

## Universidad del Mar

## Campus Puerto Ángel

Transporte larvario y conectividad potencial de corales pétreos en el Pacífico Mexicano: estudio mediante simulaciones numéricas

#### **TESIS**

Que como parte de los requisitos para obtener el título de Licenciado en Biología Marina

Presenta:

Julio Antonio Lara Hernández

Director de tesis:

Ocean. Miguel Ángel Ahumada Sempoal

Puerto Ángel, Oaxaca, 2012

#### ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Después de haber analizado y evaluado la tesis "Transporte larvario y conectividad potencial de corales pétreos en el Pacífico Mexicano: estudio mediante simulaciones numéricas", presentada por el pasante de licenciatura en Biología Marina Julio Antonio Lara Hernández, por este conducto le comunicamos que la tesis cumple con la calidad académica necesaria para ser defendida en el examen profesional.

#### COMISIÓN REVISORA

Ocean. Miguel Ángel Ahumada-Sempoal Prof. Inv. Universidad del Mar Director

Dr. Ramón Andrés López Pérez Prof. Inv. Universidad del Mar Revisor Dr. Austreberto Cristóbal Reyes Hernández Prof. Inv. Universidad del Mar Revisor

Dr. Francisco Benítez Villalobos Prof. Inv. Universidad del Mar Revisor M.C. Antonio López Serrano Prof. Inv. Universidad del Mar Revisor

#### Resumen

Mediante un modelo Lagrangiano acoplado a una simulación hidrodinámica, se identificaron las vías potenciales de transporte larvario y se estimó la conectividad potencial de corales pétreos en el Pacífico Mexicano. Para generar la simulación hidrodinámica se empleó la herramienta numérica ROMS\_AGRIF/ROMSTOOLSv2.1, configurada con una resolución de 1/12° (~9 km) en la horizontal y 32 niveles en la vertical. Los campos de velocidad obtenidos en la simulación hidrodinámica fueron utilizados para alimentar al modelo Lagrangiano incluido en el algoritmo ARIANEv2.2.6\_04. Los resultados indican que un flujo costero permanente que se dirige hacia el ecuador (asociado principalmente a la circulación del Tazón de Tehuantepec) favorece el transporte larvario de Bahía Banderas (BBA) a Ixtapa (IXT) y de IXT a Huatulco (HUA). Asimismo, la porción superficial de la Corriente Mexicana Oeste y la circulación ciclónica (que se presentan esencialmente durante verano) en el Golfo de California (GC) favorecen el transporte larvario desde BBA e Islas Marías (IMA) hacia el interior del GC, mientras que en la zona oceánica entre los 18° y 23° N, remolinos de mesoescala recurrentes y circulación asociada a la Corriente de California durante todo el año, favorecen el transporte larvario de BBA a IMA y viceversa; de La Paz a Cabo Pulmo (CPU); de IMA a CPU y viceversa; de IMA y CPU a Isla Socorro, y de esta última a Isla Clarion. La ausencia de transporte de partículas entre las localidades del norte (LPA y CPU) y del sur (IXT y HUA) es congruente con la baja conectividad evolutiva reportada en la literatura. Finalmente, el análisis de conectividad potencial indica que CPU e IMA pueden desempeñar un papel sobresaliente como localidades fuente y sumidero, de ser así, su conservación es esencial para contribuir con la resiliencia y persistencia de los ecosistemas de arrecifes coralinos en el Pacífico Mexicano.

**Palabras clave:** Océano Pacífico Nor-oriental, metapoblación, conectividad poblacional, transporte Lagrangiano, arrecifes de coral, Ariane, ROMS.

### **Dedicatoria**

A mi mamá (Adriana), a mi papá (Julio) y a mi hermana (Julieta), quienes desde el momento de mi nacimiento, me han apoyado incondicionalmente. A ustedes se debe mucho de lo que soy, así que mis méritos también son suyos.

Para ustedes, con cariño.

### Agradecimientos

Gracias al programa de becas para la Educación Superior 2011 de la SEP, por el apoyo financiero que me brindó mediante una beca de titulación.

El presente trabajo está enmarcado dentro del proyecto 80228 del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, el cual lleva por título "ENTENDIENDO LOS PROCESOS QUE GARANTIZAN LA PERPETUIDAD DE LOS SISTEMAS ARRECIFALES. REPRODUCCION, RECLUTAMIENTO, SUPERVIVENCIA Y CONECTIVIDAD DE CORALES ARRECIFALES EN LA COSTA DE OAXACA".

He llegado a pensar que hay tres grandes factores que forman a las personas: su genética, el ambiente, y su voluntad. En este orden de ideas agradezco entonces:

A mis padres por haberme heredado los genes necesarios para formarme un cuerpo completo, dotado de fuerza, salud e inteligencia suficientes para poder culminar una carrera de licenciatura, realizar esta tesis y más.

A mi familia por brindarme en el hogar un ambiente de cordialidad, respeto y valores. Aquí también agradezco a mi director de tesis Miguel Ángel Ahumada Sempoal por presentarme con el modelado numérico, por su dedicación a la docencia e investigación científica de excelente calidad, y por sus puntuales observaciones y correcciones que enriquecieron mi tesis; es por esta última razón que también doy las gracias a todos mis revisores. A mis maestros, amigos, compañeros y conocidos (aunque hayan sido de manera efímera), gracias por su enseñanza, su apoyo, y por las buenas experiencias que compartimos. Gracias a la naturaleza y a la vida que me rodea por constituir la otra parte de mi ambiente, sin la cual en definitiva yo sería nada.

Finalmente me agradezco por mantener fuerza en la voluntad de querer ser alguien más valioso y satisfecho consigo mismo a través de su profesión y persona, respetando mis necesidades y convicciones, y ayudando a los demás siempre que me alcancen las fuerzas.

# Índice

1.	Introducción	7
2.	Antecedentes	12
3.	Justificación	13
4.	Hipótesis	14
5.	Objetivos	15
	5.1. General.	15
	5.2. Específicos	15
6.	Área de estudio	15
	6.1. Localización	15
	6.2. Corales Pétreos	15
	6.3. Clima	17
	6.4. Circulación superficial	18
7.	Material y método	19
	7.1. Modelo hidrodinámico	19
	7.2. Modelo Lagrangiano	21
	7.3. Liberación de partículas	25
	7.4. Cuantificación del transporte larvario y la conectividad potencial	26
8.	Resultados	28
	8.1. Hidrodinámica	28
	8.2. Partículas por mes de liberación	44
	Huatulco	44
	Ixtapa	45
	Isla Socorro	50
	Bahía Banderas	50
	Islas Marías	55
	Cabo Pulmo	58
	La Paz	58
	8.3. Partículas liberadas durante mayo-octubre	63
	Escenario 1: Partículas a la deriva entre los días 11 y 30 después de la liberación	65
	Escenario 2: Partículas a la deriva entre los días 11 y 60 después de la liberación	67
	Escenario 3: Partículas a la deriva entre los días 11 y 90 después de la liberación	70
	Escenario 4: Partículas a la deriva entre los días 11 y 120 después de la liberación	73
9.	Discusión	76
	9.1. Simulaciones numéricas	76
	9.2. Inferencias del transporte larvario y la conectividad potencial	79
1(	O. Conclusiones	
D.	oforoncias	83