



MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL
INSTITUTO ANTARTICO ECUATORIANO
GUAYAQUIL

INFORME DE TRABAJOS DE CAMPO EN LAS
EXPEDICIONES A LA ANTARTIDA

Expedición: XVI Expedición

Nombre del proyecto: Relaciones de procesos físicos del calentamiento global y cambio climático entre la Antártida y Ecuador

Lugar: Estación científica antártica Pedro Vicente Maldonado (Antártida), Costa Sur, Centro, Norte y Galápagos en Ecuador.

Participantes: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí-Ecuador; Universidad de Playa Ancha – Chile.

(06 – Marzo - 2012)



Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí
MANTA - ECUADOR
DEPARTAMENTO
DE GESTIÓN
AMBIENTAL
Av. Universitaria Tel: 2620288 - 2623740-149

INFORME DE CAMPO

NOMBRE DEL PROYECTO: Relaciones de procesos físicos del calentamiento global y cambio climático entre la Antártida y Ecuador

INVESTIGADOR: Jimmy Javier Cevallos Zambrano

1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO/COMPONENTE.- El presente proyecto se considera continuativo por cuanto es imprescindible tener series de tiempo de los datos en estudio como se establecido hasta el 2014, además es importante mencionar que para trabajo de oficina o gabinete en Ecuador se tomara mínimo un mes.

Dentro de los componentes para cada año esta realizar la investigación en las siguientes zonas en Ecuador:

Galápagos

Esmeraldas

Zona Sur

Para el desarrollo de estas actividades se requiere mínimo para el trabajo de campo un mes para cada zona y de igual manera para el trabajo de Gabinete.

Como antecedente original de proyecto se planteó lo siguiente:

El cambio climático y sus efectos sociales, económicos y ambientales se han transformado en el problema central que afecta actualmente al planeta y sus diversas regiones. El Grupo Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), formado por 600 científicos, sostiene en su Informe emitido a comienzos de febrero 2007 que el calentamiento de la Tierra es irreversible debido a las emisiones de gases de efecto invernadero en la era industrial, y como consecuencia de la acción humana las temperaturas este siglo subirán entre 1,8 y 4 grados (IPCC 2007). Actualmente, este pronóstico está siendo revisado, pero probablemente será ratificado con las reuniones sostenidas a partir de abril del presente año, y cuyos informes se esperan para el mes de diciembre del presente. En este marco, el litoral americano no se encuentra ajeno a esta realidad y a sus posibles impactos (Hernández y Santelices 2010).

Por este motivo es importante comenzar a evaluar los posibles efectos del cambio climático en Ecuador, a una escala local (no regional como se ha realizado hasta ahora).

En virtud de las evidencias del calentamiento global, resulta natural preguntarse acerca de lo que podría ocurrir en el siglo que comienza, ya que el sistema de desarrollo de la humanidad continúa con el uso de combustibles fósiles y los procesos que emiten gases de efecto invernadero, GEI. Al respecto se han desarrollado distintos modelos de pronóstico de las condiciones de Calentamiento Global que se presentarán en el futuro, destacándose el Informe Especial de Escenarios de Emisiones IEEE desarrollado por el IPCC en el año 2000 (IPCC 2001), que presenta distintos escenarios agrupados en cuatro familias (A1, A2, B1 B2) que exploran vías de desarrollo alternativas incorporando toda una serie de fuerzas demográficas, económicas y tecnológicas, junto con las emisiones de GEI resultantes. Dichas familias se resumen a continuación (Molina 2011):



1. A1: Presupone un crecimiento económico mundial muy rápido, un máximo de la población mundial hacia mediados de siglo, y una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes. Se divide en tres grupos, que reflejan tres direcciones alternativas de cambio tecnológico: intensiva en combustibles fósiles (A1FI), energías de origen no fósil (A1T), y equilibrio entre las distintas fuentes (A1B).

2. B1: Describe un mundo convergente, con la misma población mundial que A1, pero con una evolución más rápida de las estructuras económicas hacia una economía de servicios y de información.

3. B2: Describe un planeta con una población intermedia y un crecimiento económico intermedio, más orientada a las soluciones locales para alcanzar la sostenibilidad económica, social y medioambiental.

4. A2: Describe un mundo muy heterogéneo con crecimiento de población fuerte, desarrollo económico lento, y cambio tecnológico lento.

De las proyecciones expuestas es posible observar que existen perspectivas optimistas y pesimistas respecto al desarrollo de este siglo, presentándose desde emisiones que disminuirán al final del siglo (B1 y A1T) hasta escenarios en la que las emisiones son el triple del que se presenta en la actualidad (A2), estos escenarios implican que en los casos extremos la temperatura media del planeta se incrementará entre 1.8°C y 3.6°C para los escenarios B1 y A2 respectivamente. En el caso hipotético que las concentraciones se mantengan constante e iguales a la situación actual a lo largo del siglo, la temperatura del planeta de igual forma elevará su temperatura, pero hasta 0.5°C respecto del nivel actual.

De esta forma, independientemente del escenarios considerado, el calentamiento global seguirá actuando hasta un nivel que aún no podemos precisar (Molina 2011, Henson 2008). La Figura 3 describe los cambios de temperatura en todo el globo para la última década del siglo XXI considerando el escenario A1B y estableciendo las diferencias respecto a la temperatura media del intervalo 1980-1999. En ella se observa que las mayores variaciones se producen en el hemisferio norte debido principalmente a la mayor proporción de tierra con respecto al hemisferio sur, lugar donde las grandes masas de agua de los océanos en conjunto con el continente Antártico actúan como amortiguador de las diferencias de temperatura.

Sin embargo Ecuador puede ser afectado hasta en tres grados en la Sierra y cuatro en la Amazonía, mientras que la costa en dos grados. Es interesante también observar lo que ocurriría con la corriente y contra corriente ecuatorial en el océano pacífico, donde la temperatura se elevaría al menos medio grado con respecto a las masas de agua vecinas.

La península Antártica es una de las regiones más fuertemente afectadas por el cambio climático, al experimentar un aumento en las temperaturas atmosféricas hasta seis veces superiores al promedio mundial observado en las últimas décadas (Wendt *et al* 2010). Esto ha generado alteraciones que no se habían registrado en los últimos 10 mil años, tanto es los glaciares de la región como en sus ecosistemas. Recientemente, las agencias espaciales

canadiense (CSA), europea (ESA) y japonesa (JAXA), publicaron un mapa con los detalles del movimiento del hielo en la Antártica entre los años 2007 y 2009, a partir de un mosaico digital con imágenes satelitales proporcionadas por las agencias mencionadas. Este mapa muestra el importante retroceso experimentado por las masas de hielo debido al aceleramiento de del proceso de derretimiento.

En particular, en las inmediaciones del emplazamiento de la Estación Científica “Pedro Vicente Maldonado”, se han realizado una serie de estudios exploratorios y publicado algunos resultados parciales, entre los que se cuenta: efectos del fenómeno El Niño en la zona (Martínez 1998) sobre la base de 14 estaciones oceanográficas realizadas con el B/I Orión en la VII Expedición Ecuatoriana a la Antártica; la geología de los alrededores y una primera estimación y discusión de los incrementos de tasas de deshielo en el lugar (Santana & Dumont 2002); evaluaciones de la avifauna (Socola 2002) y la cobertura vegetal presente (Socola 2001).

La base de verano ecuatoriana, se encuentra emplazada a unos 5 kilómetros de la base permanente chilena Capitán Arturo Prat. Esta circunstancia es importante para considerar los resultados de las investigaciones y registros de datos que datan desde el año 1985 en la zona.

Se debe observar que el programa científico antártico chileno, tiene actualmente nueve proyectos de investigación activos exclusivamente en el área de calentamiento global y A B

4 evolución climática, y también se ha colocado un énfasis especial en los últimos años con respecto a la relación Antártica – Continente Americano

Para establecer los efectos que pueda tener el calentamiento global y las interacciones entre la Antártica y Ecuador, un punto de partida es identificar los impactos que este fenómeno tenga en los campos de viento. Al respecto, Garreaud y Falvey (2008) analizan las proyecciones de los vientos costeros en Chile para los escenarios climáticos futuros definidos por el IPPC en 2000.

El trabajo analiza los resultados de 15 modelos globales de circulación océanoatmosférica en que, a partir de los datos observados entre 1961 y 1990, se obtiene la condición atmosférica base del siglo 20 (denominado BL o 20C), la que se presenta en la Figura 7(a) como las condiciones medias de los campos de viento superficiales y presión para los meses de primavera y verano (septiembre a febrero). A partir de esta condición (calibrada con 5 años de mediciones satelitales), se estiman las condiciones a partir de los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero A2 y B2, obteniéndose las condiciones medias de viento y presión superficial a nivel global.

5 La Figura 7b) presenta la diferencia entre la condición base y el escenario A2 proyectado para fines de siglo (1971 a 2100), en donde se observa el incremento de la intensidad de los vientos en los frentes polares, en latitudes medias y en las cercanías del ecuador, mientras que también se observa un incremento de la presión superficial en latitudes medias y una disminución hacia los polos. Particularmente en el caso del Pacífico sur, el incremento en el viento del frente polar antártico es en torno a 1 [m/s] sobre una condición actual cercana a 5



[m/s], mientras que las variaciones de presión llegan a 3 [hpa] y -2 [hpa] en latitudes medias y en el frente polar antártico respectivamente.

En Chile, se han realizado diversos estudios sobre los posibles efectos del cambio climático ante los escenarios identificados por el IPCC (2007). Entre ellos se cuenta EULA (2001), Winckler *et al* (2009), CEPAL (2009), Contreras (2010), Contreras & Winckler (2010, 2010a).

Pero que se han referido a los efectos del cambio climático en la cordillera y valles centrales, o a los efectos a escala nacional en la zona costera, principalmente relacionados con el cambio del nivel medio del mar y sus consecuencias. Esta visión ha sido discutida por los investigadores del proyecto anillo SOC-28 “Impactos Sociales y ambientales del cambio climático global en la región del Bío-Bío: Desafíos para la sostenibilidad del siglo XXI” (Hernández & Santelices, 2010), quienes plantean la necesidad de evaluar y comprender los efectos a escala local del cambio climático. Para lograr este objetivo, ellos se han focalizado en la región del Bio-bio, alcanzando resultados parciales en zonas interiores del territorio (valle central y precordillera). De esta forma la investigación propuesta, incorpora técnicas modernas de análisis y se realiza en una zona donde aún no existen investigaciones en dicho ámbito y escala espacial propuesta.

Es ilustrativo la falencia de investigación en este ámbito detectada, al observar que el documento de la “Economía del Cambio Climático en Chile” (CEPAL, 2009 op. cit), sólo destina tres páginas para los efectos de la zona costera, mientras que el documento completo supera las 90 páginas. De estos estudios, uno de los principales resultados fue obtenido por Molina (2011), quién logró establecer que en la costa de Chile, unos de los efectos del cambio climático sería el cambio en la dirección de los patrones de oleaje. Esto significa en la práctica que en el futuro cercano se espera un cambio en los delicados equilibrios hidrodinámicos que sustentan las formaciones de playas a lo largo de la costa del Pacífico (Molina 2011, Molina & Contreras 2011, Martínez & Contreras 2011). Resultados similares han sido obtenidos en Australia (Hemer *et al* 2010).

Por otra parte, los resultados del equipo de trabajo Contreras – Winckler, estiman las variaciones de las tasas de cambio del nivel medio del mar a lo largo de todo el litoral de Chile (20° S – 54°S), logrando establecer y discutir los siguientes resultados:

- Las tasas de cambio del nivel medio del mar son de ordenes de magnitud equivalentes a lo registrado en otras series de larga longitud, medidas principalmente en puertos del hemisferio norte.
- Existen efectos isostáticos importantes, presumiblemente de origen tectónico, que explican no un alza en el nivel medio del mar al norte del trópico de capricornio, sino un descenso.
- Existe una contradicción entre las estimaciones realizadas por la NOAA con las misiones TOPEX/POSEIDON, que se explica por la influencia de las ondas Kelvin presentes durante el desarrollo del fenómeno El Niño – Oscilación Sur, que motiva a replicar este estudio con registros mareográficos en las costas de Ecuador.

6. Recientemente (Jevrejeva *et al*, 2008; Jevrejeva *et al*, 2006; Ekman 2003; y otros) han publicado series de larga duración (100 – 200 años) de parámetros de interés en la zona costera (nivel medio del mar, temperatura) que se han obtenido a partir de los registros históricos más largos a nivel mundial. Estas series se han conseguido promediando ponderadamente estaciones repartidas a lo largo de todo el mundo y se asume que tienen una representación planetaria. Por otra parte, Breaker & Broenkow (2005) y Broenkow & Breaker (2005), han propuesto metodologías de reconstrucción de series de tiempo larga, utilizando técnicas de correlación y regresión, pero que requieren del acceso a series de buena calidad de larga duración. Esta técnica ha sido aplicada con éxito en las costas de estados unidos, como es el caso de Baltimore (Breaker & Broenkow, 2005, *op cit.*). Las técnicas de análisis estadístico y de series de tiempo que se propone utilizar como metodología de trabajo, han sido establecidas y descritas con otros fines por diversos autores (IOC 2006, Contreras 2001, Contreras 2010, Martínez 2011, Martínez & Contreras 2011). Por lo que la novedad del presente trabajo descansa en la confección de la base de datos local, análisis y superación de problemas y su reconstrucción a partir de las series largas de representatividad mundial recientemente disponibles. Actualmente Martínez (2011) se encuentra en proceso de implementar y describir una metodología estadística para validar estos modelos.

De esta forma se propone analizar los efectos del calentamiento global y cambio climático, con las relaciones entre la Antártica y Ecuador, reconstruyendo series por medio de técnicas de Hindcasting y colectando datos útiles para contrastar hipótesis y correlacionar con registros de más larga duración en bases vecinas a la ecuatoriana.

2. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO/CUMPLIMIENTO

Estimar tasas de cambio para diferentes escenarios IPCC de cambio climático en la Antártica que permitan pronosticar efectos a escala local en la zona costera y el litoral Ecuatoriano de una forma más precisa que las estimaciones derivadas de modelos globales y estimaciones de escala regional.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO /CUMPLIMIENTOS

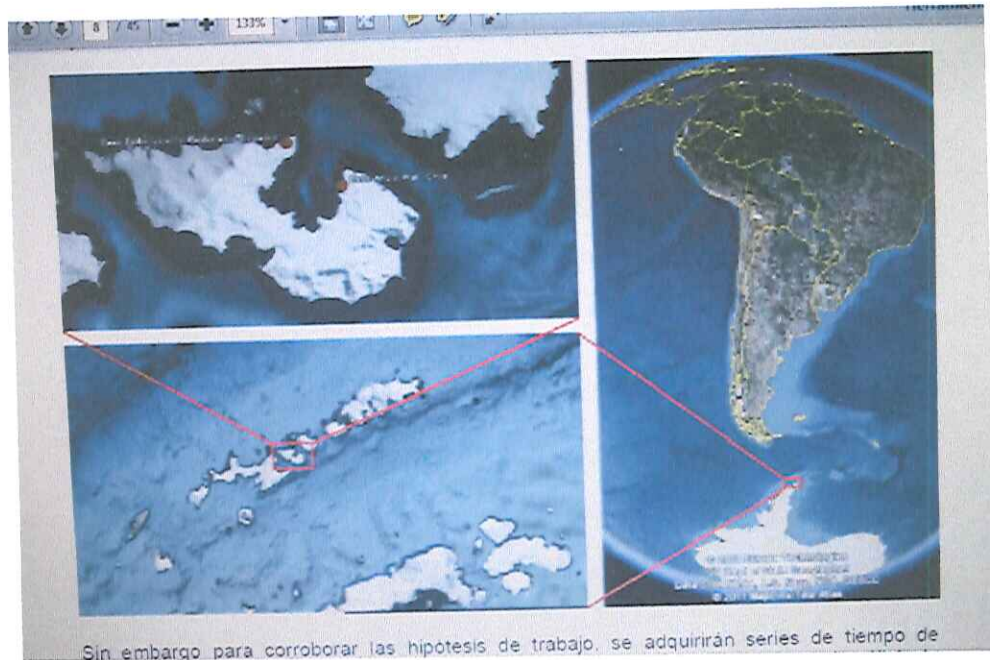
1. Realizar una recopilación de antecedentes relevantes y síntesis de datos e información útiles para estudiar las relaciones entre la Antártica y el Ecuador.
2. Registro y comparación de los cambios de la biodiversidad en la flora y fauna presentes en el entorno de la base General Pedro Vicente Maldonado, entre los años 2012 y 2014.
3. Realizar Hindcasting de los datos de la base General Pedro Vicente Maldonado de Ecuador, en base a los datos publicados y de acceso libre de la Base Capital Arturo Prat de Chile, de manera de contar con series de tiempo de tiempo de 25 años de extensión (1985 a la fecha).
4. Estimar las anomalías de patrones de oleaje en El Ecuador, que puedan ser explicados por efectos del calentamiento global en la Antártica y los mares australes.
5. Estimar las anomalías de cambios en el nivel medio del mar en Ecuador, que puedan ser explicados por el derretimiento de los hielos Antárticos

4. HIPÓTESIS DEL PROYECTO/COMPONENTE

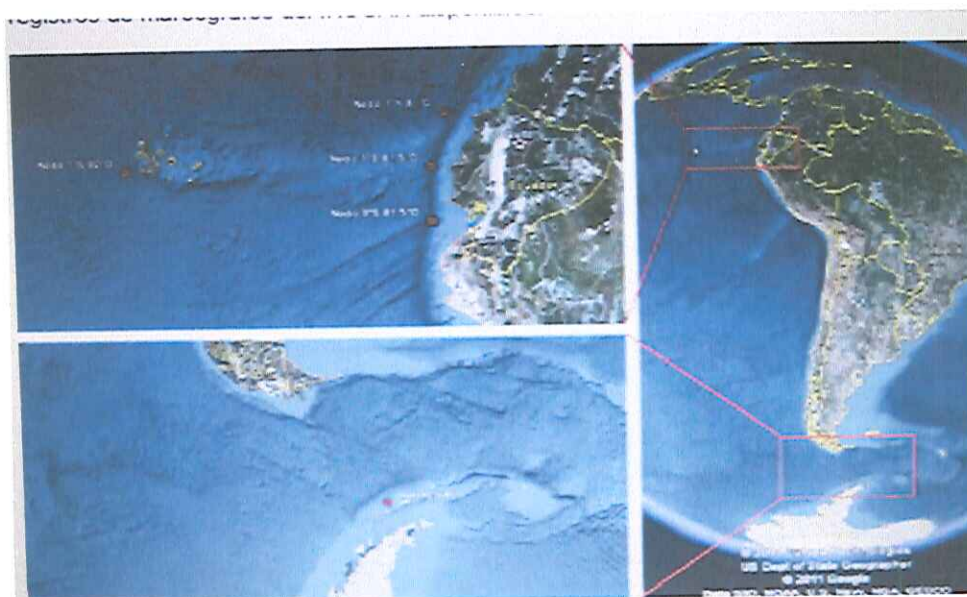
Es factible establecer correlaciones sobre anomalías de procesos físicos asociados con los efectos del calentamiento global y cambio climático en la zona costera, que vinculen procesos en la Antártica con el Ecuador. Estas anomalías se intensifican ante la presencia del fenómeno El Niño – Oscilación Sur, tanto en su fase cálida como fría.

5. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio de campo fue y será en los próximos años el entorno de la base General Pedro Vicente Maldonado en la península Antártica.



Sin embargo para corroborar las hipótesis de trabajo, se adquirirán series de tiempo de hindcasting de olas frente a la costa ecuatoriana y las Islas Galápagos, junto con el análisis de registros de mareógrafos del INOCAR disponibles.



De manera más específica se puede mencionar que trabajó en el área de influencia de la estación Pedro Vicente Maldonado y en la Isla Barrientos. Cuyos datos y coordenadas se presentan en la hoja de Excel adjunta.

6. CRONOGRAMA DEL TRABAJO DE CAMPO EFECTUADO

FECHA	ACTIVIDADES	OBSERVACIONES
23 - 02 - 2012	Toma de datos geográficos de la PEVIMA, referenciación de las instalaciones	Se tomaron las coordenadas de cada una de las instalaciones de la PEVIMA, módulos, contenedores, etc.
	Toma de datos de las medidas y dimensiones de cada infraestructura con la finalidad de calibrar y verificar el error del GPS.	Consideraciones de tamaños de las infraestructura y locales de la PEVIMA.
24 - 02 - 2012	Toma de datos sobre la zona intermareal sector A frente a la estación	Las mareas son muy dinámicas a corto tiempo.
	Observación de las direcciones y proceso de oleaje en la zona de la PEVIMA, sector A	Este trabajo se lo realizó durante todos los días a partir de esta fecha hasta hoy 6 de marzo.
	Se tomo datos de los niveles de mareas, alta y baja. Sector A	Es muy variado y dinámico, cambiante todos los días.
	Levantamiento de datos de las zonas altas de la estación	
25 - 02 - 2012	Levantamiento de la línea de glaciar	Solo la sección donde inicia el hielo muy compacto
	Toma de datos sobre la zona intermareal sector B	Se refleja una situación de oleaje mucho mas calmado
	Observación de las direcciones y proceso de oleaje en la zona del sector B	
	Se tomo datos de los niveles de mareas, alta y baja. Sector B	
26 - 02 - 2012	Levantamiento de puntos GPS de las estructuras geológicas, rocosas etc. De los sectores A y B	Se consideraron rocas y su ubicación,
	Observación e identificación de indicadores biológicos sector A y B	Se consideró aves, mamíferos, flora, etc.
	Observación de las direcciones y proceso de oleaje en la zona del sector A y B	
27 - 02 - 2012	Levantamiento de indicadores biológicos y geográficos de la isla Barrientos.	



	Toma de datos de las estructuras geológicas, rocosas y elevaciones.	
28 – 02 – 2012	Recorrido por la costa u observación del comportamiento de oleaje en el sector A y B	
	Toma de datos del Sea Water Level sector A	
29 – 02 – 2012	Replanteo de los datos en el sector A y B	Se volvió a tomar los datos de oleaje y zona intermareal
	Identificación de líneas de mareas en el sector C	
	Identificación de porciones de nieve y hielo dentro de la zona de influencia directa.	Localizando 6 porciones de mayor envergadura
3 – 03 – 2012	Toma de datos por segunda vez en la isla Barrientos, porción de playa en la llegada; identificación del perímetro y zona de sea wáter level.	Se recorrió toda la isla
	Observación y toma de datos de los indicadores marinos.	
	Toma de datos en la playa del sector A	Cuarta toma
3 – 03 – 2012	Toma de datos playa del sector A	Quinta toma
4 – 03 – 2012	Proceso previo de la información	Ordenamiento y clasificación de los datos fotos y coordenadas.
	Preparación de la conferencia a presentar en la estación PEVIMA	Presentación en power point
5 – 03 – 2012	Recorrido por la costa u observación del comportamiento de oleaje en el sector A y B	
6 – 03 – 2012	Elaboración del informe de campo	Solo informe con datos crudos
7 – 03 – 2012	Elaboración del informe de campo	

Dentro de las actividades se puede resumir que se incluirá también información obtenida por los demás investigadores de la expedición ya que son de mucha utilidad para el presente trabajo, lo cual tiene que ver directamente con los indicadores de flora y fauna en general.

Datos como ubicación de colonias, identificación de especies, numero de especies, etc.

7. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO / METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE LOS DATOS

Se bosquejan a continuación parte de las metodologías propuestas en la investigación.

VII.1. Descripción de cambios en la morfología de playa y glaciares en el entorno de la base de verano.

La metodología propuesta por Marcos *et al* (2009) se basa en un relevamiento descriptivo semicuantitativo, que brinda un caudal de información confiable y permite inferir el comportamiento de la playa en función del tiempo (y que puede ser replicado además para los glaciares). Para ello se realizan bosquejos topográficos de sectores definidos de la playa, volcando la información con una simbología preestablecida, indicando la orientación de barras, canales, afloramientos, corrientes de flujo, etc. Las dimensiones son estimadas según una grilla métrica. La grilla referenciada se construye con elementos de fácil reconocimiento, presentes en la costa, las que luego se identifican en campañas sucesivas a los efectos de comparar los cambios sufridos por la playa durante un periodo determinado. Los registros se transfieren a una base de datos digital gráfica, para generar mapas mediante un programa de graficación y Sistema de Información Geográfica. Ellos se evalúan individualmente y además se comparan entre campañas sucesivas, para establecer el desplazamiento de las geoformas de playa.

La interpretación de los resultados obtenidos, se realiza mediante un seguimiento secuencial, para inferir la tendencia del movimiento de los sedimentos y el comportamiento estacional y anual de la playa. Además se puede determinar el tiempo en el que se desarrollan los procesos de erosión y deposición.

La metodología propuesta es sumamente económica y no requiere de grandes y costosos equipos, y el personal para realizar estas tareas se puede conformar entrenando un equipo de trabajo que realice las mediciones en forma continua a lo largo del tiempo. Así se puede obtener una base de datos que permita hacer un seguimiento del comportamiento de la playa tanto en forma cualitativa como cuantitativa y considerar la influencia de la actividad humana sobre la línea de costa.

Para el relevamiento expeditivo, se ha diseñado una planilla de descripción semicuantitativa de playa (Fig. A), en la que se vuelcan las principales características observadas en estudios anteriores y que se reiteran en el tiempo. En la misma se vuelcan los datos generales del observador, fecha y hora de realización del trabajo y el estado de la marea. También el tipo de perfil, las características de las barras y los canales, y el tipo de sedimento que se observa. Se anotan las formas de playa como cuspidillos y protuberancias y finalmente la presencia de afloramientos y las formas y dimensiones.

Conjuntamente con esta planilla, se prepara una plantilla cuadriculada con una escala definida confeccionada en base a la localización de los puntos de referencias fijos posicionados sobre la zona costera (Fig. B). Las referencias fijas pueden ser: construcciones sobre la costa, bajadas a la playa, vegetación permanente (árboles). Actualmente se ha procedido a colocar estacas e identificar puntos de referencia para este estudio. De esta

forma, se podrá recorrer la zona diseñando todas las geoformas que se observen posicionadas en la grilla. Asimismo, sobre la plantilla se ubican los perfiles topográficos perpendiculares a la línea de costa. Realizando este relevamiento con una frecuencia preestablecida, se puede conocer los cambios morfológicos de la playa en forma cualitativa.

VII.2. Biodiversidad de avifauna y flora

Se utilizará la metodología de Estaciones de Muestreo descrita en el "Censo de Aves Acuáticas" de la Unión de Ornitólogos de Chile (AvesChile). Esta metodología, a diferencia de las demás técnicas de censo, posee ventajas económicas ya que no requiere de infraestructura para su realización. Debido a que el observador está detenido en una estación, tiene mayor oportunidad de observar todas las aves presentes ya que no distrae la atención a la ruta o al camino.

La vegetación se caracterizará inicialmente con un reconocimiento visual de potenciales lugares de interés en la zona de estudio, se procederá a sectorizar el área con el fin de obtener sectores de interés, para realizar la salida a terreno.

La metodología de trabajo consistirá en recorrer los sectores en zig-zag o línea recta, dependiendo del terreno.

En cada uno de los sectores, se procederá en reconocer las especies por medio de una guía de campo para la identificación de las especies vegetales más frecuentes en la zona. También se recolectará para luego proceder a su identificación y clasificación, se tomarán fotografías como apoyo en la clasificación.

En el análisis se aplicará medidas de abundancia y métodos de estudio de comunidades vegetales, de acuerdo a Jaksic (2001) El valor de abundancia a usar para las especies herbáceas es la de la Frecuencia relativa (en %). Para su cálculo se utilizará cuadrantes de un m² que se reparten al azar dentro de la parcela de muestreo. En cada cuadrante se anota la presencia de cada una de las especies herbáceas.

La Frecuencia Absoluta (FA) es la cantidad de veces que se repite una especie en el muestreo.

La Frecuencia Relativa (FR) se calcula tomando los 10 cuadrantes como 100%.

VII.3. Hindcasting de olas

La estadística de oleaje a utilizar en el desarrollo de este proyecto pertenece a la empresa Fugro OCEANOR de Noruega, la cual es obtenida del modelo de *Hindcasting* WAM (*Wave Model*) ejecutado por el Centro Europeo para el pronóstico del tiempo en el mediano plazo (ECMWF por sus siglas en inglés). La data consiste en 20 años (efectivos) de espectros fusionados a partir de dos modelos WAM calibrados con información de altimetría satelital.

En general la altimetría satelital presenta niveles aceptables de representatividad del oleaje en cuanto a la altura (ver figura 12a), en donde la comparación es realizada con mediciones de altimetría a menos de 100 kilómetros y con desfase menor a 1 hora respecto a las mediciones realizadas con una boya. Sin embargo, la altimetría satelital no es capaz de representar bien la dirección y periodo del oleaje, lo que implica una desventaja en comparación a la validación de un modelo con mediciones de una boya direccional, pero tiene la ventaja de tener mayor representatividad espacial al abarcar prácticamente todo el globo (figura 12b), y de estar particularmente presente en un sector de tan baja instrumentación como lo es la Antártida.

8.- DATOS OBTENIDOS

Durante los días de la investigación se obtuvo la información básica de los parámetros siguientes:

- Flora
- Fauna
- Oleaje
- Playa
- Estructuras geológicas
- Glaciares y nieve
- Meteorología

De los cuales se registró las coordenadas y una o varias fotos descriptivas lo cual se presentan como archivos adjuntos, cada coordenada lleva un indicativo de numero de fotos con el que se relaciona.

9.- TRABAJOS PENDIENTES RELACIONADOS CON EL PROYECTO

Dentro de la programación general del proyecto se contemplan las mismas actividades en 4 áreas en el Ecuador como son Galápagos, Esmeraldas, Manabí y zona sur. De las cuales quedan pendientes las de Esmeraldas, Galápagos, y zona sur.

De igual manera queda pendiente el proceso de la información obtenida en la Antártida, para esto se estima desarrollar el siguiente cronograma, considerando la predisposición de los fondos requeridos por parte del INAE y la SENESCYT.

FECHA	ACTIVIDAD	OBSERVACIÓN
25 de marzo – 15 de abril	Proceso de interpretación de los resultados de la Antártida	Realizado en Manta y evaluados y analizados en Chile; financia ULEAM-UPLA
20 -30 abril	Publicación de resultados	
1 de julio – 1 de Agosto	Desarrollo trabajo de campo en Galápagos	Depende de la asignación de fondos SENESCYT
2 de agosto – 20 de agosto	Proceso de interpretación de los resultados de galápagos	Realizado en Chile financiado por la ULEAM
1 septiembre 30 septiembre	Desarrollo trabajo de campo en Esmeraldas	Depende de la asignación de fondos SENESCYT
1 de octubre 15 de octubre	Proceso de interpretación de los resultados de Esmeraldas	Realizado en Chile financiado por la ULEAM
16 de octubre – 10 Noviembre	Desarrollo de trabajo de campo en la zona sur	Depende de la asignación de fondos SENESCYT
11 Noviembre 30 noviembre	Proceso de interpretación de los resultados de la zona sur.	Realizado en Chile financiado por la ULEAM

10.- CONCLUSIONES

Los parámetros medidos proporcionan una fuente de datos confiables y muy importantes ya que se ha observado una variabilidad constante en las condiciones tanto físicas como atmosféricas de la zona estudiada en la Antártida.

El presente informe está basado de manera preliminar con datos en forma cruda los cuales se procesaran en base a la respectiva metodología.

El trabajo y los resultados alcanzados en esta investigación en La Antártida serán complementarios para la investigación más amplia desarrollada por la ULEAM y la UPLA.

Las conclusiones específicas del presente trabajo están dependiendo del proceso de los resultados obtenidos y se plantearán en el informe final.

11. RECOMENDACIONES

En base a la experiencia en este primer año y según el alcance que se ha logrado en esta investigación, se recomienda lo siguiente:

Que los proyectos mantengan un periodo en días efectivos de trabajo de campo en lo posible mayores al de este año.

Que se presente en Guayaquil previo a la llegada a la Antártida un cronograma de las actividades extras relacionadas con la estación PEVIMA que interfieren o que limitan el trabajo planificado por los investigadores, con lo cual se puede desde un inicio traer ajustado el trabajo de campo por parte de cada investigador. Ejm. de estas actividades. Ceremonias de aniversarios, talleres, prácticas simulacros, visitas oficiales, apertura y cierre de estación, etc.

12. BIBLIOGRAFIA

Breaker L & W Broenkow. 2005. Reconstructing an 83-Year Time Series of Daily Sea Surface Temperature at Pacific Grove, California. Moss Landing Marine Laboratories. Technical Report.

Broenkow W & L Breaker. 2005. A 30-Year History of Tide and Current Measurements in Elkhorn Slough, California. Moss Landing Marine Laboratories. Technical Report.

CEPAL 2009. La economía del cambio climático en Chile. Documento de síntesis. Disponible en línea: <http://ukinchile.fco.gov.uk/resources/es/pdf/16998220/informe-reccs>

Church J. 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Disponible en: www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/?src=/climate/ipcc_tar/.

CONAMA S/F. <http://www.mma.gob.cl/1257/w3-propertyvalue-15991>

Contreras M. 2001. Introducción al Análisis de Series de Tiempo para Oceanografía y Geociencias. Estudios y Documentos de la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. (N°15/01). R.P.I. N°123194.

Contreras M. 2010. Análisis de Series de Tiempo aplicados a la evaluación de los efectos del cambio climático sobre el nivel medio del mar en las costas de Chile. Tesis para optar al grado académico de Magíster en Estadística, Universidad de Valparaíso. 58pp

Contreras M & P Winckler 2010. Análisis de las fluctuaciones del nivel medio del mar a lo largo de 60 años de registros en las costas de Chile. Documentos Técnicos Ingeniería



Océánica, Universidad de Valparaíso, 25pp. Disponible en línea:

http://www.ingenieriaoceanica.cl/contenidos/images/stories/documentos_ico/2010-11-30_DOC-ICO_2010-12_COLACMAR_cuba2009_variaciones_60_aos_nivel_del_mar_en_Chile.pdf

Contreras M & P Winckler 2010a. Estimación de tasas de cambio de nivel del mar a lo largo de la costa de Chile utilizando registros horarios de mareógrafos entre los años 1944 y 2008. Documentos Técnicos Ingeniería Océánica, DOC-ICO 2010-13, Universidad de Valparaíso, 7pp. Disponible en línea (fecha de visita: agosto de 2011):

http://www.ingenieriaoceanica.cl/contenidos/images/stories/documentos_ico/2010-11-30_DOC-ICO_2010-13_XXX_CCM_tasas_de_cambio_nivel_del_mar_en_las_costas_de_Chile.pdf

Ekman M 2003. The World's Longest sea Level Series and a Winter Oscillation index for Northern Europe 1774 – 2000. Small Publications in Historical Geophysics N°12. 24pp.

Emery WJ & RE Thomson 2004. Data Analysis Methods in Physical Oceanography. Segunda edición revisada. ELSEVIER, Amstendam, 638pp.

EULA 2001. Análisis de Vulnerabilidad y Adaptación en Zonas Costeras y Recursos Pesqueros. Centro de Ciencias Ambientales. Universidad de Concepción.

Garreaud R & M Falvey 2008. The coastal wind of western subtropical South America in future climate scenarios. International Journal of Climatology, DOI: 10.1002/joc.1716

Gill S & A Stolz 2005. Relative long-term sea level trends: how are they determined and what do they tell us?. Disponible en línea (fecha de visita: agosto de 2011):

www.csc.noaa.gov/cz/2005/CZ05_Proceedings_CD/pdf%20files/StolzSeaLevel.pdf

González M 1996. Global Environmental Trends and Probable Impacts on the Coasts of South American Mid-Latitudes. Journal of Coastal Research 12(4): 1034 – 1037.

Gregory J 2006. Changes in sea level. Talk, CGAM and Hadley Centre, UK. 15 **Hemer M, J Church & J Hunter 2010.** Variability and trends in the directional wave climate of the Southern Hemisphere. Int. J. Climatol. 30: 475–491, DOI: 10.1002/joc.1900.
Henson R 2008. Climate Change. Rough Guides. Singapore. 384pp.

Hernández J & A Santelices 2010. Impactos Sociales y ambientales del cambio climático global en la región del Bío-Bío: Desafíos para la sostenibilidad del siglo XXI. Trabajo Disponible SinergiaRegional.

Holthuijsen LH 2007. Waves in Oceanic and Coastal Waters. Cambridge University Press. 387pp.

IOC 2006. Manual on sea level measurement and interpretation. Intergovernmental Oceanographic Commission. UNESCO. Volumen I – Basic procederes. Manuals and Guides 14.



IPCC 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis, Third Assessment Report.

IPCC 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, disponible en web http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf (fecha visita: marzo 2011). 104pp.

Isla FI 1989. Holocene sea-level fluctuation in the Southern Hemisphere. Quaternary Science Review 8: 359-368.

Jevrejeva S, JC Moore, A Grinsted & PL Woodworth 2008. Recent global sea level acceleration started over 200 years ago?. GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 35, L08715.

Jevrejeva S, A Grinsted, JC Moore & S Holgate 2006. Nonlinear trends and multiyear cycles in sea level records. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 111, C09012

Marcos A, E Fernández, J Caló & R Huespe 2009. Relevamientos semicuantitativo para el estudio de la morfología de playa. Nota Técnica, Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas. GEOACTA 34, 117-126.

Martínez P 2011. Efectos Locales Costeros del Cambio Climático Global: Análisis de series de tiempo ambientales considerando una hipótesis de no estacionaridad. Tesis para obtener el título de Ingeniero Estadístico, Facultad de Ingeniería, Universidad de Playa Ancha, Chile (manuscrito en elaboración).

Martínez P & M Contreras 2011. Efectos del cambio climático en las costas: análisis de series de tiempo ambientales considerando hipótesis de no estacionaridad. XXXI Jornadas Ciencias del Mar. Libro de resúmenes: 116. Viña del Mar, Chile.

Martínez R 1998. Variabilidad Oceanográfica en el Estrecho Bransfield asociada con el evento ENSO 1997 – 1998. Acta Antártica Ecuatoriana. PROANTEC, Ecuador 4(1), 1998: 1 – 12. Disponible en línea en (fecha de visita: agosto de 2011): http://www.inae.gob.ec/images/documentos/actas/acta4/ACTA4_ART1.pdf

Molina M 2011. Estudio no estacionario de clima medio de oleaje en la costa central de Chile, Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil Oceánico, Facultad de Ingeniería, Universidad de Valparaíso, Chile. Disponible en línea en (fecha de visita: agosto de 2011): <http://www.monografias.com/trabajos88/estudio-no-estacionario-clima-medio-oleaje- costa-central-chile/estudio-no-estacionario-clima-medio-oleaje-costa-centralchile.shtml#16>

Molina M & M Contreras 2011. Efectos del Cambio climático sobre los patrones de oleaje en las costas de Chile: futuros efectos sobre la ingeniería costera. [Manuscrito en preparación].

NASA 2010. GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP), National Aeronautics and Space Administration, disponible en web <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/> (fecha visita: marzo 2011)

NOAA 2010. Monthly atmospheric & SST índices, National Oceanic and Atmospheric Administration, disponible en web <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/> (fecha visita: marzo 2011).

NRC 1987. Responding to Changes in Sea Level: Engineering Implications. Committee on Engineering Implications of Changes in Relative Mean Sea Level, Marine Board. National Research Council. ISBN: 0-309-59575-4, 160 pp. Disponible en: www.nap.edu/catalog/1006.html.

NSIDC 2011. Sea Ice Index, National Snow and Ice Data Center: disponible en web http://nsidc.org/data/seaice_index/index.html (fecha visita: marzo 2011).

OCEANOR 2008a. Calibration of Wave Spectra in Two Locations off the Chilean Coast. Informe de calibración presentado por Fugro OCEANOR a HydroChile S.A.. 25pp.

OCEANOR 2008b. Offshore directional wave data in 6 locations off Chile. Informe de cotización presentado por Fugro OCEANOR a HydroChile S.A.. 32pp.

OMM 1992. Cambios Climáticos: Medio ambiente y desarrollo. Opiniones de dirigentes del mundo. Organización Meteorológica Mundial. OMM N° 772. Ginebra, 171pp.

Peltier W 1998. Global Glacial Isostatic Adjustment and Modern Instrumental Records of Relative Sea Level History en Sea Level Rise. History and Consequences [e-book] [Accedido el 09 de abril de 2009].

Pugh D 2008. Changing Sea Levels. Effects of Tides, Weather and Climate. Cambridge University Press. New York, 265pp.

Rahmstorf S 2007. A Semi-Empirical Approach to Projecting Future Sea-Level Rise [online]. Disponible en: <http://www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/1135456>

Ros J 1993. El cambio climático y la subida del nivel del mar. Centro de Estudios de Técnicas aplicadas. Madrid: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Gabinete de Formación y Documentación. 74 p. (Monografías: ISSN 0211-8203 M23).

Santana E & JE Dumont 2002. Geología de los alrededores de la estación ecuatoriana Pedro Vicente Maldonado (Isla Greenwich) e Isla Dee, Península Antártica. Acta Antártica Ecuatoriana. PROANTEC, Ecuador 5(1), 2002: 7 – 32. Disponible en línea en http://www.inae.gob.ec/images/documentos/actas/acta5/ACTA5_ART1.pdf (fecha de visita: agosto de 2011).



SHOA 2005. Publicación N° 3201, Instrucciones oceanográficas N° 1: Especificaciones técnicas para mediciones y análisis oceanográficos. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, disponible en web <http://www.shoa.cl/servicios/descargas/pdf/pub3202.pdf> (fecha visita: marzo 2011). 23pp.

Silva R 2005. Análisis y descripción estadística de oleaje. Serie de docencia SD/49, Instituto de ingeniería UNAM, Universidad Nacional Autónoma de México, disponible en web previa inscripción <http://aplicaciones.iingen.unam.mx/ConsultasSPII/Buscarnpublicacion.aspx> (fecha visita: marzo 2011). 179pp. 17

Slovinsky P & S Dickson 2006. Impacts of Future Sea Level Rise on the Coastal Floodplain. Disponible en: www.maine.gov/doc/nrimc/mgs/explore/marine/sea-level/contents.htm.

Socola J 2001. Cobertura vegetal en las áreas circundantes a la Estación Pedro Vicente Maldonado. Acta Antártica Ecuatoriana. PROANTEC, Ecuador 5(1), 2001: 70 – 80. Disponible en línea en (fecha de visita agosto de 2011): http://www.inae.gob.ec/images/documentos/actas/acta5/ACTA5_ART7.pdf

Socola J 2002. Avifauna presente en las áreas aledañas a la Estación Pedro Vicente Maldonado, Isla Greenwich. Acta Antártica Ecuatoriana. PROANTEC, Ecuador 5(1), 2002: 63 – 69. Disponible en línea en (fecha de visita agosto de 2011): http://www.inae.gob.ec/images/documentos/actas/acta5/ACTA5_ART6.pdf

UNFCCC 2004. Cambio Climático, Carpeta de Información. Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, disponible en web http://unfccc.int/resource/docs/publications/infokit_2004_sp.pdf (fecha visita marzo 2011). 65pp.

USEPA 2009. Coastal Sensitivity to Sea Level Rise: A Focus in the Mid-Atlantic Region. Disponible en: www.climate-science.gov/Library/sap/sap4-1/final-report/sap4-1-finalreport-all.pdf

USGS 2005. Spatial and Temporal Variations in Oceanographic and Meteorologic Forcing Along the Central California Coast, 1980–2002: Scientific Investigations Report 2005–5085. U.S. Geological Survey, disponible en web <http://pubs.usgs.gov/sir/2005/5085/> (fecha visita: marzo 2011). 45pp

Verlag E 1992. Climate Change – A Threat to Global Development. German Bundestag. Bonn. 235pp-

WendtA, F Bown, A Rivera & C Bravo 2010. Comportamiento del glaciar Fleming después del retroceso de la plataforma de hielo flotante de Wordie. Boletín Antártico Chileno 29(2): 7 – 8. Disponible en línea (fecha de visita agosto de 2011): <http://www.inach.cl/wpcontent/>

[uploads/2011/03/BAC_Dic2010.pdf](#)

Winckler P, M Contreras, I Sepúlveda, G Barbet & M Molina 2009. Efectos del cambio climático en las costas de Chile. Informe preparado para el Centro de Cambio Climático de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Grupo de Ingeniería Civil Oceánica de la Universidad de Valparaíso. Disponible en www.ingenieriaoceanica.cl (Documento ICO 01-2009)

13. MARZO 6 DEL 2012
