

EVALUACIÓN DE MATERIALES PARA LA CREACIÓN DE ARRECIFES
ARTIFICIALES A DIFERENTES PROFUNDIDADES EN LA BAHÍA DE
BUENAVENTURA, PACÍFICO COLOMBIANO

YESENIA SUÁREZ SAAVEDRA



UNIVERSIDAD DEL VALLE SEDE PACÍFICO – FACULTAD DE CIENCIAS;
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
BUENAVENTURA
2012

EVALUACIÓN DE MATERIALES PARA LA CREACIÓN DE ARRECIFES
ARTIFICIALES A DIFERENTES PROFUNDIDADES EN LA BAHÍA DE
BUENAVENTURA, PACÍFICO COLOMBIANO

YESENIA SUÁREZ SAAVEDRA

Proyecto de trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Biólogo.

Director

Gustavo Isaza Guzmán M. Cs.

UNIVERSIDAD DEL VALLE SEDE PACÍFICO – FACULTAD DE CIENCIAS;
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
BUENAVENTURA

2012

UNIVERSIDAD DEL VALLE SEDE PACÍFICO – FACULTAD DE CIENCIAS;
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

YESENIA SUÁREZ SAAVEDRA. 1989

EVALUACIÓN DE MATERIALES PARA LA CREACIÓN DE ARRECIFES
ARTIFICIALES A DIFERENTES PROFUNDIDADES EN LA BAHÍA DE
BUENAVENTURA, PACÍFICO COLOMBIANO

Tema: evaluación de dos tipos de materiales como potenciales para la elaboración de arrecifes artificiales.

Palabras claves: madera, cemento, profundidad, Buenaventura, Bocana, Juanchaco, pH, concentración, productividad, eficiencia.

BUENAVENTURA

2012

NOTA DE APROBACIÓN

El trabajo de grado titulado: “**EVALUACIÓN DE MATERIALES PARA LA CREACIÓN DE ARRECIFES ARTIFICIALES A DIFERENTES PROFUNDIDADES EN LA BAHÍA DE BUENAVENTURA, PACÍFICO COLOMBIANO**”, realizado por la estudiante YESENIA SUÁREZ SAAVEDRA, presentado como requisito parcial para optar por el título de Biólogo, fue revisado por el jurado y certificado como:

Aprobado

Gustavo Isaza Guzman
Director

Jurado

DEDICATORIA

Este trabajo de grado va dedicado a todas aquellas personas que en algún momento han hecho parte de mi vida.

A mi papá que en éste momento esta en cielo y que de seguro me esta guiando bajo el permiso divino de Dios, para que este siempre orgulloso de mí como en vida se lo hice sentir.

A mi mamá que es el pilar de mis esfuerzos y nunca me dejó desfallecer, me alentó y mostro que siempre hay una luz de esperanza y un futuro brillante, que todo triunfo importante implica esfuerzo y sacrificio.

A mis hermanos que siempre me dijeron que si podía, en especial a Darling que desde la distancia me alentó y apoyó.

A mi nueva familia; mi hija y su padre que estuvieron en cada momento de éste proyecto recordándome mis sueños y brindándome su amor.

A mis compañeros de curso que fueron un constante apoyo, un hombro y un sonrisa durante todo el proceso.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco infinitamente a Dios por tantas oportunidades en mi vida y tantos sueños cumplidos, por permitirme compartirlos con mis seres queridos y tener la certeza de que los que no están presentes de cuerpo lo están de alma y mente. Gracias por la bendición haber estudiado en la universidad y haberme permitido conocer tantas personas que se ganaron un lugar en mi corazón.

A Gustavo Isaza mi director de programa por su amistad, colaboración, paciencia y apoyo. Por todos sus consejos que me serán útiles por el resto de mi carrera y mi vida.

A la universidad del valle sede pacífico por su apoyo y colaboración y por haberme permitido obtener los conocimientos de tan preciados profesores.

A mis compañeros de estudio; Madeleine, Jaime, Rosa, Carmen, Mabel, Jhon, Vanesa, Mayra y otros que aunque no mencione están en mi mente y mi corazón, les agradezco por tantos buenos momentos y por las cosas que me enseñaron, en especial por enseñarme a luchar sin perder el norte y a intentar las veces que sean necesarias.

A mis padres que con su esfuerzo y dedicación hicieron miles de sacrificios por verme llegar a este punto. Mi mamá Libia Saavedra por sus abrazos consoladores y su comprensión, mi papá Néstor Suárez por su esfuerzo y apoyo.

A mi pareja José M. Hurtado quien nunca me dejó perder mi norte y me apoyó en este largo proceso. A mi hija María Camila Hurtado Suárez que es mi fuente de vida proveniente de Dios. Ambos mis más grandes amores

A mis suegros y demás familiares que con su granito de arena permitieron que cumpliera con cada una de mis metas y llegar a la culminación de mi carrera.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
LISTA DE TABLAS	IX
LISTA DE FIGURAS	XI
1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. ANTECEDENTES	4
3.1 Estado del arte	7
4. OBJETIVOS	12
5. HIPÓTESIS	13
6. MATERIALES Y MÉTODOS	14
7. RESULTADOS	18
7.1 Muelle turístico	18
7.2 Bocana	23
7.3 Juanchaco	27
7.4 Índice de Shannon – weiner	31
7.5 Análisis de los bloques de madera por zonas	32
7.6 Análisis estadístico de los bloque de cemento	35
7.7 Análisis estadístico por profundidad y material	38
8. DISCUSIÓN	41
8.1 Material más eficiente como potencial para la realización de arrecifes artificiales, aplicando el criterio productividad biológica	42
8.2 Profundidad	47
8.3 Zonas	48
9. CONCLUSIÓN	49
10. BIBLIOGRAFÍA	52
11. ANEXO 1	55
11.1 Tabla 1. Índice de Shannon – weiner de la zona del muelle turístico	55
11.2 Tabla 2. Índice de Shannon – weiner para la zona dela Bocana	56
11.3 Tabla 3. Tabla 3. Índice de Shannon – weiner para la zona de Juanchaco	57

12. ANEXO 2	58
12.1 Fotografías de algas de los géneros <i>Chaetomorpha</i> , <i>Bangia</i> e <i>Hypnea</i>	58
12.2 Fotografías del bivalvo <i>Martesia striata</i>	59
12.3 Fotografías de poliqueto de la familia <i>Nereididae</i>	60
12.4 Fotografías del cangrejo <i>Euripanopeus spp...</i>	61
12.5 Fotografías del cangrejo <i>Petrolisthes edwardsii</i>	62
12.6 Fotografías del camarón del género <i>Penaeus</i>	63
12.7 Fotografías del balano del género <i>Balanus</i>	64
12.8 Fotografías de la esponja de la clase <i>Demospongie 1</i>	65
12.9 Fotografías de la esponja de la clase <i>Demospongie 2</i>	66
12.10 Fotografías del bivalvo del género <i>Barnea</i>	67
12.11 Fotografías del bivalvo del género <i>Isognomon</i>	68
12.12 Fotografías de las especies de madera caimito, otobo, sajo y sorogá	69
12.13 Fotografías de los bloques al terminar la evaluación	71

LISTA DE TABLAS

	Página
TABLA 1. Especies encontradas en las tres zonas	18
TABLA 2. Índice de Shannon – weiner	31
TABLA 3. Análisis de varianza de los bloques de madera en la zona de Muelle turístico	32
TABLA 4. Comparación de medias de los bloques de madera en la zona del Muelle turístico	33
TABLA 5. Análisis de varianza de los bloques de madera en la zona de la Bocana	33
TABLA 6. Comparación de medias de los bloques de madera en la de la Bocana	34
TABLA 7. Análisis de varianza de los bloques de madera en la zona de Juanchaco	34
TABLA 8. Comparación de medias de los bloques de madera en la zona de Juanchaco	35
TABLA 9. Análisis de varianza de los bloques de cemento en la zona del Muelle turístico	35
TABLA 10. Comparación de medias de los bloques de cemento en la zona del muelle turístico	36
TABLA 11. Análisis de varianza de los bloques de cemento en la zona de la Bocana	36
TABLA 12. Comparación de medias de los bloques de cemento en la zona de la Bocana	37
TABLA 13. Análisis de varianza de los bloques de cemento en la zona de Juanchaco	37
TABLA 14. Comparación de medias de los bloques de cemento en la zona de Juanchaco	38
TABLA 15. Análisis estadístico de la de la profundidad uno en las tres zonas	38
TABLA 16. Análisis estadístico de la madera de la profundidad dos en las tres zonas	39

TABLA 17. Análisis estadístico del cemento de la profundidad uno 39
en las tres zonas

TABLA 18. Análisis estadístico del cemento de la profundidad dos en 40
las tres zonas

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Disposición de las estructura de bloques	16

1. RESUMEN

Debido a la disminución del recurso marino, por la sobrepesca y la contaminación de los océanos, se han buscado diferentes alternativas de solución, con el fin de aumentar el recurso y ayudar a la conservación y sostenibilidad del mismo. Algunas de estas alternativas se han enfocado en la promoción de arrecifes artificiales las cuales han dado resultados alentadores en los estudios realizados en diferentes partes del mundo como en el Océano Atlántico y el mar Mediterráneo con beneficios para la pesca artesanal y deportiva. En el Océano Pacífico en general y particularmente en el colombiano no existen trabajos documentados en el tema, siendo de gran importancia la incursión en el área para evaluar el potencial de esta tecnología.

Se evaluó la eficacia de diferentes materiales como concreto y madera para la elaboración de arrecifes artificiales en la bahía de Buenaventura realizando tres replicas en tres lugares diferentes (Bocana, muelle de buenaventura y Juanchaco) y a dos profundidades diferentes (2 y 4 metros). Se utilizarán dos tipos de materiales; concreto (con cuatro tipos: dos de concentraciones diferentes de cemento y arena y dos de pH) y con cuatro tipos diferentes de madera que son factores principales de contaminación orgánica en las playas de la zona.

Se evaluaron aspectos estructurales de resistencia durante 6 meses a la vez de aspectos biológicos de implantación de material de fijación como fuente alimenticia de factor primario como algas que demostraran el nivel potencial del material para la posterior realización de un proyecto de arrecife artificial.

2. INTRODUCCIÓN

Los arrecifes son uno de los ecosistemas más poblados y ricos del mundo; son considerados cunas de gran cantidad de las especies que consumen los humanos a la vez, que pueden ser lugares de paso o de vida permanente para muchas otras especies. Son también la fuente de alimento de otras especies que buscan sustento en la abundancia y variedad del lugar, además aportan nutrientes a otros ecosistemas al tiempo que reciben de ellos. Por otra parte este grandioso ecosistema está afrontando serios problemas por la contaminación proveniente de diferentes fuentes, como los derramamientos de petróleo, las basuras en el mar, el vertimiento de sustancias tóxicas y a su vez el incremento de elementos naturales nocivos en el mar. Se está viviendo un fuerte desgaste y pérdida de sus estructuras (Pérez del Toro, 2001)

Hay numerosos ejemplos a nivel mundial donde estas estructuras se han usado para realizar varias funciones, por ejemplo: la protección física de ecosistemas sensibles y frágiles, la adición o reposición de la complejidad de hábitats, creación de nuevos sustratos, o la sustitución de un recurso socioeconómico (Pickering et al. 1998)

Para disminuir el impacto en este tipo de ecosistemas se han propuesto diferentes soluciones que se han utilizado en otros casos de amenazas al medio ambiente, como implantar corales vivos en otras zonas en las que puedan proliferar fácilmente (translocación) y que asemejen las condiciones del anterior lugar. Dentro de las medidas de restauración y rehabilitación de ecosistemas costeros, aparecen los arrecifes artificiales (AA) como herramientas de ordenación y protección desde una perspectiva ecológica (Pickering et al., 1998 op. Cit), usados mucho en el Océano Atlántico para aumentar la diversidad de especies tanto para el consumo, como para diversión de las personas mediante la pesca deportiva o el buceo (Seaman, 2007). Un arrecife artificial es el posicionamiento estratégico de estructuras de diversos materiales, acondicionadas para proveer hábitat y refugio a diversas especies de flora y fauna marina. (Pérez del Toro, 2001).

Aunque en el océano pacífico son muy pocas las experiencias que hay sobre este método de conservación e implementación de corales artificiales; es una gran solución a problemas no solo biológicos si no también sociales y alimenticios, volviéndose así en un sistema sostenible y un gran sustento para las comunidades. A pesar de ser un experimento nunca antes probado

en el pacifico colombiano, tiene un gran potencial para la obtención de especies de consumo humano y de interés comercial; adicional a esto podría implementar en nuestra sociedad la cultura de la pesca deportiva y el buceo como actividades recreativas que generaran rubros para el distrito.

Este documento no pretende hacer una exhaustiva investigación sobre las formas ideales para realizar un arrecife artificial, ni estandarizar los mejores materiales para realizar un arrecife artificial en el océano pacifico, pretende realizar una evaluación de los materiales potenciales para la realización de los arrecifes a distintas profundidades, su resistencia y eficacia, sin el objetivo de garantizar el incremento de la productividad pesquera si no analizar el impacto que pueda tener la realización de un arrecife artificial en la pesca, la abundancia y riqueza de especies en el lugar y el impacto en el entorno del ecosistema estuarino donde se ubica.

3. ANTECEDENTES

Estudios sobre arrecifes artificiales en el mundo se han realizado con diversos objetivos como el incremento de las poblaciones marinas, el mejoramiento del promedio de captura de especies para el sector pesquero, la implementación de la pesca deportiva y la recreación en el buceo, entre otros. Algunos de estos estudios se realizaron en el océano atlántico y en el mar mediterráneo como por ejemplo el realizado por Relini et al. (2007) quienes estudiaron desde los años 70 en las costas del mar de Italia en Liguria las experimentaciones de arrecifes artificiales, en donde se implementaron primero cuerpos de vehículos deteriorados a diferentes profundidades, desde 35 a 50 metros, en los cuales se encontraron materiales nocivos para el ambiente y por lo tanto en la actualidad son prohibidos. Posteriormente en la década de los 80 se comenzó a implementar concreto en la elaboración de estos arrecifes, los cuales presentaban forma piramidal a profundidades que van desde los 17 a 25 metros, encontrando que la asociación de algas a este material se dio de una manera eficiente con un gran número de taxas y de invertebrados similares a los encontrados en áreas naturales.

En la costa sur de Portugal, en Algarve, Neves, et al. (2007) construyeron en dos sitios sistemas de arrecifes artificiales con el fin de analizar los efectos de estos en las poblaciones de peces y la eficacia en el rendimiento pesquero de acuerdo al número medio de capturas, durante catorce años utilizando mallas de pesca con los milímetros permitidos en ese país (60 mm). Cada sistema con un arrecife de protección y otro de explotación que permitía hacer los muestreos y cuidar los arrecifes y las zonas costeras de cualquier impacto que pudiese ser causado. El experimento dio buenos resultados incrementando las poblaciones de especies de peces sobretodo en la primera zona (El Faro) donde se capturaron mas especies e incrementando el número de capturas medias de pesca favoreciendo el sector pesquero de las zonas.

En Alicante, una ciudad costera de España con el fin de disminuir el impacto que la pesca de arrastre de fondo estaba causando en las comunidades de los ecosistemas costeros bentónicos, Ramos (2002) realizó una investigación sobre los métodos de reducción de impacto y restauración de hábitats marinos llegando a la conclusión de que en numerosos experimentos los arrecifes artificiales son la mejor solución por su efectividad tanto en reducción como en

incremento de la productividad pesquera del medio. Una de las formas de arrecifes más aptas para este fin son los arrecifes disuasivos que son elaborados en concreto con un peso de 7 tm y una altura de 1.5 m con refuerzos de bigas de hierro que estancan las redes de los arrastres de fondo en zonas prohibidas para ese tipo de practicas, obteniendo óptimos resultados que implican la conservación de las especies vegetales marinas que habitan en este medio, el incremento en la ictiofauna, creación de nuevos sustratos y hábitats para las diferentes especies.

Vernon Minton (2002) en el departamento de conservación y recursos naturales de Alabama en dialogo con la armada norteamericana se llegó a una asociación para utilizar los barcos y naves que quedaron afectados en la guerra mundial en los años 74 y 75. En el año 93 la armada norteamericana decide dar los tanques de batalla obsoletos para la implementación de arrecifes artificiales luego de ser totalmente examinados y limpiados para que no contaminaran el ambiente. Todo con grandes resultados y asimilando la vida útil de los tanques que es de 50 años para los arrecifes artificiales.

En el estado de Massachusetts, el plan de arrecifes artificiales marinos en 2004 (Rousseau, 2008) para la elección de materiales en el desarrollo de éste, postularon cuatro características importantes a la hora de tomar la decisión; durabilidad, función, compatibilidad y estabilidad y colocación. Cada material tiene que ser resistente a las corrientes y a la agresión que puede sufrir del medio sin afectar las especies que habitan el lugar. Los materiales que lograron reunir estas cualidades fueron los materiales de construcción que de igual forma podrían ser recogidos de construcciones en demolición tales como el concreto y escombros, dependiendo así de la concentración de éste material en la mezcla o del tipo de concreto que se utilizara.

En el año 1999 Grove et al. (2002) construyeron en el sur de California en San clemente, arrecifes artificiales en concreto y rocas que revelaron tres características en los resultados; primero ser físicamente estable, segundo mantenimiento de algas marinas y tercero tener poblaciones de peces, algas, e invertebrados comparables en densidad a arrecifes artificiales cercanos pero diferentes en la composición de especies.

En un análisis sobre turismo, buceo y conservación realizado por Santander et al. (2005) en Cozumel, México, reveló que el turismo sin control estaba afectando directamente los arrecifes dado que los contactos de los buzos con el entorno degradan el ambiente haciendo que sean notorios los efectos en el ecosistema y, como medida de prevención y conservación se habla de un turismo sustentable de acuerdo a cada arrecife, a su capacidad y al tipo de corales que en este lugar habite para que los daños sean reducidos y hacer de esta actividad algo rentable pero respetando el ecosistema. Se habla de 5000 a 6000 visitantes buzos a estos arrecifes para disminuir el daño y hacer de esta actividad algo sustentable.

En la costa sur este de Brasil en un estudio realizado para analizar la respuesta y el incremento de los peces de acuerdo a la distancia a los arrecifes artificiales Neves et al. (2010) implementaron un diseño de arrecifes artificiales en los que 36 montículos de 1 m^3 , en grupos de tres distanciados en 100 m cada grupo, formando tres bloques de 12 estructuras desde la playa a mar abierto. Realizaron el experimento durante los periodos de lluvia y sequía con resultados positivos que los llevaron a encontrar 30 especies de peces demostrando que de los 0 a 50 m se encontraba la mayor abundancia y disminuyendo de manera lineal conforme la distancia aumentaba. Se encontraron resultados positivos encontrando especies no asociadas a fondos duros, o especies de permanencia facultativa o nula en los arrecifes.

En el Golfo de Morrosquillo, Colombia un estudio realizado por Delgadillo y García (2002) se midió el impacto de dos arrecifes artificiales contruidos con tubos de oleoducto en acero y mangueras submarinas de caucho elástico en forma de cubo rectangular y en su interior piezas del mismo material ubicadas de forma irregular para aumentar la complejidad de las estructuras, ubicados en Tolú y Punta de Piedras, la información se restringió a pescadores con canoas de madera, líneas de mano, carnada viva y que pescas únicamente en las horas del día. Realizando así 26 y 33 visitas a los lugares respectivamente donde hubo influencia de las temporadas secas, de lluvias y de vientos presentes en algunas temporadas del año que imposibilitan la movilidad. Los datos obtenidos como resultados arrojaron que los arrecifes están cerca de su capacidad de carga manteniendo y mejorando el número de captura y esfuerzo en comparación con hábitats naturales, aunque no queda muy claro si esto se debe a un proceso de agregación o de producción de los mismos.

En un intento por reducir el impacto que las olas y los desastres naturales provocaban en las playas de México Porraz et al. (2000), se concretó como mejor propuesta la creación de arrecifes artificiales con materiales más amigables con el entorno y que no fueran costosos, se optó por utilizar un material de cimbras permeables de textil sintético que se llenan directamente en el sitio de la obra mediante una mezcla de arena y agua lo que facilita la movilidad del material, disminuye los riesgos y los costos del procedimiento. La implantación de un arrecife arterial de doble barrera logro un incuestionable éxito permitiendo la recuperación de las playas ayudando con la sedimentación de arena en esta zona que antes había sido perdida por los desastres y por la energía de las olas, se mejoro el ecoturismo permitiendo el incremento en el sector turístico y económico del país.

En el océano pacífico y específicamente en el colombiano no hay evidencia de documentación sobre trabajos de implementación de arrecifes artificiales. En el océano atlántico en diferentes regiones del mundo en especial en las subtropicales y tropicales donde se encuentran las mayorías de corales es en donde más experiencias con este proyecto encontramos. Las razones son diversas; recreación, pesca deportiva, pesca artesanal, colaboración con el ecosistema, entre otros, dando excelentes resultados para cada uno de los sectores.

3.1 Estado del arte:

En España se realizó un arrecife artificial como método para disminuir la pesca de arrastre y así apoyar a los pescadores artesanales manteniéndoles el recurso y garantizando la sostenibilidad del ecosistema. El proyecto consistió en un modulo de protección básicamente en una estructura de hormigón en masa atravesado por varios perfiles de acero formando aspas que actuaron como elementos disuasorios. El material básico para la construcción de las mencionadas estructuras es el hormigón, elegido por no presentar elementos contaminantes y por tener una textura adecuada para la fijación de organismos sésiles. Las estructuras no sufrieron deterioro alguno, no habiéndose producido enterramientos de los mismos, por lo que mantienen su funcionalidad. En las zonas de instalación de los arrecifes se produjo una importante concentración de especies de interés pesquero. Los sectores artesanales que utilizan artes fijos como el trasmallo y el palangre, se vieron favorecidos ya que el arrecife artificial supone una protección de los recursos pesqueros y una protección de los artes fijos que en numerosas ocasiones eran arrastrados y destrozados por acción del arrastre ilegal. (Martínez, A., 1995)

En Brasil en la región de Bahía grande, Ilha se realizó una evaluación de arrecifes artificiales que consistieron en estructuras sumergidas donde podrían estar las soluciones posibles para el problema de la conservación de hábitats. Al realizar el proyecto decidieron realizar un análisis con el fin de calcular la abundancia de pescado entre los diferentes tipos de estructura se comparó mediante análisis de Kruskal-Wallis, y así identificar posibles afinidades para un determinado tipo de estructura. Los resultados obtenidos de este análisis señalaron que los serránidos presentaron mayor abundancia en la estructura más compleja y de mayor tipo, ya que este grupo está compuesto por los depredadores que buscaban refugio en las cavidades y afloramientos rocosos (Hobson, 1965, 1972, Collete & Talbot 1972). Las estructuras mas complejas con mayor número de cavidades mostraron la mayor cantidad de abundancia. En Brasil, los arrecifes artificiales son a menudo considerados como herramientas para la concentración de los peces destinados a ayudar a la pesca, más que una opción para la restauración del medio ambiente. (Shimada, D. B., Gerson, F. A. 2001)

En la bahía de Chesapeake, Estados Unidos se realizó un proyecto para la recuperación de hábitats intervenidos por el hombre convirtiendo los mismos en arrecifes artificiales usando los materiales ya presentes. El objetivo principal del proyecto era utilizar lugares ya intervenidos por el hombre y observar la agregación que producía en el lugar las nuevas estructuras u obtener estructuras abandonadas y utilizarlas para implantarlas en zonas donde decayó el nivel de abundancia. Al nivel más simple, una perturbación sólo puede ser removido por ejemplo, con el desmantelamiento de las plataformas petrolíferas cuando los recursos se agotan (Quigel y Thornton, 1989), aunque se puede argumentar que este nivel de intervención no es la rehabilitación. En el otro extremo, los nuevos hábitats naturales o artificiales, con o sin intención pueden ser creados (Clynick et al. 2007). Aunque la mayoría de los arrecifes artificiales se construyen para mejorar las poblaciones de peces, en lugar de reemplazar el hábitat, la rehabilitación puede incluir arrecifes artificiales. El objetivo general de la rehabilitación es crear un hábitat para una diversidad de flora y fauna nativas, la mayoría de los programas se basan en la colonización natural y, a menudo, sólo unas pocas especies utilizan estos hábitats. Las construcciones, tales como pilotes y muelles, son una perturbación en las costas urbanizadas (Chapman y Bulleri 2003). A menudo se retira por razones ecológicas, más que por razones antropogénicas, sin embargo, ha habido pocos estudios

cuantitativos sobre los efectos ecológicos de la eliminación de la infraestructura. Plataformas petrolíferas en desuso pueden ser remolcadas cerca de la costa para crear un hábitat artificial, pero, una vez más, ha habido poca evaluación del impacto ecológico de la eliminación de las plataformas (Quigel y Thornton 1989) o en su eficacia como hábitat artificial. El uso de arrecifes artificiales por invertebrados o algas rara vez se ha evaluado, por ejemplo, (2001) Baine en la revisión de 249 estudios sobre los arrecifes artificiales mostraron que sólo cuatro examinaron los efectos de la estructura en los invertebrados. Éstos en los arrecifes artificiales pueden diferir de los de los arrecifes naturales (Clark y Edwards, 1999), tales diferencias pueden persistir durante muchos años (Perkol-Finkel y Benayahu 2005). Carter et al. (1985) demostraron que las algas y los invertebrados que reclutaron en los arrecifes de canto rodado construidos se mantuvieron en las primeras etapas de la sucesión durante 3 años, tal vez debido a la gran cantidad de forraje por los peces que colonizaron rápidamente los arrecifes. (Goodsell, P. J., Chapman, M. G., 2009),

En un proyecto realizado en Taiwán se demostró que los arrecifes artificiales (ARS) son una herramienta potencial para la restauración del hábitat marino y para retardar el estrés de los arrecifes de coral en las últimas décadas. Para la mayoría de los ingenieros, el despliegue de un ecosistema de arrecifes artificiales (ARE) se basa en su experiencia, pero lo que es el despliegue eficaz de producir la mayor abundancia y para enriquecer la biomasa en el marco del presupuesto final que rara vez se menciona. De hecho, la forma de implementar los arrecifes artificiales en el sitio seleccionado y la construcción efectiva es el desafío más grande para los ingenieros ecológicos. En primer lugar, ya que el objetivo de la investigación es diseñar cómo implementar los arcos en un ecosistema AR, debería funcionar en la premisa de que la ubicación del proyecto y el tamaño se les es dado, y los materiales de cada arco son los mismos. En la mayoría de los casos, hay varios objetivos de gestión para expresar las razones prácticas para construir un ecosistema de AR. Los más populares funcionan como una reserva marina para proteger los recursos marinos, mantener y aumentar la pesca de menor impacto y resolver el problema de la pesca a gran escala sobre los ecosistemas costeros. Muchos de los estudios concluyeron que el tamaño del área de reserva, la forma geométrica y la condición de frontera son los factores que afectan a la acumulación o la pérdida de animales móviles. Pero, el tamaño del área de reserva está siempre limitado por consideraciones económicas y políticas. Con la consideración del

tamaño a obtener hay tres tamaños posibles (12 km^2 , 25 km^2 y 50 km^2) de una zona de conservación con permeabilidad variable condicional y la forma cambiante rectangular (longitud y anchura) se simulan con la aplicación del modelo propuesto. (Lan, C. -H., Hsui C. -Y., 2005)

En Karnataka, Surathkal algunos investigadores notaron que la construcción de una estructura semi-sumergida en una profundidad de agua de 1.5 a 5 m con una pendiente de 1:2 a 1:3 y una altura superior a 0,7 veces la profundidad del agua. Un dique de hormigón semi sumergido fue utilizado para un experimento en Rusia con una pendiente hacia el mar de 1:1.67, la pendiente hacia la orilla vertical proporciona una óptima transmisión de la onda con la reflexión mínima para un rango de mareas de menos de 2 metros y la pendiente mayor que 0.075 (Baba, 1985). Pero hay tantas opiniones como el número de investigadores sobre cuál debe ser la anchura de la coronación del dique sumergido. En el caso de la estructura sumergida es mayor los ataques de onda sobre su cresta y menos en la pendiente hacia el mar. Por lo tanto pendiente - ángulo no es el parámetro que rige para la estabilidad. Varios investigadores han probado los arrecifes de la armadura de piedra, con pendientes más pronunciadas de 1:1.5, 1:1.67 y 1:1,75. El arrecife sumergido con éxito mostró viajes de las olas más pronunciadas y que disipa la energía del oleaje. La eficacia de la barrera en la amortiguación de las ondas aumenta con un aumento de la pendiente de la ola. Por lo tanto, los arrecifes pueden ser utilizados con éxito para la protección costera, donde se les somete a las ondas pronunciadas durante las tormentas. (Shirlal, K. G., Rao, S., Ganesh, V. Y R. B., 2008,)

4. OBJETIVOS

- Objetivo General:

Evaluar el comportamiento de materiales en concreto y madera como potenciales para la construcción de arrecifes artificiales en la bahía de Buenaventura, en las zonas del muelle turístico de la bahía, La Bocana y Juanchaco (Bahía Málaga),

Objetivos Específicos:

- Establecer el material más eficiente como potencial para la realización de arrecifes artificiales, aplicando el criterio productividad biológica.
- Determinar la profundidad a la que los materiales responden eficientemente demostrando mayor afinidad con la fijación de especies.
- Identificar la concentración del concreto en la que la fijación de las especies es más eficiente.
- Identificar el tipo de madera en la que la fijación de especies es más eficiente.
- Definir si hay diferencias significativas de productividad en tres zonas de la bahía de Buenaventura.

5. HIPÓTESIS

Las hipótesis formuladas son:

H1:

Ho: No hay diferencias significativas entre madera y cemento, utilizados para la evaluación como posibles materiales para la elaboración de un arrecife artificial.

Ha: Se presentan diferencias significativas entre madera y cemento, utilizados para la evaluación como posibles materiales para la elaboración de un arrecife artificial.

H2

Ho: No hay diferencias significativas entre las profundidades observadas para realizar la evaluación de madera y cemento, como materiales potenciales para la elaboración de un arrecife artificial.

Ha: Si hay diferencias significativas entre las profundidades observadas para realizar la evaluación de madera y cemento, como materiales potenciales para la elaboración de un arrecife artificial.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevo a cabo en la bahía de Buenaventura, localizada entre los 77° 06' de longitud oeste y los 3° 54' de latitud norte, la cual presenta 21 kilómetros de largo por 4.5 kilómetros de ancho en promedio (Casquete & Posso 1998); cuenta con un área aproximada de 68.190 ha, con profundidades promedio de 11 m. Tiene una sola entrada, conocida como la Bocana, que está encerrada por punta Bazán al norte y punta Soldado al sur, separadas entre sí por 1.582 m. El acceso a la bahía se hace por un canal muy largo desde la Bocana hasta la isla Cangrejo y de allí por uno más, para arribar definitivamente a la isla de Cascajal, donde se encuentran la ciudad y el puerto de Buenaventura (Peña 2008).

El rango de pH está entre 6.5 a 8.5, siendo neutro para toda la zona (Tejada, 2003), la salinidad de acuerdo a los estudios realizados por la CVC, muestra que la zona interna de la bahía de buenaventura muestra una disminución debido al aporte de los ríos y la escorrentía de la zona. Los mayores niveles se registran en la boca de la bahía debido a la influencia oceánica.

Se realizaron bloques en madera de cuatro especies y en concreto a cuatro diferentes concentraciones de las mezclas, lo cual produjo diferentes porosidades de la estructura de fijación, posteriormente se ubicaron en los muelles de cada una de las tres zonas fijadas, manejando las dos profundidades establecidas (2 y 4 m). Se realizaron tres replicas para cada uno.

En la elaboración de los bloques de madera se cortaron trozos de 20 cm ancho por 20 cm de longitud y se marcaron taladrándolos, asignándoles cierta cantidad de huecos de acuerdo a la especie; se escogieron 4 tipos de árboles nativos de la región y se enumeraron según el orden alfabético del nombre común de cada especie siendo así:

- CAIMITO (1 HUECO) (*Pouteria caimito*)
- OTOBO (2 HUECOS) (*Dialyanthera otoba*)
- SAJO (3 HUECOS) (*Camptosperma panamense*)
- SOROGÁ (4 HUECOS) (*Vochysia ferruginea*).

La variación de las concentraciones de cemento y arena en los bloques se realizó con el fin de observar la afinidad de organismos como algas, crustáceos u otros que se fijen, teniendo en cuenta las diferentes porosidades; por otro lado ver la forma en que afectan la fijación en estructuras elaboradas y evaluando la eficiencia de dichos materiales.

Los bloques de cemento se construyeron con una medida de 11 cm de ancho por 11 cm de longitud a un volumen de 320 cm³, se diferenciaron en 4 tipos, modificando la concentración tanto de arena, cemento y el pH del agua con que se prepararon los bloques de la siguiente manera: se trabajan dos concentraciones 1/3 y 1/4 (1 parte de cemento x 3 partes de arena. 1 parte de cemento x 4 partes de arena respectivamente). La segunda parte consistió en agregar HCl a las concentraciones y lograr una diferenciación en los pHs de los bloques. Para diferenciar los tipos de bloque de acuerdo a su composición se taladraron realizando un número determinado de huecos de acuerdo a cada tipo.

La fórmula para cada tipo de bloque fue la siguiente:

- *Cemento Tipo 1 (1 Hueco):* 1/3. (Concentración de cemento) 90 gramos de cemento + 230 gramos de arena + 70 ml de agua + 5 ml de HCl. (PH 1).
- *Cemento Tipo 2 (2 Huecos):* 1/4. (Concentración de cemento) 60 gramos de cemento + 260 gramos de arena + 80 ml de agua + 5 ml de HCl. (PH 2).
- *Cemento Tipo 3 (3 Huecos):* 1/3. (Concentración de cemento) 90 gramos de cemento + 230 gramos de arena + 70 ml de agua + 10 de HCl. (PH 3).
- *Cemento Tipo 4 (4 Huecos):* 1/4. (Concentración de cemento) 60 gramos de cemento + 260 gramos de arena + 80 ml de agua + 10 ml de HCl. (PH 4).

Se seleccionaron tres lugares de la bahía, los cuales se presume presentan condiciones muy similares a las que se pueden encontrar en el momento de realizar una estructura de arrecife verdadera y de esta forma encontrar los obstáculos que se puedan presentar por diversas influencias, sean de tipo natural como antrópica

Se realizaron seis muestreos uno cada mes para medir el incremento gradual de las poblaciones de estructuras en cada lugar. Durante los muestreos se colectó material tanto vegetal como animal, presente en las estructuras, raspando fragmentos de la superficie de los bloques y así no afectar el hábitat en formación, se fraccionaron algunos bloques de madera para observar el grado de bioerosión presente en cada uno y evaluar qué tipo de madera es

más resistente al desgaste del medio y la erosión con el fin de la identificación de las especies que se encontraban en cada lugar y hacer el respectivo análisis.

El diseño estadístico fue de bloques al azar con tres replicas y 4 tratamientos. Los materiales a evaluar fueron dispuestos en una cuerda en forma vertical en la cual están amarrados los bloques con una distancia de 20 cm entre cada uno y de 1 mt entre la profundidad uno y dos; la distancia entre el nudo de amarre a las columnas en la parte superior e inferior es de 40 cm; el largo total de la estructura es de 5 m.

Los bloques fueron dispuestos en la cuerda de la siguiente manera; los bloques de madera para ambas profundidades se dispusieron en orden alfabético y de acuerdo a los número asignados es decir, 1 caimito, 2 otobo, 3 sajo, 4 sorogá para ambas profundidades, mientras que los bloques de cementos fueron puestos en orden inverso estando así en primer lugar el cemento tipo 4, en segundo el tipo 3, en tercer lugar el tipo 2 y en cuarto lugar el tipo 1.

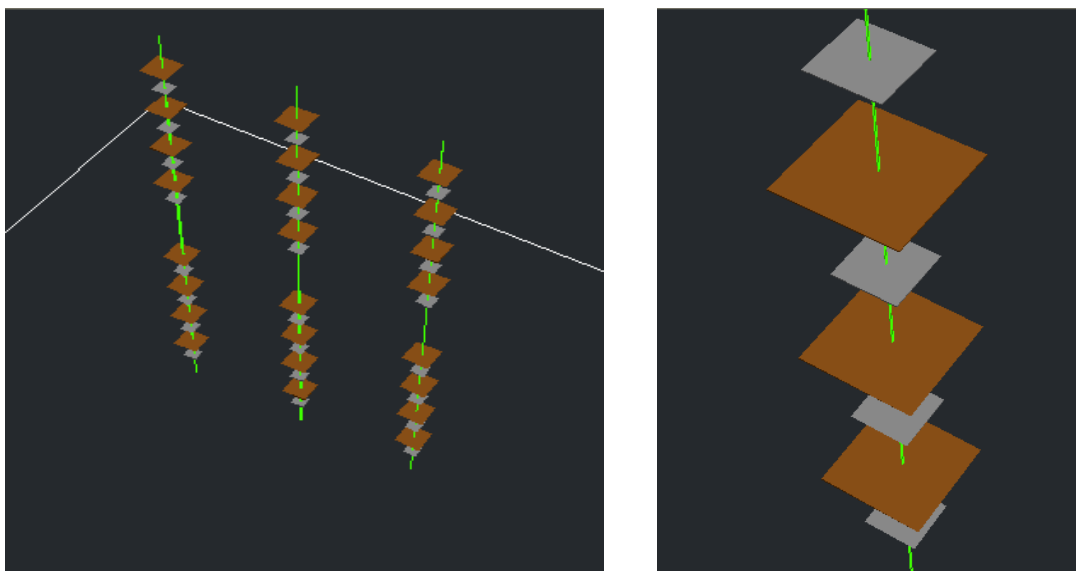


Figura 1. (a) Disposición de las estructura de bloques. (b) acercamiento a las estructuras.

Para sujetar los bloques se utilizaron dos tipos de cuerda de diferentes grosores y materiales. Una cuerda de nylon de color negro de 2 mm de grosor y una cuerda de propileno de color verde del mismo grosor.

Las especies encontradas fueron analizadas e identificadas en el nivel taxonómico de familia, clase y género, utilizando claves dicotómicas del libro de la FAO y estudios sobre invertebrados erosionadores del pacífico, muchos de estos estudios realizados en la zona de Buenaventura.

7. RESULTADOS

Durante la evaluación de los materiales para la elaboración de arrecifes artificiales se realizaron un conjunto de 6 salidas, que permitieron evidenciar el poblamiento de los bloques por parte de las especies marinas, en su totalidad y fueron:

3 Tipos de Algas (Genero)	<i>Chaetomorpha</i>
	<i>Hypnea</i>
	<i>Bangia</i>
2 Tipos de Cangrejos	<i>Petrolisthes edwardsii</i>
	<i>Euripanopeus spp</i>
Cirripedio	<i>Balanus spp.</i>
2 Esponjas	<i>Demospongie</i>
Camarón	<i>Penaeus</i>
Bivalvos	<i>Martesia striata</i>
	<i>Barnea</i>
	<i>Isognomon</i>
Poliqueto	<i>Nereididae spp</i>

Tabla 1. Especies encontradas en las tres zonas.

7.1 Muelle turístico

presentó las siguientes características; las muestras evaluadas se encontraron tres géneros de algas; *Bangia*, *Hypnea* y *Chaetomorpha*, un cirripedio del género *Balanus* y una especie de camarón del género *Penaeus*, dos cangrejos *Euripanopeus spp* y *Petrolisthes edwardsii*, poliquetos *Nereididae spp*, y tres especies de bivalvos de los géneros *Martesia striata*, *Barnea*, e *Isognomon*.

Los bloques de madera presentaron la siguiente descripción para la profundidad 1 (2 m):

- Tipo 1 (caimito): se encuentra la presencia de una colonia de *Balanus* de tamaño pequeño que ocupa menos de la mitad de la superficie del bloque junto con una especie de esponja que ocupa la misma cantidad de espacio. Se encuentra una cantidad considerable de las tres algas esparcidas por el bloque y ubicadas por pequeños sectores sin diferenciar la superficie externa de los bordes en donde también se haya un grupo de éstas. El bloque al igual que los otros se nota mas erosionado en uno de sus extremos, siendo el opuesto de éste el lugar en donde mayor es la población de

algas. En la superficie inferior del bloque se observan notablemente disminuidas los grupos de especies por lo menos en una tercera parte de la superficie externa. Al revisar el interior se encuentran algunos poliquetos y tres géneros de bivalvos.

- Tipo 2 (otobo): se observó presencia de colonias de *Balanus* un poco más grandes en tamaño a los del bloque anterior, sin embargo el número de individuos es menor. Las algas presentes en este bloque se encuentran ligadas al lugar donde se encuentran los *Balanus*; es decir crecen en el mismo lugar que estos. Se observa una esponja sin proyecciones al igual que en el bloque anterior, ésta de mayor tamaño. La superficie inferior presenta una ausencia notable de algas y una ausencia total de esponjas. Se nota mayor corrosión en la superficie externa. Al revisar su interior se encontró algunos cangrejos, camarones y poliquetos. Se encuentra en su superficie externa en el centro cercana al orificio de amarre un tipo diferente de esponja de la clase *Demospongiae* de color café.
- Tipo 3 (sajo): se observa la presencia de algunas proyecciones que se presume son el hábitat de poliquetos. Presencia de algas en grupos no muy numerosas y esparcidas con distancia unas de otras. Se observa una esponja muy cercana a uno de los grupos de algas. El Sajo fue una de las especies menos bioerosionada de los cuatro tipos de especies de madera presentes en ésta evaluación en la zona. Se observa desde la superficie, orificios creados por bivalvos y las conchas semi abiertas de algunos de estos. Se evidencia mayor desgaste en una de sus esquinas. Al revisar su interior se encuentra bivalvos del género *Isognomon*, poliquetos y cangrejos. Se observa en la superficie una esponja y un pequeño grupo de algas verdes.
- Tipo 4 (sorogá): En la superficie se observan algas de los tres géneros, una colonia de *Balanus* y una esponja de por lo menos 3 cm. Se evidencia mayor desgaste en la esquina opuesta al lugar donde se encuentran las especies. En la parte lateral del bloque se encuentran ranuras habitadas por bivalvos, algas y una pequeña esponja. En el interior se encontraron camarones y algunos poliquetos.

Profundidad dos (4 m):

se encontraron los siguientes individuos; un cirripedio de género *Balanus*, algas del género *Chaetomorpha*, dos esponjas de la clase *Demospongie*, tres tipos de bivalvos de los géneros *Martesia striata*, *Barnea*, *Isognomon*, algas de los géneros *Bangia* e *Hypnea*.

- Tipo 1 (caimito): En esta especie de madera se encontraron algunos *Balanus*, poliquetos de la familia *Nereididae spp*, bivalvos de los géneros *Martesia striata*, *Barnea*, *Isognomon*, algas del género *Chaetomorpha*, y algunas del género *Hypnea*. Todos con menor número de individuos que en la primera profundidad en comparación con la misma especie de madera y con los otros bloques.
- Tipo 2 (otobo): pese a que en la primera profundidad de esta especie de madera fue la de mayor cantidad de individuos, en la profundidad 2 también conservó el mayor número de individuos entre los cuales se encontró algunos grupos de *Balanus*, algas del género *Chaetomorpha*, dos esponjas de la clase *Demospongie*, algas del género *Bangia* y tres géneros de bivalvos *Martesia striata*, *Barnea* e *Isognomon*.
- Tipo 3 (sajo): en esta especie de madera se encontró un grupo de cirripedios del género *Balanus*, algunas algas del género *Chaetomorpha*, conchas del género *Martesia striata*, algunos poliqueto de la familia *Nereididae spp*, una especie de camarón del género *Penaeus* y algas del género *Hypnea*; el número de individuos para este tipo de madera es considerablemente reducido comparada con la profundidad 1 para la misma especie de madera.
- Tipo 4 (sorogá): se encontró algunos *Balanus* y una gran lamosidad en el bloque, se evidencio el desgaste que se notó menor en comparación con el mismo tipo de la profundidad 1. El bloque se encontró menos erosionado.

Durante los seis meses de exposición de los bloques de cemento y madera al medio, se evidencio un fuerte desgaste de ambos materiales reduciendo así sus superficies, siendo más evidente en los bloques más superficiales.

- Analizando bloque a bloque se encontraron los siguientes resultados en los bloques de cemento para la zona del Muelle turístico de Buenaventura:

Se encontraron en total 5 especies: una especie de cirripedio del género *Balanus*, una especie de cangrejo *Euripanopeus spp*, una algas de los géneros *Chaetomorpha* e *Hypnea* y una esponja de la clase *Demospongie*. En cada uno de los bloques se encontraron dispuestas de la siguiente manera:

Profundidad uno (2 m)

- Tipo 1: en este bloque se encontraron un grupo de *Balanus* de menor tamaño que se ubicaban cercanas al centro del bloque y al interior del orificio central. Este grupo de tamaño pequeño, en la esquinas mas cercana a éstos se encontraba una esponja de color gris del tamaño del diámetro de una moneda (+ o – 2 cm) sin ningún tipo de proyección vertical ni proyecciones de espículas y de la misma apariencia de los bloques de madera. Se observo la presencia de algas del género *Chaetomorpha* en la superficie. La parte inferior del bloque mostraba una total ausencia de especies. En su superficie también se encontró algas del género *Hypnea*.
- Tipo 2: Al igual que el bloque tipo 1 muestra un desgaste en uno de sus lados, en el cual se encuentra el menor número de especies e individuos. La colonia de *Balanus* presente en este bloque es de tamaño mediano en comparación con los bloques anteriores. El número de individuos de esta especie es reducido. Se observa la presencia de una esponja cercana a los mismos. Las algas se ven disminuidas. Se encuentra un cangrejo *Euripanopeus spp* en su superficie y una muestra de alga verde (*Chaetomorpha*).
- Tipo 3: el patrón de desgaste para los bloques de cemento es también aplicado para este bloque, presentando uno de sus lados mayor erosión que los otros. Se encuentran algunos individuos de *Balanus* en su superficie ubicados en la esquina del bloque cercano a la colonia de algas del género *Bangia*. En la superficie se encuentra una esponja de tamaño mediano a comparación a los anteriores bloques (4 cm).

- Tipo 4: se encuentra un cangrejo *Euripanopeus spp* recorriendo la superficie del bloque. Dos géneros de algas; *Bangia* e *Hypnea* las cuales se encuentran separadas. Se evidencia un mayor número de algas respecto a los dos bloques anteriores. Este tipo de bloque de cemento es el menos desgastado de la zona. Los individuos de *Balanus* son de tamaño pequeño y de número escaso. Se encuentra una esponja de la clase *Demospongie* de color gris ubicada entre las dos algas.

Profundidad 2 (4 m): los bloques de cemento presentaron las siguientes especies: grupos de cirripedios del género *Balanus*, algas verdes del género *Chaetomorpha*, algas pardas del género *Bangia* y algunas de género *Hypnea*.

- Tipo 1: en este tipo de cemento que es el de menor número de especies se encontró un grupo de *Balanus* y lamosidad en gran parte del bloque.
- Tipo 2: en este bloque se encontró un grupo de mayor tamaño de cirripedios del género *Balanus* y algunas algas pardas del género *Bangia*.
- Tipo 3: en este tipo de bloque se hallaron algas verdes del género *Chaetomorpha*, algunos grupos pequeños y escasos del género *Balanus*, algas pardas del género *Bangia* e *Hypnea*.
- Tipo 4: se encontraron algunas algas del género *Hypnea* junto con otras de los géneros *Bangia* y *Chaetomorpha*, además un número menor de cirripedios del género *Balanus* comparado con el cemento del mismo tipo para la profundidad 1.

7.2 Bocana

En esta zona las especies de madera presentaron las siguientes características: se encontraron dos especies de alga *Hypnea* (Gén.), *Chaetomorpha* (Gén.), la segunda con un registro escaso de presencia estando una sola vez y en una pequeña cantidad. Un cirripedio del género *Balanus*, dos esponjas de la clase *Demospongie*, dos especies de cangrejos *Euripanopeus spp* y *Petrolisthes edwardsii*, camarones del género *Penaeus*, tres bivalvos de los géneros *Martesia striata*, *Barnea*, *Isognomon*, una especie de poliqueto de la familia *Nereididae spp*.

Profundidad uno (2 m)

- Tipo 1 (caimito): se encuentra la presencia de una colonia de *Balanus*, de de gran tamaño que ocupa al menos la mitad del tamaño del bloque junto con una especie de esponja que ocupa la misma cantidad de espacio. Se encuentra una cantidad considerable de algas esparcidas por el bloque y esparcida en sectores, al igual que en los bordes en donde también se halla un grupo de éstas. El bloque al igual que los otros se nota mas desgastado y erosionado en uno de sus extremos, siendo el lado opuesto el lugar en donde mayor es la población de algas. En la superficie inferior del bloque se observan disminuidos los grupos de especies a una tercera parte de la superficie externa. En total en este bloque se recolectaron una especie de cirripedio del género *Balanus*, cangrejos *Euripanopeus spp*, algas del género *Hypnea*, poliqueto *Nereididae spp*, bivalvo de nombre *Martesia striata*, esponjas de la clase *Demospongie*, el genero de alga *Chaetomorpha*.
- Tipo 2: (otobo): Se evidencia mayor desgaste si se compara con el primer tipo de madera. La parte opuesta muestra una colonia de *Balanus* de mayor tamaño corporal que las presentes en la madera tipo 1, sin embargo el número de individuos es reducido. Las algas están presentes en su mayor parte en la zona donde se encuentran los *Balanus*. Se observa una colonia de esponjas de un octavo del tamaño del bloque; muestra un solo color, el gris que va de un tono claro hasta uno fuertemente oscuro. También se ven otros grupos pequeños esparcidos en la mitad “poblada” del bloque de menor tamaño que una huella digital. El reverso presenta una ausencia notable de algas y una ausencia total de esponjas y *Balanus*. Se nota mayor erosión en esta parte que en la superficie. Se recolectaron las siguientes géneros *Balanus*, cangrejo *Euripanopeus spp*, algas del género *Hypnea*, poliquetos *Nereididae spp*, bivalvos *Martesia striata*, dos esponjas de la clase *Demospongie*, y bivalvos de los géneros *Barnea*, e *Isognomon*.
- Tipo 3 (sajo): presento un recubrimiento del 60 al 70% del bloque en lamosidad que incluye algas pardas muy dispersas y algunos hábitats de poliquetos y pocas esponjas de 3 a 4 cm de tamaño y ubicadas en la parte donde se encuentra la mayor parte de

algas. Se evidencia una polarización de las poblaciones de especies en el bloque tal vez ocasionada por el oleaje o por los factores a los que esta expuesto el lado opuesto es decir, el lado que presenta escasez o ausencia de especies esta sometido a la agresividad del medio y más desgastado. El bloque estaba menos bioerosionado en comparación a las dos anteriores pero se podía ver en los orificios la presencia de algunos *Balanus* de tamaño pequeño y en su superficie pequeños orificios en los que se observaban algunos bivalvos erosionadores de madera. En la parte posterior solo se evidencia lama y escasas algas. Se denota mas la erosión en una de las esquinas, posiblemente es la más expuesta al medio. Se recolectaron: algunos individuos del género *Balanus*, cangrejos *Petrolisthes edwardsii*, algas del género *Hypnea*, poliquetos *Nereididae spp*, bivalvos de *Martesia striata*, esponjas de la clase *Demospongie* y una especie de camarón del género *Penaeus*.

- Tipo 4 (sorogá): se observa una lama que cubre el 80% del bloque en la parte superior, en la parte posterior el cubrimiento es del 60%. En la parte superior se observa una pequeña colonia de *Balanus* ubicada hacia una de las esquinas y se observa una de ella hacia la parte más central del bloque. En esta esquina se evidencia mayor desgaste. Continúa el mismo patrón de poblamiento del bloque: es decir que la mitad del bloque se encuentra poblado y la otra mitad no lo está y es la que menor desgaste presenta, la colonia de algas esta vez se ubica en la parte lateral del bloque en donde se nota el desgaste. En la parte posterior de éste no se encontraron individuos. se evidencia lamosidad en el 70% de esta parte. Las especies recolectadas fueron individuos del género *Balanus*, cangrejos *Petrolisthes edwardsii*, algas del género *Hypnea*, poliquetos *Nereididae spp*, bivalvos *Martesia striata* y del género *Isognomon*, esponjas de la clase *Demospongie*.

Profundidad dos (4 m): se encontraron las siguientes especies: algas de género *Hypnea*, poliquetos de la familia *Nereididae spp*, bivalvos *Martesia striata*, e *Isognomon*, algunos cirripedios del género *Balanus*, camarones del género *Penaeus* y dos esponjas de la clase *Demospongie*.

- Tipo 1 (caimito): en este tipo de madera se encontraron algunas muestras de cirripedios del género *Balanus* dispersos por el bloque, poliquetos de la familia *Nereididae spp* en su interior, al igual que dos bivalvos *Martesia striata* e *Isognomon*. La superficie presentaba algunas algas del género *Hypnea*.
- Tipo 2: (otobo): esta especie de madera presento las siguientes especies; grupos de *Balanus* y algas del género *Hypnea*, una especie de camarón del género *Penaeus* y algunas conchas de bivalvos de *Martesia striata*, también en el interior se hallaron poliquetos de la familia *Nereididae spp*.
- Tipo 3 (sajo): se encontraron dos esponjas de la clase *Demospongie* y dos bivalvos de los géneros *Martesia striata* e *Isognomon*. Se hallaron algas del género *Hypnea* y algunos grupos de *Balanus*.
- Tipo 4 (sorogá): en este tipo de madera solo se encontraron algunos grupos de *Balanus* que mostraban la bioerosión del bloque para esta profundidad.

Cemento: presentó un conjunto de 5 especies siendo las siguientes: una especie de cirripedio del género *Balanus*, cangrejos *Petrolisthes edwardsii*, algas del género *Hypnea*, esponjas de color gris y café de la clase *Demospongie*.

Profundidad uno (2 m)

- Tipo 1: grupos de *Balanus* de menor tamaño, colonia pequeña de individuos separada en 2 partes en apariencia por una esponja de colores gris y anaranjado en tonos de este un poco más oscuros. Presencia relativamente escasa de algas del género *Hypnea*. El tamaño de la colonia de esponjas es 3.5 cm de largo. Se encuentra un cangrejo *Petrolisthes edwardsii* en su superficie. El crecimiento de las especies se evidencia fuertemente arraigado a un solo lado del bloque, posiblemente en esa parte menos habitada, es en donde se recibe el oleaje de la zona. Se nota mas desgaste en ese lado del bloque y la erosión ocasionada por los individuos en este lado del bloque es menor.

- Tipo 2: se evidencia mayor desgaste en uno de los lados del bloque que coincide con el desgaste del primer bloque de cemento. Mayor tamaño en la colonia de esponjas que evidencia un color gris que va del tono claro al oscuro pero conservando la apariencia y conformación de la esponja del bloque anterior y diferenciándose solamente en la aparición de pequeños tonos del color naranja en algunos bloques. Menor crecimiento de *Balanus* referenciada en una sola colonia con escasos individuos. La colonia de algas del género *Hypnea* ocupa casi las tres primeras partes del bloque (tamaño). Se haya un cangrejo *Petrolisthes edwardsii* en el interior del orificio central. El cemento tipo 2 presenta mayor numero de esponjas con referencia al n 1.
- Tipo 3: al igual que en los casos anteriores se evidencia mayor desgaste en uno de los lados del bloque. El tamaño en las esponjas es intermedio al de los otros bloques, esta muestra un color gris que va del tono claro al oscuro y algunos tonos naranja. El crecimiento de cirripedios del género *Balanus* es menor, casi que reducida en una sola colonia con escasos individuos. Poca presencia de algas *Hypnea*. Cangrejos *Petrolisthes edwardsii* recorriendo el bloque.
- Tipo 4: evidencia una colonia de proyecciones aparentemente habitadas por poliquetos en la parte inferior del bloque con una presencia significativa de algas del género *Hypnea*. Recubrimiento total por parte de las mismas. Menor desgaste del bloque en toda su extensión. No se evidencia desgaste desigual ni erosión aparente al oleaje. Presencia menor de *Balanus* con algunos individuos dispersos en el bloque. Predominancia de algas por lo menos en una cuarta parte del bloque. Se encuentra un cangrejo *Petrolisthes edwardsii* en su superficie y una esponja de la clase *Demospongie* de color café en el orificio central del bloque.

Profundidad dos (4 m): esta zona los bloques de cemento presentaron las siguientes especies: algunas esponjas de color café de la clase *Demospongie*, algas del género *Hypnea* y algunos grupos de *Balanus*.

- Tipo 1: este tipo de cemento presento un grupo de cirripedios del género *Balanus* y una cobertura total de lama en la superficie del bloque.
- Tipo 2: se encontró un grupo de mayor tamaño de individuos del género *Balanus* y algunas algas del género *Hypnea*.
- Tipo 3: se encontraron algunas esponjas de la clase *Demospongie*, estas de color café, algunos grupos de *Balanus*, y algas del género *Hypnea*.
- Tipo 4: al igual que el bloque anterior se encontraron algunos grupos de *Balanus*, esponjas de color café y algas del género *Hypnea*.

7.3 Juanchaco

La zona de Juanchaco presentó las siguientes características: se encontraron individuos del género *Balanus*, cangrejos *Petrolisthes edwardsii*, algas verdes del género *Chaetomorpha*, una especie de poliqueto *Nereididae spp*, un tipo de bivalvo *Martesia striata*, una especie de esponja de la clase *Desmospongie*, una especie de camarón del genero *Penaeus*.

- Tipo 1 (caimito): Las especies que se encontraron fueron las siguientes; una especie de *Balanus*, cangrejos *Petrolisthes edwardsii*, algas verdes *Chaetomorpha*, poliquetos *Nereididae spp*, bivalvos *Martesia striata*, y una especie de camarón del género *Penaeus*. Los individuos se encuentran distribuidos en forma similar a las dos zonas anteriores. se observa la presencia de un grupo de *Balanus* de tamaño mediano que se ubica cercana al centro del bloque. Se encuentra una especie de esponja cercana a la colonia de *Balanus* que sumados ocupan un cuarto del tamaño del bloque. Las algas se hallan cercanas a los *Balanus* y esparcidas en grupos. en la superficie inferior se observa la escases de individuos de todas las especies.
- Tipo 2: (otobo): Se nota mayor corrosión en la superficie donde se encontraron un especie de *Balanus*, se halló una especie de cangrejo *Petrolisthes edwardsii*, algas verdes del género *Chaetomorpha*, una esponja de la clase *Demospongie* de tres centímetros de largo. Al observar el interior del bloque se encontraron algunos

individuos de poliquetos de la familia *Nereididae spp*, algunas conchas de bivalvos del género *Martesia striata*, y una especie de camarón del género *Penaeus*. Esta especie de madera es la que mayor cantidad de individuos contiene y la mas bioerosionada. Presenta un recubrimiento del 85 % del bloque. La parte posterior del bloque aunque presenta menos especies se encuentra bastante erosionada y se observan las valvas de las conchas presentes.

- Tipo 3 (sajo): En este tipo de madera se encontraron las siguientes especies; *Balanus*, cangrejos *Euripanopeus spp*, algas del género *Chaetomorpha*, poliquetos *Nereididae spp*, bivalvos *Martesia striata*, esponjas de la clase *Demospongie* de color gris y una especie de camarón *Penaeus*. Estas especies recubren el 70 % del bloque. Los *Balanus* se encuentran divididos en dos grupos ubicados en las esquinas de un mismo lado siguiendo el mismo patrón de ubicación de los bloques en las anteriores zonas. Se encontraron algas en los bordes del bloque en poca cantidad, la esponja tiene mayor tamaño a 4 cm de largo. Al romper el bloque y observar su interior se encontraron individuos de poliquetos y cangrejos refugiados en su interior.
- Tipo 4 (sorogá): Se encontró en esta tipo de madera las siguientes especies; *Balanus*, *Euripanopeus spp*, alga *Chaetomorpha*, poliquetos *Nereididae spp*, *Martesia striata*, esponja de color gris de la clase *Demospongie* y una especie de camarón del género *Penaeus*. Al igual que en el muelle turístico de Buenaventura y en el muelle de Juanchaco, este tipo de madera presentó el menor desgaste en comparación con los otros tipos de madera. Las algas se encontraron recubriendo una parte del bloque cercana al lugar en donde se encontraban los *Balanus*. Las especies se encuentran la mayoría ubicada hacia un lado del bloque. En su interior se encontraron los individuos de poliquetos, las conchas de *Martesia striata* y cangrejos pequeños.

Profundidad dos (4 m): la madera presentó las siguientes especies y características:

- Tipo 1 (caimito): este tipo de especie presentó menor desgaste y en ella se encontraron las siguientes especies: algunos grupos de *Balanus*, en su interior algunos poliquetos, una especie de bivalvo *Barnea*, y algas del género *Chaetomorpha* y una especie de camarón *Penaeus*.

- Tipo 2: (otobo): se encontraron algunos grupos de *Balanus*, algas del género *Chaetomorpha*, bivalvos del género *Isognomon*, poliquetos en el interior de la familia *Nereididae spp* y camarones del género *Penaeus*.
- Tipo 3 (sajo): en la segunda profundidad de esta especie de madera, presentó algunos grupos de *Balanus* junto con algas verdes del género *Chaetomorpha* y unos poliquetos de la misma familia ya anteriormente mencionada.
- Tipo 4 (sorogá): este tipo de madera solo presentó un género de individuos que se encontró distribuida en grupos; *Balanus*.

Cemento

En la zona de Juanchaco se encontraron un total de 4 especies siendo éstas; un grupo de *Balanus*, un cangrejo *Petrolisthes edwardsii*, algas del género *Chaetomorpha* y una esponja de color gris de la clase *Demospongie*. La mayoría de ellas distribuidas de forma similar en los bloques.

Profundidad uno (2 m)

- Tipo 1: se encuentran cuatro especies entre ellas los *Balanus* que presentan un crecimiento intermedio comparado con las otras zonas y ubicados de manera cercana a la esquina del bloque. Se encuentran algunas algas del género *Chaetomorpha*, éstas generalmente ubicadas hacia un lado del bloque. En el lado cercano al orificio central se encontró la esponja de color gris de 2 cm de largo de la clase *Demospongie*. Se observan cangrejos de tamaño pequeño de alrededor de 0.5 cm de ancho *Petrolisthes edwardsii*.
- Tipo 2: se observa más desgastado en uno de sus costados en donde hay un número escaso de individuos. Se encuentra una esponja de color gris de 4.5 cm de largo y 2 cm de ancho que es la de mayor tamaño de la clase *Demospongie*. Se halla una colonia de *Balanus* de tamaño pequeño ubicada cercana al centro del bloque y con pocos individuos. Se toman muestras abundantes de algas del género *Chaetomorpha*.

- Tipo 3: se observa una esponja de tamaño pequeño (1.5 cm) ubicada entre las algas y la colonia de *Balanus*. Las algas del género *Chaetomorpha* se encuentran en el lado opuesto del desgaste del bloque, cercanas a las esquinas y un poco esparcidas en este lado. Los *Balanus* se encuentran direccionados de una esquina hacia el centro del bloque. Se encuentran cangrejos en el orificio central *Petrolisthes edwardsii*.
- Tipo 4: se halla una colonia de *Balanus* de $\frac{1}{4}$ del tamaño del bloque y ubicadas del centro hacia una de las esquinas. Se encuentran cangrejos pequeños en la superficie cercanos a los *Balanus* o refugiados en el orificio central. Se encuentra una esponja de 2 cm de largo y 1 cm de ancho de color gris con un tono naranja en el centro de la clase *Demospongie*. Se encuentran algas de color verde del género *Chaetomorpha*.

Profundidad 2 (4 m) se encontraron las siguientes especies: *Balanus*, algas del género *Chaetomorpha* y esponjas de color gris de la clase *Demospongie*.

- Tipo 1: este es el bloque que menor cantidad de especies presento y solo se encontró un grupo de *Balanus*.
- Tipo 2: en este tipo de bloque de cemento se encontraron dos especies; un grupo de algas del género *Chaetomorpha* y grupos de *Balanus*.
- Tipo 3: en el bloque tipo 3 se encontraron grupos de la especie *Balanus* y algas del género *Chaetomorpha*.
- Tipo 4: se encontraron esponjas de color gris de la clase *Demospongie*, algas del género *Chaetomorpha* y grupos de *Balanus*.

Este análisis esta basado en un conteo total de especies e individuos por zonas en cada muestreo de las dos profundidades donde el patrón de ubicación y presencia de las especies era muy similar siendo entonces descripciones generales como recopilación del proceso durante las seis salidas de campo y recolección de muestras.

7.4 Índice De Shannon

Se realizó la comparación de los índices de Shannon de acuerdo a los datos de individuos y especies recolectados y presentan en la tabla 2.

Muelle turístico	H= 0,67861676
Bocana	H= 0,45785553
Juanchaco	H= 0,37307314

Tabla 2. Resultados del índice de Shannon – weiner para las tres zonas.

7.5 Análisis estadístico de los bloques de madera por zonas

Se realizó un análisis estadístico de varianza con cuatro tratamientos a dos profundidades utilizando los datos de las especies recolectadas en las seis salidas de campo. Cada dato se identificó con las letras en mayúsculas M1P1, M1P2, M2P2, y así sucesivamente hasta completar ocho datos de cuatro tipos de maderas cada una a dos profundidades siendo M1, madera 1 (caimito), M2 madera 2 (otobo), M3 madera 3(sajo), M4 madera 4 (sorogá), P1 profundidad 1 y P2 profundidad 2. También se realizó un análisis de medias para comparar los bloques de maderas y observar estadísticamente las diferencias.

MUELLE TURÍSTICO

Este análisis arroja que hay diferencia significativa entre los datos tomados en los muestreos según el valor de α , donde su valor es mayor a 0.05, se acepta la hipótesis nula y valores menores a 0.05 se acepta la hipótesis alternativa.

Fuente	DF	SS	MS	F	P
Entre Grupos	7	130.813	18.6875	5.41	0.0002
Los Grupos	40	138.167	3.45417		
Total	47	268.979			

Tabla 3. Análisis de varianza de los bloques de madera en la zona de Muelle turístico

Se observa la diferencia entre dos grupos en los cuales hay mayor homogeneidad entre los bloques M 2 y 3 de la profundidad 1. En el segundo grupo se encuentran los bloques M 1, 2, y

3 de la profundidad 2 junto con el bloque 4 de la profundidad 1. Separado de todos se encuentra el bloque M4 de la profundidad dos con el menor valor de media.

VARIABLE	MEDIA	GRUPOS HOMOGENEOS
M2P1	35.167	I
M3P1	34.333	I
M4P1	30.250	II
M2P2	27.500	II
M1P2	22.750	II
M3P2	20.500	II
M1P1	19.500	II
M4P2	6.0000	I

Tabla 4. Comparación de medias de los bloques de madera en la zona del Muelle turístico

BOCANA

El análisis arroja que hay diferencia significativa entre los datos tomados en los muestreos según el valor de α , el cual sugiere aceptar la hipótesis nula si su valor es mayor a 0.05, si es menor aceptar la hipótesis alternativa.

Fuente	DF	SS	MS	F	P
Entre Grupos	7	4837.33	691.048	6.58	0.0000
Con Los Grupos	40	4203.17	105.079		
Total	47	9040.50			

Tabla 5. Análisis de varianza de los bloques de madera en la zona de la Bocana

Se observan diferenciados dos grupos en donde el más grande muestra la homogeneidad de los datos de las maderas 1, 2 y 4 de la profundidad 1 y su cercanía con la madera 2 de la profundidad 2. Las maderas 2 de la profundidad 1 y, la madera 3 de la profundidad 2 muestran cercanía. La madera 4 de la profundidad 2 se observa sola al tener el menor valor de media.

VARIABLE	MEDIA	GRUPOS HOMOGENEOS
M2P1	38.500	I
M3P2	34.167	I
M3P1	26.833	II
M1P2	26.667	II
M4P1	26.667	II
M1P1	23.667	II
M2P2	15.500	II
M4P2	4.0000	I

Tabla 6. Comparación de medias de los bloques de madera en la zona de la Bocana

JUANCHACO

Hay diferencia significativa entre los datos tomados en los muestreos según el valor de α , donde si su valor es mayor a 0.05 se acepta la hipótesis nula y valores menores a 0.05 se acepta la hipótesis alternativa

Fuente	DF	SS	MS	F	P
Entre Grupos	7	4076.33	582.333	4.86	0.0005
Con Los Grupos	40	4796.17	119.904		
Total	47	8872.50			

Tabla 7. Análisis de varianza de los bloques de madera en la zona de Juanchaco

Se observan diferenciados dos grupos en donde el más grande muestra la homogeneidad de los datos de las maderas 1, 2, 3 y 4 de la profundidad 2 y su cercanía con la madera 1 de la profundidad 1. Las maderas 2 de la profundidad 1 y, la madera 3 de la profundidad 1 muestran cercanía. La madera 4 de la profundidad 2 se observa sola al tener el menor valor de media.

VARIABLE	MEDIA	GRUPOS HOMOGENEOS
M2P1	37.000	I
M3P1	34.750	I
M4P1	28.250	II
M2P2	26.917	II
M1P2	24.833	II
M1P1	22.500	II
M3P2	14.250	II
M4P2	7.5000	I

Tabla 8. Comparación de medias de los bloques de madera en la zona de Juanchaco

7.6 Análisis estadístico de los bloques de cemento

Se realizó un análisis estadístico de varianza con cuatro tratamientos a dos profundidades utilizando los datos de las especies recolectadas en las seis salidas de campo. Cada dato se identificó con las letras en mayúsculas C1P1, C1P2, C2P2, y así sucesivamente hasta completar ocho datos de cuatro tipos de maderas cada una a dos profundidades siendo C1, cemento1 (1/3 pH1), C2 cemento (1/3m pH2) 2, C3 cemento 3 (1/4 pH1), C4 cemento 4 (1/4 pH2), P1 profundidad 1 y P2 profundidad 2. También se realizó un análisis de medias para comparar los bloques de cemento y observar estadísticamente las diferencias.

MUELLE TURÍSTICO

Hay diferencia significativa entre los datos tomados en los muestreos según el valor de α , donde si su valor es mayor a 0.05 se acepta la hipótesis nula y valores menores a 0.05 se acepta la hipótesis alternativa

Fuente	DF	SS	MS	F	P
Entre Grupos	7	2849.58	407.083	2.90	0.0151
Con Los Grupos	40	5622.42	140.560		
Total	47	8472.00			

Tabla 9. Análisis de varianza de los bloques de cemento en la zona del Muelle turístico

Se observan diferenciados un grupo en donde la muestra homogénea de los datos de las bloques de cementos 1, 2 y 3 de la profundidad 1 y su cercanía con los bloques 2, 3 y 4 de la profundidad 2. El bloque 4 de la profundidad 1 muestra la mayor media. El bloque 1 de la profundidad 2 se observa solo al tener el menor valor de media.

VARIABLE	MEDIA	GRUPOS HOMOGENEOS
C4P1	35.000	I
C1P1	30.750	II
C3P2	29.083	II
C4P2	27.167	II
C2P1	24.500	II
C3P1	23.500	II
C2P2	17.000	II
C1P2	9.0000	I

Tabla 10. Comparación de medias de los bloques de cemento en la zona del muelle turístico.

BOCANA

Este análisis arroja que hay diferencia significativa entre los datos tomados en los muestreos según el valor de α , donde si su valor es mayor a 0.05, para el cual se acepta la hipótesis nula y valores menores a 0.05 se acepta la hipótesis alternativa.

Fuente	DF	SS	MS	F	P
Entre Grupos	7	2833.92	404.845	2.92	0.0145
Con Los Grupos	40	5548.58	138.715		
Total	47	8382.50			

Tabla 11. Análisis de varianza de los bloques de cemento en la zona de la Bocana

Se observa la homogeneidad de todos los bloques al no representar ningún grupo y tener valores de media más cercanos.

VARIABLE	MEDIA	GRUPOS HOMOGENEOS
C4P1	33.167	I
C4P1	31.917	I
C3P1	31.333	I
C1P1	25.583	I
C3P2	24.333	I
C4P2	24.333	I
C2P2	15.333	I
C1P2	10.000	I

Tabla 12. Comparación de medias de los bloques de cemento en la zona de la Bocana

JUANCHACO

El análisis demuestra una diferencia significativa entre los datos tomados en los muestreos según el valor de α , donde si su valor es mayor a 0.05 se acepta la hipótesis nula y valores menores a 0.05 se acepta la hipótesis alternativa

Fuente	DF	SS	MS	F	P
Entre Grupos	7	2364.00	337.714	2.32	0.0441
Con Los Grupos	40	5832.00	145.800		
Total	47	8196.00			

Tabla 13. Análisis de varianza de los bloques de cemento en la zona de Juanchaco

Se observa la homogeneidad de todos los bloques al no representar ningún grupo y tener valores de media más cercanos.

VARIABLE	MEDIA	GRUPOS HOMOGENEOS
C4P1	34.000	I
C2P1	33.000	I
C3P1	27.000	I
C1P1	25.000	I
C4P2	23.000	I
C2P2	22.000	I
C3P2	22.000	I
C1P2	10.000	I

Tabla 14. Comparación de medias de los bloques de cemento en la zona de Juanchaco

7.7 Análisis estadístico por profundidad y material.

Se realizó un análisis estadístico en el cual se pretende demostrar las diferencias significativas de la profundidad en los bloques de madera y cemento en las tres zonas.

MADERA PROFUNDIDAD 1

Hay diferencia significativa entre los datos tomados en los muestreos según el valor de α , donde si su valor es mayor a 0.05 se acepta la hipótesis nula y valores menores a 0.05 se acepta la hipótesis alternativa

Fuente	DF	SS	MS	F	P
Entre Grupos	11	7056.92	641.538	1.64	0.1116
Con Los Grupos	60	23523.1	392.051		
Total	71	30580.0			

Tabla 15. Análisis estadístico de la de la profundidad uno en las tres zonas.

MADERA PROFUNDIDAD 2.

Hay diferencia significativa entre los datos tomados en los muestreos según el valor de α , donde si su valor es mayor a 0.05 se acepta la hipótesis nula y valores menores a 0.05 se acepta la hipótesis alternativa

Fuente	DF	SS	MS	F	P
Entre Grupos	11	17090.8	1553.71	7.71	0.0000
Con Los Grupos	60	12085.7	201.428		
Total	71	29176.5			

Tabla 16. Análisis estadístico de la madera de la profundidad dos en las tres zonas.

CEMENTO PROFUNDIDAD 1

No hay diferencia significativa entre los datos tomados en los muestreos según el valor de α , donde si su valor es mayor a 0.05 se acepta la hipótesis nula y valores menores a 0.05 se acepta la hipótesis alternativa

Fuente	DF	SS	MS	F	P
Entre Grupos	12	3705.25	308.771	0.60	0.8347
Con Los Grupos	65	33472.3	514.958		
Total	77	37177.5			

Tabla 17. Análisis estadístico del cemento de la profundidad uno en las tres zonas

CEMENTO PROFUNDIDAD 2

Hay diferencia significativa entre los datos tomados en los muestreos según el valor de α , donde si su valor es mayor a 0.05 se acepta la hipótesis nula y valores menores a 0.05 se acepta la hipótesis alternativa

Fuente	DF	SS	MS	F	P
Entre Grupos	11	9705.58	882.326	3.36	0.0012
Con Los Grupos	60	15750.4	262.507		
Total	71	25456			

Tabla 18. Análisis estadístico del cemento de la profundidad dos en las tres zonas.

8. DISCUSIÓN

La evaluación se realizó con materiales de cemento como en el caso de Relini et al. (2007) que utilizaron concreto para la elaboración de arrecifes artificiales en forma piramidal a 17 y 25 metros de profundidad, obteniendo una eficiente asociación de algas al material asemejando en tasas de algas e invertebrados a las áreas naturales. En la recolección de datos encontraron algas rodofitas, clorofitas, bacilariofitas, cianofitas y feofita y algunas esponjas; coincidiendo en ser los primeros organismos en colonizar los arrecifes artificiales. Las especies centrales de éste proyecto se basaron en los peces y la agregación o productividad que generarían los arrecifes en el lugar aumentando la riqueza y la biomasa de la zona. Se concluyo que los bloques deberían durar más de 50 años, ser resistentes a los daños y la actividad del medio y tener la suficiente superficie para albergar a organismos sésiles y algas que son el principal eslabón de la cadena alimenticia.

En éste proyecto se encontraron desde las primeras salidas algas clorofitas y rodofitas que se mantuvieron a lo largo del estudio y se encontró que fueron la base de la aparición de más organismos como los cangrejos y las esponjas. De igual manera se utilizó madera por ser el principal desecho que se presenta en las playas de las costas de esta región y por ser fácil de erosionar y colonizar.

Moura et al., (2007) en un proyecto donde se evaluó el efecto de la profundidad y las estructuras de arrecifes en las primeras comunidades de los arrecifes artificiales en Algarve (Portugal), donde se utilizaron estructuras de cemento de 15 cm³ que se encontraban inmersos en una estructura de mayor tamaño dándole complejidad a la estructura total y permitiendo aumentar su superficie y además facilitaba la revisión y recolección de especies. Se obtuvieron organismos no coloniales de decápodos, anfípodos, bivalvos, poliquetos, gasterópodos e isópodos. De los organismos coloniales se obtuvieron cirripedios, briozoos y poríferos. En el análisis estadístico que se realizó se observó que los organismos no coloniales obtuvieron mayor diversidad. Concluyeron que a mayor profundidad los organismos sésiles decrecen al igual que la intensidad de la luz en algunas especies influenciaba su crecimiento y éstas a su vez directa o indirectamente el crecimiento de otros organismos. La dominancia la obtuvieron los serpulidos, los vernaculares y los briozoos. La evaluación duró seis meses en los que se notó la ausencia de las macro algas. Los patrones de aparición o abundancia de

especies e individuos variaron de lugar a lugar obteniendo en algunas ocasiones resultados opuestos.

Al realizar el experimento y analizar las experiencias realizadas en otros lugares se concluye que se necesitan por lo menos siete años de investigación para afirmar el orden de crecimiento de los organismos y cómo se ven afectados por los múltiples factores estudiados como en este caso lo fueron los materiales y las profundidades.

De igual forma en Brasil en la región de Bahía grande, Ilha (Shimada et al, 2001) se evaluaron estructuras semi sumergidas con el fin de observar la productividad de especies de peces en la zona y así hallar posibles soluciones para la conservación de hábitats. Se realizó al igual que en este proyecto un análisis de Kruskal-Wallis, para evaluar la estructura mas compleja y calcular la abundancia de especies de peces en las diferentes estructuras y así observar la afinidad de las especies a las mismas y así obtuvieron que los serránidos al igual que otras especies son afines con estructuras mas complejas que brindan mayor protección a las especies y contienen un mayor número de presas para los depredadores. Estos arrecifes artificiales se realizaron con el objetivo de evaluar el aumento en la productividad del lugar y ayudar con la pesca artesanal más que como una opción de restauración del medio ambiente

8.1 Material más eficiente como potencial para la realización de arrecifes artificiales, aplicando el criterio productividad biológica.

En los experimentos realizados por Ramos (2002), Rousseau (2008), Grove et al. (2002) y Neves et al. (2010), quienes escogieron para la evaluación de éstos el concreto como el material más eficaz para la realización de arrecifes artificiales debido a su durabilidad, compatibilidad con el medio, estabilidad y su colocación. Los anteriores proyectos realizados no solo a profundidades diferentes si no también utilizando la extensión de las costas como su principal fuente de agregación. Puntos en común con la evaluación que se realizó en este proyecto.

La realización de los bloques en cuatro tipos de madera de especies diferentes y de cuatro tipos de cementos con concentraciones y pHs variados, muestra que en cuanto a la durabilidad

del material, el tiempo de vida del cemento podría ser mas prolongado que el de la madera, debido a que su proceso de descomposición es lento ya que el porcentaje de contenido orgánico es casi nulo y la erosión que sufre debido a su dureza y solidez es menor comparativamente con la madera cuyo material orgánico es del 100% y su sometimiento al medio acuático es un acelerador en su descomposición.

Al evaluar cada especie de madera encontramos que la mas duradera es la especie tipo 4: *Vochysia ferruginea* (Sorogá) que al retirarla del agua pasados los seis meses de evaluación mostraba en su interior fracciones de madera en un 35 % de su estructura casi intactas con el menor desgaste.

Al mismo tiempo la madera menos duradera fue la especie tipo 2: *Dialyanthera otoba* (Otobo) que al momento de la recolección presentó un avanzado estado de descomposición estando fraccionada en algunas partes y mostrando un alto nivel de fragilidad. En el caso de las especies tipo 1 *Pouteria caimito* (Caimito) y tipo 3 *Camptosperma panamensis* (Sajo) en el momento de la recolección aunque presentaban un avanzado estado de descomposición no fue tan acelerado como el de la madera de otobo, evidenciando de esta forma fisuras profundas en sus estructuras y una reducción muy notable de su superficie. Entre estas dos especies el Caimito fue el menos desgastado con al menos un 25% de su estructura en buen estado.

La resistencia y la afinidad de los materiales es discutible, pues para el caso de los bloques de madera la especie *Dialyanthera otoba* (Otobo) que fue la menos durable debido a su avanzada descomposición y desgaste, se encontró en ésta la mayor cantidad de especies e individuos para los tres lugares en relación del número de especies con los otros tres tipos de maderas, pero con cantidades de individuos diferentes. Esta madera evidenció más bioerosionada por las diferentes especies halladas que provocaron en la madera un debilitamiento, haciéndola fácil de fracturar y debido a sus fisuras un lugar de fácil acceso a otros individuos en su colonización.

Las maderas de tipo 1 y 3 mostraron un 15 y 25 % respectivamente de menor desgaste en sus estructuras sin presentar una relación cercana con el número de especies que se encontraron en ellas, ya que para el caso del muelle turístico de Buenaventura y de Juanchaco los números de especies de estos dos tipos de madera varía independientemente de su desgaste; es decir

aunque la madera de tipo 1 (caimito) estaba mas desgastada que la de tipo 4 (sorogá), esta última especie de madera poseía un mayor número de especies y de individuos a pesar de estar en mejor estado.

En el parámetro de afinidad entre los bloques de madera se puede afirmar que la especie de *Dialyanthera otoa* es más afín con las especies del medio obteniendo el mayor número de especies en las tres zonas y hallando en su estructura todas las especies de cada lugar. La especie menos afín es la *Pouteria caimito* siendo en las tres zonas el tipo de madera con menor cantidad de especies e individuos, aunque es uno de los tipos de madera con mayor resistencia al medio.

En un análisis estadístico de los datos de madera en la zona del Muelle turístico en la prueba f obtuvimos un $p=0.0002$ lo que sugiere aceptar la hipótesis alternativa que señala que hay una diferencia significativa entre los tipos de madera utilizados para realizar el experimento, al igual que en las zonas de Bocana y Juanchaco los cuales tienen valores de 0.0000 y 0.0005 respectivamente. (Tablas 9, 11 y 13)

Al observar el valor de las medias de esta zona se nota una diferencia entre ellas demostrando a M2P1 como la mayor de todas, demostrando que el otobo fue la madera con mayor diversidad de especies para la profundidad 1 y en la profundidad 2 (M2P2). Para la profundidad 1 la menor de las medias la obtuvo M1P1, mostrando una gran diferencia entre la mayor y la menor de las medias para esta profundidad. Para la profundidad 2 el menor de los valores lo obtuvo M4P2 siendo éste no solo el menor valor de ésta profundidad sino el menor valor de todos.

En la tabla 4 se observa más claramente la diferencia que existe entre la madera tipo 2 en la profundidad 1 con la madera tipo 4 de la profundidad 2 donde están ampliamente distanciados. Se evidencia una homogeneidad entre los datos de las maderas 1, 2 y 3 de la profundidad 2 y una cercanía con la madera 1 de la profundidad 1 que fue el menor de los valores para su profundidad demostrando ser la menos diversa. Las maderas 2, 3 y 4 muestran los mayores valores de medias demostrando ser los tipos de madera con mayor número de especies.

En tabla 5 se observa los datos de las medias de cada bloque de madera demostrando que M2P1 tiene el mayor número de especies siendo la mas diversa de la profundidad 1 y a M3P2 como la mas diversa de la profundidad 2, siendo para el caso de la profundidad 1 el otobo la madera mas productiva y para la profundidad 2 el sajo. El valor mas bajo fue presentado por M4P2, el menor de ambas profundidades. Al analizar los datos de los grupos con los datos de las medias se observa que las maderas 2 y 3 de la profundidad 1 y 2 respectivamente fueron las mas productivas al presentar el mayor número de especies y mostrando más diversidad. Se evidencia una gran diferencia de las maderas anteriores con los tipos de madera 2 y 4 de la profundidad 2 quienes mostraron los menores valores en sus medias, con menor número de especies e individuos. Se evidencia homogeneidad en los bloques 1, y 4 de la profundidad 1 y una cercanía con el bloque de madera tipo 1 de la profundidad 2 (tabla 6).

En Juanchaco al igual que en las dos zonas anteriores se muestra que M2P1 tiene el mayor valor de las medias y el menor de los valores lo obtuvo M4P2. Con datos se demuestra que la madera otobo fue la más productiva también para esta zona con el mayor de los valores significando mayor número de especies e individuos; mientras que para la profundidad 2 el sorogá fue la madera más ineficiente como en las anteriores zonas. En la tabla 8 que nos muestra la distribución de los grupos de acuerdo a los valores de las medias se observa que las maderas 2 y 3 de la profundidad 1 son las más eficientes con el mayor número de especies. Éstas se ven cercanas a la madera 4 de la profundidad 1 y muestra una homogeneidad en las maderas 1 de la profundidad 1 y las maderas 1 y 2 de la profundidad 2 significando que no hay mayor diferencia entre ellas. Se muestra una amplia diferencia con las maderas 3 y 4 de la profundidad 2 las cuales fueron las menos eficientes y contaron el menor número de especies.

Con respecto a los bloques de cemento el que mostró mayor durabilidad fue el tipo 4 que esta compuesto de 1/4 (Concentración de cemento) 60 gramos de cemento + 260 gramos de arena + 80 ml de agua + 10 ml de HCl (pH 4). Éste evidenció un menor desgaste ya que su estructura se encontraba en un 40% reducida pero no se hallaron muestras de fisuras ni se observo alguna parte del alambre de soporte por fuera de la estructura como si pasó con los bloques de cemento tipo 2 y 3. El cemento de tipo 1 que estaba compuesto de 1/3 (Concentración de cemento) 90 gramos de cemento + 230 gramos de arena + 70 ml de agua + 5 ml de HCl (pH 1) fue el segundo tipo mas duradero. Los bloques tipo 2 y 3 presentaron un

desgaste de al menos un 50% de sus estructuras que aunque no estaban fracturados en mayor proporción de su superficie, se hallaron bastante reducidos en la misma, evidenciando un menor grosor, en mayor frecuencia en los bloques de cementos tipo 3.

La afinidad para estos bloques fue variada ya que para dos de las tres zonas el más afín fue el tipo 4 mostrando un número mayor de especies e individuos, mientras que en la zona de Juanchaco en la profundidad 1 todos los bloques de cemento obtuvieron el mismo número de especies (4). Sin embargo mantuvo la cantidad de especies frente a los otros bloques del mismo tipo. En la profundidad 2 de la misma zona ocurre el mismo patrón siendo el cemento de tipo 4 el de mayor número de especies. Todo esto se puede observar en las tablas 10, 12 y 14 que muestran las medias para los grupos donde estos bloques tienen el mayor valor.

El análisis estadístico de los datos recolectados en el muelle turístico con este material demostró que para la zona, de acuerdo a la tabla 9 que muestra la prueba f para dicho material el valor de $p = 0.0151$, aceptando la hipótesis alternativa mostrando que hay diferencias significativas entre los bloques de cemento; de igual manera para las zonas de Bocana y Juanchaco donde los valores de p fueron iguales a 0.0145 y 0.0441 respectivamente. Siendo Juanchaco la de menor diferencia.

Para la profundidad 1 se mostro que C4P1 fue el bloque más eficiente seguido por C1P1 y se evidencia poca diferencia entre ambos. Para la profundidad 2 el bloque menos eficiente fue C1P2 que evidenció la carencia de especies y menor eficiencia.

En la tabla 10 que nos muestra los grupos de acuerdo a sus medias y la homogeneidad de los mismos nos encontramos con que hay una gran diferencia entre los bloques 4 y 1 de la profundidad 1 con los bloques 2 y 1 de la profundidad 2, los cuales cuentan con el menor valor en la media. Se evidencia homogeneidad en los datos de los bloques de cementos 2 y 3 de la profundidad 1 y, 3 y 4 de la profundidad 2 demostrando que no hay diferencias significativas en su eficiencia.

En la zona de la bocana se muestra que cada bloque de cemento de acuerdo a su profundidad reveló un valor diferente, mostrando solo a los bloques C4P1 y C2P1 como los de mayor media con mayor número de especies; mientras que el bloque con menor valor en la media en ésta zona al igual que en las demás fue C1P2, siendo el menos eficiente. En la tabla 12 que muestra la distribución de los grupos se observa una diferenciación de todos, siendo los datos

homogéneos pero organizando en orden descendente los datos de las medias ubicando a los bloques C2P1 y C4P1 como los de mayor eficiencia.

En Juanchaco los datos sobre la media muestran a C4P1 como el más eficiente de los bloques seguido de C2P1, siendo los bloques de mayor número de especies. El bloque que menor eficiencia presentó fue C1P2 como en los casos de las zonas anteriores. En la tabla 14 que muestra los grupos de acuerdo a los valores de las medias, se observa una homogeneidad y cercanía en los valores de las medias de algunos bloques.

El bloque de cemento de menor afinidad fue el de tipo 1 de la profundidad 2 que debido a una ligera disminución en especies en la zona del muelle turístico de Buenaventura. Este tipo de bloque a pesar de mantener un número de especies casi estándar en los tres lugares sería el de menor afinidad ya que los otros tipos poseen números mayores o similares de especies entre sí. Los bloques de cemento de mayor afinidad fueron los tipo 4, 2 y 1 de la profundidad 1, al presentar las mayores medias variando de lugar a lugar.

8.2 Profundidad

En la evaluación de los dos tipos de profundidad se encontró que a mayor profundidad el número de especies e individuos disminuye por la disminución de luz que a su vez disminuye la disponibilidad de fitoplancton que es el principal alimento de animales filtradores. Además de esto debido a los cambios de marea que tienen un amplio rango de diferencia empezando de 0.20 m a 3.2 m, sumados los factores ambientales como la turbidez de la zona de la Bocana que entre los cambios de marea puede aumentar; la contaminación por gasolina en el muelle de Buenaventura y de Juanchaco, sumando a la cercanía o lejanía de desembocaduras de ríos que alteran la salinidad y turbidez de los lugares. Todo esto causa una alteración en la presencia o cantidad de individuos y especies que se encontraron en los tres lugares. De acuerdo a los datos obtenidos y reflejados en las tablas de cada zona con respecto a los bloques de madera y cemento se puede asumir que la profundidad más eficiente es la 1 mostrando una diferencia significativa entre las medias de los datos de la profundidad uno y dos.

8.3 Zonas

Respecto al análisis de la zona mas eficiente en cuanto al número de especies encontradas durante el experimento, se halló que no hay diferencias en este el tipo de zonas ya que el menor número lo presento la zona de Juanchaco con tan solo tres especies menos (7) y en las zonas del muelle turístico de Buenaventura y la Bocana no gran diferencia pues poseen el mismo número de especies (10) aunque no las mismas.

Las diferencias presentadas en cuanto a éste parámetro de evaluación son pocos números de individuos y de especies entre bloques de un mismo tipo que varían de lugar a lugar, dando muestra de que no representa diferencia en los lugares escogidos para la evaluación.

De acuerdo al índice de Shannon – weiner nos dice que la zona más diversa es Muelle turístico de Buenaventura con 0.67861676 seguido de Bocana con 0.45785553 y Juanchaco con 0.37307314, siendo ésta la menos diversa de las tres.

9. CONCLUSIÓN

- ✓ En el estudio se evidenció que la madera es mejor material que el cemento en productividad ya que se encontraron mayor número de especies en sus estructuras que en los bloques de cementos que al ser totalmente sólidos permiten menor bioerosión y reducen la colonización por parte de especies como los bivalvos o los poliquetos que necesitan de un refugio en el interior de su hábitat.
- ✓ Durante el tiempo de exposición de los materiales y las continuas visitas y revisiones en los lugares, se concluyó que el cemento tiene mejor resistencia y durabilidad que la madera ya que no se descompone orgánicamente, es mas resistente a los golpes o la agresividad que puedan presentar los diferentes medios en cuanto a los constantes cambios que pueden ocurrir en el agua como la variación en salinidad y turbidez que afectan la descomposición en la madera y la colonización de las especies que erosionan las mismas.
- ✓ En los bloques de madera se evidenció un fuerte desgaste. La especie *Dialyanthera otoba* (Otobo) es mejor en productividad ya que en ella se encontraron el mayor número de especies para las tres zonas; al revisar su interior se podía observar que tanto poliquetos como bivalvos, cangrejos y camarones encontraban un hábitat ideal. La madera mas resistente pero no la menos productiva fue *Vochysia ferruginea* (sorogá) que al observar su interior mostraba fibras intactas demostrando una mejor durabilidad, sin embargo resulta ser la madera con menor número de individuos de bivalvos, y poliquetos que son los erosionadores mas frecuentes en madera, demostrando que es una especie un poco mas difícil de colonizar.
- ✓ Al evaluar las profundidades trabajadas y como se había mencionado antes los materiales mas eficaces fueron los encontrados en la profundidad 1, donde hay mayor número de especies e individuos debido al mejor aprovechamiento de la luz por las especies autótrofas que dependen de luz solar y que son la base de la cadena alimenticia; aunque éstas también se vieron afectadas por las variantes del mar como

la gasolina que llega en esos lugares, el aumento o disminución en la turbidez y el cambio en la salinidad.

- ✓ Se observó que no hay diferencia entre los tres lugares en cuanto a la productividad de las tres zonas en la profundidad 1. En la profundidad 2 el número de especies e individuos varió de lugar a lugar.
- ✓ El proyecto contaba con dos tipos de pH el número 1 de 5 ml de HCl y el segundo con 10 ml de HCl. Para este caso el pH que mas afinidad demostró con las especies vegetales y animales fue el pH 2 en todas las zonas y para ambas profundidades.
- ✓ En la evaluación de concentraciones del cemento se trabajó con una variación en las cantidades de cemento y arena siendo las concentraciones 1/3 (90 gramos de cemento + 230 gramos de arena + 70 ml de agua) y 1/4 (60 gramos de cemento +260 gramos de arena + 80 ml de agua) que aumentaban o disminuían la porosidad de los bloques de cemento, resultando la concentración 2 (1 /4) la que mayor número de especies obtuvo en las zonas de la Bocana y el muelle turístico de Buenaventura y con una ligera variación en Juanchaco.
- ✓ Se concluye que el cemento tipo 4 de concentración 2 y pH 2 (1/4= 60 gramos de cemento +260 gramos de arena + 80 ml de agua + 10 ml de HCl) fue el de mejor afinidad a las especies presentes en cada zona mostrando en cada repetición el mismo patrón para el número de especies.
- ✓ En la recolección de especies finales en las tres zonas se encontró abundante material. Debido al número de especies y al tamaño de las colonias o la cantidad proporcional de individuos se concluye que las zonas de mayor eficacia son la Bocana y el muelle turístico de Buenaventura que presentaron los mayores números de especies y mayores cantidades.
- ✓ La diferencia en el tipo de especies de madera no representa ningún patrón de distribución ni de ligadura a la presencia o ausencia de especies al igual que los tipos

de cemento no se diferenciaron en la distribución o ubicación de las especies en las superficies. En el análisis se observan diferencias significativas entre las maderas de las tres zonas sin embargo hay datos homogéneos en los que algunos tipos de madera no se diferencian en productividad.

- ✓ Se podría realizar una combinación de materiales para los arrecifes, el cemento como material estructural y la madera como materia de producción primaria de tal forma que funcione como un catalizador en la productividad primaria para el arrecife. De igual forma utilizar formas más complejas que brinden mayor protección a las especies del medio o de otras especies.

10. BIBLIOGRAFÍA

- CASQUETE, J., POSSO, M., 1998. Estudio hidrodinámico de la bahía de buenaventura, trabajo de grado, Cali- Colombia universidad del valle, facultad de ingeniería p. 122
- DELGADILLO, O, GARCÍA, C, 2009. Impacto de dos arrecifes artificiales en la pesca artesanal diurna del Golfo de Morrosquillo, Caribe de Colombia, Rev. Biol. Trop. Vol. 57(4), p. 993-1007.
- E. E. U. U., MASSACHUSETTS MARINE ARTIFICIAL REEF PLAN, MASSACHUSETTS DIVISION OF MARINE FISHERIES, ROUSSEAU, M. A., 2008. Department of Fish and Game Executive Office of Energy and Environmental Affairs Commonwealth of Massachusetts, p. 69.
- FISCHER, W., KRUPP, F., SCHNEIDER, W., SOMMER, C., CARPENTER, K. E., NIEM, V. H. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Vol. 1, p. 646.
- GOODSSELL, P. J., CHAPMAN, M. G., 2009. Rehabilitation of habitat and the value of artificial reefs. *Marine hard bottom communities*, p. 333 – 345.
- GROVE, R., SCHROETER, S., REED, D., ANDERSON, T. Update on the San Clemente artificial reef program, 2002. Environmental Affairs, Southern California Edison; Marine Science institute.
- KAISER, M. J., 2006. The Louisiana artificial reef program, science direct, p. 605-623.
- LAN, C. –H., HSUI C. –Y .2005. The deployment of artificial reef ecosystem: modelling, simulation and application, science direct, p. 663 - 675.
- LUKENS, R. R., SELBERG, C., 2004. Guidelines for marine artificial reef materials, Second Edition, No. 121.
- MARTINEZ, A., 1995. Proyecto de arrecifes artificiales, p.39 – 53.
- MOURA, A., BOAVENTURA, D., CÚRDIA, J., CARVALHO, J. et al., 2007. Effect of depth and reef structure on early macrobenthic communities of the Algarve artificial reefs (southernPortugal), hydrobiología, p. 173 – 180.

- NEVES DOS SANTOS, L., SHIMADA BROTTTO, D., ROSENTAL ZALMON, I., 2010. Fish responses to increasing distance from artificial reefs on the Southeastern Brazilian Coast, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, p. 54–60.
- NEVES SANTOS, M., COSTA MONTEIRO, C., 2007. A fourteen-year overview of the fish assemblages and yield of the two oldest Algarve artificial reefs (southern Portugal), *hydrobiologia*, p. 580: 225–231.
- PEÑA- SALAMANCA, E. 2008. Dinámica especial y temporal de la biomasa algal asociada a las raíces de mangle en la bahía de Buenaventura, costa pacífica de Colombia, *biol. Invest. Cost.* 37 (2), p. 55-70.
- PÉREZ DEL TORO, R., 2001. Arrecifes artificiales “una nueva forma de conservación de ecosistemas marinos”. *Diálogos*, México, p. 57.
- PICKERING, H., WITHMARSH, D., JENSEN, A., 1998. Artificial reefs as a tool to aid rehabilitation of coastal ecosystems: investigating the potential. *Reef Design and materials Workshop*, Southampton, p. 16.
- PORRAZ, M., RAGALADO, N., 2000. Generación de hábitats marinos utilizando tecnologías sostenibles y materiales del mar, *academia de ciencias de México*, p. 10.
- RAMOS, A., 2002. Arrecifes artificiales como medidas de restauración de hábitats marinos costeros, *ecosistemas; revista de divulgación científica y técnica de ecología y medio ambiente*, p. 8.
- RELINI, G., RELINI, M., PALANDRI, G., MERELLO, S., BECCORNIA, E., 2007. History, ecology and trends for artificial reefs of the Ligurian Sea, Italy, *hydrobiología*, p. 580:193–217.
- SANTANDER, L., BACAB, J., PÉREZ, M., 2005. Turismo: buceo y conservación, *teoría y praxis*, México, p. 81 – 85.
- SEAMAN, W. 2007. Artificial habitats and the restoration of degraded marine ecosystems and fisheries, *hydrobiología*, p. 143.
- SHIMADA, D. B., GERSON, F. A. 2001. Habitat Selection by Fish in an Artificial Reef in Ilha Grande Bay, Brazil. *Brazilian archives of biology and technology an international journal*. P. 319 - 324.
- SHIRLAL, K. G., RAO, S., GANESH, V. y R. B., 2008. Reef—an ecofriendly and cost effective hard option for coastal conservation, p. 173 – 180.

- TEJADA, C., CASTRO, L., NAVARRETE, A, et al. 2003. Panorama de la Contaminación Marina del Pacífico Colombiano. Centro Control Contaminación del Pacífico Colombiano. Ed. DIMAR. Serie Publicaciones Especiales Vol. 3, San Andrés de Tumaco, p. 120.
- VERNON MINTON, R., 2002. Journal of the Alabama academy of science, Alabama artificial reef program, No 4. Vol. 73, p. 203-205.
- VICENTE, M., FALCÃO, M., SANTOS, M.N. et al., 2008. Environmental assessment of two artificial reef systems off southern Portugal (Faro and Olhão): A question of location, Science direct, p. 839–847.

11. ANEXO 1 (TABLAS)

ZONA 1 MUELLE TURÍSTICO				
ESPECIES	n	pi	log2pi	pilog2pi
BALANUS	269	0,09488536	- 1,02280078	- 0,09704882
EURIPANOPEUS SPP	17	0,00599647	- 2,22210414	- 0,01332479
CHAETOMORPHA	1110	0,39153439	- 0,40723008	- 0,15944458
NEREIDIDAE SPP	24	0,00846561	- 2,07234182	- 0,01754363
PENAEUS	9	0,0031746	- 2,49831055	- 0,00793114
MARTESIA STRIATA	37	0,01305115	- 1,88435134	- 0,02459295
DEMOSPONGIE GRIS	23	0,00811287	- 2,09082523	- -0,0169626
BANGIA	403	0,14215168	- 0,84724802	- 0,12043773
HYPNEA	855	0,3015873	- 0,52058695	- 0,15700241
PETROLISTHES EDWARDSII	18	0,00634921	- 2,19728056	- 0,01395099
BARNEA	10	0,00352734	- 2,45255306	- 0,00865098
ISOGNOMON	34	0,01199295	- 1,92107415	- 0,02303934
DEMOSPONGIE CAFÉ	26	0,00917108	- 2,03757972	- -0,0186868
TOTAL	2835	1		- 0,67861676
H=	0,67861676			

Tabla 1. Índice de Shannon – weiner de la zona del muelle turístico.

ZONA 2 BOCANA				
ESPECIES	ni	pi	log₂pi	pilog₂pi
EURIPANOPEUS SPP	10	0,00367918	-2,43424945	- 0,00895603
PETROLISTHES EDWARDSII	11	0,00404709	-2,39285677	- 0,00968411
BALANUS	198	0,07284768	-1,13758426	- 0,08287038
HYPNEA	1757	0,6464312	-0,18947769	- 0,12248429
NEREIDIDAE SPP.	25	0,00919794	-2,03630944	- 0,01872985
MARTESIA STRIATA	48	0,01766004	-1,75300822	-0,0309582
DEMOSPONGIE GRIS	17	0,0062546	-2,20380053	- 0,01378389
DEMOSPONGIE CAFÉ	10	0,00367918	-2,43424945	- 0,00895603
ISOGNOMON	4	0,00147167	-2,83218946	- 0,00416805
CHAETOMORPHA	626	0,23031641	-0,63767512	- 0,14686704
BARNEA	12	0,00441501	-2,35506821	- 0,01039765
BANGIA	621	0,22847682	-0,64115785	- 0,14648971
PENAEUS	9	0,00331126	-2,48000694	- 0,00821194
TOTAL	2718	1		- 0,45785553
H=	0,45785553			

Tabla 2. Índice de Shannon – weiner para la zona de la Bocana.

ZONA 3 JUANCHACO				
ESPECIES	ni	pi	log ₂ pi	pilog ₂ pi
BALANUS	326	0,15494297	- 0,80982814	- 0,12547717
EURIPANOPEUS SPP	36	0,01711027	- 1,76674323	- 0,03022945
CHAETOMORPHA	1586	0,75380228	- 0,12274255	- 0,09252362
NEREIDIDAE SPP	31	0,01473384	- 1,83168404	- 0,02698774
MARTESIA STRIATA	72	0,03422053	- 1,46571324	- 0,05015749
DEMOSPONGIE	31	0,01473384	- 1,83168404	- 0,02698774
PENAEUS	22	0,01045627	- 1,98062305	- 0,02070994
TOTAL	2104	1		- 0,37307314
H=	0,37307314			

Tabla 3. Índice de Shannon – weiner para la zona de Juanchaco.

11. ANEXO 2 (IMÁGENES)

1. Fotografías de algas de los géneros *Chaetomorpha*, *Bangia* e *Hypnea*.



Chaetomorpha



Bangia



Hypnea

2. Fotografías del bivalvo *Martesia striata*.



3. Fotografías de poliqueto de la familia *Nereididae* spp.



4. Fotografías del cangrejo *Euripanopeus spp*



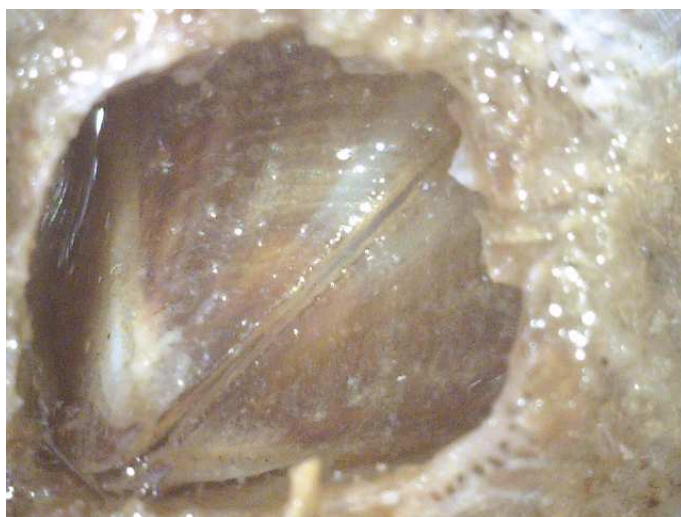
5. Fotografías del cangrejo *Petrolisthes edwardsii*



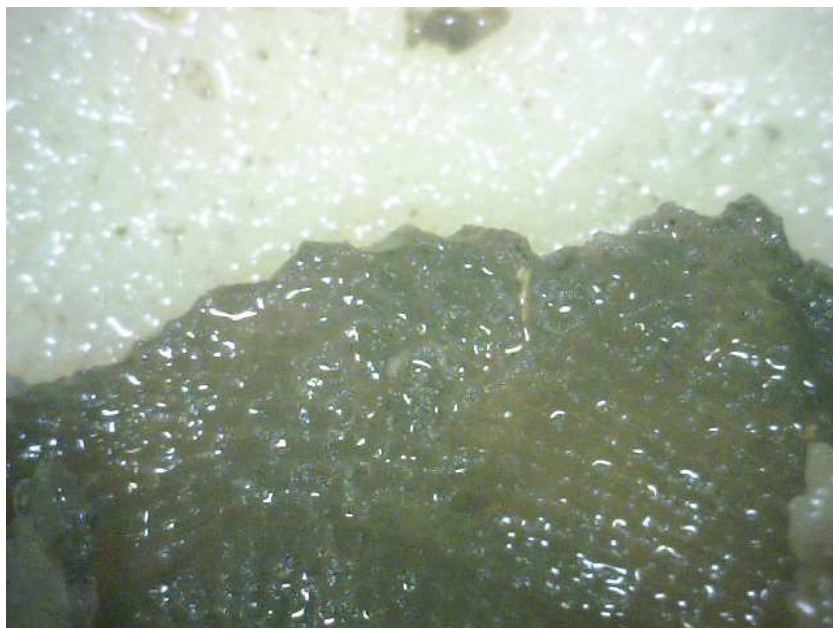
6. Fotografías del camarón del género *Penaeus*



7. Fotografías del balano del género *Balanus*



8. Fotografías de la esponja de la clase *Demospongie* 1 (Gris)



9. Fotografías de la esponja de la clase *Demospongie* 2 (café)



10. Fotografías del bivalvo del género *Barnea*



11. Fotografías del bivalvo del género *Isognomon*



12. Fotografías de las especies de madera caimito, otobo, sajo y sorogá.



Caimito (*Pouteria caimito*)



Otobo (*Dialyanthera otoba*)



Sajo (*Camptosperma panamense*)



Sorogá (*Vochysia ferruginea*)

13. Fotografías de los bloques al terminar la evaluación.



Madera



Cemento