

Instituto Nacional de Ecología

Libros INE

CLASIFICACION

AE 551.4241 E365

LIBRO

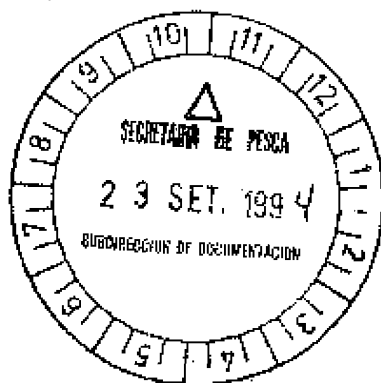
Arrecife Artificial de la Costa cerca
de Manzanillo, Colima México

TOMO



AE 551.4241 E365

ARRECIFE ARTIFICIAL DE COLIMA
EVALUACION PARA SU UBICACION
UN SUPLEMENTO



SECRETARIA DE PESCA
CENTRO DE DOCUMENTACION Y BIBLIOTECA
FECHA DE RECEPCION _____
No. DE CONTROL <u>718 - 24/26</u>

Noviembre de 1993

SEMARNAP
CENTRO DE INFORMACION Y DOCUMENTACION

Preparado para:

CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACION
PESQUERA-MANZANILLO
Apartado Postal 591
Código Postal 28200
Manzanillo, Colima, México
Centro Nacional de
Investigación Pesquera Manzanillo



ecology and environment, inc.

BUFFALO CORPORATE CENTER
368 PLEASANTVIEW DRIVE, LANCASTER, NEW YORK 14086, TEL. 716/684-8060
International Specialists in the Environment

INTRODUCCION

Después de examinar el informe final de abril de 1993 sobre los arrecifes artificiales en la región de la Bahía de Manzanillo, el personal de la Secretaría de Pesca solicitó de Ecology and Environment, Inc. (E & E) que se agregaran tres temas de interés. Estos incluyen modelaje matemático, diseño de arrecifes y alimentación suplementaria. Los ingenieros de la Secretaría de Pesca también solicitaron sugerencias para una conferencia futura sobre arrecifes artificiales en el ambiente marino mexicano.

Este suplemento es la respuesta de E & E sobre los temas expresados. Es el deseo de E & E y de su filial Ecology and Environment de México, S.A. de C.V., ayudar tanto como sea posible a la Secretaría y a otras agencias del Gobierno a desarrollar un programa de costo efectivo y científico para un arrecife artificial que pueda ser utilizado por entidades gubernamentales comerciales para el incremento de la industria pesquera de México.

MATEMATICA APLICABLE Y MODELOS

El fallo estructural más común de arrecifes artificiales se debe a su inestabilidad dentro del ambiente donde se localizan. Uno de los factores que más impacta la estabilidad es el peso del arrecife. Una fórmula que puede valer en el cálculo del peso requerido en relación con la condición de las cuestas y la altura de las olas:

$$W = \frac{\lambda_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \alpha}$$

Donde:

- W = peso del bloque rompeolas (toneladas)
- λ_r = densidad del bloque (2.3 ton/m³)
- S_r = densidad del bloque en relación con la densidad del agua salada (2.23)
- α = ángulo de la superficie de la cuesta con respecto a la horizontal (grados)
- H = altura de la ola (m)
- K_D = coeficiente de estabilidad

En lugares donde la velocidad de la corriente es más importante que la cuesta o la altura de la ola, puede ser necesario el empleo de otras fórmulas. Si se usa una forma de tetraedro por ejemplo, una estructura de 0.15 hectareas será estable en una corriente de 4 nudos (2.06 metros/segundo); pero para corrientes de 6, 8, y 10 nudos (3.09, 4.12 y 5.15

metros/segundos) se requieren pesos de 1.7, 9.8 y 37 toneladas. Por consiguiente, con corrientes más rápidas, el peso mínimo de los bloques aumenta exponencialmente.

La fuerza del material utilizado para construir el arrecife es un factor que pudiese afectar el fallo de la estructura o el daño durante su manipulación, particularmente en el caso de la caída libre de una instalación sobre el fondo del mar. El siguiente es un análisis de la fuerza de impacto de caída. La ecuación de un objeto que cae libremente se expresa de la siguiente manera:

(ecuación 1)

$$\sigma V \frac{dv}{dt} = (\sigma - p) gV - C_D A \frac{pv^2}{2} - C_{MA} PV \frac{dv}{dt}$$

en la cual

- σ = gravedad específica del material del arrecife,
- V = volumen del objeto que cae,
- p = gravedad específica del agua de mar,
- A = área proyectada del objeto que cae,
- g = aceleración debido a la gravedad,
- C_D = coeficiente de resistencia en la caída
- C_{MA} = coeficiente de masa virtual.

Se alcanza una velocidad terminal para la condición $dv/dt = 0$ de manera que

(ecuación 2)

$$(\sigma - p)gV = C_D A \frac{pv_c^2}{2}$$

(ecuación 3)

$$v_c = \sqrt{\frac{2gV}{C_D A} \left(\frac{\sigma}{p} - 1 \right)}$$

en la cual

V_c es la velocidad terminal.

De las ecuaciones 1 y 2 se obtiene:

(ecuación 4)

$$\frac{dv}{v_c^2 - v^2} = \frac{C_D A}{2V(\sigma/\rho + C_{MA})} dt$$

la cual después de la integración para $v = 0$ y $z = 0$ al $t = 0$,

lleva a:

(ecuación 5)

$$v = v_c (\theta^{-2Kz})^{1/2}$$

en la cual

(ecuación 6)

$$K = \frac{C_D A}{2V(\sigma/\rho + C_{MA})}$$

La velocidad de caída V a cualquier profundidad Z desde la superficie después de dejar caer el bloque del arrecife sin velocidad inicial en la superficie del agua se computa con las ecuaciones 5 y 6.

El coeficiente de resistencia C_D es en realidad una función del número Reynolds. No obstante, para efectos prácticos, el coeficiente puede considerarse como si fuera 2.0 para bloques angulares y 1.0 para objetos cilíndricos. El coeficiente de masa virtual puede considerarse como 1.0.

El suelo que recibe el impacto en sí mismo depende de la textura del fondo del mar así como de la velocidad de la caída. Denominando el desplazamiento del fondo del mar

como consecuencia del impacto como Σ , la fuerza de resistencia del fondo del mar se puede representar como sigue:

(ecuación 7)

$$R = K_R \Sigma^n$$

en la cual K_R se estima usualmente de 160 a 500 kg/cm² para textura arenisca-grava y de 210 a 650 kg/cm² para suelos de arcilla compactos.

La resistencia del fondo de mar R es añadida al lado derecho de la ecuación 1 e integrada en $\Sigma = 0$ y $\Sigma = \Sigma_0$ (un valor máximo de Σ), para dar:

(ecuación 8)

$$\frac{K_R \Sigma_0^{n+1}}{(n+1)\rho V} - g \left(\frac{\sigma}{\rho} - 1 \right) - \frac{C_D A}{4} V V_0^2 \cdot \Sigma_0 - \left(\frac{\sigma}{\rho} + C_{MA} \right) \frac{V_0^2}{2} = 0$$

La ecuación 8 se resuelve numéricamente por Σ_0 , de donde la fuerza de resistencia del suelo R se obtiene de la ecuación 7.

No se ha desarrollado un modelo matemático con aplicación general a diversos ambientes marinos que incorpore variabilidad biológica, química y física para asistir en la selección y diseño de un arrecife artificial. Aunque existiese tal fórmula, la falta de información básica sobre las condiciones en Manzanillo invalidarían la aplicación de tal modelo para la ubicación y construcción de arrecifes artificiales en esa localidad.

DISEÑO DEL ARRECIFE ARTIFICIAL

Ha habido una gran variedad de diseños de arrecifes artificiales y sus componentes. Algunas de las formas sugeridas más comúnmente se muestran en la Ilustración A. No obstante, antes de seleccionar un diseño para ser aplicado a las aguas frente a Manzanillo, se necesita obtener más información durante varias estaciones de las condiciones físicas y químicas, tanto como de la vida acuática, en esa área. También se necesita estimar los fondos disponibles para la compra de materiales prefabricados, tanto como el presupuesto, equipo y personal capacitado para instalar tales artefactos. Se necesita, además, información sobre otras actividades propuestas, particularmente la naturaleza (desplazamiento, calado y

frecuencia de tráfico) de embarcaciones comerciales en el área. Debido a la falta de tan importante información, no es posible en este momento sugerir ni diseños ni lugares que se puedan proponer para la localización de arrecifes artificiales en la región de interés.

Entre los diseños más populares de estructuras con compartimientos que pudiesen resultar aplicables frente a las costas de Manzanillo, se encuentra el de los módulos de fibra de vidrio reforzado (F-R); un ejemplo de los cuales se muestra en la Ilustración B. Estos están hechos generalmente de bandas de fibra de vidrio tejidas en forma de cilindro que pueden tener una dimensión de 1.5 x 7 metros. Los cilindros son después atados para crear un módulo de arrecife. Se le agrega concreto a la base para darle estabilidad a la unidad. El módulo en su totalidad se ensambla en la tierra, se le hace flotar y se le remolca para ponerlo en posición. El traslado se hace con montacargas reusables.

Los módulos de fibra de vidrio reforzado son costosos. No obstante, han demostrado ser duraderos y fáciles de instalar. La estructura abierta es menos propensa de quedar enterrada en sedimentos empujados por las corrientes costeras. Si el arrastre de tales sedimentos es causa de preocupación seria, como puede ser el caso en Manzanillo, la estructura puede ser montada en soportes colocados en el fondo del océano. En el uso de tales soportes, hay que tener cuidado en encontrar un fondo estable, preferiblemente de roca, en el que se pueda anclar la estructura.

Mucha información de tipo básico es necesaria para determinar la longitud, la anchura y altura de un arrecife artificial en frente de la costa de Manzanillo. No obstante, pueden ser necesarios áreas con una extensión de 20,000 m² (es decir 400 x 50) para obtener el aumento de productividad deseado.

En contraste con la estructura de fibra de vidrio, se puede construir un arrecife más económico con desechos de concreto reforzado, tales como los materiales usados en la construcción de carreteras y edificios grandes. Los bloques que se empleen dependen de la disponibilidad de tales desechos y de la habilidad para transportar y colocar el material. La Ilustración C contiene un boceto simplificado de la configuración de tal estructura, que básicamente tendría la forma de una elongada pirámide de techo plano. El ancho propuesto de esta estructura es de 50 metros. La altura de la estructura dependerá de la profundidad del agua, el régimen de mareas, la altura de las olas y las variaciones de profundidad y compensación de nivel.

No se puede dar una versión más precisa de la estructura porque eso depende de la disponibilidad de materiales de construcción y de la condición física del sitio del arrecife propuesto. En la construcción de la estructura, sin embargo, los bloques de concreto deben ser arreglados en forma tal que se aumenten las grietas, "cuevas" e irregularidades, en vez de las superficies planas. Debe también tomarse el cuidado de quitar todas las barras de refuerzo que puedan proyectarse fuera de la estructura. Tales barras pueden atrampar avíos de pesca y convertirse en un peligro adicional para buceadores.

Dependiendo de la disponibilidad de materiales de construcción, las estructuras de concreto reforzado pueden ser los arrecifes artificiales menos costosos de construir y mantener. Por otra parte, requieren un fondo de mar estable en un área relativamente libre de sedimentos. Estos pueden cubrir el arrecife reduciendo su valor para mantener especies deseables.

ALIMENTACION SUPLEMENTARIA

Los alimentos suplementarios han sido empleados con éxito para incrementar la producción de peces y otras formas de vida acuática en hábitats artificiales o cerca de ellos. El mayor éxito se ha obtenido con la carpa retenida en jaulas en los ríos de la República Popular China. No obstante, en el caso del propuesto arrecife artificial del área de Manzanillo sería ecológicamente erróneo y poco económico incorporar tal sistema para depositar comida en el arrecife antes de que la flora y fauna naturales se estableciesen. Esta nueva comunidad colonizadora puede bastarse para proveer el alimento natural para mantener la deseada población de peces deportivos y comerciales. En tal caso el alimento suplementario sería innecesario.

El exceso de comida sin consumir puede ocasionar problemas. La putrefacción de esa comida puede dar como resultado la supresión de oxígeno en el arrecife. Esto por su parte, podría afectar adversamente los huevos y pecesillos de especies deseables, tanto como otras plantas y animales que benefician al arrecife. En segundo lugar, se pueden generar toxinas químicas a medida que la comida excesiva decae. Todo esto podría también tener efectos indeseables de inmediato y a largo plazo.

Es recomendable que los sistemas de alimentación suplementaria se tomen en consideración después que los arrecifes artificiales en las cercanías de Manzanillo estén instalados y se puedan observar a través de varias estaciones. Si después de ese tiempo, la

producción no ha aumentado con los arrecifes, será más económico que Ecology and Environment, Inc., (E & E) cambie la posición de las estructuras en vez de tomar en consideración el alimento natural suplementario.

CONFERENCIA SOBRE EL ARRECIFE ARTIFICIAL

Para aprovechar el conocimiento y la experiencia de otros investigadores que sean aplicables a la colocación, construcción y/o administración de arrecifes artificiales en el ambiente marino mexicano, es recomendable que se convoque a una conferencia de no menos de cinco días. La participación en la misma debe ser por medio de invitación solamente y limitada a menos de cuarenta personas para facilitar discusiones activas después de las presentaciones formales. Es importante que se tome nota y se editen estas discusiones conjuntamente con los escritos sometidos por las personas que hayan hecho presentaciones formales. Debe tenerse cuidado en evitar la inclusión de individuos que estén promoviendo algún dispositivo patentado en el que puedan tener interés monetario. La objetividad de tales personas en la recomendación de los mejores dispositivos para México puede sufrir menoscabo debido a su interés financiero en uno o más arrecifes artificiales.

La ayuda financiera para conferencias que provea la Secretaría de Pesca puede ser suplementada con fondos del United States National Marine Fisheries Service y el National Sea Grant College Program. No obstante, los preparativos para las reuniones y su administración tienen que estar a cargo del gobierno mexicano o de su contratista, para asegurar que el producto de la conferencia sea de máximo valor para el programa de arrecifes artificiales de la Secretaría.

Entre las personas e instituciones que deben tenerse en cuenta para ser representadas en la conferencia se encuentran:

- U.S. National Marine Fisheries Service
National Oceanic and Atmospheric Administration
Washington, D.C. 20235
(Richard B. Stone puede proveer una visión de conjunto de la aplicación del uso del arrecife artificial en los EE. UU.)

- Department of Biology
St. Petersburg Junior College
Clearwater, Florida 33575
(El Dr. Heyward Mathews de esta institución es un experto en los aspectos físicos y geológicos para la selección del sitio un arrecife artificial)
- Japanese Scientific Liaison
595 Tucker Avenue, No. 39
Friday Harbor, Washington 98250
(Madelen Green Mattet puede proveer una visión de conjunto útil de la experiencia de los japoneses)
- Department of Oceanography & Ocean Engineering
Florida Institute of Technology
Melbourne, Florida 32901
(El Dr. I. W. Duedall ha llevado a cabo trabajos valiosos en el uso de productos derivados del carbón, particularmente ceniza no combustible, para la construcción de un arrecife artificial)
- Criteria and Standards Division (INH-585)
United States Environmental Protection Agency
Washington, D.C. 20460
(Jonathan E. Amson es un experto en el desarrollo e implementación de reglamentos para la administración de arrecifes artificiales)
- Florida Sea Grant College Program
University of Florida
Gainesville, Florida 32611
(Los Profesores William Seaman, Jr. y Donald Y. Aska han hecho trabajos extensos en el desarrollo de estrategias para incrementar los beneficios del usuario de arrecifes)
- The Sport Fishing Institute
1010 Massachusetts Avenue, N.W.
Washington, D.C. 20005
(Gilbert Radonski puede proveer contribución útil sobre el valor que los arrecifes representan para la industria de la pesca deportiva)
- Sea Grant Extension Service
University of Hawaii
Kaneohe, Hawaii 96744
(El Profesor Richard Brock puede exponer sobre el programa de arrecifes artificiales en aguas Hawaianas, lo cual tendría aplicación directa al programa del arrecife artificial en la costa mexicana del Pacífico)

- Virginia Marine Resources Commission
P.O. Box 756
Newport News, VA 23607
(Michael Meier y James Martín tienen gran experiencia en el uso de grandes buques, de llanas y de desechos de materiales de concreto como arrecifes artificiales).

CUANTIFICACION DE LA BIOMASA

Para determinar hasta qué grado el arrecife artificial es un éxito, es necesario cuantificar la biomasa en presencia y en ausencia del arrecife. Esto se puede hacer tomando medidas cuantitativas y cualitativas de los peces en la misma estación ecológica, en la región del arrecife, antes y después de instalarse la estructura. Los peces se pueden atrapar usando redes de agalla o de bolsa operadas en la misma área y por espacio de tres años. Los resultados pueden ser expresados en kilogramos de peces por área muestreada. Siempre que se tenga una base de fondo segura y de iguales condiciones se puede usar una sonda de ultrasonido. (Después de familiarizarse suficientemente con un área, las especies pueden ser diferenciadas de acuerdo con su localización en la columna de agua, el patrón de las escuelas y/o el tamaño de sus vejigas natatorias.)

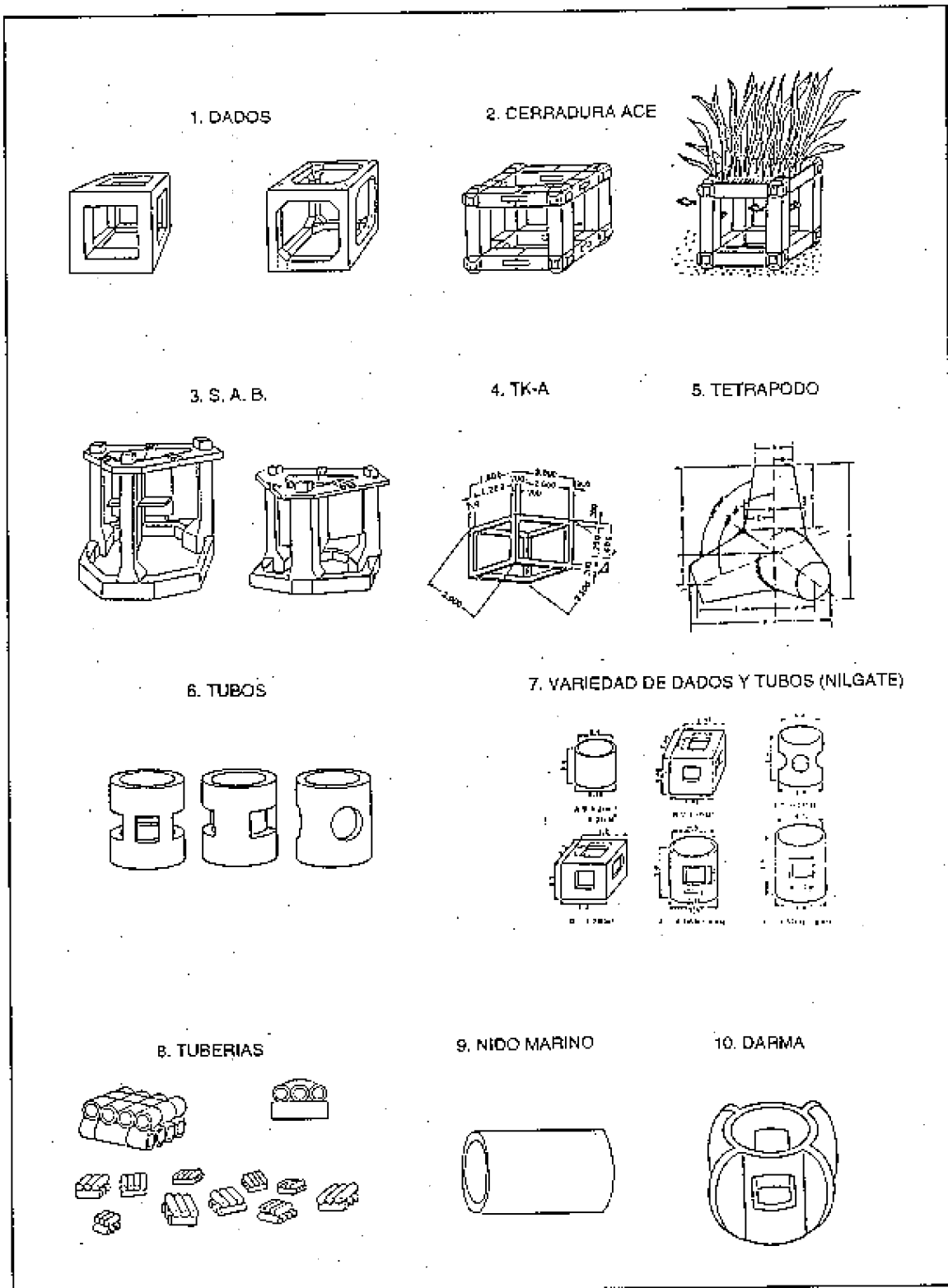
Dentro de la misma estación ecológica, puede resultar posible evaluar el éxito de un arrecife contrastando capturas de peces en el área de la estructura con los resultados obtenidos en un área de control preestablecida más allá del alcance de la influencia del arrecife. Sin embargo, encontrar una región que sirva de control puede resultar difícil.

Otra forma de medir el éxito del arrecife es examinar la captura de los pescadores deportistas y comerciales alrededor y más allá del arrecife antes y después de la construcción de la estructura. (Tales datos pueden reflejar la habilidad de los pescadores individualmente, más bien que los resultados de una válida investigación científica).

La técnica del buceo puede ser valiosa para determinar si el arrecife sirve como terreno de crianza o alimentación, en comparación con áreas de igual tamaño más allá del arrecife. Tales criterios al igual que el número de nidos, huevos y extensión del crecimiento por 100 metros cuadrados pueden ser empleados.

Advertencia - un arrecife requiere generalmente tres años o más para colonizarse totalmente. Como consecuencia es posible que no se pueda determinar en un período corto de tiempo si tal estructura es un éxito. Por otra parte, un evento catastrófico en un corto período

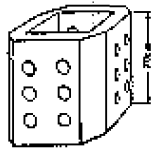
de tiempo, como un huracán, puede diezmar la biota en el arrecife artificial de tal manera que se haga necesario comenzar de nuevo el proceso de cuantificación.



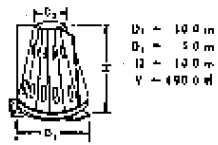
SOURCE: Ecology and Environment, Inc. 1993.

Ilustración A BLOQUES Y MODULOS EN ARRECIFES DE PESCA

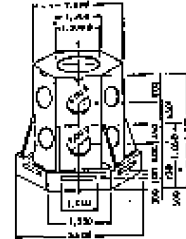
11. CAJON CON AGUJERAS



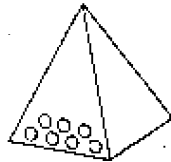
12. CAPSULA



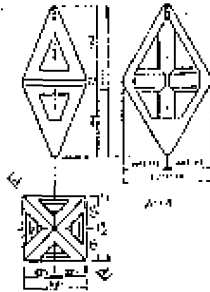
13. TK-I



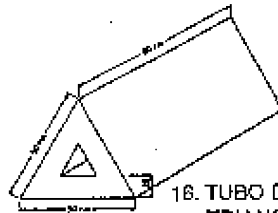
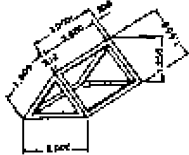
14. ARRECIFE DE LANGOSTAS (Nagasaki)



17. BLOQUE DE PUNTO DE GRAVEDAD

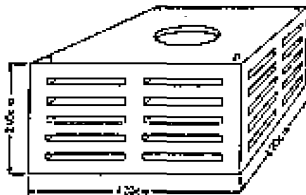


15. TK-II



16. TUBO DE TRIANGULO

18. ARRECIFE DE LANGOSTA

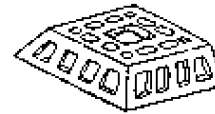


(Shizuoka)

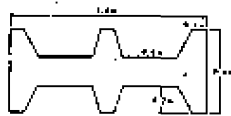
19. MESETA



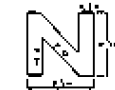
20. POSTEN



21. OREJA MARINA

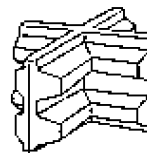


(Ibaragi)

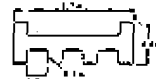


(Fukushima)

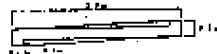
22. CRUZ



23. FORMA DE CUESTA



(Nagasaki)



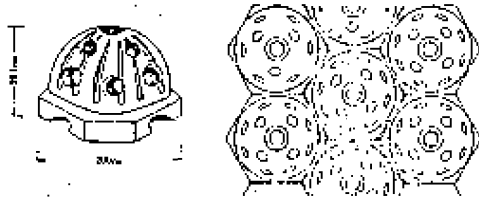
(Chiba)



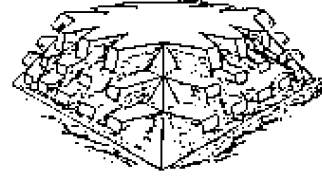
SOURCE: Ecology and Environment, Inc. 1993.

Ilustración A BLOQUES Y MODULOS EN ARRECIFES DE PESCA

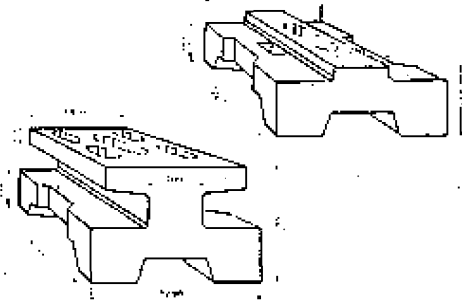
24. BLOQUE DE TORTUGA



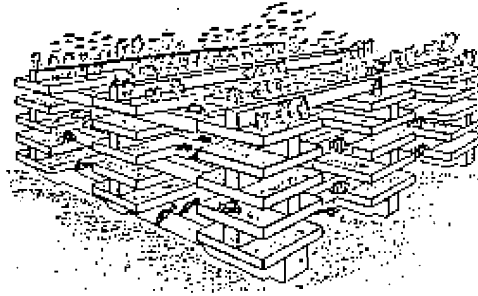
25. BLOQUE DE PALMA



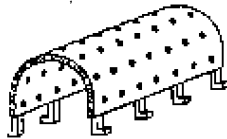
26. BLOQUE PI



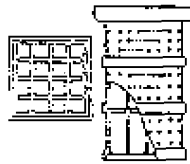
27. ARRECIFE DE TERRAZA



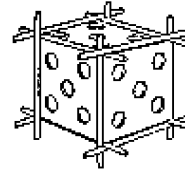
28. MS-OMEGA



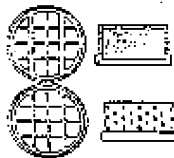
29. MS-GAPA HUECA



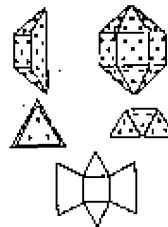
30. MS-DADOS



31. MS-TUBO HUECO



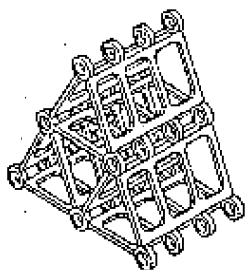
32. MS-PENTAGONO HUECO



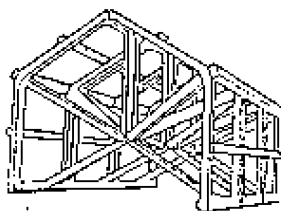
SOURCE: Ecology and Environment, Inc. 1993.

Ilustracion A BLOQUES Y MODULOS EN ARRECIFES DE PESCA

33. ELEFANTE



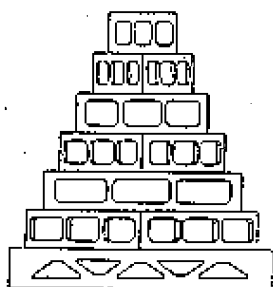
34. NIDO DAIYA



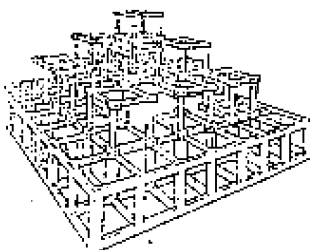
35. QUONSET



36. MULTIOCLAR



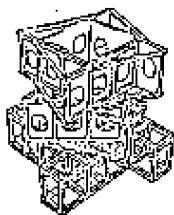
37. PIRAMIDE



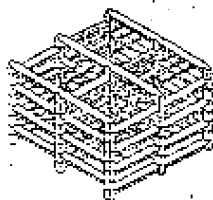
38. CILINDRO ELEVADO



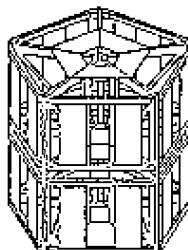
39. GRAN ARRECIFE



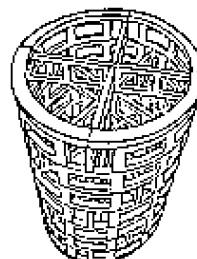
40. RANCHO DE PECES



41. PENTARRECIFE



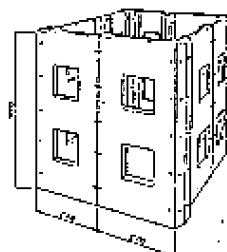
42. ARRECIFE SK



43. ARRECIFE SUMI



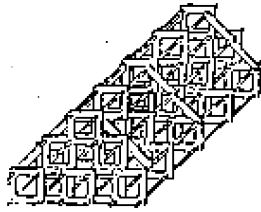
44. ARRECIFE DRAGON



SOURCE: Ecology and Environment, Inc. 1993.

Ilustracion A BLOQUES Y MODULOS EN ARRECIFES DE PESCA

45. ARRECIFE POLICON



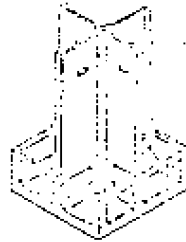
46. ARRECIFE FP



47. ARRECIFE OCTAGONAL



48. ARRECIFE PLUS

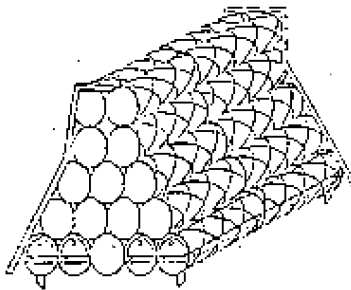


MODELO 8A

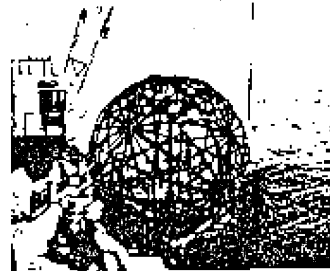


MODELO 4A

49. PLASTICO REFORZADO CON FIBRA



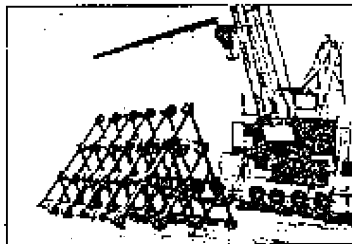
GAVION



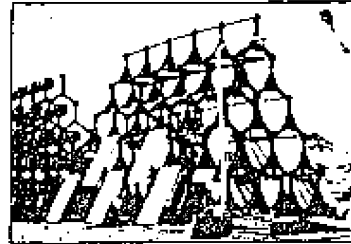
MODELO FLOTANTE

50. ARRECIFE PLASTICO YAZAKI

MODELO DELTA



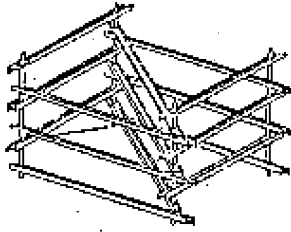
MODELO Y



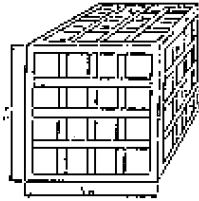
SOURCE: Ecology and Environment, Inc. 1993.

Ilustracion A BLOQUES Y MODULOS EN ARRECIFES DE PESCA

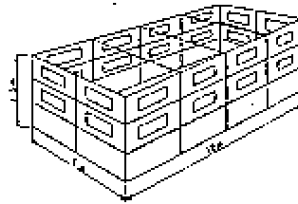
51. ARRECIFE DE HIERRO ANGULAR



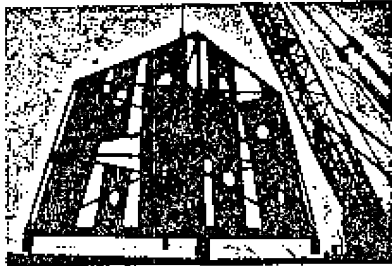
52. ARRECIFE DE ACERO (CAJON)



53. ARRECIFE DE ACERO (JAULA)

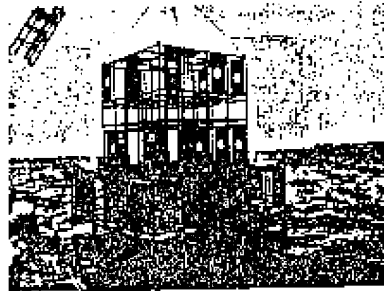


TIPO CANGREJO

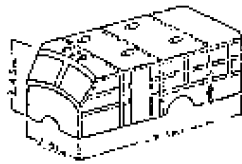


54. ARRECIFE DE ACERO NKK

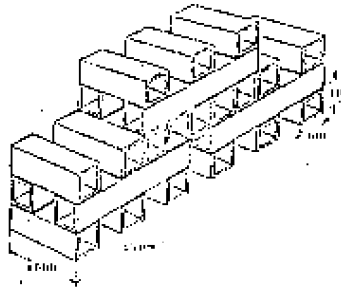
TIPO CUBICO



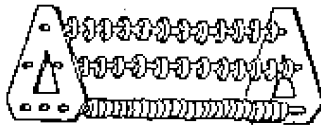
55. CARROCERIA



56. ARRECIFE CERAMICO



57. POLO MARINO



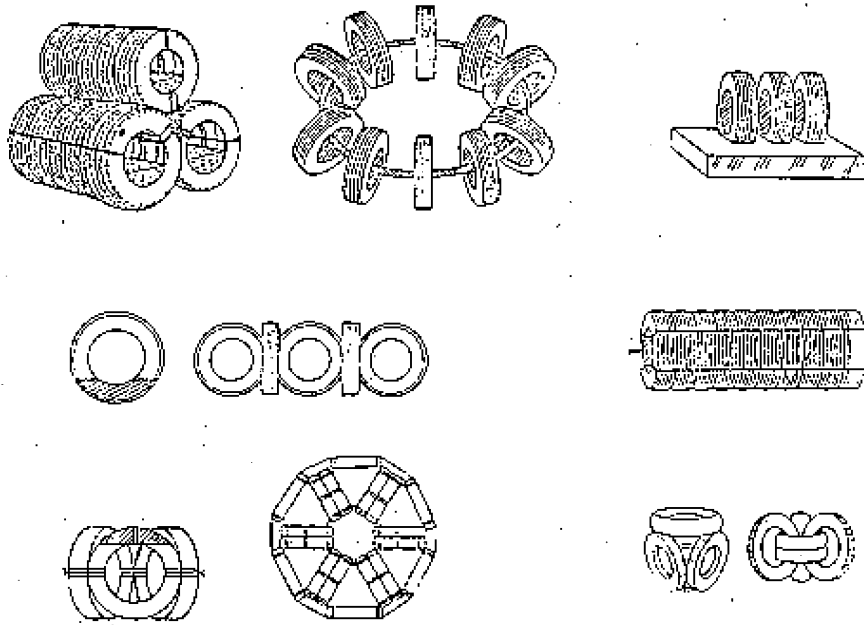
58. BOTE HUNDIDO



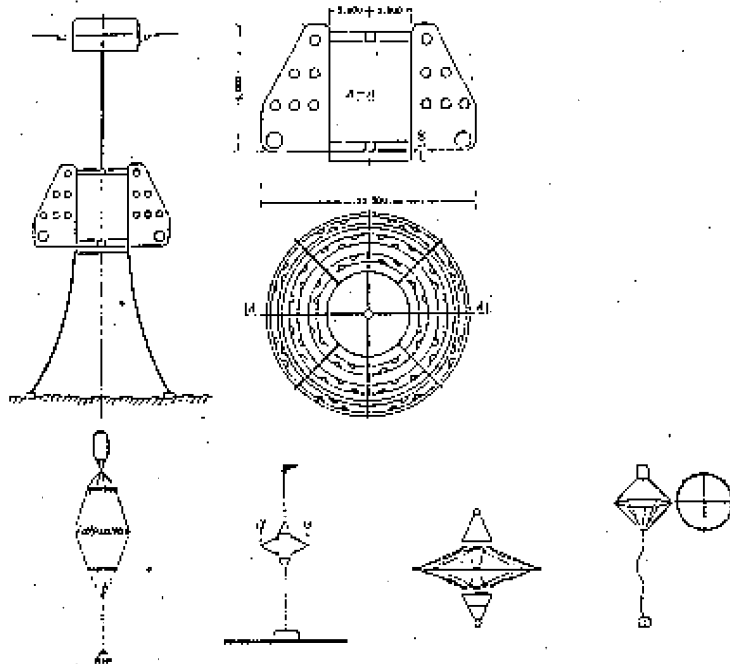
SOURCE: Ecology and Environment, Inc. 1993.

Ilustracion A BLOQUES Y MODULOS EN ARRECIFES DE PESCA

59. ARRECIFE DE LLANTAS

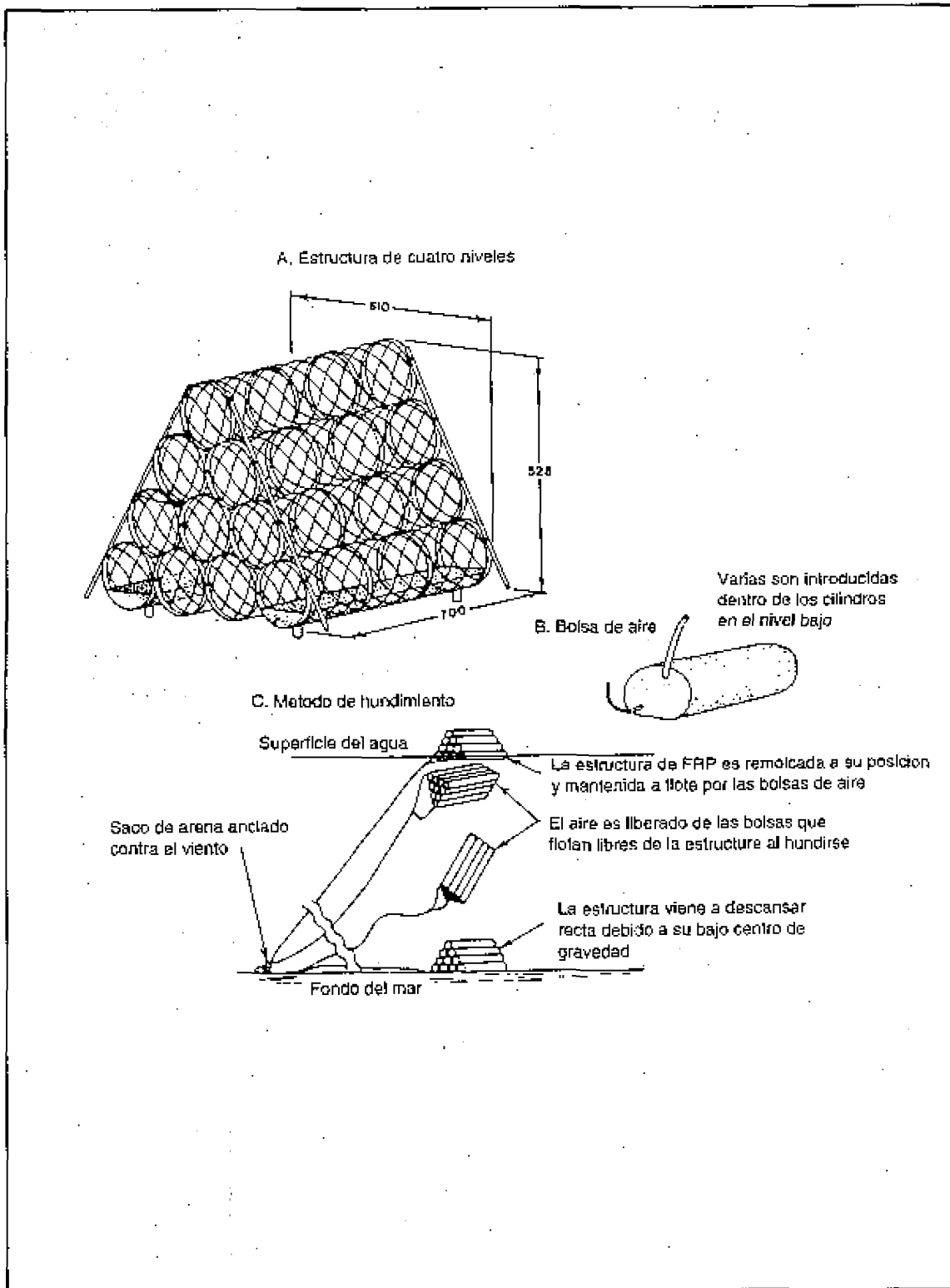


60. ARRECIFES FLOTANTES



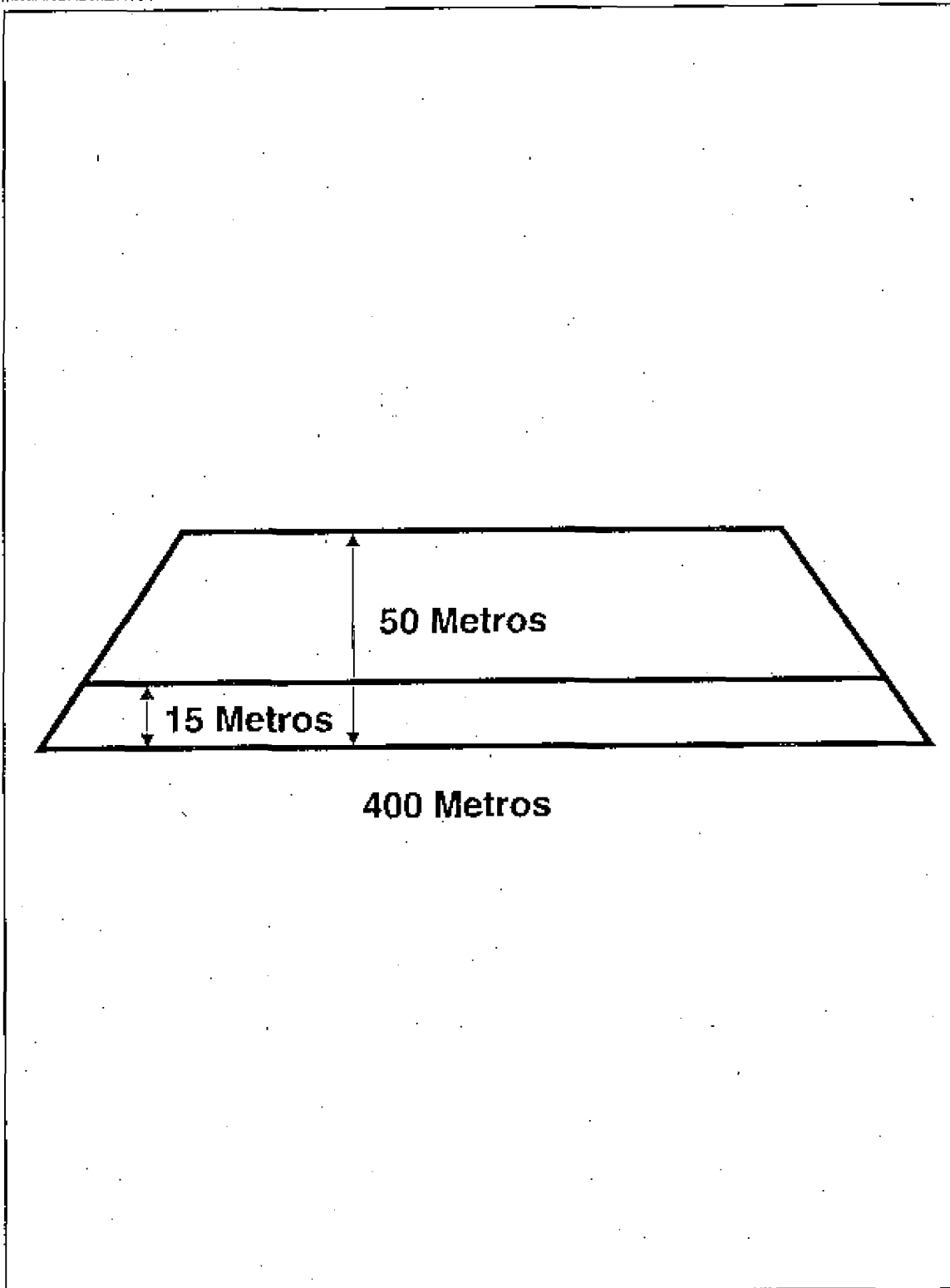
SOURCE: Ecology and Environment, Inc. 1993.

Ilustracion A BLOQUES Y MODULOS EN ARRECIFES DE PESCA



SOURCE: Ecology and Environment, Inc. 1993.

Ilustración B ARRECIFE ARTIFICIAL DE FIBRAVIDRIO REFORZADO



SOURCE: Ecology and Environment, Inc. 1993.

Ilustracion C ARRECIFE ARTIFICIAL DE CONCRETO REFORZADO