación de los bancos (formados por gravas y cantos rodados) presentes en el área de estudio, distinguiéndose: bancos medios fluviales, bancos laterales fluviales, bancos vegetados, bancos vegetados estabilizados. Luego se caracterizó los componentes deltaicos tanto subaéreos (lóbulos subaéreos) como subacuáticos (proyección con línea segmentada en las cartografías) del *fan-delta* en cuestión, gracias a las apreciaciones y trabajos de: Coleman (1981 en Bird, 2008), McPherson (1987), Nemec & Steel (1988), Nemec (1990), Xue & Galloway (1991), Boggs (2006), Bird (2008), Gutiérrez (2008) y Bell (2009). Estos autores también son la base teórica para determinar los componentes deltaicos en los perfiles realizados para el *fan-delta* Huinay.

Para la realización del análisis granulométrico de las 4 muestras tomadas en terreno *del fan-delta* Huinay (cada una de ellas con un peso de 100 gramos), se usa la ficha normalizada de acumulación porcentual con la información de arena muy fina (0.125– 0.063 mm.) a arena muy gruesa (2.0- 1.0 mm.), luego se interpreta la curva de frecuencia acumulativa mediante su visualización cualitativa. Existiendo tres tipos de curvas, que permiten la interpretación de su forma. Pudiendo ser:

- a) Curva Sigmoidal: tienen forma en S más o menos tendida, son indicativas de un sedimento bien seleccionado (con una marcada concentración del material arenoso en los tamices intermedio de la columna) y resultan de acumulaciones libres depositadas por disminución de la competencia del medio de transporte (Araya Vergara, 2011).
- b) Curva Parabólica: son propias de acumulaciones forzadas o de transporte incompleto, cuya configuración se debe a una dinámica particular del agente de transporte conforme a la cual las partículas más finas son arrastradas o continúan su transporte aguas abajo mientras que las de mayor calibre, a partir de un determinado tamaño, se depositan masivamente (Araya Vergara, 2011).

- c) Curva Logarítmica o Sensiblemente Rectilínea: presenta forma básicamente rectilínea y más o menos inclinada, expresan una distribución relativamente homogénea en cuanto a tamaño de la fracción arenosa, de modo que se encuentran cantidades similares de arena en todos los tamices. Indican ausencia de selección del material, lo que es propio de productos de alteración o desagregación y de sedimentos no evolucionados y mal clasificados (Araya Vergara, 2011).

Con la curva de frecuencia acumulada, se puede realizar lectura de los siguientes percentiles y cuartiles: ϕ 5, ϕ 16, ϕ 25 (cuartil), ϕ 50 (mediana), ϕ 75 (cuartil) ϕ 84 y ϕ 95. Con esta lectura se logró obtener los parámetros estadísticos según Folk & Ward (1957): Media, desviación estándar, asimetría y curtosis.

- a) Media: la cual indica el tamaño promedio del total de los granos (sedimentos). Sus valores explican la naturaleza y condiciones de depósito de los sedimentos. Siendo influenciado por parámetros como velocidad del agente de transporte, forma, composición, durabilidad y naturaleza de la resistencia de los sedimentos durante el transporte. El tamaño de grano será mayor, a mayor aporte de energía a los sedimentos. Así el valor de la media de los sedimentos actúa como un índice de medida de abrasión y agotamiento (Folk & Ward, 1957).

La media se puede calcular a través de la siguiente fórmula:

$$Mz = \frac{\phi 84 + \phi 50 + \phi 16}{3}$$

- b) Desviación Estándar o Selección: representa el grado de selección granulométrica. La selección es más baja cuanto mayor intervalo de grados estén involucrados en la distribución granulométrica. Refleja el tipo de agente de transporte y es una medida de su grado de fluidez o viscosidad (Folk & Ward, 1957). La selección tiene la siguiente expresión matemática:

$$\sigma = \frac{\phi 84 - \phi 16}{4} + \frac{\phi 95 - \phi 5}{6,6}$$

La siguiente tabla (Tabla 1), establece la clasificación para los parámetros establecidos por Folk & Ward (1957).

Tabla 1: Designaciones para los valores de Desviación Estándar o Selección

Rango σ	Designación
<0,35 φ	Muy bien seleccionado
0,35 a 0,50 φ	Bien seleccionado
0,50 a 0,71 φ	Moderadamente seleccionado
0,71 a 1,0 φ	Mal seleccionado
2,0 a 4,0 φ	Muy mal seleccionado
>4,0 φ	Extremadamente mal seleccionado

Fuente: Folk & Ward (1957).

- c) **Asimetría o Simetría:** corresponde a la asimetría de una distribución granulométrica, traduciendo la posición de la mediana en relación a la media aritmética (Folk & Ward, 1957). Considerando entonces que un valor positivo de la asimetría indica un exceso de partículas finas. En cambio, una asimetría negativa significa un exceso de partículas gruesas.

La asimetría se calcula gracias a la siguiente fórmula:

$$S_k = \frac{\varphi_{84} - \varphi_{16} + 2 \varphi_{50}}{2 (\varphi_{84} - \varphi_{16})} + \frac{\varphi_{95} - 2 \varphi_{50}}{2 (\varphi_{95} - \varphi_5)}$$

Se estableció la clasificación de asimetría (Tabla 2) para los parámetros establecidos por Folk & Ward (1957).

Tabla 2: Designaciones para los valores de Simetría

Sk	Designación	
	Matemáticamente	Gráficamente
+1,00 a +0,30 φ	Muy asimétrica positiva	Muy negativa
+0,30 a +0,10 φ	Asimétrica positiva	Negativa
+0,10 a -0,10 φ	Simétrica	Simétrica
-0,10 a -0,30 φ	Muy asimétrica negativa	Positiva
-0,30 a -1,00 φ	Muy asimétrica negativa	Muy positiva

Fuente: Folk & Ward (1957).

- d) Curtosis: es una medida de comparación del cociente entre la clasificación de los sedimentos de la dispersión de la parte central y la dispersión de los extremos de la distribución de curva de frecuencia. La distribución leptocúrtica (punteada) posee mejor selección en el centro que en los extremos de la distribución. Lo inverso sucede en la distribución platicúrtica (forma más plana en el centro) (Folk & Ward, 1957).

La curtosis se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$K_g = \frac{\varphi_{95} - \varphi_5}{2,44 (\varphi_{75} - \varphi_{25})}$$

Se establece la clasificación de curtosis (Tabla 3) para los parámetros establecidos por Folk & Ward (1957).

Tabla 3: Designaciones para los valores de Curtosis

Kg	Designación
>0,67 φ	Muy platicúrtica
0,67 a 0,90 φ	Platicúrtica
0,90 a 1,11 φ	Mesocúrtica
1,11 a 1,50 φ	Leptocúrtica
1,50 a 3,00 φ	Muy leptocúrtica
>3,00 φ	Extremadamente leptocúrtica

Fuente: Folk & Ward (1957).

3.1.2. Instrumentos y Método

Básicamente se trabajó en base a la fotointerpretación y análisis de fotografías aéreas (año 2015 *software: Google Earth pro 2016*), para la realización de las cartografías (formas deposicionales y componentes deltaicos) se trabaja con el *software ArcGis 10.2*. Además con el trabajo realizado en terreno, se realizan perfiles paralelos a la línea de costa en condiciones de bajamar y pleamar, contando con la información de la altura y distancia del tramo realizado gracias a puntos GPS georreferenciados, luego se procesan los datos en el *software Excel* y se generan dichos perfiles. Posterior al procesamiento de las muestras sedimentarias en laboratorio, se utiliza el *software Excel* para el análisis estadístico, tablas y generación de gráficos de los aspectos granulométricos de las 4 muestras de material sedimentario del *fan-delta*.

3.2. Analizar las condiciones de oleaje, mareas y batimetría asociados al contexto geográfico del *fan-delta* de Huinay

Con un trabajo de gabinete y revisión bibliográfica se recopiló información que define las condiciones de oleaje, variación mareal y batimetría que configuran el *fan-delta* Huinay.

3.2.1. Fuente de Información

Para las condiciones de oleaje y oceanografía se extrajo información de la Fundación San Ignacio de Huinay sobre densidad, temperatura y condiciones de viento. En cuanto a las mareas, se trabajó con la tabla de mareas generadas por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA), en específico para la estación de Puerto Montt (el cual será considerado como puerto patrón, por su cercanía al área de estudio), lo que permitió generar mareogramas tanto mensuales como diarios, los cuales indican la variación mareal que presenta la localidad de Huinay. Para definir la condición mareal que afecta al *fan-delta* de estudio, se utilizó la clasificación de Hayes en 1975 (en Perillo, 1995) basada en las variaciones del rango de marea (H): *micromareales* ($H < 2$ m), *mesomareales* ($2 < H < 4$ m) y *macromareales* ($H > 4$ m). Para la batimetría se trabajó con modelos digitales en SIG y la carta náutica del Estero Comau, edición 1999, del SHOA entregada por la estación científica de la Fundación San Ignacio de Huinay, generando una carta batimétrica del fiordo Comau y analizando lo que provoca la profundidad en los procesos de sedimentación y avance del *fan-delta*.

3.2.2. Instrumentos y Método

A través del procesamiento de los datos entregados por el SHOA sobre mareas, con la herramienta *Excel*, se generaron los distintos diagramas para los rangos de marea presentes en Huinay. En cuanto a generar la carta batimétrica se trabaja con los *softwares: Google Earth pro 2016* y *ArcGis 10.2* mediante procesamientos de análisis 3D para representar la profundidad en metros del fiordo Comau.

3.3. Analizar comparativa y secuencialmente los diversos cambios y tendencia evolutiva experimentada entre los años 1982-2015 en el fan-delta

Para el análisis comparativo y secuencial el método investigativo corresponde a fotointerpretación, digitalización del material gráfico, análisis inductivo y comparativo de fotografías aéreas e imágenes satelitales del *fan-delta* localizado en Huinay, creando una secuencia espacio-temporal de los estados morfológicos experimentados por este. Este análisis fue nutrido por material cartográfico histórico, información levantada en terreno e información bibliográfica del sector.

3.3.1. Fuente de Información

La secuencia evolutiva del *fan-delta* corresponde las fotografías aéreas e imágenes satelitales, las cuales están detalladas en la Tabla 4.

Tabla 4: Material utilizado para análisis secuencial evolutivo del fan-delta Huinay

N°	Tipo de Material	Fuente	Fecha	Temporada
1	Fotografía Aérea	SAF	1982	Sin información
2	Imagen Satelital	USGS (Landsat 5)	1985	Invierno
3	Imagen Satelital	USGS (Landsat 5)	1988	Primavera
6	Fotografía Aérea	SAF	1997	Verano
7	Imagen Satelital	USGS (Landsat 5)	2000	Otoño
8	Imagen Satelital	USGS (Landsat 5)	2004	Verano
9	Fotografía Aérea	SAF	2006	Verano
10	Imagen Satelital	Google Earth Pro 2016	2010	Otoño
11	Imagen Satelital	USGS (Landsat 7)	2013	Invierno
12	Imagen Satelital	Google Earth Pro 2016	2015	Verano

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Como material complementario, los esquemas evolutivos del *fan-delta* Huinay fueron comparados con distintas cartografías existentes para el sector de estudio (Tabla 5).

Tabla 5: Material complementario para análisis secuencial evolutivo del fan-delta Huinay

N°	Planos y Cartas	Escala	Fuente	Año
1	Carta Topográfica: Castro	1:250.000	IGM	1995
2	Carta Náutica: Estero Comau	1:50.000	SHOA	1999
3	Carta Topográfica: Huinay	1:50.000	IGM	2010
4	Carta Topográfica: Chaitén	1:250.000	IGM	2010

Fuente: Elaboración propia, 2016.

3.3.2. Instrumentos y Método:

Siendo los instrumentos y métodos, la fotointerpretación a través de los *softwares: Google Earth pro 2016 y ArcGis 10.2* y el trabajo con estereoscopia de las líneas de vuelo y fotografías del SAF.

Con la caracterización de la evolución del *fan-delta* se elaboraron 3 bloques diagramas que representan los cambios y componentes deltaicos (para los años 1982, 1997 y 2015), siguiendo los modelos esquemáticos trabajados por Nemec & Steel (1988), Nemec (1990), Bird (2008), Gutiérrez (2008) y Bell (2009).

Luego del análisis de los estados morfológicos presentados en el desarrollo de este objetivo específico, se pudieron establecer aspectos fundamentales asociados al comportamiento morfodinámico y tendencia evolutiva de éste. A través de un esquema evolutivo se resumieron los cambios morfológicos más importantes experimentados en el transcurso de los años 1982 a 2015, asociado a los procesos generales de erosión o acreción del *fan-delta*. Esto permite proyectar las implicancias o posibles consecuencias que traerá consigo la construcción de la carretera austral tramo de Pichanco-Huinay-Vodudahue en las cercanías del *fan-delta* en estudio sumado al evidente cambio climático. Este trabajo se llevó a cabo gracias a la utilización de los *softwares: Google Earth pro 2016 y ArcGis 10.2* teniendo como producto: el análisis final de todos los resultados cartográficos obtenidos.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

4.1. Individuos geomorfológicos constituyentes del *fan-delta* Huinay.

Con los antecedentes obtenidos a través de la revisión bibliográfica, se identificaron los criterios que permiten establecer la relación entre estuario, como sistema hidrológico, y tipo de delta según criterios geomorfológicos. En las Tabla 6 y Tabla 7 se detalla los criterios/autores de referencia para la clasificación de estuario y delta.

Tabla 6: Criterios aplicados al estuario Huinay

Concepto de estuario para Huinay según Marco Teórico		
Autor	Tipo de Estuario	Justificación
Pritchard (1960)	Fiordo	Dentro del fiordo Comau, las capas de agua dulce y agua salada se encuentran bien diferenciadas a través de capas verticales
Hayes (1975)	Macromareal	Rango de marea para la localidad de Huinay: hasta 6,9 m, corresponde estuario macromareal ($H > 4$ m).
Araya Vergara (1981)	Zona de deltas de cabecera de fiordo y de glaciares	Fiordo Comau ubicado geográficamente en las costas de fiordos de la Patagonia Norte.
Araya Vergara (1985)	Delta estuarial transversal	Desembocadura de Huinay dispuesta en ángulos rectos a la línea de costa, con un flujo fluvial significativo. Los bancos estuariales con formas cuspidadas que indican interacciones de la energía del oleaje y las mareas.
Darlymple <i>et al.</i> (1992)	Dominado por mareas	El rango de las mareas domina por sobre la acción fluvial en la boca del estuario. En este caso el rango mareal alcanza hasta los 6,9 m.
Cooper (1993)	Estuario abierto dominado por las mareas	Permite que sus entradas sean mantenidas por las corrientes de marea contra el litoral y sumado a la mínima acción del oleaje se impulse el transporte de sedimentos litorales.
Perillo (1995)	Estuario Primario: Antiguos Valles Glaciares	Asociados a latitudes altas, donde el ancho del valle es relativamente uniforme y su sección transversal tiene forma de U, siendo el fiordo Comau, un antiguo valle glacial.
Bird (2008)	Estuario Macromareal, megamareal	Rango y corrientes mareales pronunciadas, estuario con forma de embudo, con una amplia boca y bancos lineales.

Tabla 7: Criterios aplicados al fan-delta Huinay

Concepto de delta para Huinay según Marco Teórico		
Autor	Tipo de Delta	Justificación
McPherson (1987)	<i>Fan-delta</i>	Compuesto por material aluvial, cuerpo sedimentario de pocos kilómetros, alta variabilidad en facies sedimentarias. Depósitos de grano grueso con mala selección con matrices finas.
Galloway (1975)	Dominado por las mareas	Se singularizan por su amplio intervalo mareal.
Nemec (1990)	<i>Fan-delta</i> o Delta Aluvial	Delta construido por un abanico aluvial, siendo su fuente de alimentación dicho abanico, aunque la presencia fluvial también es determinante como proveedor del material sedimentario.
Xue & Galloway (1991)	<i>Fan-delta</i>	De origen aluvial, donde el material es transportado, arrastrado y depositado por las corrientes del agua.
Boggs (2006)	Dominado por las mareas	Las corrientes de marea son más fuertes que las salidas de los ríos, estas corrientes bidireccionales pueden redistribuir sedimentos en la boca del río, produciendo un llenado de arena.
Bird (2008)	Delta Macromareal	Delta con forma de embudo en la desembocadura del río producido por el flujo y reflujo de las corrientes de marea.

Sustentado en las referencias citadas, es posible distinguir que el área de estudio corresponde a un *fan-delta*, conformado por depósitos aluviales, inserto en un ambiente estuarial dominado por las mareas, específicamente en un contexto macro mareal. Si bien el ambiente mareal es de amplitud macro mareal, dada la pendiente de las cuencas la intrusión salina es limitada, solo en la desembocadura y no se considera dentro del valle de los ríos (Centro Científico de Huinay, 2015). Ello ratifica lo propuesto por Perillo (1995) respecto a que los estuarios en la zona interior y media se influyen por la acción fluvial, y en la zona exterior pueden ser afectados por las mareas.

Huinay constituye un ambiente sedimentario de alta complejidad asociado a los diversos factores en la génesis y dinámica interna que se asocia a cambios morfológicos evolutivos propios. El modelado de *fan-delta* explica la conformación grosera de las formas lobuladas conformadas por gravas y cantos rodados en matriz de arenas finas; que será expuesto y analizado a continuación.

4.1.1. Entorno geomorfológico actual de los individuos constituyentes del *fan-delta*.

En el *fan-delta* formado por los ríos Huinay y Lloncochaigua, se identifican formas de bancos tales como: bancos medios fluviales, bancos laterales fluviales, bancos vegetados, bancos vegetados estabilizados. En la Figura 18 se aprecia una visualización general del estuario, el cual posee una extensión aproximada de 4,5 km, delimitación estimada desde el ápice del delta hasta la forma más alejada (distal) en la zona exterior del mismo.

En el canal de Huinay existe mayor presencia de bancos vegetados y pequeños bancos de vegetación estabilizados, en condiciones de pendiente pronunciada. En el caso del canal del Lloncochaigua, existe mayor presencia de bancos laterales y medios fluviales. Cuando ambos ríos confluyen para desaguar sus aguas al mar interior, existen formas deposicionales asociadas a bancos medios fluviales. Hacia la parte exterior de la desembocadura se aprecia la morfología deltaica en los lóbulos subaéreos. La parte exterior de la desembocadura Huinay-Lloncochaigua se caracteriza por lóbulos deltaicos de formas irregulares, los cuales presentan canales distributarios interiores, que demuestran la influencia de las mareas. Muchos de estos lóbulos (como componente deltaico) se sumergen y se transforman en lóbulos subacuáticos cuando la condición de marea cambia a pleamar, estas condiciones son características del modelado deltaico, sobre todo los canales o distributarios que van divergiendo tanto en la componente subaérea como subacuática.

En la Figura 19 el *fan-delta* de Huinay-Lloncochaigua está seccionado, evidenciando de mejor manera la configuración morfológica y los individuos presentes en los canales. Resalta en la cartografía la extensión de los bancos medios fluviales y de los canales de marea. Es posible deducir que por las condiciones sedimentarias y de transporte, los lóbulos deltaicos se fueron dividiendo o separando, formando nuevos depósitos.

Cabe destacar, que con la visita en terreno se evidenció que en el lecho principal del río (desde la confluencia hasta la desembocadura), se encuentra una gran cantidad de restos arbóreos, como ramas y troncos que fueron arrastrados producto de distintos episodios de remociones en masa ocurridos en la localidad de Huinay. Fitzek (2014) establece dos eventos importantes: un derrumbe ocurrido hace dos siglos en la ladera del Cerro Tambor y el más reciente, una remoción en masa fechada en el año 1957. Estos elementos eran posibles distinguirlos en las distintas fotografías áreas que se utilizaron para contrastar la información sobre el *fan-delta*. Más adelante se profundiza en las repercusiones que logran en cuanto a la depositación del material o cómo se configuran los distintos canales distributarios con la presencia de estos troncos y ramas pertenecientes a especies *Fitzroya cupressoides*.

Siguiendo con la caracterización morfológica, la Figura 19A corresponde a la boca de la desembocadura, conformada principalmente por lóbulos subaéreos, que se pueden transformar en subacuáticos a medida que aumenta la marea, sobre todo cuando se alcanza la máxima pleamar (6,9 m), la extensión de la boca en dirección NE-NO alcanza 1 kilómetro,

la cual mayormente está cubierta por este tipo de morfología. Esta sección es modelada netamente por la acción mareal.

Los lóbulos subaéreos están conformados por gravas y cantos rodados de diversa selección con una matriz de arena fina (la cual aumenta en cantidad en los sectores de contacto directo a la línea de costa) y en general por conchas y material biológico marino, existiendo gran presencia de algas, bivalvos (caracoles, almejas), mitílidos (choritos) y crustáceos como cangrejos y picorocos. En los sectores de canales mareales, la acumulación de material fino (limo y arcillas) y materia orgánica es predominante.

En la Figura 19B, se observa que la distancia desde la boca hacia la confluencia de los ríos Huinay y Lloncochaigua es de 2,15 kilómetros aproximadamente. La morfología corresponde a bancos medios y laterales fluviales, formados por depósitos de cantos rodados con matriz de arena, dichos materiales son moldeados por la acción fluvial del río. En general los bancos laterales fluviales tienen formas alargadas que se depositan en las riberas del río, alcanzando longitudes entre 35 a 60 metros. Estas formas suelen ser cuspidadas, con los extremos redondeados, siguiendo el eje de la ribera del río.

La morfología presente en la Figura 19C corresponde a la zona media del estuario, alcanzando una distancia de 2,8 kilómetros desde la desembocadura, donde la morfología consta de bancos medios fluviales y bancos laterales fluviales. En esta sección aparece una nueva categorización de formas, pues existen bancos vegetados, dicha cobertura vegetal corresponde a pequeños arbustos, indicando que existe cierta estabilización en esta morfología.

Finalmente, como se aprecia en la Figura 19D, se observa la morfología fluvial, que está a una distancia aproximadamente de 3,5 kilómetros de la desembocadura, donde los cursos tanto del río Huinay como del Lloncochiagua son predominantemente meandriformes, donde los bancos se van configurando en las orillas de sus riberas, siendo del tipo: bancos fluviales laterales, bancos vegetados y bancos vegetados estabilizados. Estos últimos poseen una cubierta vegetal más densa que los bancos identificados solamente como vegetados, dándole una condición de estabilización a esta morfología fluvial, producto del enraizamiento que poseen arbustos y árboles que van capturando y depositando mayor material que trae la carga del río.

Análisis y Caracterización temporo-espacial de la morfología fan-delta en la localidad de Huinay, Fiordo Comau, Región de Los Lagos.

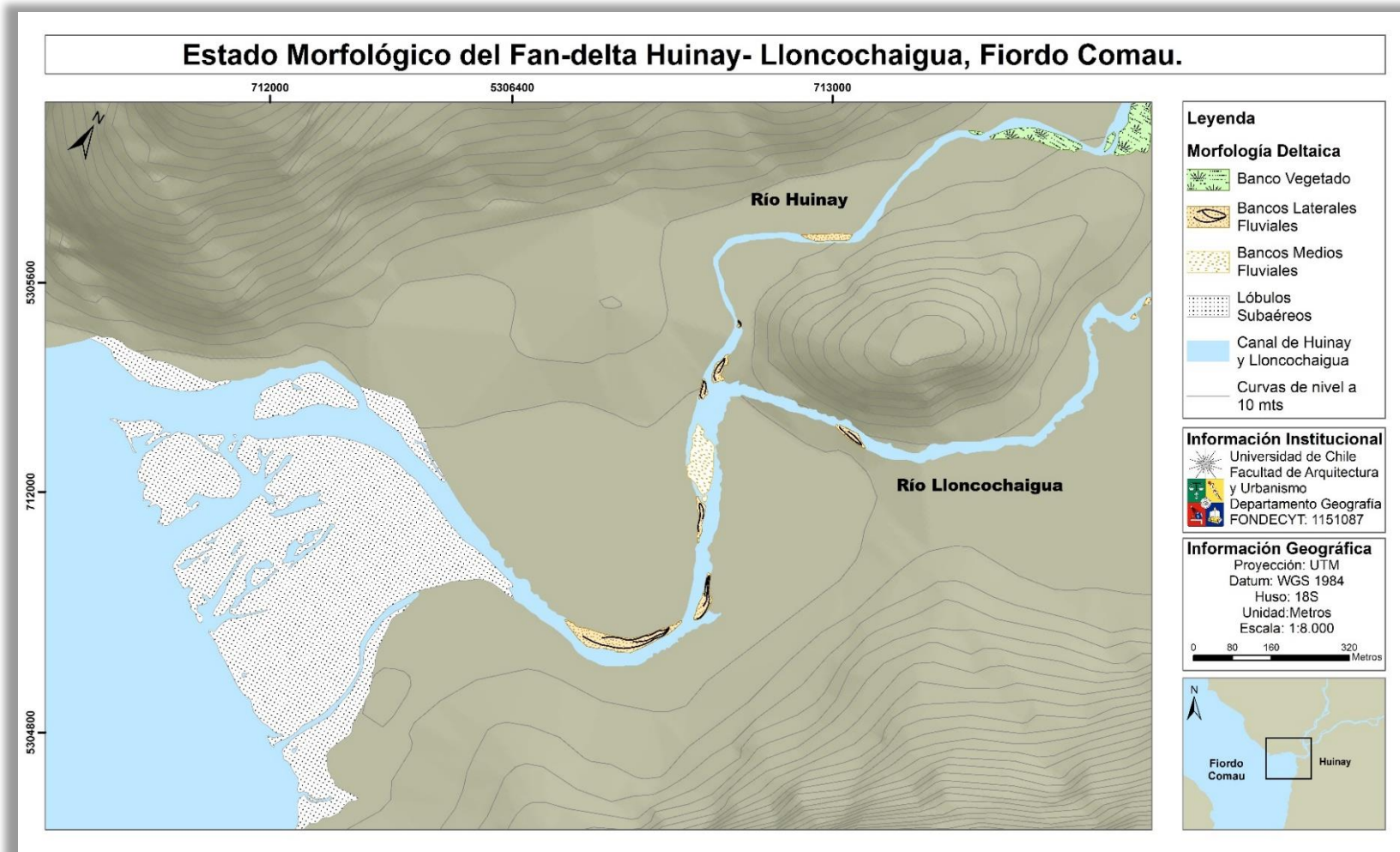


Figura 18: Morfología deltaica Huinay- Lloncochaigua en marea baja, año 2015. Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth, 2015. FONDECYT N° 1151087.

Análisis y Caracterización temporo-espacial de la morfología fan-delta en la localidad de Huinay, Fiordo Comau, Región de Los Lagos.

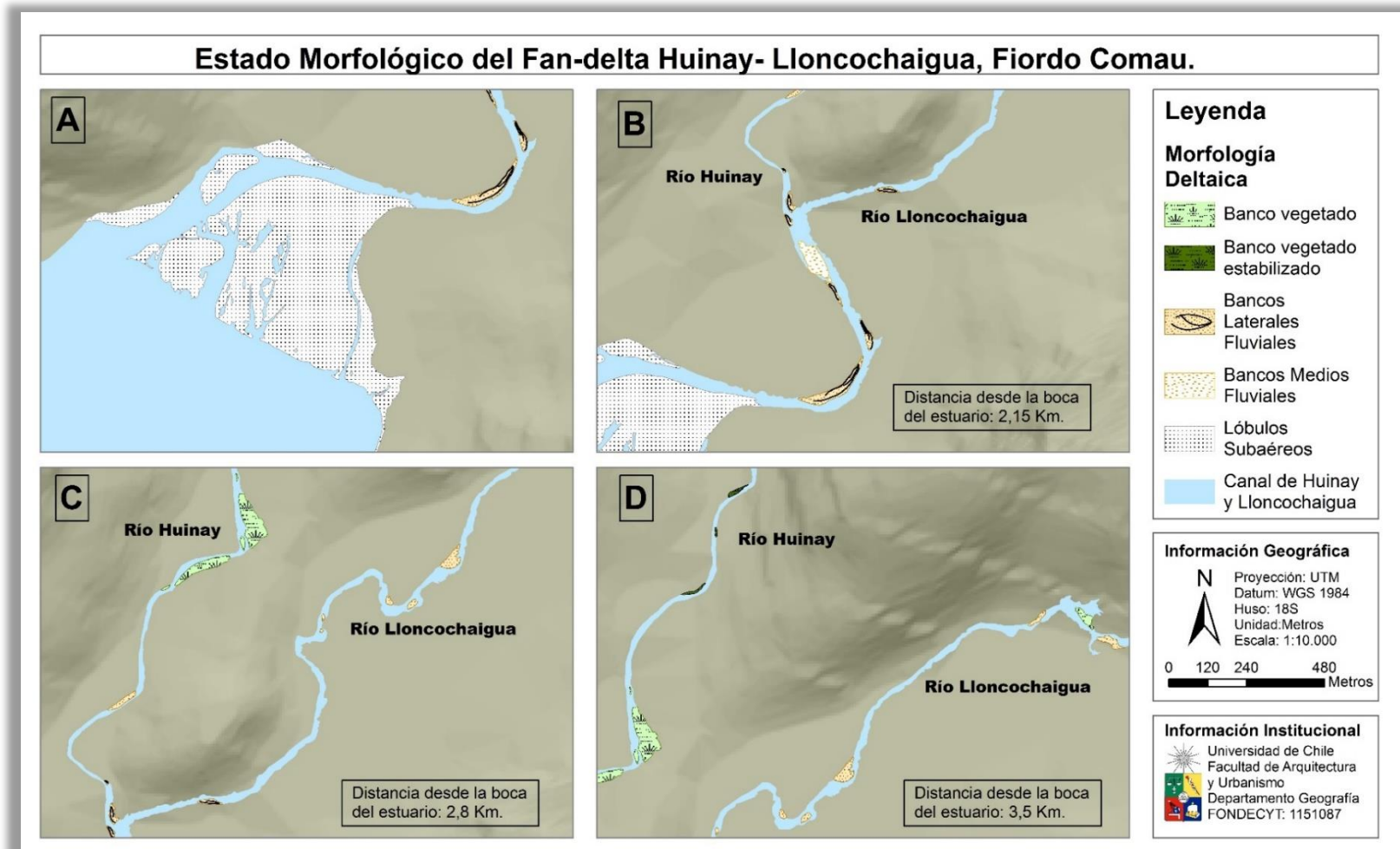


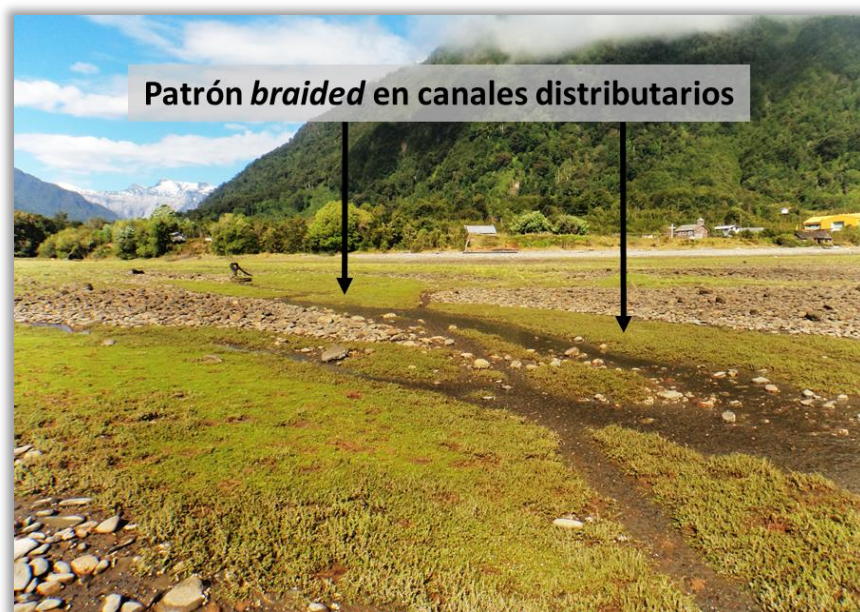
Figura 19: Morfología deltaica Huinay- Lloncochaigua en marea baja, año 2015. Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth, 2015. FONDECYT N° 1151087.

4.1.1.1. Canales distributarios

Al identificar los lóbulos deltaicos del *fan-delta*, es posible identificar y analizar el comportamiento que presentan los distintos canales distributarios que son parte primordial de la configuración morfológica del *fan-delta* Huinay. En este caso los pequeños canales responden a un patrón *braided*, asociado a la morfología deltaica.

Bell (2009) indica que los canales *braided* son estrechos (alcanzando solo unos metros), de formas alargadas. En cuanto a la depositación del material, poseen una mala selección y los clastos suelen ser redondeados a subangulares. Contienen una matriz de material fino que se deposita en el lecho de los canales, dejando los sedimentos más gruesos a los costados. Estos canales se pueden activar tanto por la acción fluvial que ejerce el río, como por la acción mareal. Además pueden subdividirse por barras, formadas del mismo material deltaico.

Para el caso del *fan-delta* Huinay, los canales *braided*, se ubican mayoritariamente en el sector S-E a la desembocadura (cercanos al pueblo y al Centro Científico de Huinay). Son alargados, algunos llegando incluso hasta el río Huinay, pocos profundos (entre 1 a 2 metros), y el ancho de canal tampoco supera los 2 metros. En la Figura 20 se aprecian los canales; los depósitos finos se encuentran en el lecho de estos, gravas y cantos rodados en los costados. Además estos canales presentan vegetación escasa.



*Figura 20: Patrón braided en canales distributarios, fan-delta Huinay.
Fuente: FONDECYT N° 1151087.*

En algunos casos los canales distributarios, están seccionados o divididos producto del modelado fluvial y mareal, lo que produce el desarrollo de barras entre los canales, donde el material se va depositando. En la Figura 21 se observan los canales distributarios. Estos canales se ubican llegando a la línea de costa, por lo que no existe cobertura vegetal, además forman parte de los lóbulos deltaicos que poseen la característica de ser subaéreo o subacuático, dependiendo de la condición mareal. Entre los depósitos se encuentran gravas y cantos rodados, además de material biológico marino, que es transportado por las corrientes de marea.



Figura 21: Patrón braided en canales distributarios, fan-delta Huinay. FONDECYT N° 1151087.

4.1.2. Perfiles de Elevación

Durante el trabajo de terreno, se tomaron puntos con GPS para delimitar la línea de pleamar y bajamar que se desarrolla en el *fan-delta* de Huinay. Estos tramos corresponden a perfiles paralelos a la línea de costa, en dirección SE-NO (desde la Fundación San Ignacio de Huinay, hasta la desembocadura de los ríos Huinay-Lloncochaigua). En la Figura 22, se aprecia los tramos realizados, para la elaboración de los perfiles de elevación, en condiciones de baja marea, donde quedan al descubierto tanto la morfología subaérea como subacuática. Ambos perfiles tienen una distancia entre 500 y 600 metros recorridos.



Figura 22: Perfiles de elevación por acción mareal, fan-delta Huinay. FONDECYT N° 1151087.

En la Figura 23, correspondiente al perfil de elevación en condiciones de bajamar, para el día 26 de enero 2016 a las 10:30 hrs., la altura de los lóbulos alcanza 1 metro. El perfil es irregular e indica la distancia aproximada de 600 metros recorridos, se trazó el perfil a nivel del mar, donde quedaban descubiertos los bancos sumergidos en condiciones de pleamar, evidenciando el material biológico de origen marino que es predominante en la configuración de los sedimentos de los bancos. Se aprecia en el perfil que las alturas obtenidas son de 1 metro hasta casi los 4 metros. Queda representado el modelado que surge producto de los canales mareales, que van segmentando los bancos, los cuales corresponden a las depresiones en el perfil. En cuanto al material sedimentario que conforma esta sección del *fan-delta*, se observa que desde la dirección sureste los lóbulos subacuáticos están compuestos por cantos rodados, con características redondeadas, existiendo presencia de algas y material biológico marino. En los canales de marea el material suele ser fino (entre limo y arcillas), donde el material orgánico también es predominante. La acción de la marea, al descender rápidamente va dejando en los canales de marea mayor cantidad de organismos marinos, los cuales se van descomponiendo y forman parte del material orgánico característico del sector.

En la Figura 24, se puede ver el perfil de elevación en condiciones de pleamar, para el día 26 de enero 2016 a las 16:30 hrs. donde se alcanzó una altura aproximada de 8 metros. El perfil indica el tramo de una distancia de 520 metros en dirección SE a NO, donde las depresiones corresponden a canales de marea del *fan-delta*, las cuales varían en profundidad, desde 1 a 2 metros. En cuanto a los sectores más altos, estos alcanzan entre los 7 y 8 metros. Se evidencia el modelado que genera la carga del río y las mareas en cuanto al material que se va depositando y en el perfil de dirección SE, se observan cantos rodados (entre 6 a 10 cm) y gravas (entre 5 mm a 5 cm), con una matriz de arena, limo y arcilla. En los sectores de canales de marea, el material es igual de fino, presentando vegetación y lodo. En los lóbulos subaéreos se observa un cambio de vegetación al estar a mayor altitud, contando con gramíneas y juncáceas.

Análisis y Caracterización temporo-espacial de la morfología fan-delta en la localidad de Huinay, Fiordo Comau, Región de Los Lagos.

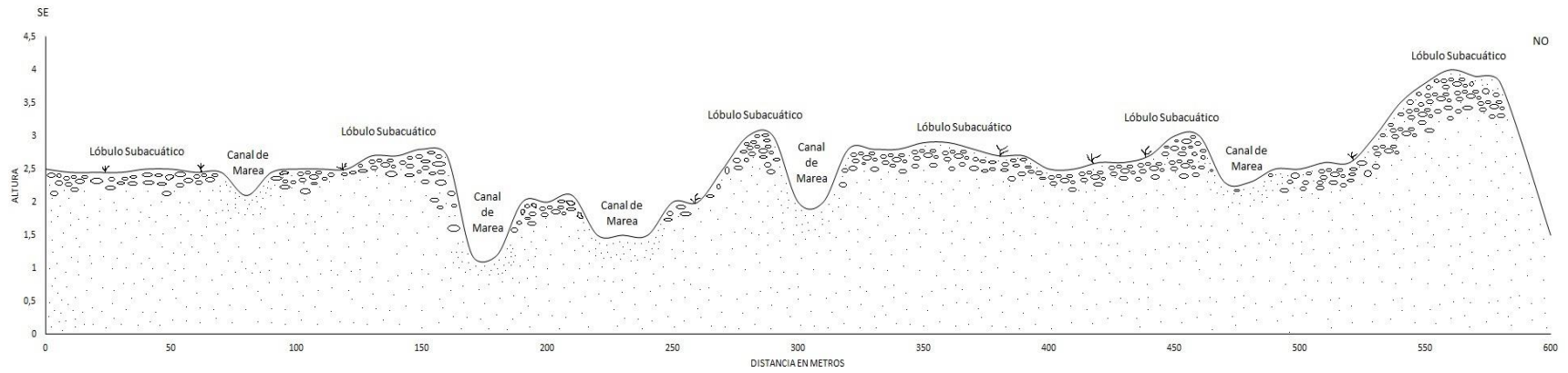


Figura 23: Perfil de Elevación, fan-delta Huinay en condiciones de bajamar. FONDECYT N° 1151087.

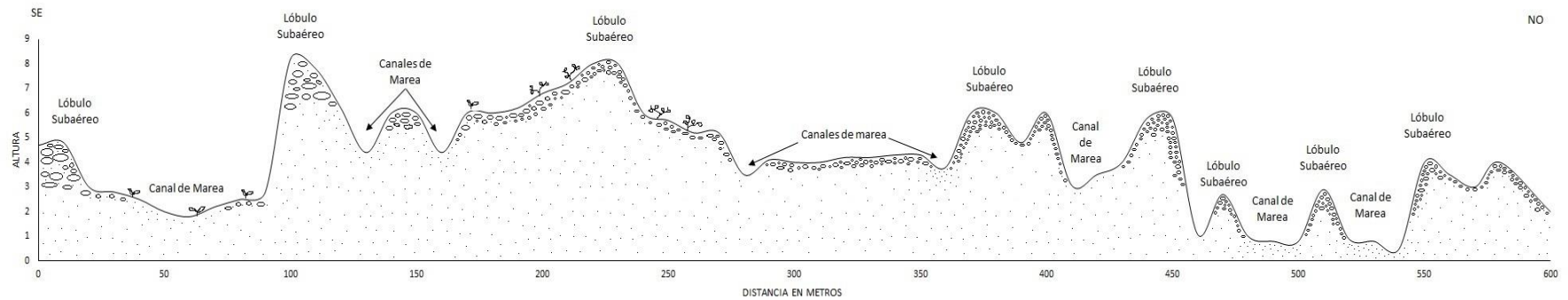


Figura 24: Perfil de Elevación, fan-delta Huinay en condiciones de pleamar. FONDECYT N° 1151087.

A continuación se presentan secciones de ambos perfiles, con sus respectivas fotografías, que indican las características morfológicas actuales que configuran el *fan-delta* Huinay.

En la Figura 25, en condiciones de bajamar, predomina la acción mareal en los canales distributarios, se aprecia parte del sector SE hacia la desembocadura (desde el Centro Científico Huinay). Los lóbulos tienen una altura aproximada de 2,5 metros, con una pendiente regular, sin mayores variaciones; hay presencia de algas. Material sin mayor selección característico de un *fan-delta*, conformado por gravas, cantos rodados en una matriz de arena, limo y arcilla.

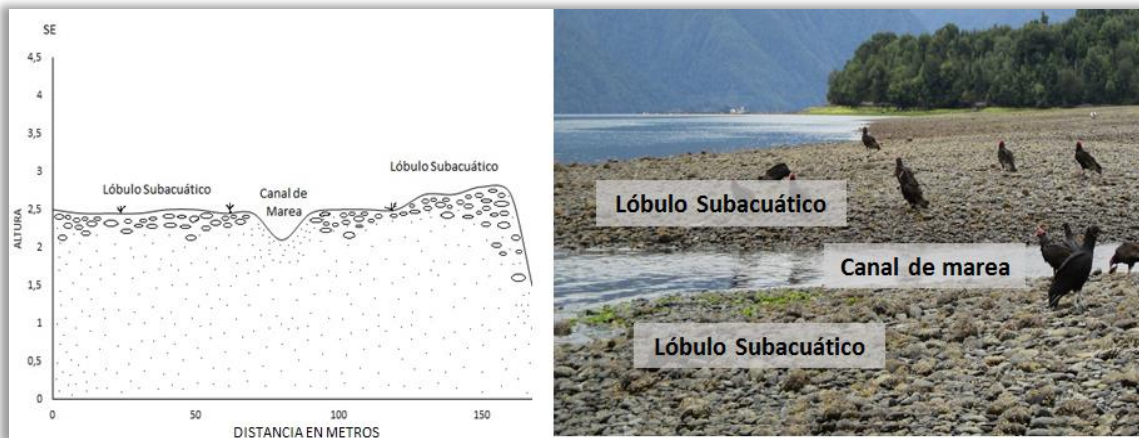


Figura 25: Sección perfil en bajamar, fan-delta Huinay. FONDECYT N° 1151087.

En la Figura 26, el sector representado está a una distancia de 300 metros en dirección SE hacia la desembocadura, donde el primer lóbulo subacuático, posee una altura de 3 m. aproximadamente, para dar paso a un canal de marea, con profundidad de 2 m., donde se encuentran algunos salmones varados. El siguiente lóbulo deltaico posee una forma regular y altura de 2,8 m. aproximadamente. La composición de los sedimentos se mantiene, destacándose el material cálcico (conchas) y crustáceos.



Figura 26: Sección perfil en bajamar, fan-delta Huinay. FONDECYT N° 1151087.

El perfil de bajamar concluye al llegar a un gran canal distributivo del río Huinay (el cual no fue posible atravesar, producto de su profundidad). En la Figura 27, se aprecia el gran lóbulo deltaico, que alcanza una altura de 4 m aproximadamente. Además existe presencia de restos que corresponden a *Fitzroya cupressoides* (ramas y troncos). Los cuales fueron arrastrados por el río producto de eventos pasados de remoción en masa, además producto del contacto con la acción marina, resultan como hábitat para distintos organismos marinos.

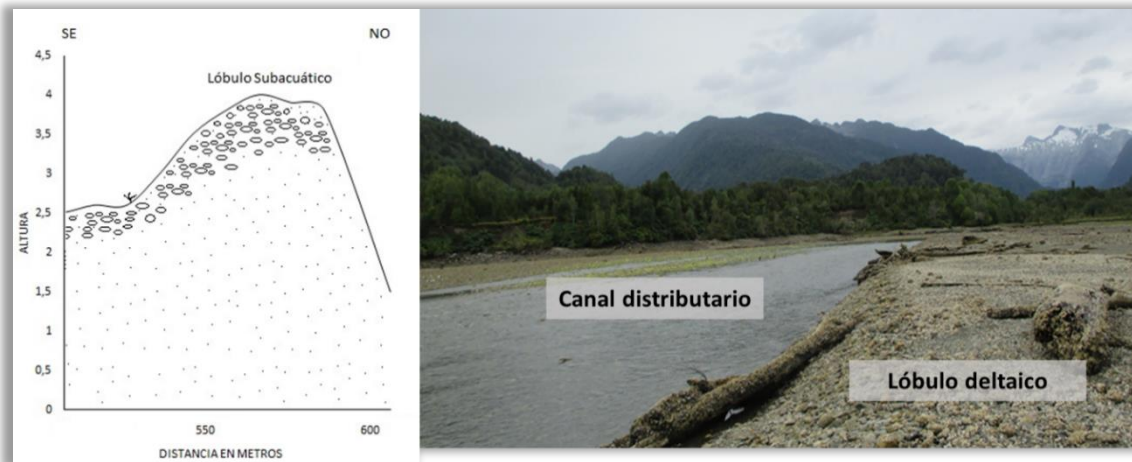


Figura 27: Sección perfil en bajamar, fan-delta Huinay. FONDECYT N° 1151087.

El perfil de la línea de pleamar para el *fan-delta* de Huinay, posee un gran canal distributivo influenciado por las corrientes mareales, donde existe mayor presencia de algas, su lecho presenta turbidez, producto de la gran cantidad de materia orgánica y material sedimentario fino. En la Figura 28 se aprecian los lóbulos subaéreos que se transforman en las riberas del canal.

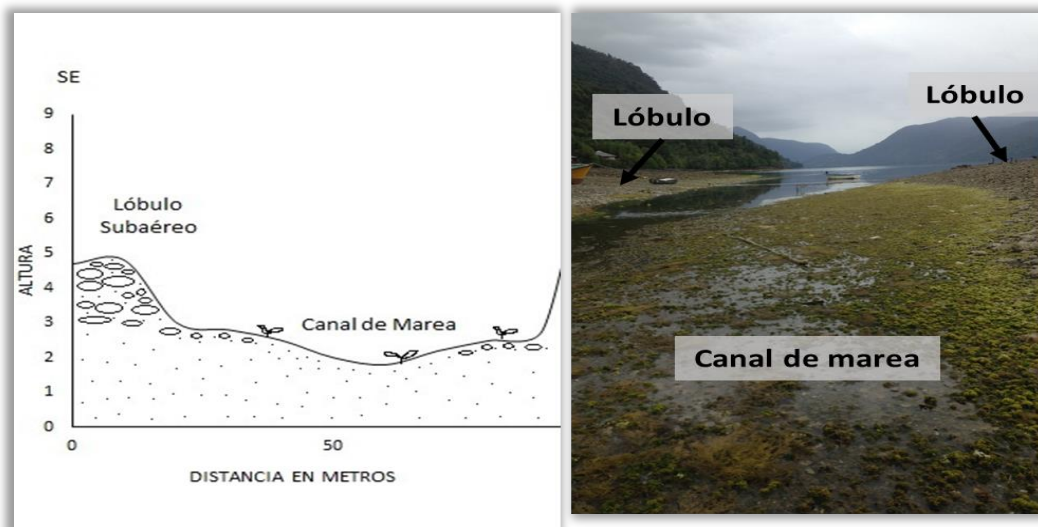


Figura 28: Sección perfil en pleamar, fan-delta Huinay. FONDECYT N° 1151087.

A una distancia de 350 metros en dirección NO hacia la desembocadura, se aprecia la configuración de un canal de marea con baja profundidad, donde los lóbulos deltaicos están compuestos por cantos rodados y gravas; y en sus orillas destaca la presencia de algas. El flujo del canal no presenta tanta turbidez, al contrario es posible apreciar el fondo del lecho. (Figura 29).

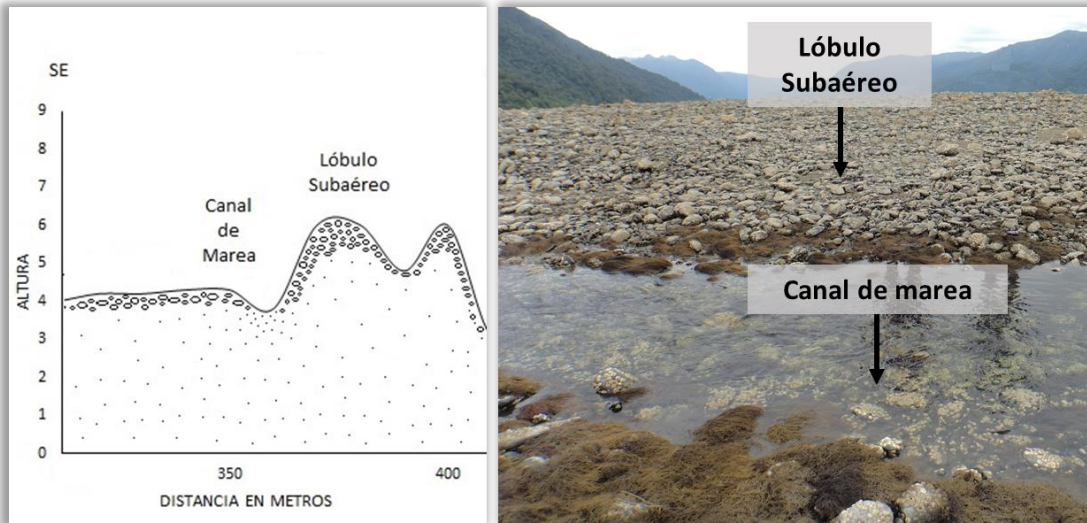


Figura 29: Sección perfil en pleamar, fan-delta Huinay. FONDECYT N° 1151087.

El perfil de pleamar concluye al llegar a un gran canal distributivo, el cual es profundo con un curso estable, que tributa sus aguas en dirección a la desembocadura. Los lóbulos subaéreos, como se observan en la Figura 30, alcanzan una altura aproximada de 4 m, los cuales poseen vegetación gramínea y juncácea en un substrato compuesto por una matriz de arena y material sedimentario asociado a los cantos rodados, gravas y gránulos de distintos tamaños.

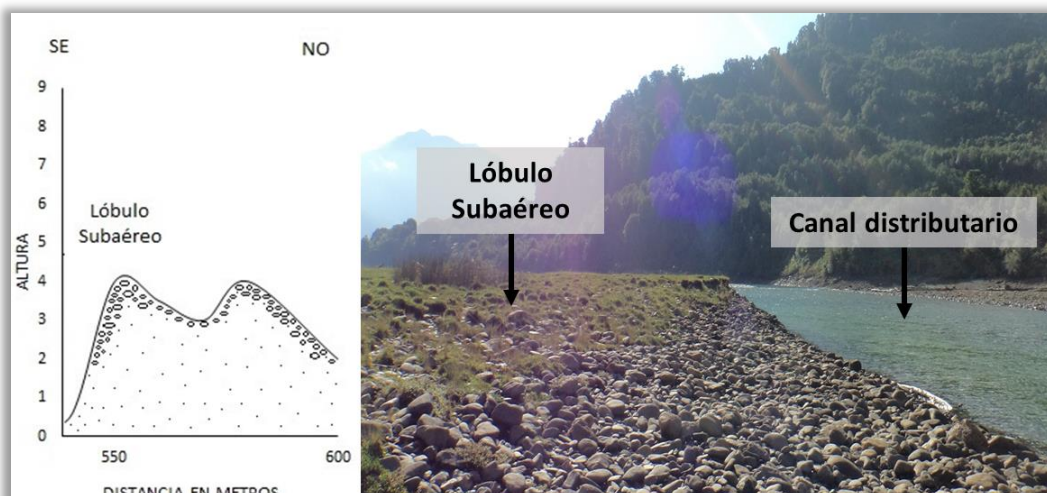


Figura 30: Sección perfil en pleamar, fan-delta Huinay. FONDECYT N° 1151087.

4.1.3. Análisis Granulométrico

A partir del trabajo realizado en terreno, se tomaron muestras en 4 puntos importantes para determinar las características granulométricas presentes en el *fan-delta* de Huinay. Como se observa en la Figura 31, la muestra M1, corresponde a un canal de marea que responde al patrón *braided*. La muestra M2 fue extraída desde el lóbulo subacuático, al quedar descubierto durante la marea baja. La muestra M3, corresponde a un canal distributivo, el cual es afectado por la acción mareal; la muestra más alejada en comparación con las otras 3, es la M4, tratándose del lóbulo deltaico, que se caracteriza por estar constantemente emergido, superando incluso la condición de pleamar, presenta mayor vegetación y es lugar de habita para gaviotas, pelícanos, entre otras aves marinas.

A continuación se explicaran los resultados obtenidos tras el trabajo realizado en laboratorio, luego de secar y tamizar 100 gramos de cada una de las muestras. Los resultados abarcan desde rangos texturales para las arenas, curva de frecuencia acumulada y un análisis estadístico completo sobre la granulometría del sector. Evidenciándose la selección que presenta el material sedimentario a lo largo del *fan-delta* Huinay.

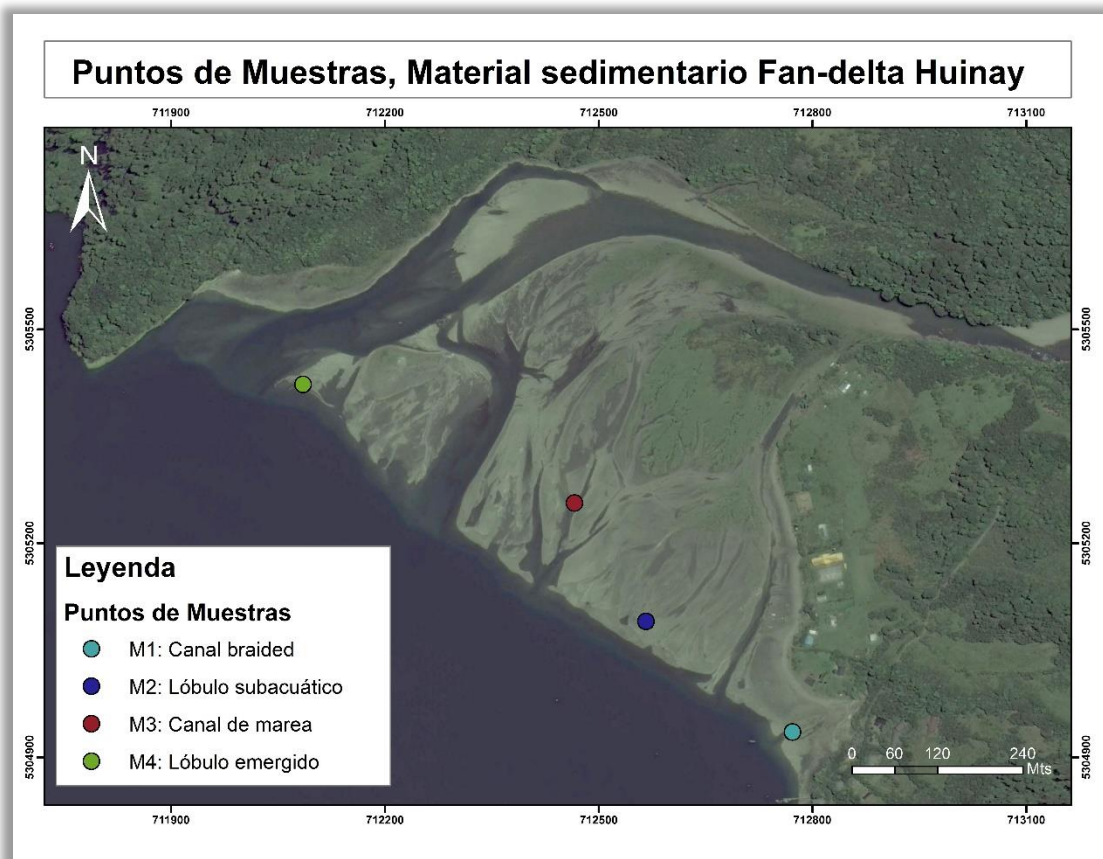


Figura 31: Puntos de muestreo, material sedimentario fan-delta Huinay. FONDECYT N° 1151087.

Los rangos texturales que predominan en las muestras analizadas del *fan-delta* Huinay son clasificadas de arenas muy finas, seguido de arena fina (Tabla 8). Para el caso de la muestra M1 (canal *braided*) el porcentaje de arena fina es de un 26,195 %, seguida de arena muy fina, con un 24,655%. Teniendo aproximadamente un 50% arena fina en el lecho del canal *braided*. La muestra M2 (lóbulo subacuático) presenta mayor porcentaje de arena muy fina con un 21,741%, luego se encuentra el rango de arena gruesa con 13,394%. Pero alcanza aproximadamente un 32% de arenas finas y muy finas, condicionando la existencia de mayor material fino en esta muestra.

Para la muestra M3 (canal de marea), el mayor porcentaje corresponde al de arena muy fina con 23,514%, seguido por arena fina con 22,419%, alcanzando entre ambas un porcentaje de 45% de arenas finas debido al sector donde se obtuvo la muestra, caracterizado por la depositación de material. La muestra, M4, que corresponde al lóbulo constantemente emergido, al tratarse de una morfología que tiene mayor influencia por parte de las mareas y mar interior, posee un alto porcentaje de arena media: 38,255 %, seguida con un 22,999% por arena fina. Esta muestra es la que presenta mayor diferencia en comparación con las otras tres muestras, por presentar un mayor porcentaje de arena media con respecto a los valores de arenas finas y muy finas.

Con el trabajo de tamizaje de las muestras, se obtienen como resultados el porcentaje de limo y arcillas presentes en cada muestra, los cuales van a indicar el comportamiento del material fino en el *fan-delta* Huinay. El porcentaje corresponde a material limo arcilloso menor al diámetro de 0.062 mm, quedando suspendido en tamices de n° mayor a 230.

Para M1, el porcentaje de limo y arcillas es de 8,946 %. Para la M2 el porcentaje de este rango de material fino alcanza un valor de 43,320%; siendo la muestra que mayor cantidad de material fino posee, debido al lugar donde se extrajo, que corresponde a un sector de acumulación de sedimentos, específicamente uno de los lóbulos subacuáticos que configuran el *fan-delta*. Además se correlaciona con el alto porcentaje de arenas finas que presenta este sector (32% aproximadamente). La muestra M3 posee un valor de 19,281% de limo y arcillas, que también se relaciona al sector de extracción de la muestra, que corresponde a un canal de marea, donde el flujo y refluo mareal deposita material fino en el lecho de estos canales. Finalmente para la muestra M4, el material fino alcanza el valor más bajo en comparación con el resto de las muestras, con un valor de 0,795%. Por lo que se deduce que la dinámica y acción del río Huinay y Lloncochaigua cómo la variación mareal no genera condiciones para la depositación de material fino.

Tabla 8: Tabla Granulométrica, fan-delta Huinay

Muestra	N° Tamiz	Diámetro menor (mm)	φ (Phi)	Nombre	%	Acumulado
M1: Canal <i>braided</i>	18	1	0	Arena m. gr.	10,981	10,981
	35	0.5	1	Arena gruesa	13,277	24,258
	60	0.250	2	Arena media	15,943	40,201
	120	0.125	3	Arena fina	26,195	66,396
	230	0.062	4	Arena muy fina	24,655	91,051
M2: Lóbulo subacuático	18	1	0	Arena m. gr.	2,33	2,33
	35	0.5	1	Arena gruesa	13,394	15,724
	60	0.250	2	Arena media	9,05	24,774
	120	0.125	3	Arena fina	10,224	34,998
	230	0.062	4	Arena muy fina	21,741	56,739
M3: Canal de marea	18	1	0	Arena m. gr.	6,728	6,728
	35	0.5	1	Arena gruesa	12,708	19,436
	60	0.250	2	Arena media	15,346	34,782
	120	0.125	3	Arena fina	22,419	57,201
	230	0.062	4	Arena muy fina	23,514	80,715
M4: Lóbulo emergido	18	1	0	Arena m. gr.	13,346	13,346
	35	0.5	1	Arena gruesa	22,820	36,166
	60	0.250	2	Arena media	38,255	74,421
	120	0.125	3	Arena fina	22,999	97,42
	230	0.062	4	Arena muy fina	1,782	99,202

FONDECYT N° 1151087.

Los resultados de rangos texturales se pueden evidenciar en la curva de frecuencia acumulada para el *fan-delta* de Huinay (Figura 32) a través de la curva de frecuencia de las muestras analizadas. M1, M2 y M3 presentan una curva denominada logarítmica o sensiblemente rectilínea, la cual indica que la distribución en cuanto al tamaño de la fracción arenosa es

relativamente homogénea; aunque M1 y M3 presentan una tendencia creciente a las arenas finas y muy finas en comparación con la M2, que posee una distribución diferente, debido netamente al lugar donde se obtuvo la muestra, teniendo un mayor porcentaje de la fracción limo arcillosa. La principal característica que posee este tipo de curva, es indicar la ausencia de selección del material, producto de la alteración de los sedimentos; también indica que se tratan de sedimentos no evolucionados y mal clasificados. Representa además, una acumulación forzada, en que ésta matriz de arena se mezcla con materiales más finos y más gruesos, indicando la acción del transporte del material o la reducida amplitud de desplazamiento. Un resultado completamente distinto en comparación con las 3 primeras muestras, se obtiene en la M4 (lóbulo constantemente emergido) donde la curva de frecuencia acumulada corresponde a una curva denominada parabólica, cuya configuración se debe a una dinámica particular del agente de transporte donde las partículas más finas son suspendidas o continúan su transporte hacia el fiordo mientras que las de mayor calibre, a partir de un determinado tamaño, se depositan masivamente. Se relaciona con cambios bruscos en la actividad de las corrientes o con la presencia de un obstáculo, estas curvas derivan de una alta concentración de arena en los tamices de malla n° 35 a 60; y la nula presencia de limo y arcillas, en este caso el valor de este tipo de material fino alcanza solo un 0,795%.

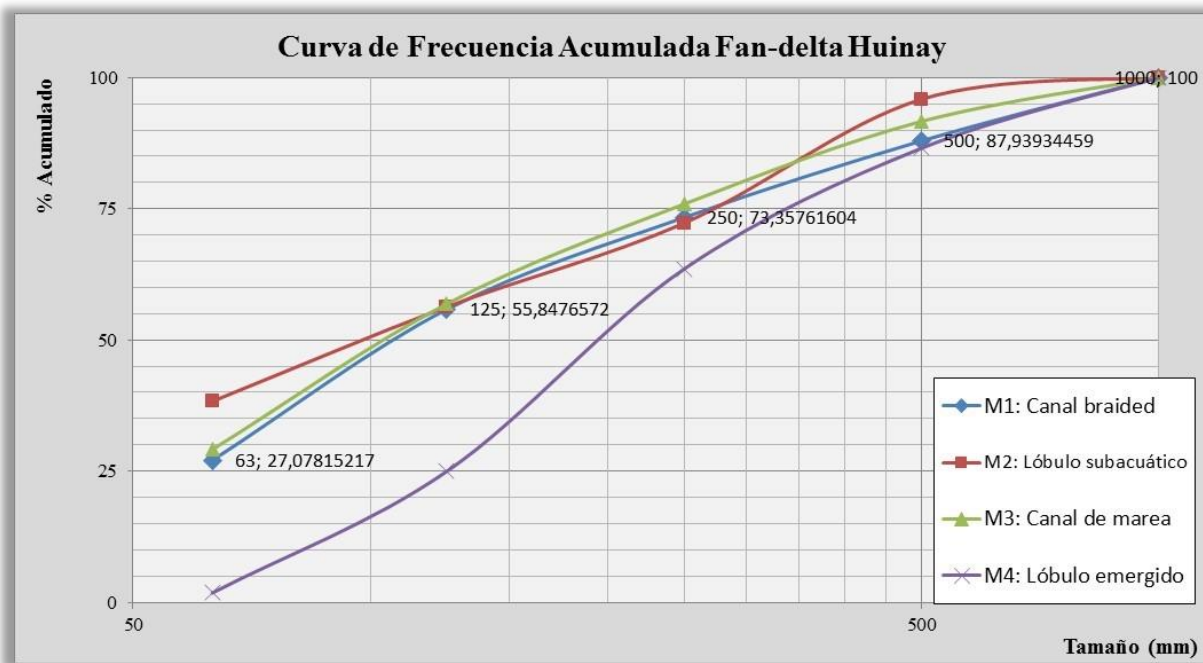


Figura 32: Curva de frecuencia acumulada, fan-delta Huinay. FONDECYT N° 1151087.

El análisis estadístico para la granulometría, se basa en los resultados de la media, desviación estándar, asimetría y curtosis, mediante las fórmulas según Folk & Ward (1957). En la Tabla 9, están los valores resultantes para cada muestra presente en el *fan-delta* Huinay.

Para la categoría de Media (tamaño promedio de los granos) los valores son muy parecidos entre las primeras 3 muestras, van desde los 2,2 ϕ a 2,9 ϕ lo que permite clasificarlas como arenas finas según la escala de Wentworth (1922) (anexo 1). En cambio la muestra M4 tiene un valor de 1,63 ϕ , indicando que los granos se clasifican como arena media. De forma general, existe una homogeneidad en el comportamiento de la media a lo largo del *fan-delta*. Indicando que donde se encuentran las partículas más gruesas en ese caso en el lóbulo constantemente emergido, se asocia a un mayor nivel de energía, en cambio, las partículas más finas se presentan en sectores con menor hidrodinamismo.

La desviación estándar, la cual indica el grado de selección de las muestras del *fan-delta*, tiene como resultados valores entre 1,0 a 1,39 ϕ . Estos valores clasifican con la designación de mal seleccionados. La muestra correspondiente al canal *braided* alcanza el valor más alto (1,396 ϕ). Dichos resultados evidencian las características propias de un *fan-delta*, donde el material sedimentario que lo conforma, responde a una mala selección (McPherson, 1987; Nemec, 1990 y Xue & Galloway, 1991).

En cuanto a la asimetría, los valores van desde -0,32 ϕ a -0,13 ϕ . Matemáticamente estos resultados clasifican como muy asimétricos negativos, pero gráficamente, se designan como muy positiva, es decir, las muestras presentan un exceso de material fino. La similitud en la asimetría de los 4 puntos de muestreo señalan que los procesos de transporte y sedimentación poseen un comportamiento homogéneo a lo largo del *fan-delta* al momento de la depositación, evidenciando que existe una condición de depositación de material por sobre la erosión.

Finalmente, el último parámetro analizado corresponde a la curtosis, que es una medida comparativa en la selección en el centro de la distribución y en los extremos. La distribución leptocúrtica posee mejor selección en el centro que en las colas de la distribución, ocurriendo lo contrario en la distribución platicúrtica (Folk & Ward, 1957). Para el *fan-delta*, las 4 muestras varían en los valores de 0,5 ϕ a 1,0 ϕ . Teniendo M1 y M2 la clasificación de Muy platicúrtica, este resultado está asociado netamente a la mala selección que presenta el material sedimentario de estos sectores. La muestra M3 se clasifica como Platicúrtica y por último la muestra M4 tiene una designación de Mesocúrtica, la cual sigue siendo afectada por la mala y pobre selección sedimentaria del material.

Tabla 9: Granulometría de las arenas, fan-delta Huinay

Muestra	Media (ϕ)	Desv. Estándar (ϕ)	Asimetría (ϕ)	Curtosis (ϕ)
M1: Canal <i>braided</i>	2,299	1,396	-0,324	0,666
M2: Lóbulo subacuático	2,394	1,273	-0,261	0,515
M3: Canal de marea	2,350	1,362	-0,312	0,827
M4: Lóbulo emergido	1,633	1,022	-0,139	1,058

Fuente: Elaboración propia. FONDECYT N° 1151087.

A continuación se presenta una tabla resumen (Tabla 10) con la descripción de los resultados del análisis estadístico para la granulometría del *fan-delta* Huinay. La media varía entre arena fina a media. La selección es característicamente pobre con sedimentos mal seleccionados. En cuanto a la asimetría el rango predominante es: muy asimétrica negativa y para la curtosis, las clasificaciones están asociadas netamente a la mala selección predominante en el *fan-delta* de Huinay.

Tabla 10: Descripción granulometría de las arenas, fan-delta Huinay.

Muestra	Media	Selección	Asimetría	Curtosis
M1: Canal <i>braided</i>	Arena fina	Mal	Muy asimétrica negativa (Grano muy grueso)	Muy platicúrtica
M2: Lóbulo subacuático	Arena fina	Mal	Muy asimétrica negativa (Grano grueso)	Muy platicúrtica
M3: Canal de marea	Arena fina	Mal	Muy asimétrica negativa (Grano muy grueso)	Platicúrtica
M4: Lóbulo emergido	Arena media	Mal	Muy asimétrica negativa (Grano grueso)	Mesocúrtica

Fuente: Elaboración propia. FONDECYT N° 1151087.

4.2. Condiciones de oleaje, mareas y batimetría asociados al contexto geográfico del fan-delta de Huinay

4.2.1. Condiciones del oleaje

La localidad de Huinay, en el fiordo Comau se sitúa en el mar interior de Chiloé, específicamente en el golfo de Ancud. Las características del mar interior se basan netamente en orillas abrigadas (golfo Ancud y golfo Corcovado), “*con un oleaje de baja energía y con una amplitud mareal de media a fuerte*” (Paskoff, 2010; 78). En la costa oriental del mar interior de Chiloé, aparecen los fiordos. Paskoff (2010) indica que esta parte de la costa chilena ofrece el gran ejemplo de una costa desmembrada por fiordos, los cuales van formando una red densa de brazos de mar interior, con segmentos rectilíneos, ángulos rectos y laderas rocosas empinadas.

En general, el oleaje de mar interior “*estaría controlado por condiciones locales más que por perturbaciones oceánicas que pudieran entrar por los grandes canales que conectan con el océano como el canal Chacao y la boca del Guafo*” (Soto *et al.*, 2009; 142). Por lo tanto los factores determinantes en la dinámica de las corrientes en las zonas de los canales se basa en la influencia de la marea, los flujos salientes y entrantes desde los estuarios y fiordos (capa superior e inferior, respectivamente), como también desde los canales y pasos hacia el océano.

Otro factor relevante para determinar las condiciones del oleaje presentes en el mar interior del golfo de Ancud es el viento. Donde “*la influencia de los vientos locales serían determinante en la estimación del oleaje y en la circulación superficial*” (Soto *et al.*, 2009; 143). La estación meteorológica ubicada en Puerto Montt (puerto patrón) presenta alta variabilidad, tanto en las fluctuaciones diarias, semanales y estacionales. Soto *et al.* (2009) indica que “*la mayor frecuencia de eventos de viento se concentró entre los rangos de 1 a 3 m/s (40.9%), de 3 a 6 m/s (34.6%), mientras entre 6 a 9 m/s se presentaron el 4% de los eventos y más de 9 m/s solamente el 0.16%, mientras que calmas representan un 20.1% de los registros*” (Soto *et al.*, 2009; 143). Por lo tanto la causalidad de que el viento sea responsable en relación a un aumento de oleaje, se puede evidenciar solamente en eventos de tormenta donde las condiciones del viento aumentan. Esto se condiciona con los resultados propuestos por Letelier *et al.* (2011), los cuales muestran “*que en la zona exterior de Chiloé, el viento estaría controlado por la circulación atmosférica regional asociada al movimiento latitudinal del anticiclón del Pacífico Sur y la deriva de los vientos del oeste (Chaigneau & Pizarro 2005 en Letelier et al., 2010), como también el paso eventual de sistemas frontales de viento norte*” (Letelier *et al.*, 2011; 374). Además debido a su orientación Norte-Sur, el fiordo Comau está protegido de los fuertes vientos del Oeste (Paz, 2015).

Por lo tanto Huinay no presenta condiciones del oleaje que permitan mayor análisis, por ejemplo no se puede trazar un diagrama de refracción del oleaje, para indicar ortogonales y líneas de rompientes, ya que por sus condiciones dinámicas asociadas a mar interior no presentan dichas características. Tampoco es posible identificar mediante fotointerpretación el tipo de zona de rompiente clasificando la localidad de Huinay a un tipo de playa (disipativa, intermedia o reflectiva). Esta aseveración se condice con lo planteado por el Centro Científico de Huinay, quienes señalan que las corrientes causadas por el oleaje no tienen mayor efecto, variando la velocidad usualmente de 1 a 2 nudos. Durante los meses de invierno, la corriente saliente puede aumentar levemente en intensidad como resultado de un aumento del aporte de agua dulce de los ríos y canales que entran en el brazo este de esta desembocadura (Centro Científico de Huinay, 2015).

Otro aspecto relevante son las marejadas desde mar abierto, las cuales son casi inexistentes debido tanto a la interferencia de la isla aledaña de Chiloé como a la orientación del Fiordo Comau. Las aguas son normalmente tranquilas con una sola interrupción de la presencia de olas de baja altura causadas por el viento. Éstas se producen principalmente por los vientos orográficos encauzados por las empinadas paredes rocosas del fiordo (Centro Científico de Huinay, 2015).

4.2.2. Variación Mareal

En el contexto general asociado al mar interior del golfo de Ancud, “*los patrones de circulación en el mar interior de Chiloé tienen una importante componente mareal*” (IFOP, 2011; 21). El trabajo realizado por el Instituto de Fomento Pesquero, denominado: “*Determinación de las condiciones oceanográficas en las áreas: Seno Reloncaví y mar interior de Chiloé*” (2011) entrega observaciones en el comportamiento de las aguas de mar interior en el Fiordo Comau, sobre todo en el comportamiento mareal en períodos de sicigia (mareas vivas), donde en marea vaciante y llenante, la circulación superficial se considera “*una fuerte salida desde el fiordo Comau hacia el norte*” (IFOP, 2011;33). Este flujo de salida es “*ayudado por el viento y salidas de agua dulce de esos sectores*” (IFOP, 2011: 33). Dejando en claro que la mayor amplitud mareal registrada en períodos de marea viva, condiciona el flujo de circulación de las aguas en dirección hacia la boca del canal Comau (dirección hacia golfo de Ancud), y se suma a esta gran variación mareal, los aportes de aguas dulces que la extensa red hídrica y desagüe de aguas continentales presenta el fiordo Comau.

En comparación con las condiciones de oleaje que afectan al *fan-delta* Huinay, las mareas sí cumplen un rol importante para la configuración morfológica de los individuos constituyentes del *fan-delta*. Las mareas presentes en Comau son muy variables, la amplitud diaria puede variar de un máximo de 7 m. a un mínimo de 2 m. en un mes, según la fase lunar (Centro Científico de Huinay, 2015).

Con los datos entregados por el SHOA (anexo 2 y 3) para la estación de Puerto Montt (puerto patrón), que rige al fiordo Comau y a la localidad de Huinay, se realizan mareogramas mensuales y diarios para los meses de enero y junio que corresponden a los meses en los cuales se realizó el trabajo en terreno. Con los mareogramas es posible tener la información de las alturas de marea día por día con el horario de las pleamares y bajamares, de los cuales es posible determinar: períodos de marea, rangos, regímenes y tipos de marea que configuran la morfología deltaica del *fan-delta* Huinay.

Con el procesamiento de datos, se tiene un mareograma para el mes completo de enero 2016 en Puerto Montt (Figura 33), donde el comportamiento de las mareas indica que hay amplitudes más bajas cuando la luna se encuentra en fase menguante y creciente, esto se debe a la cuadratura, es decir, cuando la luna y el sol forman un ángulo recto, debido que ambos están atrayendo las masas de agua desde diferentes ángulos, contrarrestando sus fuerzas. Las mareas se denominan mareas muertas cuando ocurre esta posición de la luna. Cuando la luna está llena o nueva (sol y luna alineados) se aprecia mareas más altas y más bajas que las mareas promedios, llamándose mareas vivas o sicigias. También es posible apreciar la variabilidad mareal, ya mencionada, que tiene una diferencia de hasta 6 metros entre bajamar y pleamar, categorizando la magnitud en macro mareal (altura superior a los 4 metros según Hayes, 1975). El régimen que rige la condición de las mareas para Puerto Montt, y así para Huinay es semidiurno, donde cada día se presentan dos pleamares y dos bajamares, siendo los niveles de cada pleamar y bajamar similares entre sí.

En la Figura 34, el mareograma del mes de junio 2016, las mareas muertas (menor amplitud mareal) se concentra en los días cercanos a fase creciente y menguante (día 12 y 27 respectivamente). En cambio las mareas vivas (mayor amplitud mareal) alcanzan sobre los 6 metros de altura los días cercanos al 5 de junio, en la fase de luna nueva. Esta variación mareal implica que las costas del fiordo Comau puedan ser categorizadas como macromareal. El mareograma para junio representa un régimen semidiurno característico a la posición latitudinal de la estación de Puerto Montt.

Análisis y Caracterización temporo-espacial de la morfología fan-delta en la localidad de Huinay, Fiordo Comau, Región de Los Lagos.

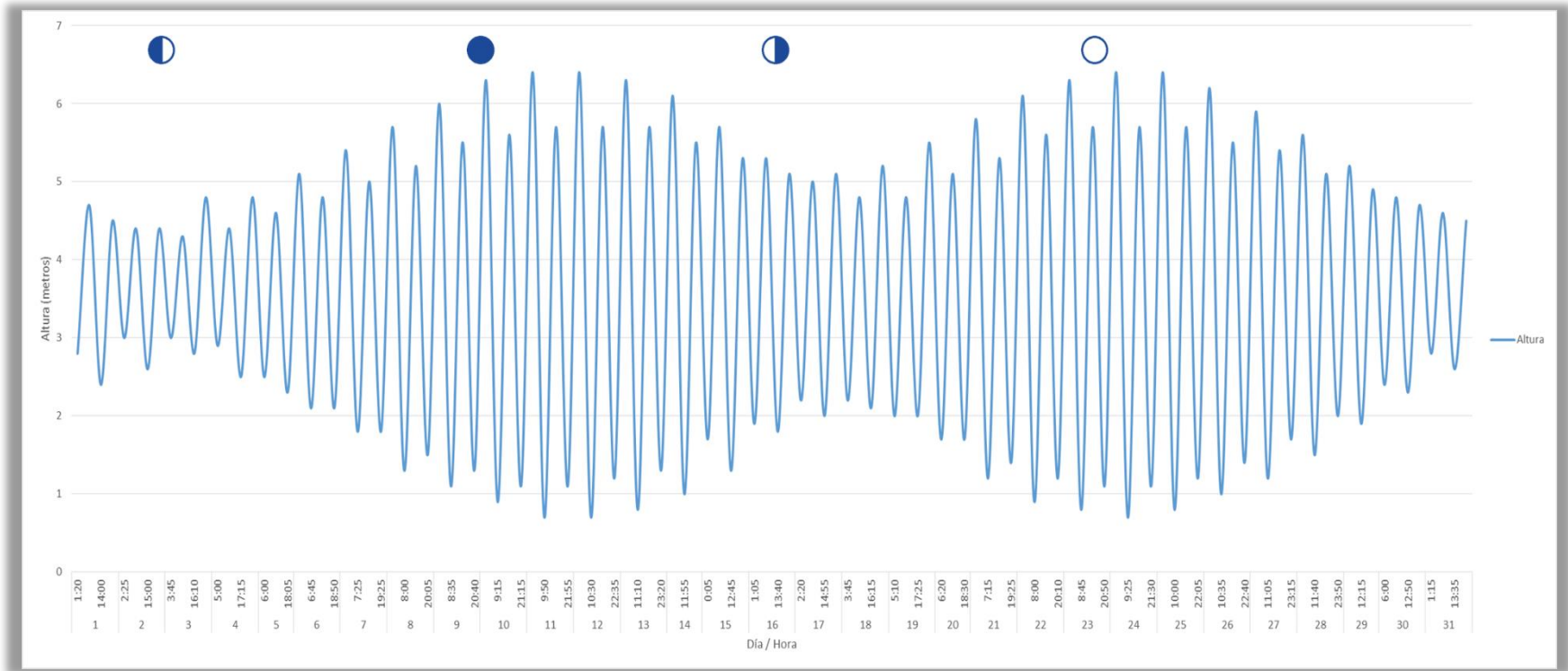


Figura 33: Mareograma para el mes de enero 2016, Puerto Montt. FONDECYT N° 1151087.

Análisis y Caracterización temporo-espacial de la morfología fan-delta en la localidad de Huinay, Fiordo Comau, Región de Los Lagos.

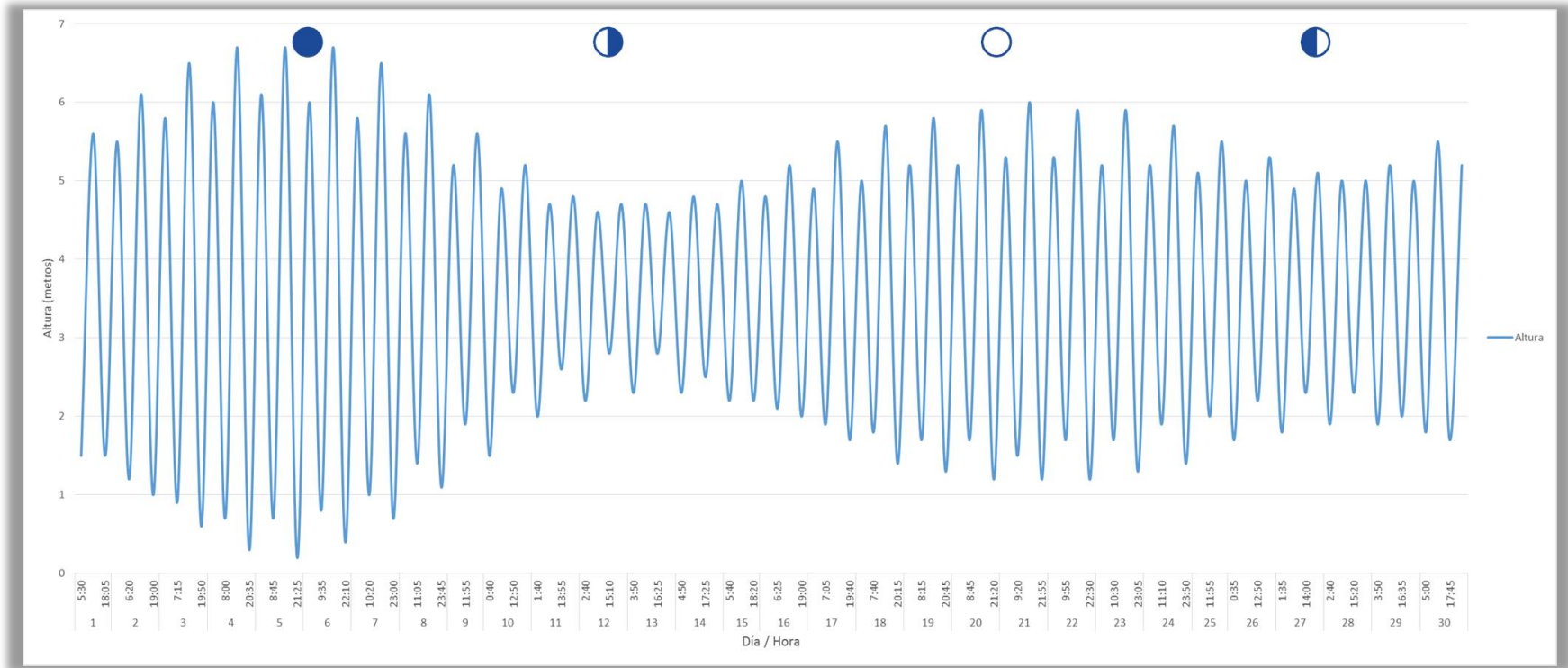


Figura 34: Mareograma para el mes de junio 2016, Puerto Montt. FONDECYT N° 1151087.

Para el mes de enero 2016, durante el trabajo de terreno, se realizaron los mareogramas (Figura 35) que representan la variabilidad diaria influenciada por las fases de la luna para Puerto Montt.

La Figura 35A es el mareograma del día sábado 2 de enero de 2016, en Puerto Montt amaneció a las 6:23 hrs. y la puesta de sol fue a las 21:29 hrs. En el gráfico de pleamares y bajamares, se puede observar que la primera bajamar fue a las 2:25 hrs. y la siguiente bajamar a las 15:00 hrs. La primera pleamar fue a las 8:25 hrs. y la siguiente pleamar a las 21:20 hrs., representando el régimen semidiurno. Además se puede calcular el período (tiempo que ocurre entre una bajamar y la siguiente), en este caso, el período corresponde a: 13,15 horas. Tanto las bajas como pleamares tienen los valores más bajos del mes (4,4 y 2,6 m. respectivamente), ya que la luna se encuentra en fase cuarto menguante, por lo tanto la marea de ese día corresponde a marea muerta por apogeo (punto de la órbita lunar más distante a la Tierra).

La Figura 35B, corresponde al mareograma diario para el sábado 9 de enero de 2016. Puerto Montt amaneció a las 6:30 hrs. y su puesta de sol fue a las 21:28 hrs. En el gráfico de pleamares y bajamares, se observa que la primera pleamar fue a las 2:10 hrs. con una altura de 6 metros y la siguiente a las 14:35 hrs. con una altura de 5,5 metros. La primera bajamar fue a las 8:35 hrs. con una altura de 1,1 metros y la siguiente bajamar a las 20:40 hrs. con 1,3 metros. El periodo mareal es de 12,05 horas. La fase lunar de este día corresponde a luna nueva, siendo una marea viva o de sicigia por perigeo (punto de la órbita de la luna que está más próximo a la Tierra), por lo tanto este evento explicaría los altos valores de amplitud mareal.

En el mareograma representado en la Figura 35C, del día sábado, 16 de enero de 2016, en Puerto Montt salió el sol a las 6:38 hrs. y el ocaso fue a las 21:25 hrs. En el gráfico se aprecia que la primera bajamar fue a las 1:05 hrs. con una altura de 1,9 metros y la siguiente bajamar a las 13:40 hrs. con una altura de 1,8 metros. Donde el período corresponde a 12,35 horas. La primera pleamar fue a las 7:10 hrs. con una altura de 5,3 metros y la siguiente pleamar a las 19:55 hrs. con una altura de 5,1 metros. La fase lunar que condiciona los cambios en la marea es cuarto creciente, donde las pleas y bajas son mareas muertas.

Finalmente el mareograma de la Figura 35D corresponde al día sábado, 23 de enero de 2016. En el gráfico se observa que la primera pleamar fue a las 2:20 hrs. alcanzando una altura de 6,3 metros (máxima plea) y la siguiente pleamar a las 14:45 hrs. con una altura de 5,7 metros. La primera bajamar fue a las 8:45 hrs. alcanzando la altura de 0,8 metros y la siguiente bajamar a las 20:50 hrs con 1,1 metros de altura. El período para este día corresponde a 12,05 horas entre cada bajamar. El tipo de marea corresponde a una marea viva, que presenta las máximas pleas y bajas producto de la acción de la luna llena.

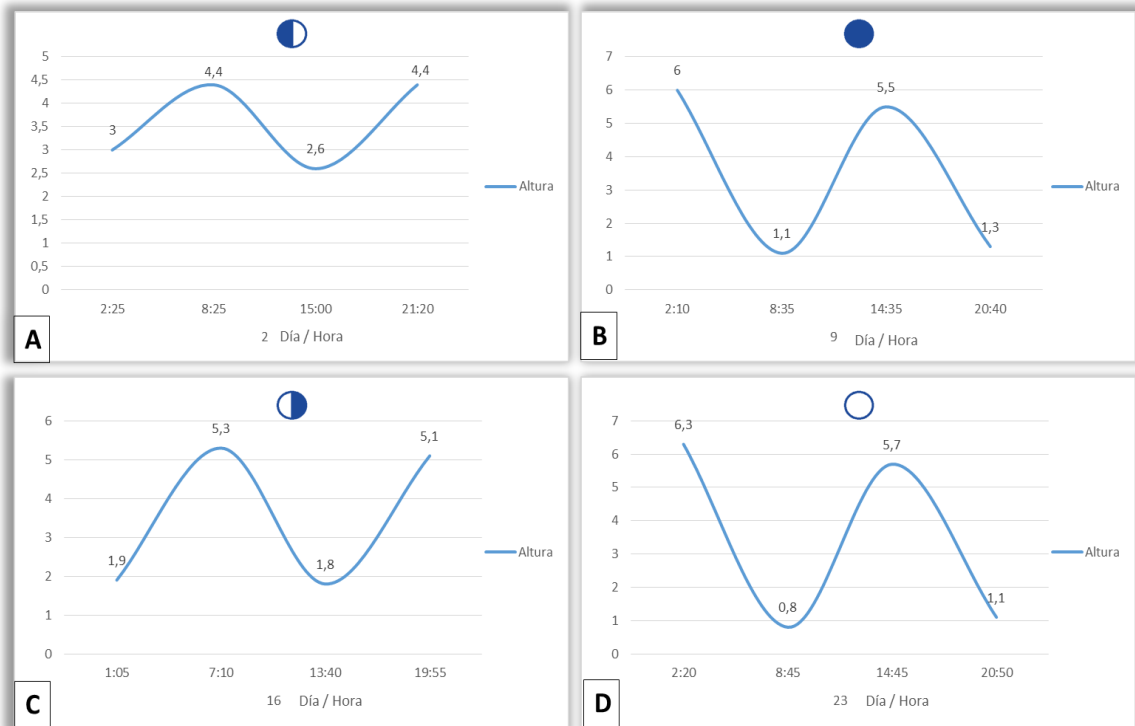


Figura 35: Mareogramas diarios por fases lunares, mes enero 2016. FONDECYT N° 1151087.

Para el mes de invierno, junio, se elaboraron 4 mareogramas diarios con sus respectivas fases lunares (Figura 36). El día domingo 5 de junio de 2016, amaneció en Puerto Montt a las 9:12 hrs. y la puesta de sol fue a las 18:29 hrs. En el mareograma diario (Figura 35A) se aprecia que la primera pleamar fue a las 2:40 hrs. alcanzando una altura de 6,1 metros y la siguiente pleamar a las 14:55 hrs., donde la marea alcanza su máxima pleamar con 6,7 metros de altura.

La primera bajamar fue a las 8:45 hrs. y llegó a una altura de tan solo 0,7 metros. La siguiente bajamar a las 21:25 hrs. alcanzando una altura de 0,2 metros, siendo la bajamar más baja de sicigias, coincidiendo con el perigeo en la localidad. Período de tiempo que transcurre entre la bajamar es de: 13,20 horas. También es posible determinar la amplitud mareal, la cual es de 6 metros (macromareal) debido a la marea viva por la fase lunar de luna nueva.

La Figura 35B corresponde al mareograma diario del día domingo 12 de junio de 2016. En el gráfico de pleamares y bajamares, se observa que la primera bajamar fue a las 2:40 hrs. con una altura de 2,2 metros y la siguiente bajamar a las 15:10 hrs. alcanzando los 2,8 metros. El período corresponde a 13, 10 horas. La primera pleamar fue a las 9:00 hrs. alcanzando una altura de 4,6 metros y la siguiente pleamar a las 21:15 hrs. con una altura de 4,7 metros. La fase lunar corresponde a creciente, donde el tipo de marea es marea muerta.

Para el día 20 de junio de 2016 (Figura 36C) se observa que la primera pleamar fue a las 2:45 hrs. con una altura de 5,2 metros y la siguiente pleamar a las 14:50 hrs. alcanzó una altura de 5,9 metros. La primera bajamar fue a las 8:45 hrs. alcanzó una altura de 1,7 metros y la

siguiente bajamar a las 21:20 hrs. con 1,2 metros. El período de ocurrencia entre bajamar es de 13,15 horas. La fase lunar que condiciona el comportamiento mareal es la luna llena, por lo tanto son mareas vivas.

La última Figura 36D, corresponde al mareograma diario del día lunes 27 de junio de 2016. En el gráfico de pleamares y bajamares, se observa que la primera bajamar fue a la 1:35hrs, con una altura de 1,8 metros y la siguiente bajamar a las 14:00 hrs, la cual llega a una altura de 2,3 metros. El período en este mareograma es de 13, 05 horas. La primera pleamar fue a las 7:45 hrs. con una altura de 4,9 metros y la siguiente pleamar a las 20:05 hrs. con 5,1 metros. La fase lunar es menguante, lo que corresponde a una marea muerta en apogeo.

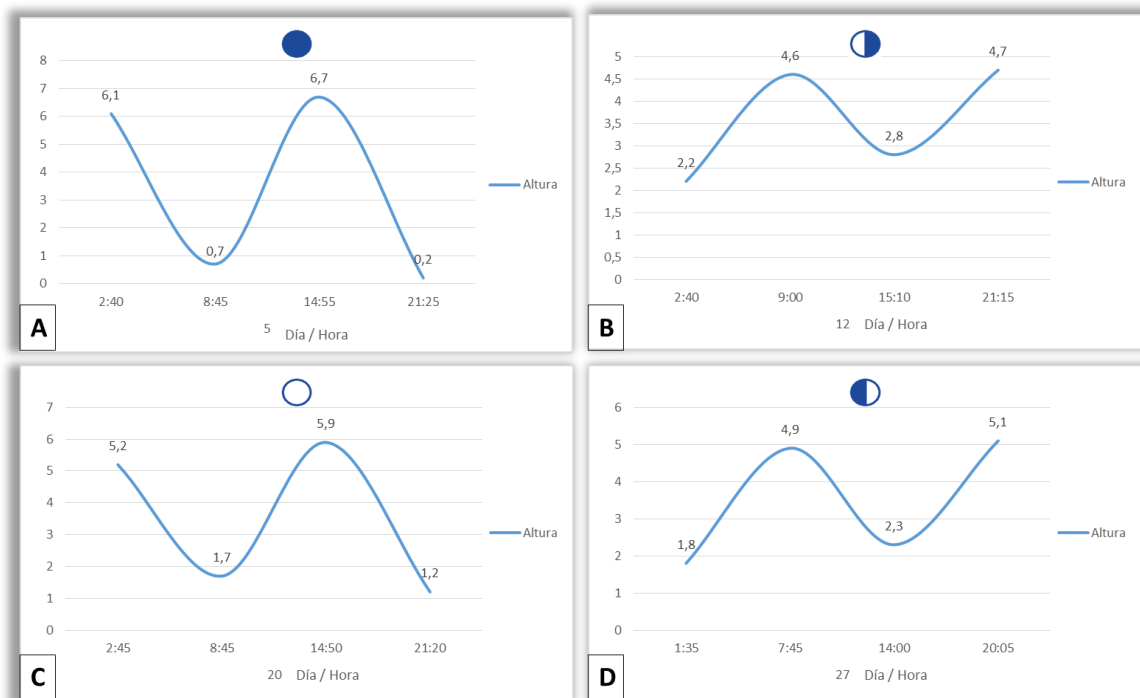


Figura 36: Mareogramas diarios por fases lunares, mes junio 2016. FONDECYT N° 1151087.

4.2.2.1. Acción mareal en *fan-delta* Huinay

Debido a las características macromareales, amplitud sobre 6 m, durante la marea baja en el *fan-delta* Huinay, los componentes deltaicos se transforman en lóbulos subaéreos y en marea alta en subacuáticos. En imágenes satelitales también es posible notar estos cambios (anexo 4). A continuación se evidencia las diferencias mareales a través de fotografías tomadas en terreno, siendo posible apreciar los lóbulos deltaicos descubiertos en marea baja. En la Figura 37 (A y B) se tienen fotografías tomadas en altura, en dirección hacia la desembocadura, y se aprecia gran parte del *fan-delta* Huinay. En la Figura 37A, se observan los lóbulos en características subaéreas, completamente emergidos, cuando la marea alcanza la altura de 1,2 metros. Esta imagen se contrasta con la Figura 37B, donde los lóbulos cambian de subaéreos a subacuáticos, quedando sumergidos por la altura de 3 metros que alcanzó la marea el día 29 de enero. Las Figura 37 C y D, presenta las características de los lóbulos deltaicos como son los troncos arrastrados por eventos de remoción en masa en uno de los canales del río Huinay que llegan hasta la desembocadura; la altura de la Figura 37C es de 0,8 metros, en cambio la Figura 37D posee una altura mareal de 5 m., según datos del día 24 de enero de 2016.

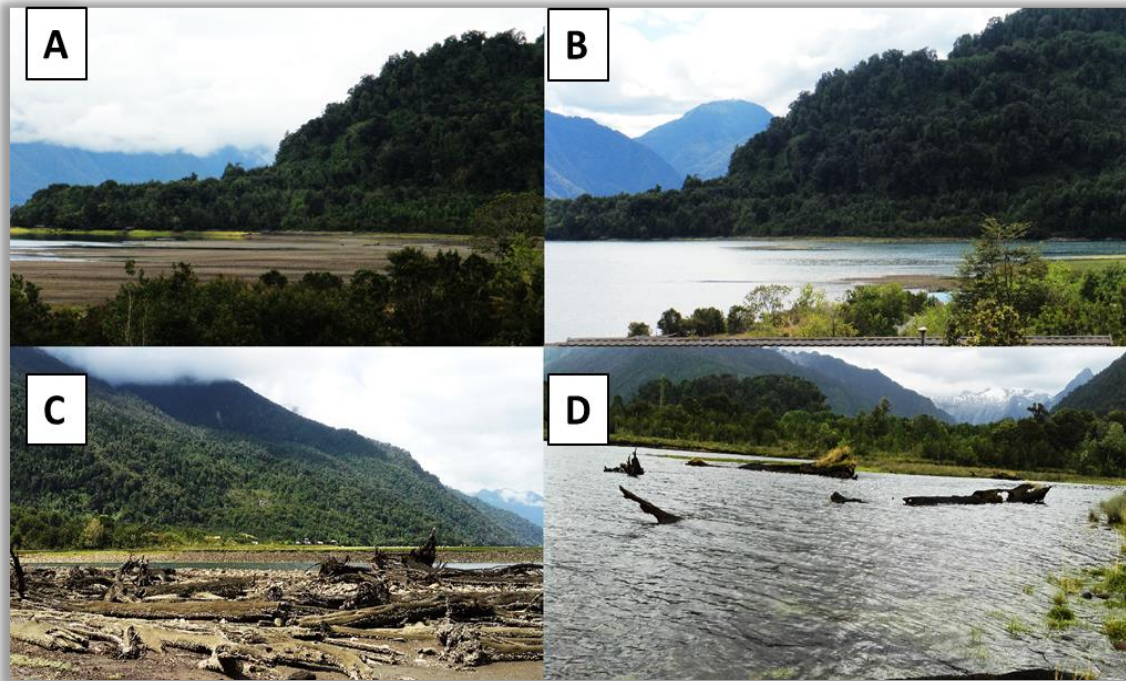


Figura 37: Fan-delta y cambios de marea. A) Bajamar en lóbulos deltaicos, B) Pleamar en lóbulos deltaicos, C) Bajamar en troncos, D) Pleamar en troncos. FONDECYT N° 1151087.

La Figura 38 está compuesta por fotografías aéreas, que muestran en su totalidad la morfología del *fan-delta* Huinay. La Figura 38A corresponde a marea llenante, que todavía no alcanza su máxima pleamar, con altura de la marea de 3 metros, dejando en descubierto algunos lóbulos deltaicos. La Figura 38B, indica que los lóbulos se encuentran totalmente subaéreos y emergidos por la bajamar que alcanzó 1m de altura.

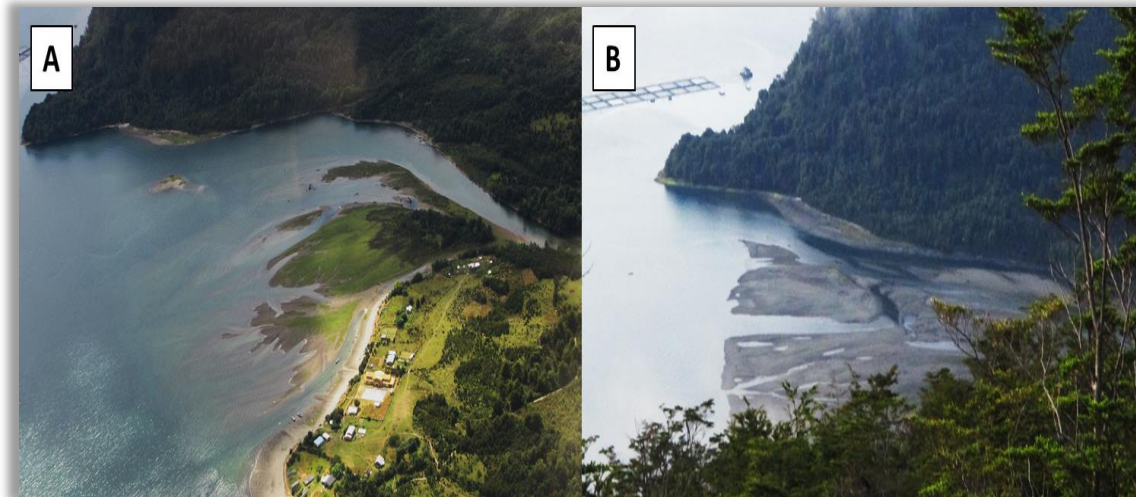


Figura 38: Fan-delta y cambios de marea. A) Pleamar en lóbulos, del día 28 de enero (15:30 hrs.) B) Bajamar en lóbulos, del día 22 de enero (20:32 hrs.) FONDECYT N° 1151087.

Las siguientes figuras corresponden a la salida a terreno en el mes de junio de 2016. La Figura 39 evidencia el cambio mareal en el sector SE a la desembocadura del río, en dependencias del Centro Científico Huinay. En la imagen Figura 39A se aprecia una altura de 5,8 m y en la Figura 39B la bajamar alcanzó una altura de 1 m. Se distinguen los canales distributarios y los componentes deltaicos, como también la composición sedimentaria del *fan-delta*.



Figura 39: Fan-delta y cambios de marea. A) Pleamar día 2 de junio (14:00hrs.) B) Bajamar 2 de junio (18:42 hrs.) FONDECYT N° 1151087.

En la Figura 40 se observa la lancha San Ignacio perteneciente al Centro Científico Huinay, la cual está anclada al muelle. Las fotografías fueron tomadas los días 3 y 4 de junio, cuando la fase lunar se encontraba cercana a luna nueva. En la Figura 40A la marea alcanza los 6,4 metros, siendo una marea viva que deja cubierto todos los sedimentos de la configuración lobular del *fan-delta*. La Figura 40B evidencia una altura de la marea aproximadamente de 1,2 m, la cual indica una bajamar que deja al descubierto gran parte del muelle y obviamente a la composición deltaica del sector.

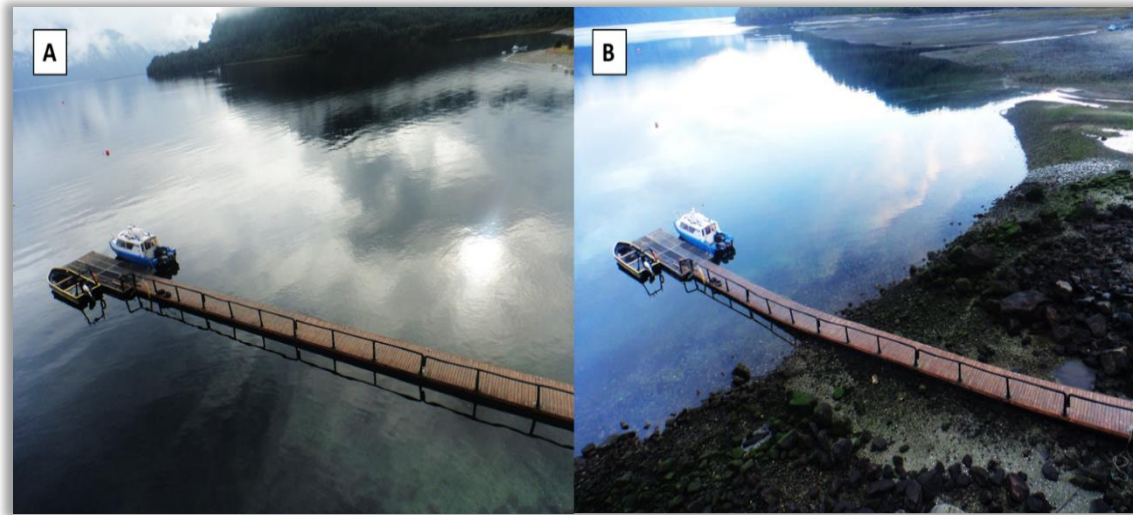


Figura 40: Fan-delta y cambios de marea. A) Pleamar en muelle Huinay, día 3 de junio (15.00hrs.), B) Bajamar en muelle Huinay, día 4 de junio (9:43 hrs.). FONDECYT N° 1151087.

4.2.3. Batimetría

En el caso de la Patagonia, el período posterior a las grandes glaciaciones fue muy violento, lo que transformó los valles en canales y la Cordillera de la Costa en islas del archipiélago. Los fondos marinos, son rocosos con una gran profundidad (Paz, 2015).

Para el caso de estudio, el fiordo Comau en promedio presenta una profundidad mayor a los 250 metros, con un máximo que bordea los 500 metros en el centro. En la boca del fiordo las profundidades disminuyen y son similares a las del golfo de Ancud. Aparte de las que se encuentran en la boca del canal Comau, no hay islas en el interior del fiordo. Tampoco existen arrecifes o bancos en el interior del fiordo, ni siquiera cerca de la costa. La línea de la costa sobre el mar del estuario de Huinay, aumenta rápidamente a más de 1900 metros. Esta batimetría continúa bajo el agua, con acantilados que aumentan en profundidad (Centro Científico de Huinay, 2015).

A pesar que no existe información detallada sobre la batimetría del Fiordo Comau, ni mucho menos para la localidad de Huinay, se han realizado varios sondeos exploratorios y parciales por el SHOA a través del Programa CIMAR Fiordo (Cruceros de investigación marina del Comité Oceanográfico Nacional), teniendo como resultado las profundidades en casi la totalidad de la extensión del fiordo (Centro Científico de Huinay, 2015).

Por otro lado, la Fundación San Ignacio del Huinay realizó un estudio batimétrico detallado de la ensenada Huinay, donde se forma una marisma local. Estos estudios, además de determinar las mareas más altas y más bajas durante las fases lunares, se realizaron sondeos que determinaron las líneas isobatas mostrando el relieve submarino en el área. Como resultado de estos sondeos, se detectó un montículo creciente en el sector norte de la ensenada. Al mismo tiempo, el límite Este de la pendiente del montículo corre en dirección general Norte-Sur con una pendiente similar en toda su extensión, alcanzando rápidamente profundidades extremas. Hacia el sur, donde se encuentra el pueblo de Huinay, el relieve de la costa es suave y accesible (Centro Científico de Huinay, 2015).

En la Figura 41 se observa la batimetría para el fiordo Comau, la cual fue procesada con modelamiento digital en SIG en base a la carta náutica del Estero Comau, edición 1999 por el SHOA (material entregado por la estación científica de la fundación San Ignacio de Huinay). Se observan los rangos de profundidad, teniendo aguas someras (de 0-150 metros) a lo largo de la línea de costa tanto para el borde oriental como occidental del fiordo. Seguido por aguas intermedias (entre 150 a 350 metros), que se concentran en el sector de Porcelana hacia el sur llegando a Vodudahue. El rango que predomina a lo largo del fiordo es el de aguas profundas (mayor a 350 metros), concentrándose en el centro del canal Comau. Con los datos de profundidad a 50 metros no es posible realizar una cartografía que detalle las condiciones batimétricas para costa de Huinay, solo existe una aproximación y entendimiento del contexto general adyacente para el área de estudio.

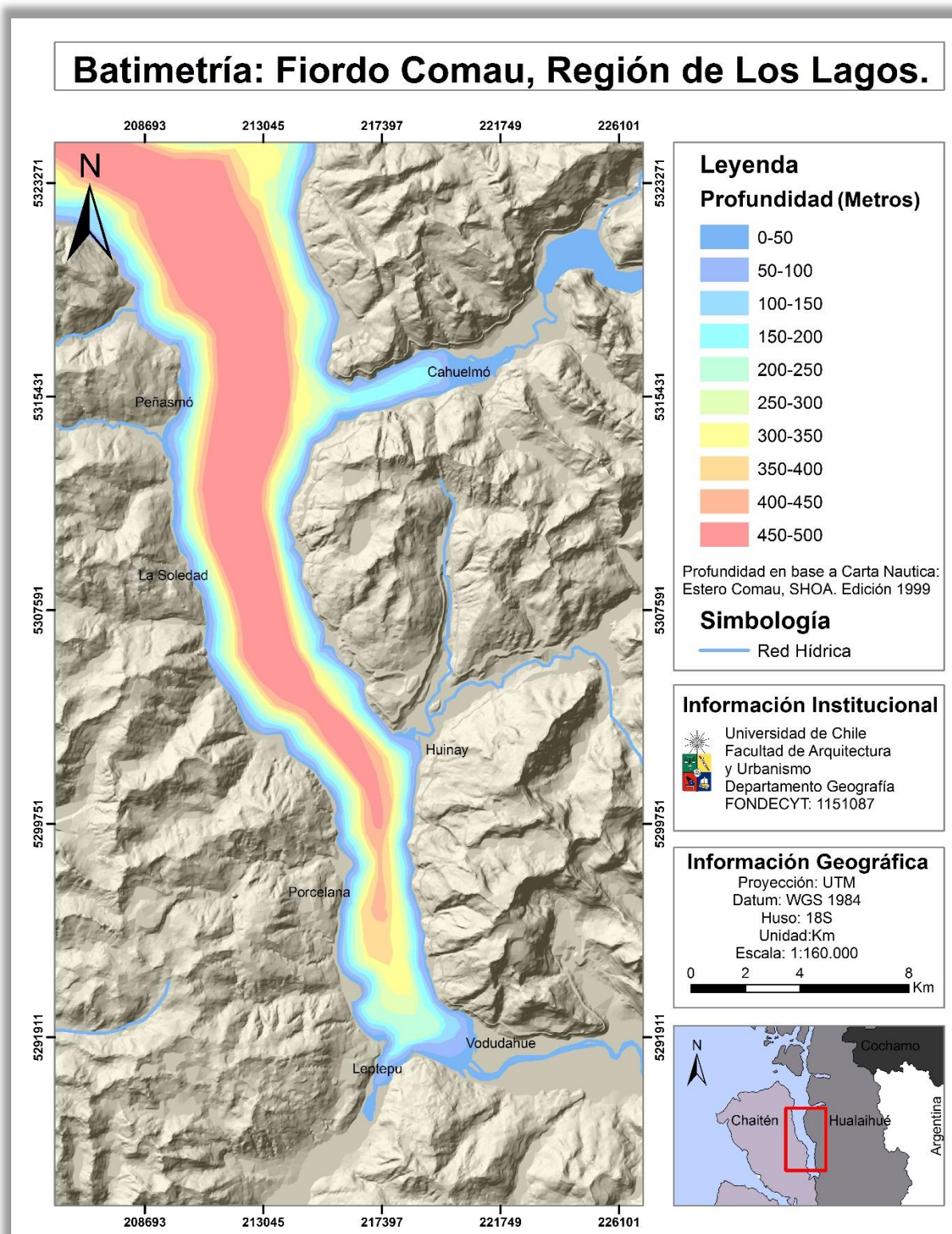


Figura 41: Batimetría Fiordo Comau. Elaboración propia en base a Carta Náutica: Estero Comau, SHOA, edición 1999. FONDECYT N° 1151087.

4.3. Configuración, cambios y tendencia evolutiva experimentada entre los años 1982-2015 en el *fan-delta* Huinay.

A continuación, se analizan diez estados morfológicos, realizados a través de fotointerpretación de distintas fotografías aéreas e imágenes satelitales, para el *fan-delta* de Huinay. El principal propósito de esta esquematización, es revelar los principales cambios morfológicos experimentados, estableciéndose qué individuos morfológicos (lóbulos deltaicos) son los más dinámicos y cómo se van configurando a través del tiempo.

4.3.1. Estado morfológico *fan-delta* Huinay años 1982 y 1985.

Para el año 1982 (Figura 42), los ríos Huinay y Lloncochaigua tienen un patrón meandrante en dirección hacia la desembocadura, en los canales se depositan bancos laterales y medios fluviales. En cuanto a los bancos laterales fluviales, para el año 1982, se determina la presencia de 4 individuos que se clasifican como tal, ya que se depositan en las riberas del río Huinay, teniendo formas alargadas con bordes redondeados. En cuanto a los bancos medios fluviales, se reconocen dos individuos que están en el canal del río Lloncochaigua, son de menor tamaño en comparación con los bancos laterales. Además son más redondeados y cortos.

Es posible apreciar la configuración de los lóbulos, en este caso, subaéreos. Se identifican alrededor de 7 lóbulos deltaicos que se van separando por los distintos canales distributarios. En el sector de las laderas del cerro Tambor (SE), se aprecian lóbulos alargados, la mayoría tiene terminaciones redondeadas y se puede deducir que están uniformemente conectadas. En el sector NE, se aprecian dos lóbulos deltaicos, que están aislados del resto de los lóbulos, siendo separados por distributarios del canal Huinay. En cuanto a la forma, uno es mucho más alargado situándose en la ribera NE de la desembocadura y el otro tiene una forma más irregular, teniendo las orillas redondeadas. La morfología deltaica posee una proyección del componente subacuático, el cual queda al descubierto en condiciones de pleamar. Dicha proyección determina que para el año 1982, el *fan-delta* podría ser aún más extenso y ancho que lo que se aprecia.

Respecto al año 1985, la fotointerpretación corresponde a una imagen aérea en período de invierno, por lo tanto, se deduce que existe un mayor caudal de los ríos producto de crecidas, las cuales están en directa relación con el régimen de precipitación que presenta la localidad de Huinay. En cuanto a la morfología de bancos fluviales, los bancos laterales para este año son angostos, reconociéndose solamente 3 bancos laterales fluviales con bordes redondeados. Se observa también la presencia de dos bancos medios fluviales, uno en cada canal de los ríos (Figura 42).

En el *fan-delta* observado en el año 1985, existe un gran lóbulo deltaico subaéreo, el cual no está seccionado por tantos canales distributarios, en comparación con el año anterior. Se trata de un gran lóbulo que responde a mecanismos de acreción y mayor depositación, ya que posee mayor superficie de material sedimentario de origen aluvial. No existen lóbulos alargados separados por canales, al contrario solo se aprecian dos canales encerrados por la morfología del tipo lobular, se logra distinguir solo el gran canal que está cercano a la localidad de Huinay.

En el sector NE de la desembocadura se identifica un gran lóbulo de características irregulares, que presenta los bordes angulosos, este gran lóbulo corresponde a los dos lóbulos aislados en el año 1982. Esta unión se transforma en un impedimento para desaguar las aguas del canal Huinay, ya que su división ejercía como canal de desagüe.

En cuanto a la proyección del componente subacuático, ésta se encuentra solo para la morfología más cercana al canal de desembocadura, sobretodo proyectado en el gran lóbulo subaéreo que se forma en las riberas de la ladera noreste de la boca de Huinay. Cabe destacar que tampoco existe proyección ni morfología deltaica para la ribera Sureste, cercana al pueblo de Huinay, siendo una de las grandes diferencias al compararlo con la cartografía del año 1982 (Figura 42).

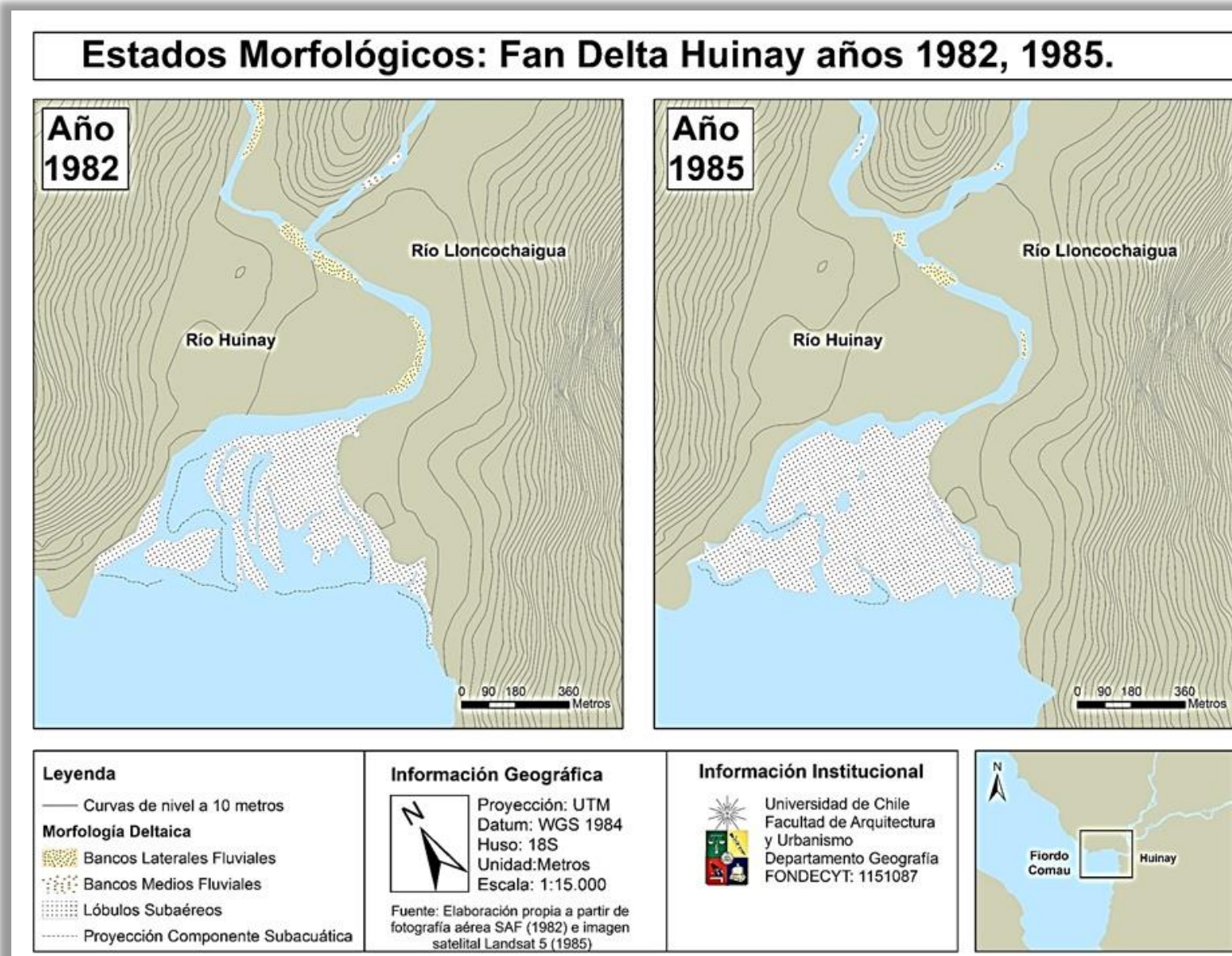


Figura 42: Estado morfológico fan-delta Huinay años 1982 y 1985. Fuente: Elaboración propia a partir de fotografía aérea SAF (1982) e imagen satelital Landsat 5 (1985).

4.3.2. Estado morfológico *fan-delta* Huinay años 1988 y 1997

La configuración que presenta la zona fluvial en la desembocadura de Huinay, se condiciona en el año 1988 (Figura 43) por la acción y carga del río, el cual presenta un trayecto meandrante, con un ancho estable en los canales tanto del río Huinay como su tributario el río Lloncochaigua. Respecto a la morfología fluvial como tal, se distinguen 5 bancos laterales fluviales en el lecho del canal Huinay, son formas alargadas y delgadas, cuyas orillas son redondeadas. La más ancha y extensa es la ubicada en el meandro más pronunciado del río Huinay, luego de la confluencia. Se reconocen también morfología del tipo banco medio fluvial, siendo un individuo ubicado en el cauce del río Lloncochaigua, que es de menor tamaño y su forma es irregular.

El *fan-delta* en el año 1988, en comparación con el estado morfológico anterior es mucho más reducido, en particular por la cantidad y extensión que poseen los lóbulos subaéreos, lo que se traduce que la boca del río Huinay sea mayor en cuanto al ancho, dejando una salida notablemente abierta para las aguas tanto del canal principal como los distributarios que se configuran entre los lóbulos. En el sector NE existen 4 lóbulos con formas irregulares y orillas angulosas, generando 2 canales distributarios. En el sector NO se tienen dos lóbulos, uno más pequeño y redondeado, el otro en cambio, es más alargado.

Como resultado del año 1997, se observan bancos medios fluviales cercanos a la zona proximal, antes de la confluencia en cada canal de los ríos que desaguan sus aguas al mar interior. Son de menor extensión y ancho. Siguiendo hacia la confluencia se aprecian 3 bancos medios fluviales, uno de ellos, en el año 1988 era considerado como banco lateral fluvial, migró hacia el centro del canal, aumentando en longitud y amplitud. Como último individuo de la zona media se identificó el banco lateral fluvial ubicado en la curva del meandro, de forma alargada y convexa, resultado de la depositación del material.

La situación deltaica cambia por completo para el año 1997, donde se identifica un gran lóbulo que cierra el canal de desagüe, dejándolo angosto y estrecho en comparación a la situación del 1988. Este gran lóbulo tiene brazos deltaicos, que se pueden considerar individualmente como lóbulos, donde sus terminaciones son curvas. Existe una mayor cantidad de canales distributarios, son estrechos y están afectados por la acción de flujo y reflujos mareales. Existen 4 individuos que se separan de este gran lóbulo, tienen comportamientos individuales, pero de forma variable, ya que la proyección del componente subacuático indica que tienen la propensión a unirse o aproximarse, dejando el paso del cauce fluvial mucho más cerrado que el año anterior. Esto se explicaría por la condición de marea (acercándose a bajamar) y por la carga sedimentaria que para el año 1997 tiende a la acreción.

Estados Morfológicos: Fan Delta Huinay años 1988,1997.

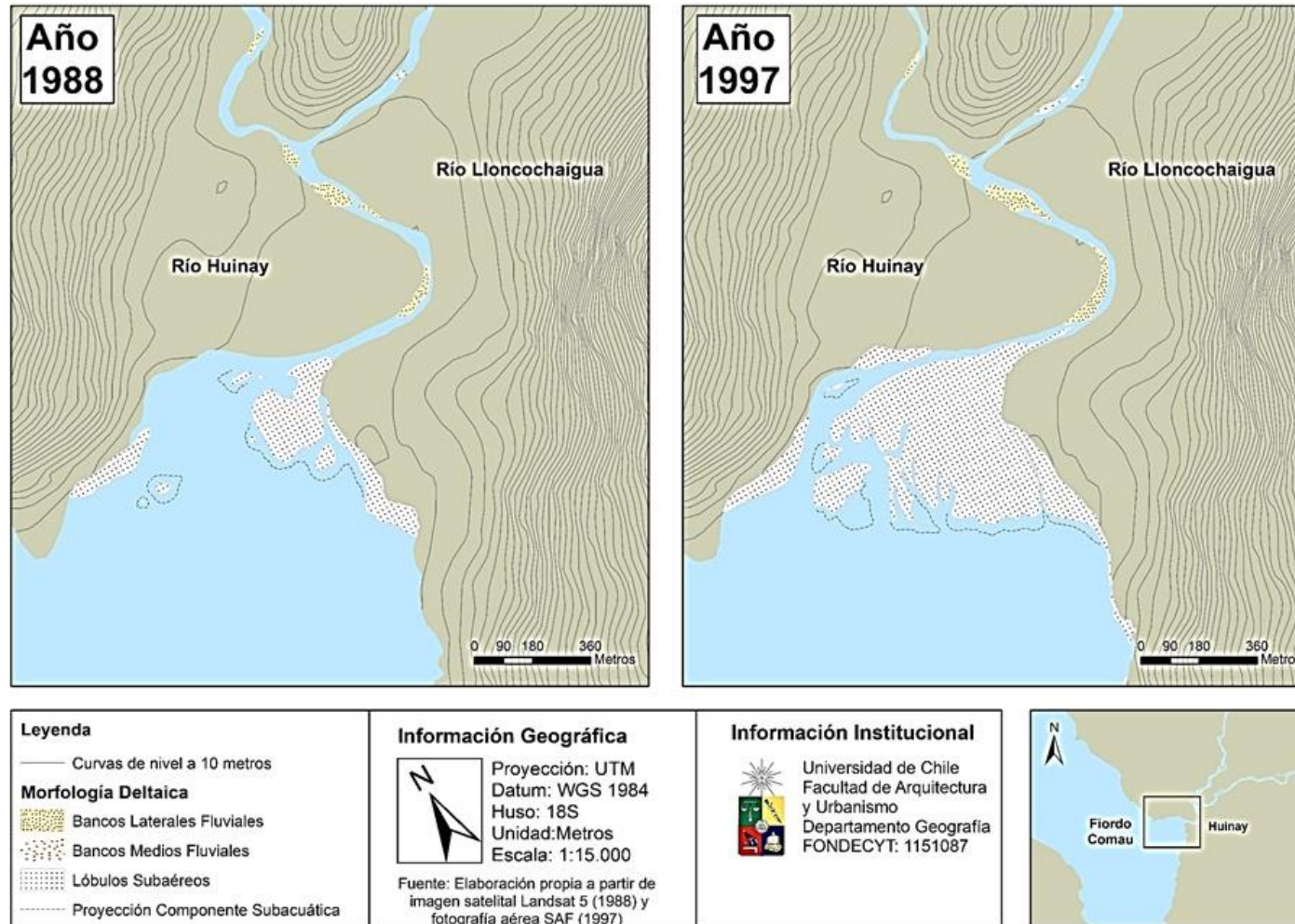


Figura 43: Estado morfológico fan-delta Huinay años 1988 y 1997. Fuente: Elaboración propia a partir de imagen satelital Landsat 5 (1988) y fotografía aérea SAF (1997).

4.3.3. Estado morfológico *fan-delta* Huinay años 2000 y 2004

La Figura 44, refleja el comportamiento del *fan-delta* en la sección media, con dos tipos de bancos fluviales: laterales, que se ubican en las riberas del río y los medios, que como su nombre lo indica, se localizan al medio del canal del río. Para el año 2000 existe un aumento en tamaño de los bancos laterales fluviales, en comparación con los estados morfológicos descritos anteriormente. Los bancos laterales ubicados en la confluencia son anchos y alargados. En este año no se reconocen bancos medios.

En relación a la caracterización de los lóbulos emergidos para el año 2000, el escenario es similar a lo que se presentó para el año 1988. Se aprecia que la boca de la desembocadura está mayormente abierta, teniendo un lóbulo que inicia desde la parte convexa cercana a la localidad de Huinay, que tiene a sus alrededores 3 pequeños lóbulos de formas irregulares y aislados, formándose solo un canal distributivo. En la ribera NE se observa un lóbulo alargado de forma discontinua y un pequeño lóbulo de forma circular que responde como isla. La proyección del componente subacuático señala que los lóbulos tendrían sus terminaciones curvadas, existiendo una armonía y unión en los bancos cercanos al pueblo.

La situación es totalmente distinta para el año 2004, donde el componente deltaico se basa principalmente en los grandes lóbulos, que abarcan la extensión kilométrica, dejando un solo canal buscando liberar sus aguas hacia el mar interior. El gran lóbulo de la ribera orientada hacia el cerro Tambor posee 4 canales distributivos. Además hay que señalar la existencia del lóbulo en la ribera NE, que colinda con otro lóbulo, de mayor extensión que tiene forma discontinua en sus orillas.

El año 2004, se identificaron dos bancos medios en el canal de Huinay y otro en Lloncochaigua, sus tamaños son pequeños. Luego de la confluencia se observan 3 bancos laterales fluviales, los cuales poseen las mismas características que en los años anteriores, siendo alargados con sus orillas cuspidadas.

La proyección de las características subacuáticas para la morfología deltaica del año 2004 indica que los lóbulos tienen la tendencia a aproximarse, formando una línea continua ondeada hacia el mar interior del fiordo (Figura 44).

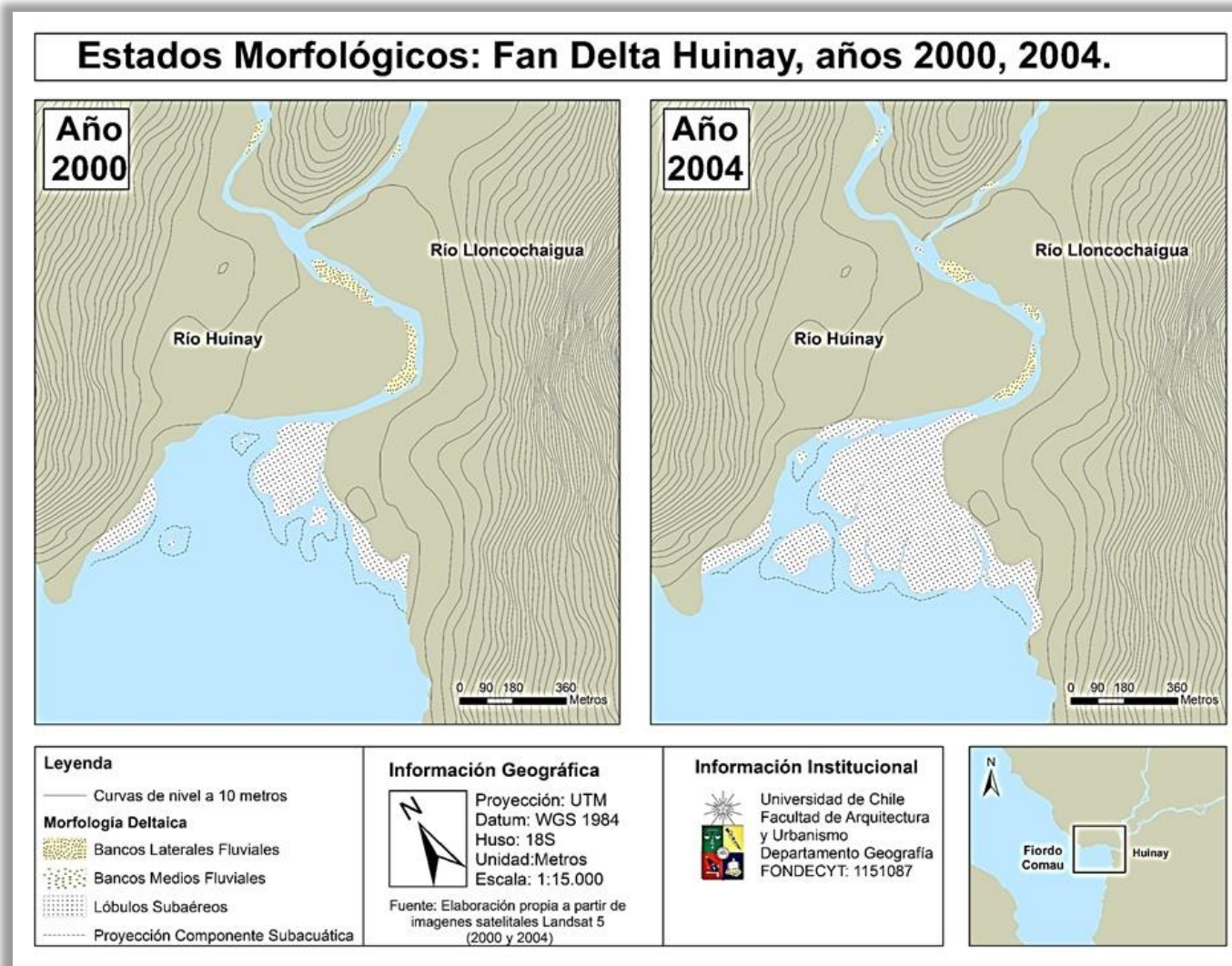


Figura 44: Estado morfológico fan-delta Huinay años 2000 y 2004 Fuente: Elaboración propia a partir de imagen satelital Landsat 5 (2000 y 2004).

4.3.4. Estado morfológico *fan-delta* Huinay años 2006 y 2010

El resultado de la configuración fluvial en el año 2006 está constituida por 3 bancos medios fluviales y dos bancos laterales fluviales. En cuanto a los bancos medios, estos son de menor extensión. En cambio los bancos laterales corresponden a formas alargadas, situadas a las riberas del río Huinay en dirección a la desembocadura.

Estos individuos fluviales también son parte de la configuración morfológica del año 2010, aunque un banco medio para el 2006, se transformó en un banco lateral. Además el banco lateral fluvial del meandro se desmembró, convirtiéndose en un banco medio. Los otros bancos medios siguen del mismo tamaño y posición en ambos canales (Figura 45).

Para el año 2006, la morfología de los lóbulos deltaicos tiene importantes cambios, lo que evidencia una mayor carga sedimentaria, lo cual implica un aumento en el tamaño de los lóbulos y además la acreción en las zonas extremas del *fan-delta*. Se aprecia el gran lóbulo y sus brazos deltaicos que se configura al costado de la parte convexa hacia el pueblo de Huinay. La parte extrema distal de dicho lóbulo sufre desmembramiento por erosión, provocando la formación de una gran cantidad de canales distributarios. Se observa además la acreción en la zona SE del *fan-delta*, lo cual se complementa con la proyección que tiene el componente subacuático. Para los lóbulos ubicados en dirección NE, se contabilizan 4 lóbulos que actúan de forma independiente, donde la proyección también indica que pueden alcanzar un tamaño mayor que el delimitado por sus orillas.

El escenario morfológico en el año 2010, también tiene variaciones si es comparado con lo presentado por el año 2004. Los lóbulos subaéreos son de menor tamaño, mucho más limitados, posee extremos redondeados y algunos canales distributarios. Es de suponer que esta situación se debe por condiciones de bajamar, dejando al descubierto solo los lóbulos subaéreos con mayor altura. El canal de Huinay se encuentra abierto, chocando con dos lóbulos menores. La proyección subacuática es realmente reveladora para este año, ya que indica la gran dimensión que alcanza el *fan-delta* Huinay y cómo el material aluvial va progradando hacia el mar.

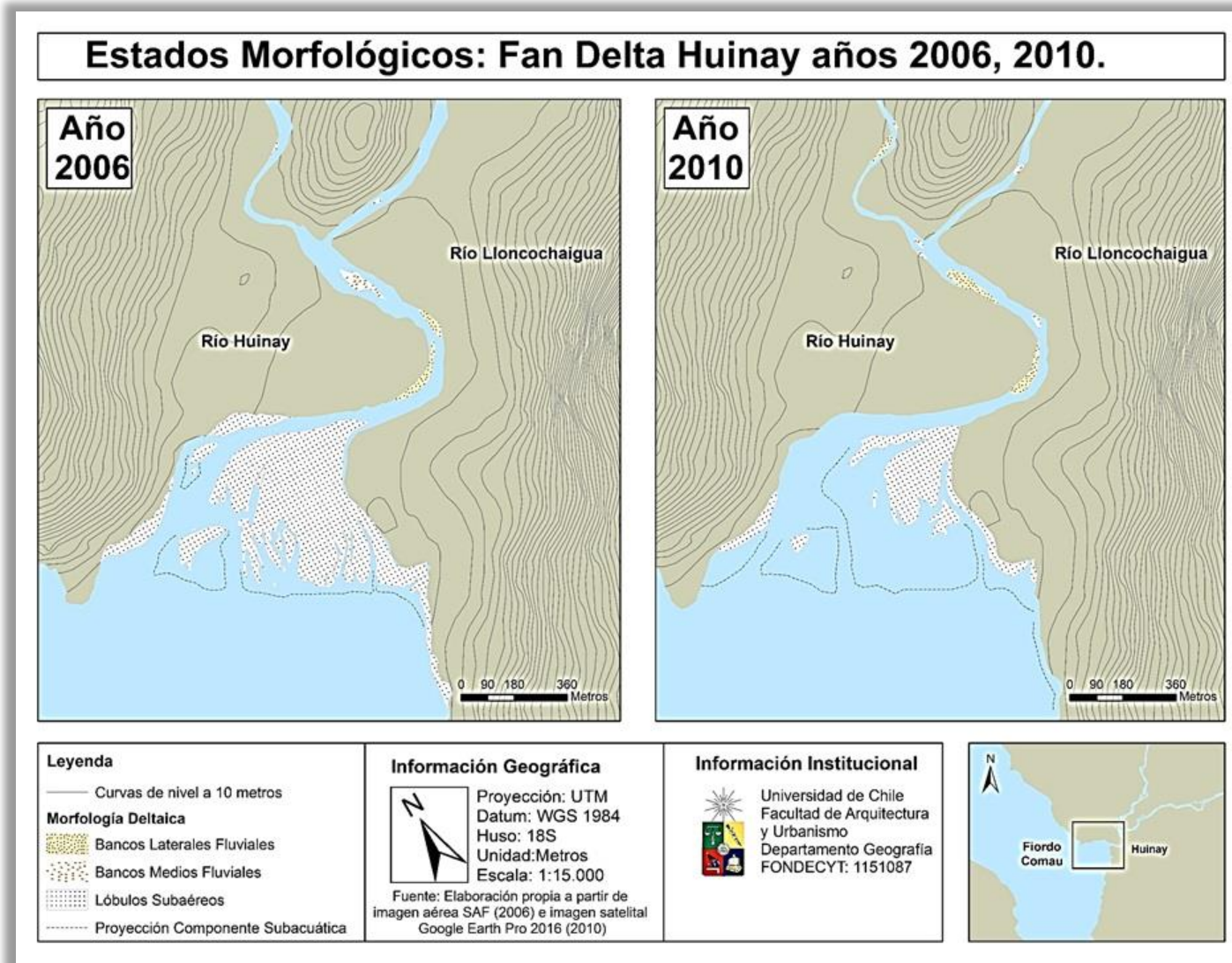


Figura 45: Estado morfológico fan-delta Huinay años 2006 y 2010. Fuente: Elaboración propia a partir de imagen aérea SAF (2006) e imagen satelital Google Earth Pro 2016 (2010).

4.3.5. Estado morfológico *fan-delta* Huinay años 2013 y 2015

En la Figura 46 se observan los bancos medios fluviales característicos de la zona media. Tanto para el año 2013 como para el año 2015 se aprecian dos bancos laterales fluviales, uno en cada canal (Huinay y Lloncochaigua) en la zona proximal hasta llegar a la confluencia. Luego en la misma confluencia existen dos pequeños bancos medios fluviales, ambos son reconocidos en los dos años de comparación. En el año 2013 la morfología mantiene la presencia de un largo banco lateral, pero que para el año 2015 se aleja de la ribera transformándose en un banco medio fluvial. Continuando el trayecto meandrante del río, se aprecia un pequeño banco medio, el cual también sufre un cambio siendo considerado en el año 2015 como un banco lateral fluvial. Para ambos años la zona media concluye con un individuo categorizado como banco lateral fluvial, el cual tiene las mismas dimensiones y características de extensión en los dos años de comparación.

La Figura 46, en el año 2013 indica el comportamiento del *fan-delta* propiamente tal, ya que se observan los lóbulos seccionados y configurándose como estructuras individuales. El lóbulo ubicado en la convexidad del meandro en dirección del pueblo de Huinay, posee sus brazos deltaicos alargados con extremos curvos, además configura la existencia de dos canales distributarios. En la ribera opuesta, se ubican dos lóbulos, uno situado en la sección lateral al canal del río Huinay y el otro se encuentra aislado, sus formas son irregulares y discontinuas. En general el trayecto del canal Huinay hacia la boca se aprecia expedito sin impedimentos morfológicos importantes en tamaño que dificulten la llegada de las aguas continentales hacia el mar interior. La proyección de los componentes acuáticos varía según el tamaño que tenga el lóbulo, pero en general se observa que se mantiene esta línea imaginaria recta ondeante que delimita el contacto entre el *fan-delta* y el mar.

En el año 2015, que es la caracterización morfológica actual para el *fan-delta*, es la respuesta a las condiciones de acreción, aumentando el tamaño de los lóbulos por la carga sedimentaria de origen aluvial. Los lóbulos (o gran lóbulo) situados en las orillas al pueblo de Huinay tienen una configuración estable que es interrumpida por los canales distributarios o entrantes de la acción mareal.

En la ribera dirección NE, los lóbulos son laterales y alargados, donde la proyección del componente subacuático determina que estos lóbulos se aproximan al resto de morfología *fan-delta*. Dejando cada vez menor espacio para el canal principal que desemboca sus aguas al mar interior.

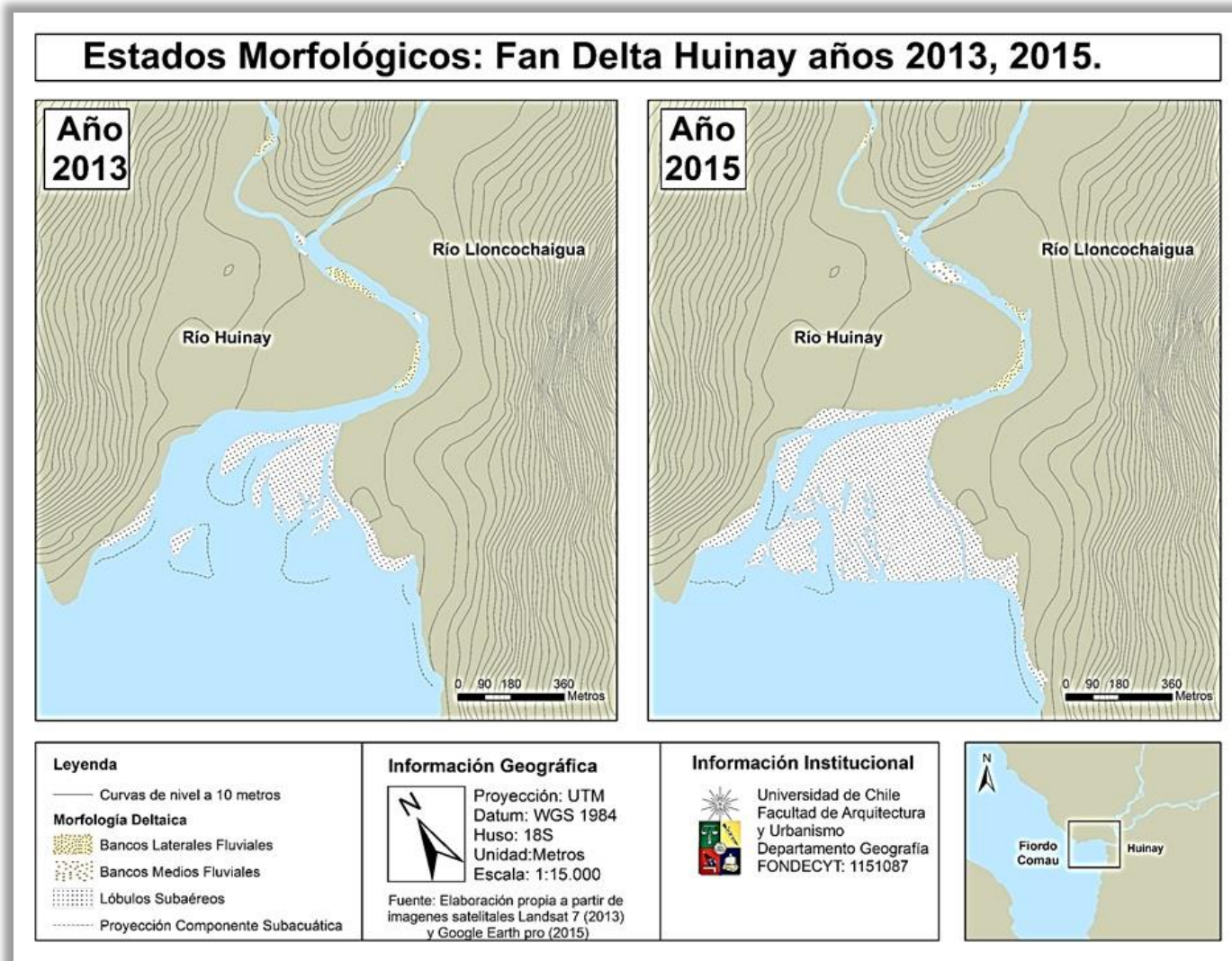


Figura 46: Estado morfológico fan-delta Huinay años 2013 y 2015. Fuente: Elaboración propia a partir de imagen satelital (Landsat 7) y Google Earth Pro 2016 (2015).

4.3.6. Reconstitución evolutiva del fan-delta Huinay

Se esquematiza los principales cambios que ha tenido el fan-delta Huinay a lo largo de las tres décadas de análisis. En la Figura 47 se aprecia la formación de los lóbulos subaéreos y subacuáticos, los que además han sido representados a través de bloques diagramas para los años: 1982, 1997 y 2015.

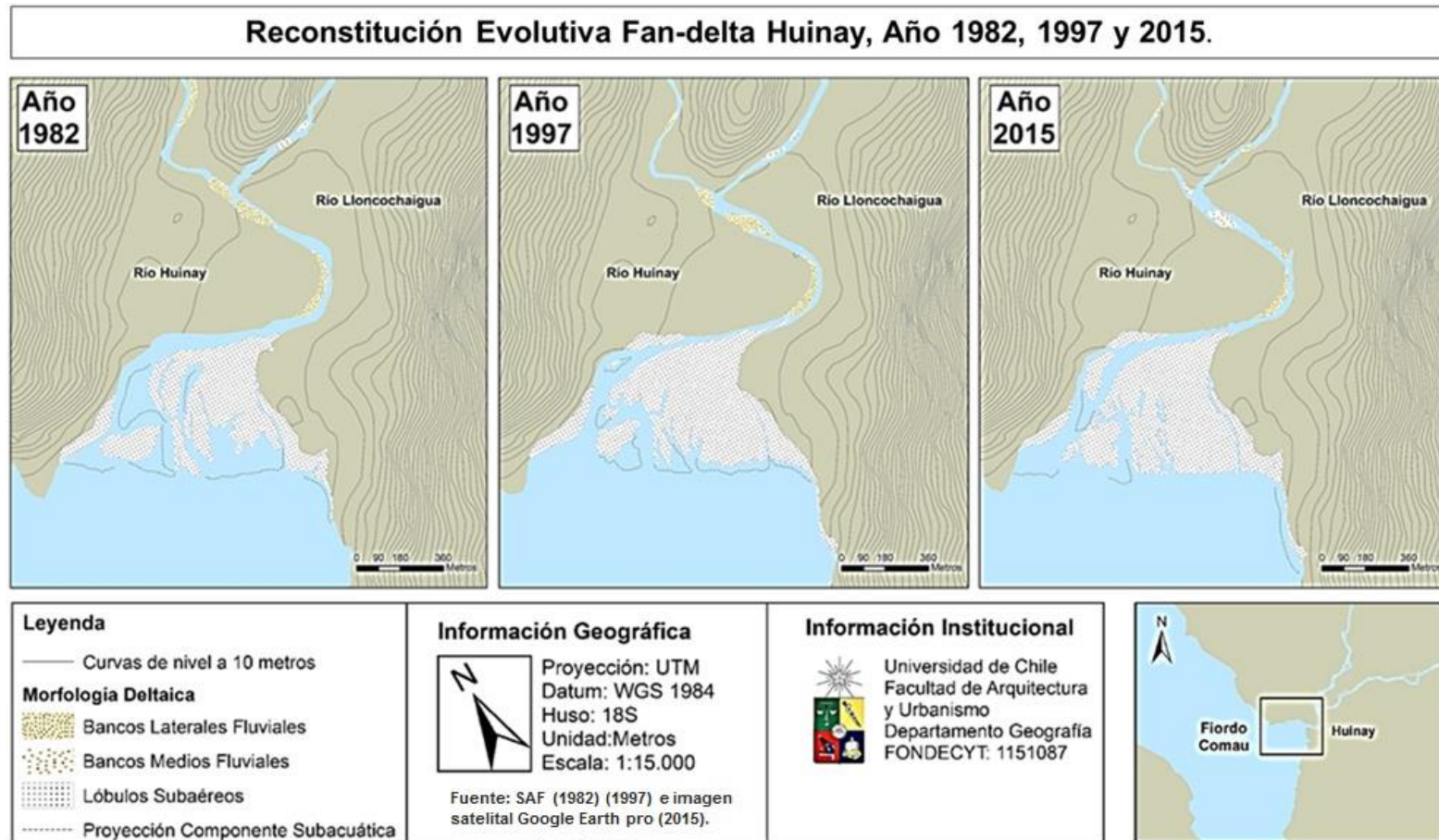


Figura 47: Reconstitución evolutiva fan-delta Huinay, año 1982, 1997 y 2015. Fuente: Elaboración propia a partir de fotointerpretación.

Para el año 1982, los lóbulos deltaicos del *fan-delta* se configuran con patrones alargados, existiendo lóbulos que se comportan como islas. En la representación morfológica (Figura 48) se aprecia un solo lóbulo que se sitúa en la ribera del flanco oeste, cuya forma es irregular con bordes redondeados, el resto de la morfología responde a un gran lóbulo, que se ve seccionado por los canales distributarios. En la ribera del flanco este también existe solo un lóbulo deltaico. El canal de Huinay desemboca sin mayores interrupciones por el lecho principal del río.

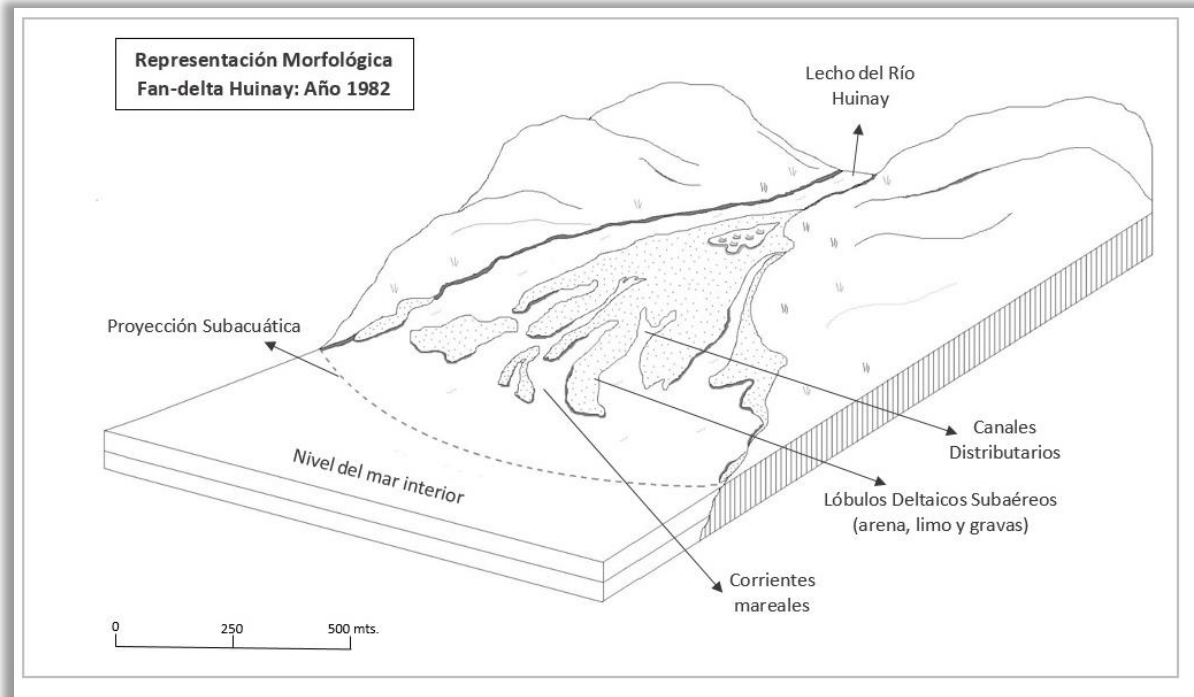


Figura 48: Representación morfológica fan-delta Huinay, año 1982. Fuente: Elaboración propia, FONDECYT N° 1151087.

En la década del 90, con la morfología del año 1997 (Figura 49) se aprecia que la extensión deltaica es menor desde el lecho del río hacia el mar interior. Los lóbulos se ven seccionados por pequeños canales mareales. En dirección hacia el flanco oeste se observan dos lóbulos laterales a la ribera del río, y tres lóbulos de dimensiones más angostas se comportan como islas. El cambio entre las dimensiones de los lóbulos se hace evidente al compararlo con la representación morfológica de la década anterior, sobre todo en la separación que ocurre en los lóbulos situados en la sección media del *fan-delta*.

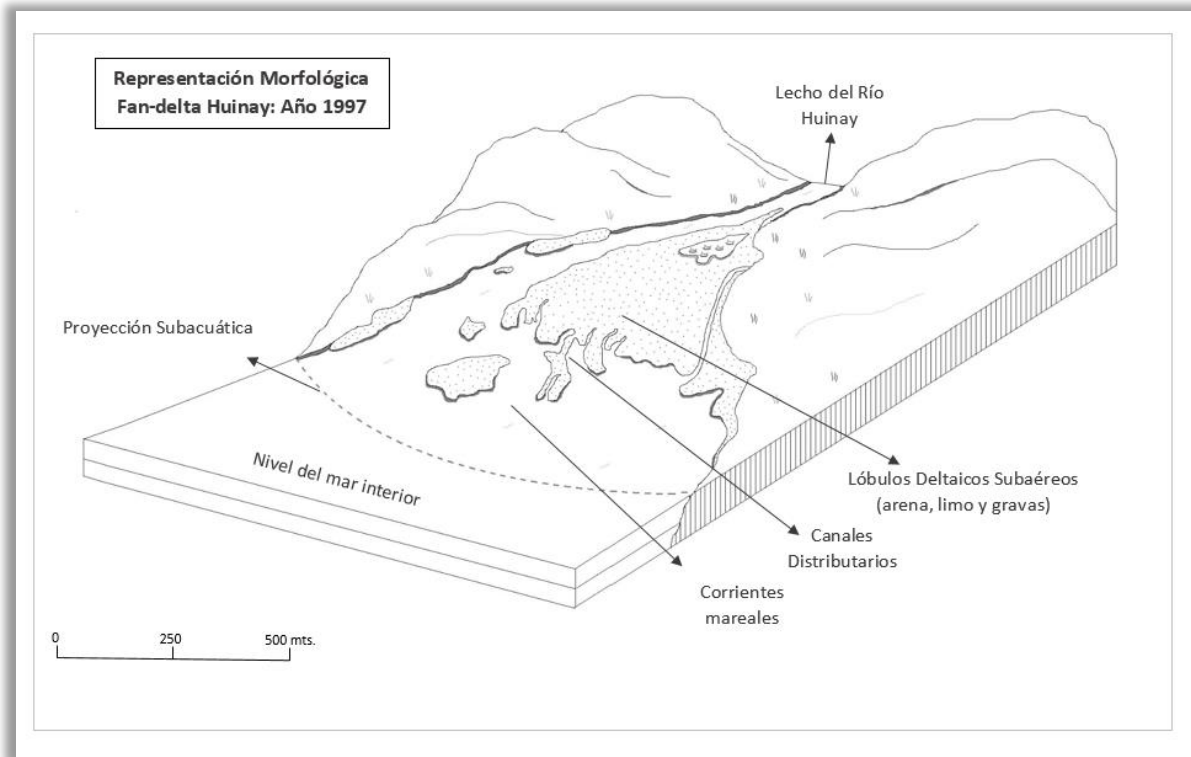


Figura 49: Representación morfológica fan-delta Huinay, año 1997. Fuente: Elaboración propia, FONDECYT N° 1151087.

La configuración actual del *fan-delta*, se ve representada en la Figura 51, donde los lóbulos están conformados por arena, limo y gravas, seccionadas por los canales distributarios, que van indicando el comportamiento del flujo del río en dirección al mar interior. Además se genera una direccionalidad del flujo y reflujos provocado por las mareas.

Al comparar con las representaciones anteriores, es posible evidenciar que el *fan-delta* ha progradado, avanzando la morfología deltaica en dirección al fiordo. Además se consolida la formación de lóbulos, los cuales se separan y responden de forma autónoma. Se aprecia también una mayor cantidad de individuos morfológicos que se configuran en respuesta a la mayor canalización que actualmente posee el *fan-delta*.

También es posible identificar que los bordes que limitan el *fan-delta*, ahora poseen lóbulos de mayor tamaño con características alargadas, se presume que existe un aumento de carga sedimentaria, lo que provoca que exista un aumento en el ancho y largo de las formas deltaicas.

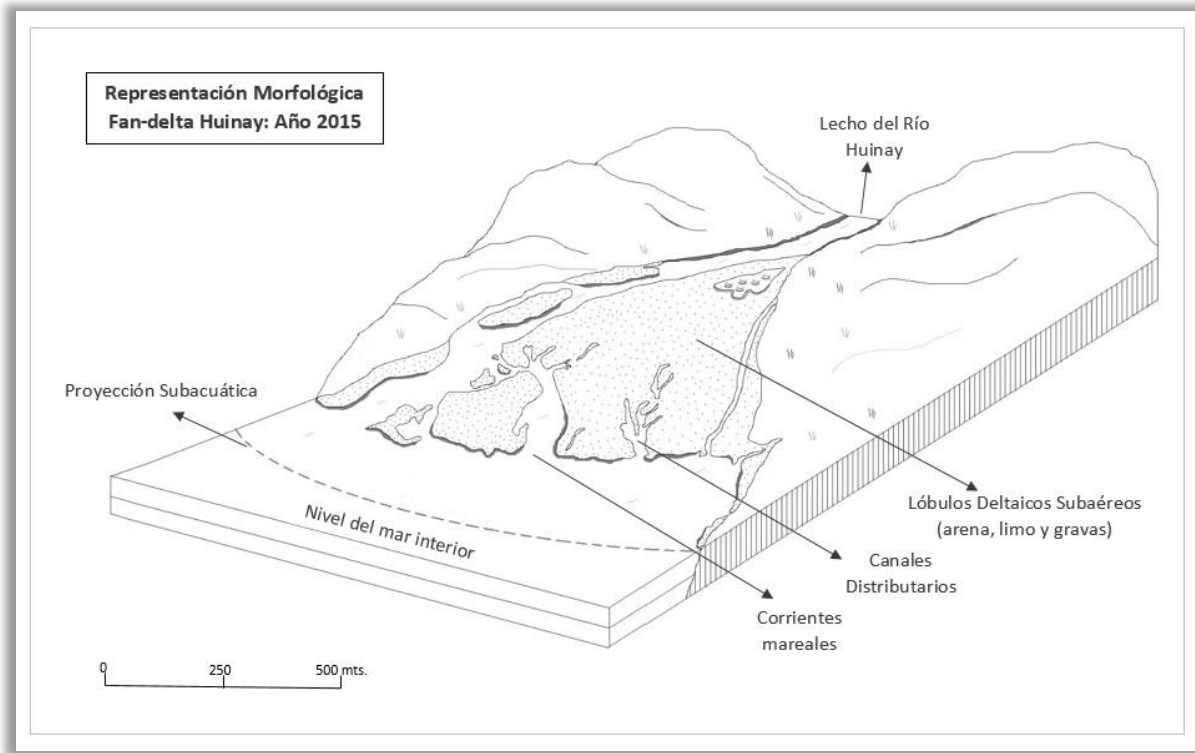


Figura 50: Representación morfológica fan-delta Huinay, año 2015. Fuente: Elaboración propia, FONDECYT N° 1151087.

Los cambios evolutivos morfológicos se pueden dividir en zonas que sufrieron acreción, erosión y/o desmembramiento de los lóbulos deltaicos, tanto en la componente subacuática como subaérea.

- Acreción:

Las evidencias de un aumento de sedimentos en los lóbulos deltaicos para el *fan-delta*, se aprecian en la Figura 51, donde se observa un aumento en tamaño de los lóbulos marcados en la imagen con un círculo rojo. Los cambios resultan en los extremos de la formación *fan-delta*, delimitados por las riberas de los flancos. La mayor acumulación también se evidencia en la línea segmentada presente en la imagen, que refleja la proyección de la componente subacuática, por lo tanto, el lóbulo va captando mayor material a nivel subacuático, esta condición se aprecia para el año 2015. También la condición de avance se refleja en la línea de costa del *fan-delta*.

Las causas de este avance y configuración actual de esta morfología, pueden considerarse normal desde el enfoque y funcionamiento deltaico. Se considera que existe una mayor carga sedimentaria, que en años anteriores (1982, 1997, 2006) provocando la progradación del *fan-delta*.

- Erosión por desmembramiento:

Este cambio afecta a los lóbulos deltaicos identificados en la Figura 52. Para el año 1982, la conformación deltaica no se encuentra mayormente seccionada, pero al pasar el tiempo, la situación cambia, teniendo que para el año 1997, dos fragmentos de lóbulos deltaicos se separan de la formación extensa característica del *fan-delta* y migran hacia la ribera, es ahí donde empiezan a captar material y responder frente a los factores externos de forma autónoma. Para el año 2004 y 2006 ambos nuevos lóbulos poseen mayor extensión subaérea y subacuática. En el año 2015, ambos lóbulos se encuentran más cercanos producto del proceso de acreción que han sufrido, se puede deducir y proyectar, que en un futuro se convertirán en un solo lóbulo deltaico lateral, asumiendo que las condiciones de acumulación generen acreción por yuxtaposición de los lóbulos.

- Erosión fluvial:

Los procesos erosivos en el banco lateral fluvial se evidencian en la Figura 53 para el año 1997, uno de los extremos del banco pierde extensión, mostrando una forma alargada situada en la ribera del río Huinay. Para el año 2006, el banco lateral fluvial sufre un desmembramiento en uno de sus extremos, esta fragmentación migra hacia la otra ribera del río y se considera como un nuevo banco lateral fluvial. Pero para el año 2015 ambas formaciones fueron erosionadas por el río, perdiendo material y extensión.

Las causas de este proceso erosivo no son claras, pero se deduce que el material erosionado es transportado a la conformación del *fan-delta*. También puede ser provocado por condiciones estacionales o estabilidad climática.

Análisis y Caracterización temporo-espacial de la morfología fan-delta en la localidad de Huinay, Fiordo Comau, Región de Los Lagos.

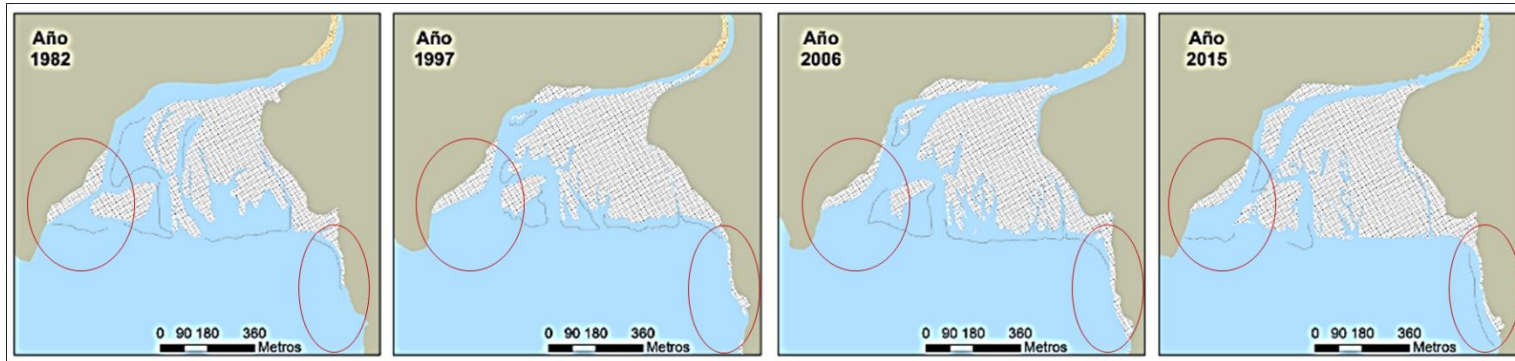


Figura 51: Tendencia de acreción en lóbulos deltaicos, fan-delta Huinay. Fuente: Elaboración propia.



Figura 52: Tendencia de erosión por desmembramiento en lóbulos deltaicos fan-delta Huinay. Fuente: Elaboración propia.

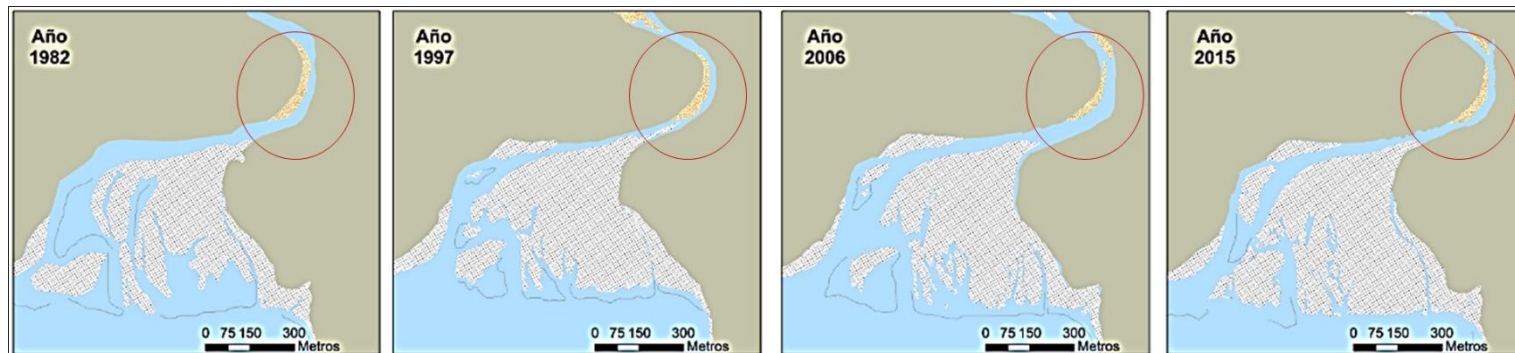


Figura 53: Tendencia de erosión en banco lateral fluvial, fan-delta Huinay. Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

5.1. Discusión

A continuación se discuten tres aspectos importantes que vinculan los planteamientos teóricos fundamentales para comprender las evidencias y realidad del caso de estudio en Huinay.

5.1.1. Sobre el concepto de estuario

La investigación tiene como ejes fundamentales dos modelos teóricos que aportan a la comprensión de los estuarios y la influencia que ejerce la acción fluvial, el oleaje y las mareas en este individuo fluvio-marino.

Darlymple *et al.* (1992) plantea la existencia de dos tipos de estuarios: dominados por las olas y dominado por las mareas. Para el caso de estudio corresponde al tipo dominado por las mareas, ya que responde a las siguientes características:

- La acción del oleaje es nula, siendo el rango y acción mareal mayor.
- En la boca del estuario se presentan bancos alargados de arena.
- La marea entrante al estuario se comprime progresivamente en una sección transversal de menor área, esto debido a la geometría en forma de embudo característica de este tipo de estuarios.
- En cuanto a la zonificación: la zona distal está influenciada por la acción marina, en este caso las mareas. La zona media interviene la energía tanto del río como de las mareas, siendo una zona mixta. Y para la zona proximal se ve netamente dominado por el río.

No se realiza una comparación con el tipo de estuario dominado por las olas, ya que el estuario Huinay diverge completamente a lo propuesto por los autores. Por lo tanto la desembocadura de Huinay-Lloncochaigua se condice cabalmente con el enfoque asociado al estuario dominado por las mareas.

El otro modelo que se puede comparar al caso de estudio corresponde a los planteamientos propuestos por Cooper (1993, 2001). Gracias a sus trabajos de geomorfología y comportamiento morfodinámico de los estuarios de Sudáfrica establece una tipología para los estuarios. El tipo de estuario que se asemeja a lo evidenciado en Huinay, es el estuario abierto de barra, del tipo dominado por mareas (*tide dominated*), ya que responde a las siguientes características:

- Posee un rango mareal suficiente permitiendo que la entrada al estuario sea mantenida.

- Existe una mínima acción del oleaje que impulse el transporte de sedimentos litorales.
- La sedimentación de los bancos estuariales corresponde a una de matriz de material fino, con granos de mayor tamaño (gravas) producto de la acción fluvial.
- En cuanto a la comparación visual a la caracterización conceptual de la morfología estuarina en función de la importancia relativa de los procesos mareales, fluviales y de oleaje (diagrama ternario) el caso de Huinay es muy semejante al estuario de Cobequid Bay, Bahía de Fundy en Canadá (Dalrymple *et al.*, 1990). Destacando la similitud en la morfología interna del estuario en la forma de embudo y la configuración de los bancos estuariales irregulares y de bordes redondeados.

Aunque el autor no precisa mayor información sobre el comportamiento interno de los bancos estuariales, más allá de la representación visual, se asume por las características ya mencionadas, que esta tipología también se cumple a cabalidad para la desembocadura de Huinay, estableciéndose como un estuario dominado por las mareas.

Es necesario indicar que el concepto de estuario se establece en esta investigación solamente para identificar que este individuo corresponde y responde a las características fluvio-marinas, en cuanto a la mezcla de agua salada (intrusión marina) y dulce (acción fluvial). Por lo tanto ésta determinación se basa desde la perspectiva hidrológica, es decir, no responde precisamente al entendimiento de los individuos morfológicos presentes en la boca de esta desembocadura.

5.1.2. Sobre el concepto de *fan-delta*

El determinar teóricamente que la morfología de la desembocadura Huinay se trata de un *fan-delta*, se basó principalmente en tres planteamientos teóricos.

McPherson (1987) indica la existencia de *fan-deltas* y *braid deltas*. Huinay se evidencia como *fan-delta* porque su configuración responde a:

- La componente subaérea comprende facies sedimentarias principalmente de material aluvial.
- Posee canales *braided*.
- Su extensión como cuerpo sedimentario es menor (solo 1 kilometro).
- Existen cambios abruptos en las facies y deposición de los materiales.
- Los depósitos son mayoritariamente de grano grueso (gravas, cantos rodados) con matrices de arenas finas.
- Los sedimentos poseen una mala selección.
- La forma de los clastos varían de subangulosos a subredondeados.

- El cuerpo sedimentario se trata de un abanico aluvial que va depositando materiales y va progradando en dirección hacia el fiordo.

Además el autor esquematiza en un modelo ilustrativo su tipología deltaica, comparando el esquema que realiza para el tipo *fan-delta* con el caso de estudio, existiendo una semejanza visual, que toma mayor injerencia al comparar lo evidenciado en terreno con las características morfológicas y sedimentológicas que presenta el autor. Por lo tanto no se realiza una comparación con la clasificación deltaica del tipo *braid-delta*, ya que ninguna apreciación a este tipo de morfológica se reconoce en la realidad al caso estudiado.

Nemec (1990) en su clasificación de deltas, establece la existencia de *fan-deltas* (aluviales) y deltas no aluviales. El caso de estudio se condice con lo planteado por el autor, ya que las características de las morfologías presentes en Huinay responden a:

- Morfología deltaica construida por un abanico aluvial.
- La fuente de alimentación son depósitos aluviales.
- Existe de igual forma alimentación fluvial en la configuración deltaica.
- Los sedimentos que forman los lóbulos deltaicos poseen una mala selección.

La construcción de la morfología deltaica en Huinay también se avala por lo planteado en la tipología presentada por Xue & Galloway (1991), indicando la existencia de un delta normal (fluvial), *fan-delta* (aluvial) y *braid-delta* (delta trenzado). El caso de estudio presenta las siguientes características que lo clasifican como *fan-delta* o delta aluvial:

- Progradación del delta producto de la acción aluvial.
- Los materiales son transportados, arrastrados y depositados por las corrientes del agua.
- En la clasificación tripartita que presentan los autores, hacen hincapié que la tipología de deltas son parte de un espectro continuo. Esta clasificación indica que un *fan-delta* posee un área de menor extensión (caso de estudio alcanza 1 kilómetro en formas deltaicas), los efectos del oleaje son débiles en la configuración deltaica (por la condición de mar interior, el oleaje es casi inexistente), existiendo una alta variabilidad en la descarga de los sedimentos, un alto gradiente y la canalización de los distributarios posee flujos débiles.

En cuanto a lo planteado por la influencia mareal, los autores indican que el *fan-delta* no se ve mayormente influenciado por el régimen mareal, indicando que los efectos de la acción mareal son débiles en la conformación deltaica. Este supuesto no se condice con lo evidenciado en terreno, ya que el caso de estudio, responde a un rango mareal que alcanza hasta los 6,9 metros, lo que se traduce en un delta del tipo macromareal (Bird, 2008). Por lo tanto solo esta apreciación diverge con la realidad que presenta el *fan-delta*.

No se realiza comparación con los otros tipos de deltas que mencionan los autores, debido a que dichas tipologías se alejan a las características intrínsecas del *fan-delta* Huinay.

Otro aspecto importante a destacar, que dificultó la revisión bibliográfica, es la escasa información referente a este tipo de morfología presente en el ambiente periglacial de la zona austral del país. Solo es posible comparar el caso de estudio con los trabajos y apreciaciones de Bell (2009), aunque el contexto es totalmente distinto, ya que describe los *braid* deltas lacustres del Cuaternario en el lago General Carrera, que alcanza una extensión superior a los 5 kilómetros. Solo se rescata las similitudes en los canales *braided* que son parte del frente deltaico del *fan-delta* Huinay.

El trabajo en terreno definió en gran parte la caracterización del *fan-delta* Huinay. Gracias al análisis granulométrico y conocer *in situ* como los lóbulos deltaicos van progradando en dirección al mar interior, fueron la base para comparar la realidad del comportamiento deltaico en Huinay con los planteamientos teóricos-conceptuales que definen esta investigación.

5.1.3. Tendencia evolutiva *fan-delta* Huinay: proyección de la carretera austral y cambio climático.

El análisis realizado a los distintos estados morfológicos del *fan-delta* Huinay, indican los cambios, tendencia evolutiva, y una aproximación a su comportamiento futuro. Estos cambios serán discutidos bajo los planteamientos teóricos de McPherson *et al.* (1987), (Nemec & Steel, 1988), Nemec (1990), Xue & Galloway (1991), Syvitski & Saito (2007) y Bird (2008).

Los autores mencionados, comparten como premisa que los deltas, en este caso la configuración de *fan-delta* es controlada por la interacción entre las condiciones del entorno y los factores de forzamiento (carga sedimentaria del río, drenaje de la cuenca, fluctuaciones del nivel del mar, tectónica, batimetría, energía mareal y costera, entre otras). Dichos factores que afectan la morfo-dinámica pueden variar en el tiempo y el espacio, generando cambios y evolución en el comportamiento del ambiente sedimentario.

Xue & Galloway (1991) presenta una clasificación con diagrama ternario (Figura 17), indicando la existencia del espectro continuo de los sistemas deltaicos. Integrando la tipología de *common* delta (fluvial), *braid-delta* (trenzado) y *fan-delta* (aluvial). Esta clasificación también es compartida por los autores McPherson *et al.* (1987), Nemec & Steel (1988) y Nemec (1990). El esquema de espectro continuo asociado a la morfología deltaica, tiene como primera cara el tipo *common* delta. En medio del prisma se sitúa *braid-delta* y finaliza en su extremo con la tipología *fan-delta*. Estos tres tipos de delta comparten los mismos procesos deposicionales, similares a los de progradación fluvial, por lo mismo los autores en su clasificación hacen hincapié que son parte de un espectro continuo y reflejan el impacto combinado tanto de la acción fluvial, mareal y de las olas.

El caso de estudio, se sitúa al final de la evolución del diagrama ternario, respondiendo a las características asociadas al *fan-delta*, el cual va progradando su material de acción aluvial al mar, y responde a los agentes de cambio asociados al contexto local y geográfico inmediato presentes en Huinay y fiordo Comau.

La característica principal del *fan-delta* es comprender que se trata de la progradación o avance del abanico aluvial hacia el mar o lago, según sea el caso (McPherson *et al.*, 1987). El *fan-delta* Huinay alcanza un kilómetro de extensión compuesto por el material de abanico aluvial. Además tiene como suministro de material fluvial, las cuencas de los ríos Huinay (30,73 km²) y Lloncochaigua (113,86 km²).

Los resultados obtenidos de la caracterización temporo-espacial para las tres décadas de estudio indican que el *fan-delta* Huinay, cumple con el comportamiento deltaico asociado a la progradación, ya que existen zonas dentro del *fan-delta* que evidencian la acreción y mayor deposición de material (aluvial como fluvial), dichos lóbulos deltaicos son modelados por la acción de reflujos que provocan las mareas y la variación de la amplitud mareal que se refleja en el régimen semidiurno, teniendo cada día dos pleas y dos bajamareas. Nemec & Steel (1988) indica que los *fan-deltas* pueden responder de distinta manera en su configuración, teniendo características y facies sedimentarias específicas y a menudo, únicas. Por lo tanto, el *fan-delta* Huinay responde a los agentes modeladores de su entorno, generando una dinámica interna específica.

Para la realización de esta caracterización existieron limitaciones en la información, si para el área de estudio hubiese existido una mayor disponibilidad de imágenes satelitales de alta resolución espacio-temporal o imágenes de vuelos aéreos de años anteriores a 1980 se hubiese logrado un análisis completo y detallado sobre el escenario histórico que afectaron la configuración interna del *fan-delta* Huinay.

Bird (2008) señala que la progradación del delta puede acelerarse por el aumento del suministro sedimentario, debido a la acción y actividades antropogénicas. En el caso de estudio, el *fan-delta* Huinay actualmente debe su configuración netamente a factores de origen natural, pero con la llegada y posible construcción de la continuación a la carretera austral (Ruta CH-7, tramo Pichanco-Huinay-Vodudahue), es posible indicar las futuras implicancias y consecuencias que traería consigo en el aporte sedimentario y configuración del *fan-delta*, asociadas principalmente al arribo de una mayor cantidad de habitantes en el sector, mayor trabajo productivo en extracción de recursos, instalaciones portuarias, entre otras actividades antrópicas que a través del tiempo puedan afectar el paisaje y entorno natural de la localidad.

Las nuevas actividades antrópicas pueden generar erosión en distintos niveles de la cuenca Huinay-Lloncochaigua, lo que provocará una mayor carga sedimentaria del lecho del río y un avance del *fan-delta*. Syvitski & Saito (2007) concluyen que cada vez existen más deltas que se están alejando de su morfología pre-antropogénica, repercutiendo en el suministro

prístino y dispersión de los sedimentos. Describen que los impactos actuales y futuros por las actividades humanas son claves para entender el nuevo comportamiento morfo dinámico, y la nueva configuración deltaica alejada del equilibrio histórico entre el suministro y deposición del material.

Sumado a este escenario, el cambio climático también genera repercusiones a la evolución de este sistema deltaico, considerándose con un agente modelador y de cambios. Los escenarios climáticos extremos, vale decir, menos nocivo y más severo (B2 y A1F1) del Cuarto Informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2007) sugiere que a finales de siglo XXI (1971-2100) habrá un notable avance de los climas mediterráneos de veranos suaves (Csb) hasta más allá de la Región de Aysén (Rubel & Kotteck, 2010), pese a mantener en la franja más oceánica, climas Cfb. Las implicancias desde el punto de vista de la sedimentación pueden ser extremas, pues la cubierta vegetal y glaciar se podría ver disminuida en cuanto a su densidad, generando más carga al sistema hidrológico y por ende en la configuración del *fan-delta* en Huinay.

En este mismo contexto, Soto (2009 en Häussermann & Försterra, 2009) indica que al sur de los 45°S se manifiesta una tendencia de calentamiento con un incremento aproximadamente de 0,6°C. Esto sería consistente con el calentamiento global observado en el hemisferio sur durante los últimos 130 años. Por otro lado Carrasco *et al* (2001 en Häussermann & Försterra, 2009) señalan que en ciertos modelos de simulación climática aplicados a la Patagonia Chilena, una disminución en la cantidad de precipitación durante el verano, y un aumento en el invierno podrían ser esperados. Ejemplo de ello es lo presentado por Sarricolea & Figueroa (2014) usando el Modelo ACCESS 1.0 muestran disminuciones de más de 200 mm y aumentos de hasta 4°C de las temperaturas medias anuales, hacia finales del siglo XXI.

La futura configuración del *fan-delta*, indica la tendencia evolutiva al avance, acumulación y progradación, que puede verse intensificado por los factores antrópicos y el inminente cambio climático. El *fan-delta* Huinay como sistema fluvio-marino responde a las características morfoclimáticas que delimita la zona austral, considerándose según Araya Vergara (1982) zona de deltas de cabecera de fiordo y de glaciares (exclusivo para las costas de fiordos en la Patagonia).

Venegas (2015) considera la costa del país como un laboratorio natural al exhibir distintos tipos de desembocaduras, según sea el escenario morfoclimático imperante. Por lo tanto es de suma importancia considerar el contexto geográfico, climático y geomorfológico del sector donde se sitúa la desembocadura y lograr así un reconocimiento detallado de la configuración y dinámica que caracteriza dicho individuo en particular.

5.2. Conclusiones

La finalidad de esta investigación fue analizar la geomorfología presente en el sistema fluvio-marino Huinay-Lloncochaigua en base a la configuración temporo-espacial del *fan-delta*, a través de esquemas que evidencian los cambios y comportamiento evolutivo entre los años 1982 hasta la actualidad. Se planteó analizar también las condiciones que provocan estos cambios y procesos geodinámicos (variación mareal, batimetría y contexto geográfico).

El área de estudio presenta características singulares, asociadas a la orientación de la línea de costa, las condiciones climáticas-pluviométricas y la deposición de los sedimentos. Estas condiciones responden a la hipótesis planteada por esta investigación, ratificando que en el *fan-delta* Huinay se reconocen los rasgos morfológicos que dan cuenta de las características morfo-climáticas del tipo fiordo patagónico en un ambiente periglacial. Siendo las características locales asociadas a un contexto específico, en este caso el ambiente periglacial del fiordo Comau, quienes configuran el comportamiento y modelado presente en el área de estudio.

Luego de plantear distintas apreciaciones teóricas, la investigación indica que el caso de estudio responde a una morfología *fan-delta* en un ambiente estuarial macro mareal. Bajo la premisa de que estos tipos de desembocadura (estuario y delta) no son excluyentes, por lo tanto Huinay es ejemplo de que un delta puede estar inserto en un ambiente estuarial. Además la configuración interna del *fan-delta* configura una dinámica única que se asocia a cambios morfológicos y evolutivos propios (respondiendo a características específicas en cuanto a morfología y material sedimentario).

La investigación determinó que los individuos geomorfológicos constituyentes del *fan-delta*, están relacionados netamente con el comportamiento deltaico lobular con componentes subaéreos y subacuáticos compuestos por gravas y cantos rodados con matriz de arena fina. También se identifican canales distributarios que responden al patrón *braided*. En general los resultados del análisis granulométrico realizado para los lóbulos deltaicos que conforman el *fan-delta* Huinay indican que el material en sí responde a una mala selección comprobando su condición de *fan-delta*. El trabajo en terreno fue relevante ya que permitió definir la forma como *fan-delta* al identificar el comportamiento deltaico y comparar las evidencias con los planteamientos teóricos y conceptuales que definen esta investigación.

En cuanto a los resultados del contexto geográfico, se concluye que las condiciones de oleaje no afectan mayormente el comportamiento morfológico del *fan-delta* Huinay, ya que es casi inexistente y solo se activa por condiciones de viento asociado a tempestades. En cuanto a la variación mareal, esta condición es totalmente primordial para determinar el comportamiento de los sedimentos del *fan-delta* Huinay, ya que el contexto macromareal, genera amplitudes sobre los 6 m, dejando descubierto la composición del *fan-delta* y el régimen semidiurno

mostrado en mareogramas, refleja la importancia de la entrada mareal sobre el individuo geomorfológico. La batimetría refleja la manera en que la línea de costa alcanza el borde de la zona poco profunda del fiordo proyectándose hacia el borde externo, del talud.

Como principal conclusión de los resultados obtenidos a través de la caracterización de la morfología analizada, se determina que la tendencia evolutiva es el avance y progradación del *fan-delta* Huinay hacia el fiordo. Evidencia de ello, es el avance en la línea de costa, la mayor extensión en superficie de los lóbulos subaéreos y subacuáticos y también la disminución en el período analizado de los canales distributarios principales del lecho del río Huinay en el *fan-delta* producto de la mayor acumulación sedimentaria en los lóbulos. La futura configuración del *fan-delta*, indica que la tendencia evolutiva estimada es al avance, acumulación y progradación, puede verse intensificado por los factores antrópicos y el impacto del inminente cambio climático en las cabeceras andinas de las cuencas de sustentación.

En respuesta al cumplimiento de los objetivos propuestos, se entregan ideas sobre el valor científico y paisajístico que caracteriza a este individuo geomorfológico. Siendo esta investigación una aproximación única para las condiciones australes del país en cuanto a la concepción del modelado deltaico del tipo *fan-delta*.

Finalmente, se propone como generación de nuevos conocimientos para el fenómeno morfo-dinámico del *fan-delta* Huinay, considerar en detalle la evolución de cada lóbulo deltaico en el comportamiento interno de su configuración, a través de la estratigrafía y sedimentología, para evidenciar y complementar los cambios morfológicos planteados en esta investigación. Además ahondar sobre los efectos antrópicos que afectaran al *fan-delta* Huinay, producto de la construcción que da continuación a la carretera austral en esta localidad, que se caracteriza por ser aislada y prístina.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILERA, M., BORDERÍAS, M., GONZÁLEZ M. & SANTOS, J., 2009. Geografía general I Geografía Física. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid. 300pp.
- ANDRADE, B., 1985. Estudio morfosedimentológico de marismas del golfo de Ancud, Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 12:27-33.
- ARAYA VERGARA, J.F., 1970. Contribución al estudio de los procesos estuariales en las desembocaduras de los ríos Rapel y Maipo. *Inform. Geogr., Chile*, 20: 17-38.
- ARAYA VERGARA, J.F., 1981. El concepto de delta en ría y su significado en la evolución litoral (ejemplo de Chile Central). *Inform. Geogr., Chile*, 28: 19-42.
- ARAYA VERGARA, J.F., 1982. Análisis de la localización y de los procesos y formas predominantes de la línea litoral de Chile. *Inform. Geogr., Chile*, 29: 35-55.
- ARAYA VERGARA, J.F., 1985. Sediment supply and morphogenetic response on a high wave energy coast. *Z. Geomorphology.N.F.S.B.* 57: 67-79.
- ARAYA VERGARA, J.F., 2011. Guía de Laboratorio de Análisis de sedimentos. Laboratorio de Geomorfología, Escuela de Geografía, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile.
- ARRIAGADA, J., 2005. Cambios en el sistema estuarina del Maipo y su relación con obras portuarias, Chile Central. Memoria para optar al título de geógrafo, Universidad de Chile, Santiago; 80 pp.
- ARRIAGADA, J., 2009. Geomorfología estuarial comparada en la zona semiárida de Chile. Casos de Copiapó y Choapa. Tesis para optar al grado de magister en geografía. Universidad de Chile. Santiago; 100 pp.
- BELL, M., 2009. Quaternary lacustrine braid deltas on Lake General Carrera in southern Chile. *Andean Geology* 36 (1): 51-65.
- BENISTON, M., STOFFEL, M., & HILL, M., 2013. Assessing climate impacts on the quantity and quality of water. The EU/FP7 ACQWA Project Science and Policy Brief. A large integrating Project under EU R&D Framework Programme 7. Université de Genève. 98 pp.
- BIRD. 2008 Deltas. *Coastal Geomorphology: An Introduction, Second Edition*, 332-347.
- BOGGS, S., 2006. Principles of Sedimentology and Stratigraphy. 5th Edition. Prentice Hall. 600 pp.

- CENTRO CIENTIFICO DE HUINAY, 2015. El fiordo Comau: Entorno marino y terrestre [en línea] [consultado: 13 octubre 2015] Disponible en: <<http://www.huinay.cl/site/sp/investigacion.html#fiordocomau>>
- COOPER, J.A.G., 1993. Sedimentation in a river-dominated estuary. *Sedimentology*, 40, 979-1017.
- COOPER, J.A.G., 2001. Geomorphological variability among microtidal estuaries from the wave-dominated South African coast. *Geomorphology*. N° 40. 99–122.
- DALRYMPLE, R., ZAIMLN, B., & BOYD, R., 1992. Estuarine facies models. Conceptual basis and stratigraphic implications. *J. Sedim. Petrol*, 62: 1130-1146.
- DS VAN MAREN, 2005. Barrier formation on an actively prograding delta system: The Red River Delta, Vietnam. *Marine Geology*, 224: 123– 143.
- EVANS, G., & PREGO, R., 2003. Rias, estuaries and incised valleys: is a ria an estuary?. *Marine Geology*, 196: 171-175.
- FERRANDO, F., 1975. Visión Geomorfológica de la provincia de Llanquihue. *Revista Geográfica*. N° 83. 141-158.
- FERRANDO, F., 2005. Geomorfología aplicada y desastres: Rol preventivo y ordenamiento territorial. *Revista de Urbanismo*. 4pp.
- FITZEK, R., 2014. Restauración Ecológica de Bosque Siempreverde Templado Andino y de Bosques de *Fitzroya Cupressoides* y *Pilgerodendron Uviferum* en Huinay, Región de Los Lagos, Chile. Tesis de magister, Facultad de Ciencias forestales y Recursos Naturales. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 206 pp.
- FOLK & WARD, 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 27, n°1, 3-26.
- GALLOWAY, W.E. 1975. Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems. In: *Deltas, Models for Exploration* (Ed.M.L. Broussard), pp. 87–98. Houston Geological Society, Houston, TX.
- GUTIÉRREZ, M., 2008. Geomorfología. Prentice Hall. 916 pp.
- HÄUSSERMANN, V., & FÖRSTERRA, G., 2009. Fauna marina Bentónica de la Patagonia Chilena, *Nature in Focus*, Puerto Montt, 1000 pp.
- HASLETT, S., 2009. Coastal Systems (Routledge Introductions to Environment: Environmental Science) 2nd Edition. 240p.

HERVÉ, F., S/F. Geositio: Depósitos marinos holocenos de Huinay. [en línea] [consultado: 04 enero 2016] Disponible en: <<http://www.sociedadgeologica.cl/depositos-marinos-holocenos-de-huinay/>>

HORI, K., & SAITO, Y., 2007. Classification, Architecture, and Evolution of Large-river Deltas. Large Rivers: Geomorphology and Management. 75-95.

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO (IFOP), 2011. Determinación de las condiciones oceanográficas en las áreas Seno de Reloncaví y mar interior de Chiloé. 125 pp.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), 2007. Cambio climático 2007: informe de síntesis. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación). IPCC, Ginebra, Suiza, 104 pp.

LARA, L., CEMBRANO, J., & LAVENU, A., 2006. La Zona de Falla Liquiñe-Ofqui: Antecedentes de su Evolución Cuaternaria e Implicancias para el volcanismo activo en los Andes del Sur. En XI Congreso Geológico Chileno, Antofagasta, III Región, Chile. 4pp.

LETELIER, J., SOTO, M., SALINAS, S., OSUNA, P., LOPEZ, D., SEPULVEDA, H., PINILLA, E., & RODRIGO, C., 2011. Variabilidad del viento, oleaje y corrientes en la región norte de los fiordos Patagónicos de Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía Vol. 46, N°3: 363-377.

MARTÍNEZ C., & CORTEZ C., 2008. Características geomorfológicas del estuario Aconcagua, Chile Central., entre 1877 y 2001. Rev. Geogr. Valpo., 41: 14-26.

MCPHERSON., J. SHANMUGAM G., & MOIOLA R., 1987. Fan-deltas and braid deltas: Varieties of coarse-grained deltas. Geological Society of America Bulletin, v. 99, p. 331-340.

MOLINET, V., 2006. Recuperación del Delta del Ebro I. Recuperación de la configuración del Delta del Ebro. Tesina Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona - Enginyeria de Camins, Canals i Ports. 104pp.

MORALES, R., FERNÁNDEZ, J., FITZEK, R., MEDINA, L., & MUÑOZ, F., 2014. Catálogo provisional de la Flora de San Ignacio de Huinay, Chile. Anales del Jardín Botánico de Madrid Vol.73 (2): e037, 1-35.

NAQUIRA, M., 2009. Susceptibilidad de Remociones en Masa en las Costas de Fiordos cercanos a Hornopirén, X Región. Memoria para Optar al Título de Geólogo. Universidad de Chile, Santiago; 212pp.

- NEMEC, W., & STEEL, R. 1988. What is a fan delta and how do we recognize it?. Fan Deltas: Sedimentology and Tectonic Settings. Blackie, 3-15.
- NEMEC, W., 1990. Deltas - remarks on terminology and classification. Spec. Pubis int. Ass. Sediment, 10: 3-12.
- OHARA T., & FLORES B., 1998. Abordagem metodológica no estudo do zoneamento geoambiental da região do alto – médio Paraíba do Sul, com produtos de sensoriamento remoto orbital. In: CONGRESO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39. Salvador, SBA, setembro de 1996. Anais. Salvador, SBG, v. 7, p. 90-93.
- PASKOF, 2010; 78 Geología Marina de Chile. Comité Oceanográfico Nacional de Chile - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso - Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile. 115 pp.
- PAZ, J., 2015. Fundación y maritorio en el fiordo Comau. Memoria para optar a Magister Náutico y Marítimo, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Semestre I, 2015.
- PERILLO, G., 1995. Geomorphology and sedimentology of estuaries: An introduction. Elsevier Pub. Co., Ámsterdam. 17- 46.
- POMAR, J. 1962. Cambios en los ríos y en la morfología de la costa de Chile. Revista Chilena de Historia y Geografía. N° 130. 318-356.
- RUBEL, F., & KOTTEK, M., 2010. Observed and projected climate shifts 1901–2100 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 19, No. 2, 135-141
- RUDOLPH A., MEDINA, P., AHUMADA, R. & NOVOA, V., 2011. Calidad ecotoxicológica de los sedimentos en fiordos del sur de Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía. Vol. 46, N°1: 79-84, abril de 2011.
- SARRICOLEA P. & FIGUEROA P. 2014 Pluviometría de los últimos 48 años en Chile centro-sur (33°40'-42°S) y sus patrones de variabilidad en el contexto de Cambio Climático Global. En XI Simposio Brasileiro de Climatología Geográfica. 10 pp. Curitiba Brasil.
- SERNAGEOMIN 2003. Mapa geológico de Chile. Escala 1:1.000.000.
- SOTO R., & FLORES., L. Estudio fitosociológico de la vegetación boscosa de Huinay, provincia de Palena (región de Los Lagos, Chile). LAZAROA 32: 137-151.
- SOTO, L., LETELIER, J., SALINAS, S., PINILLAS, E. & BELMAR, J. 2009. Análisis de parámetros oceanográficos y atmosféricos del Seno de Reloncaví. Gayana 73(1): 141-155.

SYVITSKI, J., & SAITO, Y., 2007. Morphodynamics of deltas under the influence of humans. *Global and Planetary Change*, 57: 261–282.

STRAHLER, A., 1989. Geografía física. Ediciones Omega. Barcelona. 552pp.

VENEGAS, V., 2015. Caracterización y análisis temporo-espacial de la morfología del estuario del Maule: Zonas Media y Distal (entre los años 1945 Y 2011). Memoria para optar al título profesional de geógrafa, Universidad de Chile, Santiago; 97 pp.

XUE L., & GALLOWAY, W., 1991. Fan-Delta, Braid Delta and the Classification of Delta Systems. *Acta geológica sinica* Vol.4 N° 4. 388-400.

ANEXOS

Anexo 1: Clasificación granulométrica

		Mm	ϕ
		↑	↑
Aglomerado		1024	-10
		512	-9
		256	-8
	Gruesa	128	-7
Grava		64	-6
	Mediana	32	-5
		16	-4
	Fina	8	-3
		4	-2
Sábulo		2	-1
Arena	Muy Gruesa	1	0
	Gruesa	0,5	1
	Mediana	0,25	2
	Fina	0,125	3
	Muy Fina	0,062	4
Limo	Grueso	0,031	5
		0,015	6
	Fino	0,0078	7
		0,0039	8
Arcilla		0,0020	9
		↓	↓

Fuente: Udden-Wentworth (1922)

Anexo 2: Tabla de mareas para enero 2016, Puerto Montt.

Día	Hora	Altura	Día	Hora	Altura	Día	Hora	Altura
1	1:20	2,8	11	3:20	6,4	21	0:45	5,8
	7:20	4,7		9:50	0,7		7:15	1,2
	14:00	2,4		15:50	5,7		13:20	5,3
	20:10	4,5		21:55	1,1		19:25	1,4
2	2:25	3	12	4:00	6,4	22	1:35	6,1
	8:25	4,4		10:30	0,7		8:00	0,9
	15:00	2,6		16:25	5,7		14:05	5,6
	21:20	4,4		22:35	1,2		20:10	1,2
3	3:45	3	13	4:40	6,3	23	2:20	6,3
	9:40	4,3		11:10	0,8		8:45	0,8
	16:10	2,8		17:10	5,7		14:45	5,7
	22:30	4,8		23:20	1,3		20:50	1,1
4	5:00	2,9	14	5:25	6,1	24	2:55	6,4
	10:55	4,4		11:55	1		9:25	0,7
	17:15	2,5		17:55	5,5		15:25	5,7
	23:30	4,8	15	0:05	1,7		21:30	1,1
5	6:00	2,5		6:10	5,7	25	3:35	6,4
	11:55	4,6		12:45	1,3		10:00	0,8
	18:05	2,3		18:50	5,3		16:00	5,7
6	0:15	5,1	16	1:05	1,9		22:05	1,2
	6:45	2,1		7:10	5,3	26	4:10	6,2
	12:40	4,8		13:40	1,8		10:35	1
	18:50	2,1		19:55	5,1		16:35	5,5
7	0:55	5,4	17	2:20	2,2		22:40	1,4
	7:25	1,8		8:20	5	27	4:40	5,9
	13:20	5		14:55	2		11:05	1,2
	19:25	1,8		21:10	5,1		17:05	5,4
8	1:35	5,7	18	3:45	2,2		23:15	1,7
	8:00	1,3		9:45	4,8	28	5:15	5,6
	14:00	5,2		16:15	2,1		11:40	1,5
	20:05	1,5		22:35	5,2		17:40	5,1
9	2:10	6	19	5:10	2		23:50	2
	8:35	1,1		11:10	4,8	29	5:45	5,2
	14:35	5,5		17:25	2		12:15	1,9
	20:40	1,3		23:45	5,5		18:15	4,9
10	2:45	6,3	20	6:20	1,7	30	6:00	2,4
	9:15	0,9		12:20	5,1		6:25	4,8
	15:10	5,6		18:30	1,7		12:50	2,3
	21:15	1,1					18:55	4,7
						31	1:15	2,8
							7:10	4,6
							13:35	2,6
							19:50	4,5

Fuente: Elaboración propia en base a Tabla de mareas. SHOA

Anexo 3: Tabla de mareas para junio 2016, Puerto Montt.

Día	Hora	Altura	Día	Hora	Altura	Día	Hora	Altura
1	5:30	1,5	11	1:40	2	21	3:15	5,3
	11:40	5,6		7:50	4,7		9:20	1,5
	18:05	1,5		13:55	2,6		15:25	6
2	0:05	5,5		20:00	4,8		21:55	1,2
	6:20	1,2	12	2:40	2,2	22	3:50	5,3
	12:35	6,1		9:00	4,6		9:55	1,7
	19:00	1		15:10	2,8		16:00	5,9
3	1:00	5,8		21:15	4,7		22:30	1,2
	7:15	0,9	13	3:50	2,3	23	4:25	5,2
	13:20	6,5		10:10	4,7		10:30	1,7
	19:50	0,6		16:25	2,8		16:35	5,9
4	1:50	6		22:25	4,6		23:05	1,3
	8:00	0,7	14	4:50	2,3	24	5:05	5,2
	14:10	6,7		11:10	4,8		11:10	1,9
	20:35	0,3		17:25	2,5		17:15	5,7
5	2:40	6,1		23:25	4,7		23:50	1,4
	8:45	0,7	15	5:40	2,2	25	5:50	5,1
	14:55	6,7		11:55	5		11:55	2
	21:25	0,2		18:20	2,2		18:05	5,5
6	3:25	6	16	0:15	4,8	26	0:35	1,7
	9:35	0,8		6:25	2,1		6:45	5
	15:40	6,7		12:40	5,2		12:50	2,2
	22:10	0,4		19:00	2		19:00	5,3
7	4:15	5,8	17	1:00	4,9	27	1:35	1,8
	10:20	1		7:05	1,9		7:45	4,9
	16:25	6,5		13:15	5,5		14:00	2,3
	23:00	0,7		19:40	1,7		20:05	5,1
8	5:00	5,6	18	1:35	5	28	2:40	1,9
	11:05	1,4		7:40	1,8		8:55	5
	17:15	6,1		13:45	5,7		15:20	2,3
	23:45	1,1		20:15	1,4		21:20	5
9	5:50	5,2	19	2:10	5,2	29	3:50	1,9
	11:55	1,9		8:15	1,7		10:10	5,2
	18:05	5,6		14:20	5,8		16:35	2
10	0:40	1,5		20:45	1,3		22:35	5
	6:45	4,9	20	2:45	5,2	30	5:00	1,8
	12:50	2,3		8:45	1,7		11:15	5,5
	19:00	5,2		14:50	5,9		17:45	1,7
				21:20	1,2		23:45	5,2

Fuente: Elaboración propia en base a Tabla de mareas. SHOA.

Anexo 4: Cambio de variación mareal en imágenes satelitales *fan-delta* Huinay.



Fuente: Imágenes Software Google Earth Pro 2016.