



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**

**Aplicación del buceo en la investigación  
científica.**

**INFORME DE EXPERIENCIA PROFESIONAL QUE**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**B I Ó L O G O**

**P R E S E N T A:**

**IRMA PÉREZ NANDINO**

**DIRECTOR: M. en C. ALEJANDRO CÓRDOVA CÁRDENAS**



**MÉXICO, DF.**

**JUNIO DE 2007.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **DEDICATORIAS**

### **A MIS PADRES:**

Gregorio † y Teresa

### **A mi hija:**

Stefanie, gracias por ser parte de mi vida

### **A mis hermanos:**

Gloria, Eduardo, Nicolás, Alejandra † y Martha † .

Gracias por su cariño, apoyo y paciencia.

## Agradecimientos

A la Biól. Maricela Arteaga Mejía, por haberme dirigido esta tesis ¡Gracias Mari! Por tu paciencia, conocimientos, tenacidad y amistad, sin las cuales la culminación de este trabajo no hubiera sido posible.

Al Dr. Arturo Chong Eslava y al I.Q. Ismael Bautista López por impulsarme y apoyarme en todos los momentos.

Al Dr. José Luis Gómez Márquez, gracias por su meticulosa revisión y tiempo dedicado al documento.

A mis amigos y compañeros del equipo de buceo con los que compartimos experiencias Adolfo Aguilar, Jesús Nadurille, fotógrafos, y camarógrafos, Mauricio, Guillermo, Carmen y Néstor.

Al equipo de Buceo científico de la Facultad de Ciencias de la UNAM por invitarme a participar en el trabajo que realizan, del cual aprendí y me sirvió de mucho, dirigido por el M. en C. Carlos Candelaria.

A mi director de tesis M. en C. Alejandro Córdova Cárdenas, a los sinodales: M. en C. Ernesto Mendoza Vallejo y a la Biól. Angélica Elaine González Schaff por sus acertados comentarios y sugerencias.

A la Biól. Patricia Gómez (ICMyL) por su apoyo y sugerencias.

A mis apreciables maestros y compañeros de la Facultad de Estudios Superiores "Zaragoza" por los incontables momentos compartidos, así como por sus eterno interés en la superación académica y personal.

A Diana, Juan, Rosa, Frank, Carlos, Erick, Jesús, Violeta e Irais por su amistad y apoyo moral que me brindaron.

Gracias a la vida y a mi gran amor.....EL MAR.

## ÍNDICE

Resumen	1
1. Introducción	3
2. Objetivos	4
3. Historia del buceo	5
4. Fundamentos del buceo	13
4.1 Equipo	13
4.2 El cuerpo y el mundo subacuático	17
4.2.1 Efectos de incremento de la presión	17
4.2.2 Presión ambiental	17
4.3 Dilatación de los gases	18
4.4 El oído bajo el agua	19
4.5 Senos nasales	20
4.6 Respiración bajo el agua	21
4.7 Capacidad física o salud para el buceo	21
4.8 Capacidad cardiovascular	21
4.9 Control de la respiración control de estrés	21
4.10 El funcionamiento de los pulmones	21
4.11 Efecto de respirar aire comprimido	22
4.12 Respiración del aire bajo el agua	23
4.13 Narcosis por nitrógeno	23
4.14 Adaptándose al medio actual	24
4.15 Visión	25
4.16 Comunicación	25
4.17 Efectos de la disminución de la presión	27
4.18 Lesiones de sobre expansión	27
4.19 Enfermedades de descompresión	28
4.20 Planeación de la inmersión	31
4.21 Terminología y tablas de buceo	31
4.22 Computadoras de buceo	37

4.23 Otros factores que afectan la absorción de nitrógeno y la descompresión	37
4.24 Evitando situación de pánico	37
5. Nitrox	39
5.1 El aire enriquecido	39
5.2 Conceptos erróneos con respecto al uso de Nitrox	39
5.3 Beneficios de respirar menos nitrógeno	40
5.4 Nitrox y la narcosis	40
5.5 El concepto de presión parcial	40
5.6 Limitando la presión parcial del oxígeno	40
5.7 Toxicidad del oxígeno en el SNC	41
5.7.1 Factores que contribuyen a la toxicidad del oxígeno	42
5.7.2 Reaccionando y respirando a la toxicidad del oxígeno en el SNC	42
5.7.3 Previniendo la toxicidad del oxígeno en el SNC	43
5.8 Equipos especiales para Nitrox	44
5.9 Planificando inmersiones con Nitrox	45
5.10 Manejando la exposición al nitrógeno	48
6. Introducción al buceo científico	49
7. Planeación operativa	54
7.1 Objetivos de la planeación	54
7.2 Fases de la planeación	55
7.2.1 Formulación de objetivos	55
7.2.2 Elección del sitio de buceo	56
7.2.3 Características generales del sitio de buceo	56
7.2.4 Personal participante	57
7.2.5 Definición de las actividades	57
7.2.6 Programación de actividades	58
7.2.7 Programación de la inmersión	58
7.2.8 Material y equipo	58
7.2.9 Selección de las técnicas de buceo	58
7.2.10 Organización de las bases de operación	58

7.2.11 Plan de seguridad	58
7.2.12 Procedimientos de emergencia	59
7.2.13 Adquisición de servicios	59
7.3 Fases de ejecución	59
7.4 Pre inmersión	60
7.5 Inmersión	61
7.6 Post inmersión	61
7.7 Fase de evaluación	61
8. Buceo nocturno y de agua con poca visibilidad	62
8.1 Requisitos previos para el buceo nocturno	62
8.2 Plan de buceo	62
8.3 Equipo	62
8.4 Técnicas	63
8.5 Problemas peligrosos	64
8.6 Actividades en el buceo nocturno	65
8.7 Buceo en agua de poca visibilidad	65
8.8 Sugerencias	67
9. Búsqueda y rescate subacuático	68
9.1 Requisitos	68
9.2 Equipo	68
9.3 Técnica	69
9.4 Patrones de búsqueda	69
9.5 Tipos de patrones	69
9.6 Localizando el objeto	74
9.7 Inflando bolsas	76
10. Fotografía subacuática	78
10.1 Requisitos para iniciarse en la fotografía subacuática	78
10.2 Compartimiento de luz en el agua	78
10.3 Cámaras y cajas estacas	79
10.4 Películas	79
10.5 Filtros	80

10.6 Principios de la composición	80
11. Técnicas topográficas y muestreo subacuático	82
11.1 Procesos de levantamiento topográfico	82
11.2 Técnicas de mapeo	82
12. Investigación y muestreo subacuático	88
12.1 Tipos de estudios	88
12.2 Estudios exploratorios	89
12.3 Estudios primarios o descriptivos	90
12.4 Estudios intensivos	91
12.5 Programa de muestreo	92
12.5.1 Patrones de muestreo	93
12.5.2 Observación y registro de datos	93
12.5.3 Medición de los factores ambientales	95
13. Flora y fauna marina	96
13.1 Algas	96
13.2 Corales	97
13.2.1 Blanqueo del coral	100
13.2.2 Algunas formas comunes de corales	101
13.2.3 Importancia de los corales	103
13.3 Esponjas	103
12.3.1 Propiedades de las esponjas comerciales	107
14. Resultados de la experiencia profesional en la práctica del buceo	109
15. Análisis	136
16. Conclusiones	139
17. Bibliografía	141
Anexo 1	
Anexo 2	



## Resumen

El presente trabajo expone los fundamentos básicos del buceo empezando por su historia, así como todo lo que se tuvo que experimentar, para llegar hasta nuestros días y emplearlo con distintos fines como el buceo recreativo, militar y de investigación en diferentes áreas del conocimiento, pero en especial la Biología.

Capitulo 1 introducción del trabajo.

A diferencia de otras herramientas de investigación el buceo tiene especial cuidado para su empleo, se debe considerar una serie de factores importantes, por tal motivo en el capitulo 2 se plantean los objetivos del trabajo, con ello pretendemos describir la importancia del buceo como herramienta en la Investigación subacuática.

En los capítulos 3 y 4 se presentan los aspectos más relevante para que se practique, así como los problemas comunes y poder prevenirlos, las tablas de límites Doppler sin descompresión de SSI (Scuba Schools International) Escuela Internacional de Respiración Autónoma.

En el capítulo 5 se presenta información de lo que es una especialidad en el buceo con mezcla de gases como Nitrox, permite estar más tiempo en el agua a poca profundidad, lo que hace que no se acumule el nitrógeno en el cuerpo, se muestran las tablas recomendadas para la planeación del buceo con esta técnica.

En el capítulo 6 se presenta un amplio panorama de la importancia del buceo científico a nivel mundial, en especial en nuestro país y en la UNAM, particularmente en la Facultad de Ciencias están llevando a cabo diplomados en esta área.

En el capitulo 7 se dan sugerencias para realizar una planeación operativa desde la perspectiva del diplomado de buceo científico de la UNAM, haciendo algunas recomendaciones importantes.

En el capitulo 8 se analiza el buceo de noche y en agua poco visible, cabe mencionar que el buceo nocturno es especial, por el tipo de luz y la actividad que se puede observar, solo lo realizan los buzos avanzados por el grado de dificultad que presenta.

En el capitulo 9 se presentan formas para realizar una búsqueda y rescate de objetos, así como la fórmula para calcular el volumen requerido para elevar objetos.

En el capitulo 10 se abordan algunos conceptos básicos de la fotografía subacuática, importante para los estudios de prospectivas biológicas de exploración, las cuales fueron un apoyo importante en el presente trabajo.

En el capítulo 11 se exponen las técnicas topográficas y de mapeo subacuático utilizadas en el Diplomado de buceo científico de la UNAM.

En el capítulo 12 se presenta la investigación y muestreo subacuático donde se consideran tres tipos de estudio que son: exploratorios, primarios o descriptivos e intensivos, los cuales dependen del proyecto, el tiempo y el número de integrantes.

En el capítulo 13 se encuentra información básica sobre algas, corales y esponjas, así como su uso antropogénico para alimento, por ello es indispensable el buceo, para localizar, buscar y extraer tan valiosa fuente de sustancia bioactiva. Se hace referencia a este grupo de organismos por ser los más abundantes y diversos, ello no implica que sean las únicas existentes.

En el capítulo 14 son los resultados de la experiencia profesional en la práctica del buceo, se hace una narrativa de los buceos así como también se muestran fotografías con imágenes que llaman mucho la atención por su tamaño en especial de los corales. Estas imágenes servirán como referencia de futuras investigaciones. Este trabajo es cualitativo en cuanto a las prospecciones biológicas principalmente de Cuba y Belice. Finalmente en los capítulos 15 y 16 se presentan el análisis y conclusiones.

El presente trabajo pretende ser de utilidad para quien inicia la aventura en el interesante campo del buceo como herramienta en la investigación científica así como también sensibilizar para valorar la riqueza que existe en el mar, a través de fotografías y videos, pero que por distintos factores como los disturbios naturales y antropogénicos se esta acabando día con día.

Cuidar y conservar será la tarea de esta nueva generación.

## 1. Introducción

El hombre desde su origen ha tenido inquietud de conocer su medio y explorarlo, para entrar a un medio como el mar y aguas continentales, tuvo que superar problemas como son: la dificultad de ver, sumergirse y alcanzar una profundidad.

Fueron los buceadores del Mediterráneo y del Mar Rojo quienes se dedicaron por primera vez en la historia como profesionales del buceo. Emile Gagnan y Jacques Cousteau en el año de 1943, daban el último toque a un equipo denominado "Aqua-lung" (pulmón acuático) que abriría las puertas del mundo subacuático. Dando la pauta para el empleo del buceo autónomo, mejorando tanto el equipo que se emplea como las medidas de seguridad.

A través del desarrollo de la actividad de buceo como experiencia profesional pudimos observar las condiciones de los arrecifes de coral en Cuba, en las localidades Cien Fuegos y Playa larga, Belice en la Isla San Pedro. Se realizaron censos visuales en Cazonos y Tamiahua, Veracruz., en Isla lobos, Baja California., Acapulco, en Xcalak Chetumal, y en aguas continentales como el cenote azul en Chetumal, Media luna en San Luis Potosí, y las Estacas en Morelos. En Cuba y Belice por ser zonas de difícil acceso los ecosistemas se encuentran conservados, en Xcalak se observó deterioro por el Huracán Paulina. Todas estas observaciones se realizaron en los años 2004, 2005 y 2006.

En Veracruz en Cazonos las plataformas petroleras, en Baja California, Cuba, y Belice se observó la importancia de los barcos hundidos que han sido un medio para formación de colonias coralinas.

En México existen pocos programas de buceo científico con reconocimiento institucional, no obstante, el buceo se utiliza por diversas instituciones de educación superior.

La disciplina del buceo es valiosa para profesionales que se desarrollan en la exploración petrolera, ingeniería hidráulica, geología marina, pesca, medicina hiperbática, aeronáutica, turismo y desde luego una muy importante, Biología. Otras actividades como recuperación y rescate, son relativamente nueva. Por tal motivo el buceo es herramienta importante de investigación científica que se debe de explorar para múltiples estudios, pero es necesario contar con personal capacitado, para garantizar la calidad en los datos y en las observaciones realizadas.

No pretendo concluir mi experiencia profesional con la presentación del presente trabajo, continuaré registrando información de diferentes lugares, porque considero que son importantes para las futuras generaciones. Por otra parte, motivar para que se continúe esta actividad, no sin antes mencionar que se requiere capacitación previa, condición física, disciplina, tiempo y recursos financieros.

## **2. Objetivo general**

Describir la importancia del buceo como herramienta en las investigaciones subacuáticas para estudios científicos en el campo biológico.

### **2.1 Objetivos específicos**

Describir los diferentes métodos y técnicas de buceo empleados en la investigación subacuática.

Aplicar distintas técnicas de buceo científico (observación, prospección, mapeo, toma de datos), así como los conocimientos y habilidades adquiridos, para describir una comunidad coralina.

Desarrollar una capacidad crítica y creativa respecto a la detección y resolución de problemas implícitos en la realización de este tipo de estudios.

Describir la capacidad de trabajo y organización durante la realización de la práctica de buceo, tanto en lo individual, como en las actividades colectivas.

Llevar a cabo prospecciones biológicas en diferentes sitios de buceo, para efectuar diferentes tipos de buceo (semiprofundos, multiniveles y nocturno).

### 3. Historia del buceo

Quizás una de las mayores aspiraciones del hombre, además de la de volar ha sido sin duda la conquista de los fondos marinos. Haciendo un buen acopio de imaginación, nos lo figuramos en sus primeros intentos subacuáticos, zambulléndose torpemente aguantando la respiración tratando de sumergirse unos metros, comenzando a ser consciente de sus limitaciones en el medio acuático al comprobar lo costoso que le resultaba alcanzar una cierta profundidad. Nos imaginamos también su desilusión cuando al abrir los ojos para contemplar las maravillas que él suponía allí sumergidas, no pudo percibir más que unas imágenes más o menos borrosas difíciles de distinguir con claridad. Un obstáculo más fue el comprobar que sus ojos no estaban constituidos para ver a través del agua. La experiencia le sirvió para alcanzar a comprender cuáles eran las limitaciones fundamentales que por ley natural tiene el hombre cuando se sumerge sin más medios que su propio cuerpo y la limitación visual.

Sin embargo, el gran problema de la visión subacuática aún tardaría mucho tiempo en poder superarse. Esto sería la causa de que muchas generaciones de buceadores dedicados a la pesca de esponjas, ostras perlíferas y coral, terminarían con graves lesiones oculares a edades aún tempranas a causa del prolongado contacto de sus ojos con el agua del mar. Esta dura experiencia les haría comprender que si conseguían aislar sus ojos del contacto con el agua creando a su alrededor un ambiente similar al suyo natural, el aire, el problema podía ser superado. Muchos fueron los inconvenientes con que tropezaron hasta lograrlo, si se considera la ausencia de los materiales adecuados para este fin y que ellos compensaron a fuerza de ingenio. De esta manera llegaron a concebir unas gafas rudimentarias construidas con madera y concha de carey pulidas a cristal. Así nacerían las primeras gafas submarinas de la historia del buceo.

A partir de este momento se disponía de los elementos básicos para la práctica del buceo a pulmón libre; el lastre y las gafas; habrían de transcurrir aún muchos años para poder disponer de ese elemento tan valioso como son las aletas natatorias (<http://www.bucea.org/articulosla19ahistoriabuceo.php> 2006).

El hombre, siempre dispuesto a encontrar nuevos medios eficaces para la guerra, intuyó que estos buceadores bien podían convertirse en una poderosa fuerza de combate, siendo los griegos quienes los utilizarían por primera vez como tales combatientes y con éxito en operaciones navales, los cuales, al parecer, ya utilizaban el tubo respirador según consta en los escritos del filósofo griego Aristóteles, 168 a. c, que lo define así: “los buzos de la época estaban dotados para permanecer largo tiempo bajo el agua, respirando a través de un tubo que les hace parecerse a los elefantes”. Las guerras del Peloponeso fueron escenario de las singulares hazañas de estos combatientes ([http://www.casbabuceo.com,ar/historia%20 del 20%buceo.htm](http://www.casbabuceo.com,ar/historia%20del%20buceo.htm) 2006).

## El buceo con escafandra clásica

John Lethebridge (1766), ideó un aparato bastante rudimentario aunque no carente de ingenio; consistía en una especie de tonel de madera donde el buzo introducía medio cuerpo, sacando los brazos a través de unas mangas ajustadas de cuero; recibía el aire a través de dos tubos a la altura de la cabeza y lo eliminaba por la parte baja del tonel (Fig. 1).



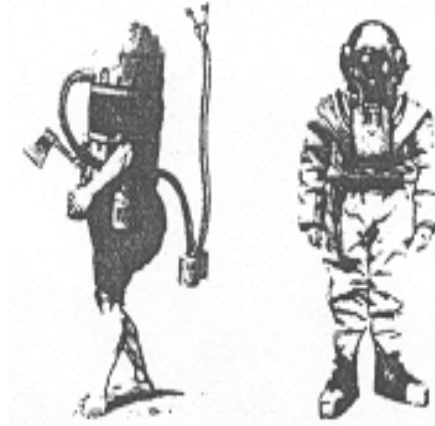
SISTEMA DE JOHN LETHBRIGDE  
(Foto : U.S.NAVY DIVING MANUAL )

**Fig. 1. Sistema de John Letrbrige**

<http://www.bucea.org/articulosla19ahistoriabuceo.php> (2006)

Treinta años después Klingert mejora el equipo de Lethebridge, el cual ya tenía una cierta semejanza con lo que después sería el traje clásico de buzo. El equipo disponía de un casco de metal con mirillas de observación en la parte delantera a la que iban ajustados dos tubos, uno de entrada y otro de salida del aire, el casco iba unido a una pieza de cuero en la que estaban las mangas, que a su vez iba unida a una especie de cinturón metálico del que pendían unas piezas de plomo, luego llevaba unido al cinturón una especie de calzón hasta la rodilla. La primitiva escafandra de Siebe (1818), en cierto modo recordaba el concepto de la campana pues se trataba de un casco metálico ligeramente esférico, con una especie de peto en la parte inferior que el buzo se apoyaba sobre los hombros, la pieza metálica iba unida a una especie de chaqueta de cuero que le llegaba hasta la cintura que es por donde expulsaba el aire sobrante de la respiración. Sin embargo, tenía el inconveniente de que si el buzo inclinaba la cabeza más de lo debido se le escapaba el aire. El aire lo recibía por medio de una bomba a través del casco el cual iba provisto de tres mirillas. La escafandra clásica es un invento del siglo XIX y se debe al inglés Augusto Siebe (1818). En 1837 se lograría el traje completo de buzo clásico, cuyo fundamento aún se mantiene vigente hoy día. El traje, cubría todo el cuerpo y estaba confeccionado con tejido de lona que lo hacía impermeable; el casco era de cobre y disponía de tres mirillas circulares que dotaban al buzo de un amplio campo visual; el aire penetraba por la parte superior del casco y se eliminaba por una válvula situada al lado derecho de la parte

inferior de éste. El ajuste del casco con el traje se hacía por medio de una arandela acoplada a la parte superior del traje que encajaba con el casco por un sistema de media vuelta y cuya junta quedaba completamente hermética, El buzo calzaba unos pesados zapatos de plomo que a su vez le servían de lastre además del que en forma de escapulario llevaba colgado sobre pecho y espalda. [http://www.casbabuceo.com,ar/historia%20 del 20%buceo.htm](http://www.casbabuceo.com,ar/historia%20del%20buceo.htm)



**Fig. 2. La “máquina de Klingert”, 1818. Equipo completo Siebe Gorman**

[http://www.casbabuceo.com,ar/historia%20 del 20%buceo.htm](http://www.casbabuceo.com,ar/historia%20del%20buceo.htm)

El traje de Siebe resultó un éxito para la época. Sin embargo, aún distaba mucho de ser perfecto como así se puso de manifiesto, los problemas de las diferencias de presión que se creaba, en su interior, debido a los fallos que a veces se producían en el sistema de alimentación y otras en el de evacuación de aire, eran la auténtica pesadilla de los buzos de entonces. El temido “golpe de ventosa” y la no menos temida “subida en balón”, eran accidentes frecuentes que muchos desgraciadamente no llegaban a contar y a otros los dejaba dañados para el resto de su vida, Por otro lado, como en aquel entonces no se conocía aún con mucha exactitud cuál era la causa de la enfermedad descompresiva, en muchos casos los trastornos que padecían aquellos buzos eran relacionados a causas totalmente ajenas al problema real, iba en aumento el uso de equipos cada vez más seguros, que permitían una autonomía mayor y a su vez, alcanzar cotas más profundas. El problema vino a remediarse en parte con la publicación por el médico escocés John Scott Haldane, de las primeras tablas de descompresión que serian utilizadas por todas las marinas y buzos del mundo, cuyo fundamento ha servido para la confección de otras más perfectas, fundamento aún hoy válido. No cabe duda de que se dio un paso decisivo en la prevención de los accidentes de descompresión <http://www.bucea.org/articulosla19ahistoriabuceo.php>. 2006.



**Fig. 3 Casco de buzo clásica, modelo de los años treinta, de la casa Siebe Gorman**

<http://www.bucea.org/articulosla19ahistoriabuceo.php>. 2006.

El buceo con escafandra clásica ha sido y continuará siendo una actividad exclusivamente de tipo profesional; la construcción de obras hidráulicas, diques, puertos, barcos hundidos, recuperaciones de objetos de valor, etc. han sido a través de generaciones actividades fundamentalmente necesarias para el desarrollo de los pueblos, que sin la colaboración del buzo difícilmente hubieran podido realizarse. Sin embargo, dadas las limitaciones que le impone la profundidad llega un momento en que la utilidad del buzo clásico es nula. Para superar esta barrera fue preciso recurrir a la invención de equipos que pudieran alcanzar grandes profundidades. Así nacieron los equipos acorazados de inmersión, que aunque el primero de ellos se remonta al ideado por el inglés Lethebridge, del que hicimos mención al referirnos a la campana de buzo, el año 1766 hizo las pruebas de un tonel de hierro de 1,80 m de longitud, que tenía una tapa de cierre hermético que a su vez servía de escotilla de acceso y que es donde venía a quedar colocada la cabeza del buzo; disponía de una mirilla con cristal y de un par de aberturas por donde sacaba los brazos (<http://www.bucea.org/articulosla19ahistoriabuceo.php>. 2006).

### **El buceo con equipo autónomo y semiautónomo**

Se había conseguido mucho con el invento de la escafandra clásica; sin embargo, la libertad de movimiento que disponía el buceador a pulmón libre, estaba limitada por el tiempo, claro está, no la tenía el buzo clásico. Sin embargo, hasta el año 1680 en que el físico y matemático italiano Giovanni Alfonso Borelli (Fig.4) diseñó su aparato de buceo autónomo, no había nada semejante. En realidad la idea no era realizable pues no tenía un fundamento técnico pero era ingeniosa y además por primera vez aparecía algo semejante a las aletas natatorias. Desde el invento de Borelli hasta el año 1825 hay una serie de intentos por lograr este tipo de aparato, el primero de ellos fue el diseñado por el inglés William H. Jones (1825) que alcanzaba una presión de 30 atmósferas, si bien su utilización en profundidad era muy limitada. Después vendría el del norteamericano Condert en 1831, en el que incorporaba a la espalda una botella cargada con aire comprimido, pero el que en realidad sería el primer paso decisivo en este tipo de aparatos sería el de los franceses Benoit Rouquayrol y Auguste Denayrouze (1861) al que bautizaron con



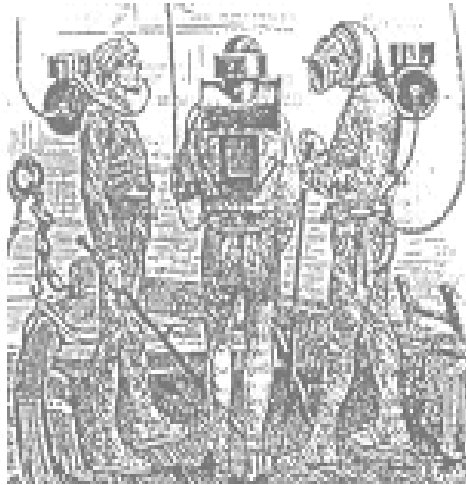
el nombre de "Aerofo" y aunque en realidad no se trataba de un equipo autónomo puesto que el aire lo recibía de la superficie, el concepto de este aparato lo acercaba ya a la meta que se andaba buscando; este aparato llevaba un depósito en el que el aire procedente de la superficie se iba comprimiendo, del citado depósito pasaba a una válvula que hacía las veces de regulador de presión, que actuaba a la demanda del buzo cuando éste aspiraba. El depósito y la válvula la llevaba el buzo sujeto a la espalda con una correa y la respiración se hacía a través de un tubo traqueal directo desde la válvula a la boquilla que el buzo introducía en la boca; la cabeza la llevaba cubierta por una especie de máscara facial que le cubría totalmente, provista de cuatro mirillas de observación <http://www.masdebuceo.com/articulos.htm> 2006



**Fig. 4 Escafandra de Borelli**

<http://www.masdebuceo.com/articulos.htm>.

Del invento de Rouquayrol y Denayrouze (Fig.5), generalmente se ha pasado, pudiéramos decir injustamente al de Le Prieur, quizá por falta de información, pero lo justo es que antes de Le Prieur, hubo un japonés llamado Ohgushi, quien en el año 1918 fabricó y patentó un aparato respirador autónomo de aire con válvula a la demanda, se llegó a utilizar con éxito a profundidades entre 60 y 100 metros <http://www.masdebuceo.com/articulos.htm> 2006.



**Fig.5 Primer equipo autónomo de Rouquayrol y Denayrouze**

<http://www.masdebuceo.com/articulos.htm> 2006.

Pocos años después (1924), las ideas de Leonardo de Vinci y posteriormente la de Borelli, de dotar al buceador de unas aletas que le asemejaran a un pez se hacen realidad. El francés Luis de Corlieu, marino de profesión, diseña y patenta las primeras aletas de goma vulcanizada, las cuales aparecen por primera vez en el mercado en el año 1935.

Era el primer equipo dotado con un regulador a la demanda con cámaras de presión ambiente y de baja presión. En las pruebas realizadas se llegaron a alcanzar los 50 m sin ningún incidente; el problema era su escasa autonomía pues no podía pasar de los quince minutos a pequeñas profundidades.

Una vez terminada la segunda guerra mundial, en 1940 la actividad subacuática en el nivel deportivo comienza a tomar auge y el deporte de la caza submarina lo practican deportistas de todo el mundo mediante el buceo a pulmón libre cuya técnica viene a ser en líneas generales la misma utilizada desde hace siglos, habiendo cambiado solamente los medios disponibles que lo hacen más fácil y seguro. Esto traería como consecuencia la aparición de una nueva evolución de la técnica de la inmersión en apnea (<http://www.bucea.org/articulosla19ahistoriabuceo.php> 2006).

Del invento de Le Prieur, casi olvidado, se pasó al de George Commheines, quien en el año 1943 diseñó un aparato que mejoraba sensiblemente al anterior; las pruebas de este aparato se hicieron en Marsella aquel año logrando alcanzar los 35 m.

Pero paralelamente a este acontecimiento intrascendente habría de seguir otro de verdadera trascendencia para el buceo autónomo. Dos franceses, un ingeniero y un marino (Emile Gagnan y Jacques Ives Cousteau), daban los últimos toques a un aparato al que denominaron "Aqua-lung" (Pulmón acuático) que abriría definitivamente las puertas del mundo submarino a millares de buceadores. Un día del mes de julio de 1943, en aguas de la Costa Azul, se hizo la prueba definitiva que resultó totalmente satisfactoria pues el aparato funcionó perfectamente. El concepto de este nuevo aparato estaba en función de los diseñados por Denayrouze-Rouquayrol y Le Prieur, se basaba en el fundamento de la membrana equilibradora, concepto que quedaba sensiblemente mejorado puesto que en el nuevo modelo todo el proceso de regulación de presiones se hacía en un cuerpo único de regulador. Esta es la razón por la que al regulador de doble tráquea se le siga denominando de "una etapa", cuando en los modelos actuales no ocurre así, como veremos más adelante. El "Aqua-lung" dentro de su único cuerpo tenía tres cámaras: cámara de alta presión, de baja presión y de presión ambiente. Además este aparato tenía la novedad de que todo el circuito respiratorio se efectuaba a través del regulador pues llevaba incorporados dos tubos traqueales tipo anillado (Fig.6) (<http://www.masde buceo.com/articulos.htm>.2006).

Un destacado miembro del Equipo Costeau, Frederic Dumas, se sumergió en aguas de Marsella, donde llegó a alcanzar la respetable profundidad de 63 metros, operación que duró 15 minutos. A partir de aquí puede decirse que el sueño de tantas generaciones de buceadores se había cumplido, el hombre podía penetrar bajo el agua dueño de sus movimientos, con plena autonomía sin tener que depender de la esclavitud del cordón umbilical con la superficie ni de la molesta posición de avance erguida portando pesados zapatos de plomo.

Cuatro años más tarde, el mismo Dumas, lograría alcanzar los 93 m satisfactoriamente no le ocurriría lo mismo a su compatriota Maurice Fargues, quien alcanzó los 120 m. pero dejó la vida en el intento.

El nuevo horizonte que se vislumbraba para el buceo autónomo era realmente impresionante, el hombre había comenzado la conquista de ese nuevo mundo oculto bajo las aguas.



**Fig. 6 Primer regulador Cousteau-Gagnan**

<http://www.masde buceo.com/articuloas.htm>. 2006

En 1959 delegados de quince federaciones, entre ellas la española, reunidos en Mónaco y bajo la presencia de Jacques Costeau, crea la “Confederación Mundial de Actividades Subacuáticas” (CMAS) (Fig. 7), Hoy en día la CMAS está formada por casi 200 asociaciones u organizaciones de las que más de 100 son federaciones nacionales, así como también el CMB Centro Mundial de Buceo (<http://www.bucea.org/articulosla19ahistoriabuceo.php>.)



**Fig.7 Logotipo CMAS**

<http://www.bucea.org/articulosla19ahistoriabuceo.php>.

Hoy en día los buceadores solo han llegado hasta los 700 metros en condiciones experimentales. El límite parece ser el SNAP (Síndrome Nervioso de Altas Presiones). El escafandrismo ha avanzado, sobretodo, gracias a los impulsos de la marina de guerra, pero ahora parece que las compañías petroleras han tomado el relevo, Solo el uso, cada vez mayor de robots, para hacer trabajos a gran profundidad, puede frenar la investigación del hombre en ambientes hiperbáricos.

## 4. Fundamentos de buceo

Lo que todo buzo debe saber:

- Conocer y seguir las reglas de seguridad. Anexo 1.
- Desarrollar habilidades básicas, como moverse en el agua y manejo del equipo.
- La manera más cómoda, divertida y conveniente para bucear es teniendo un equipo propio, el cual se ajusta al cuerpo. A medida que se familiariza con el equipo, su nivel de habilidad incrementa. El servicio anual de mantenimiento de equipo asegura el buen funcionamiento del mismo, minimizando de esta forma el riesgo de fallas.
- La educación ayuda a desarrollar conocimientos y destrezas, la clave para convertirse en un buzo competente y confiable es simplemente bucear tanto como sea posible. La experiencia y habilidad incrementa a medida que se bucea en diferentes lugares. Anexo 2

**4.1 Equipo de buceo. Está integrado en siete subsistemas y son los siguientes:**

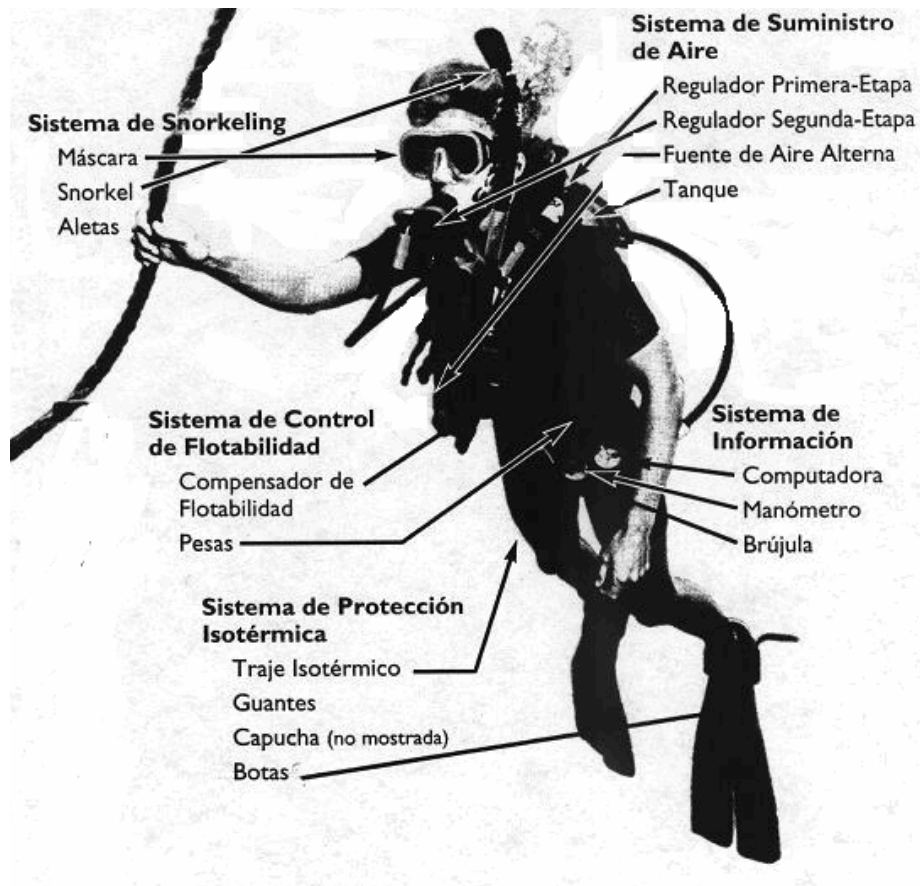


Fig. 8. Equipo de buceo (SSI, 2002).

a) Sistema de Snorkeling integrado por la máscara, snorkel y las aletas

Nosotros necesitamos una máscara porque el ojo humano no está diseñado para trabajar de manera correcta cuando esta sumergido en el agua. La visión es borrosa, el campo de visualización es limitado y el ojo ve a través del aire, el cual es de densidad ligera y mucho menos denso que el agua, requiere una máscara para crear un espacio de aire enfrente del ojo, simulando su medio ambiente natural.

Existen dos tipos básicos de máscaras, las de bajo volumen y las de alto volumen.

Las características de la máscara, entre otras son: Lente de vidrio templado, marco de materiales no corrosivos tal como plástico duro o de acero inoxidable, la correa debe ajustarse fácilmente y mantener su posición una vez ajustada.

El snorkel o tubo de respiración, es para no levantar constantemente la cabeza para respirar mientras se nada en la superficie del agua, permitiendo ir con la cara mirando hacia abajo y realizar una exploración relajada desde la superficie.

Las aletas son necesarias para moverse en el agua de manera eficiente, están diseñadas para brindar una máxima propulsión con un mínimo esfuerzo.

b) Sistema de protección isotérmica: Traje de neopreno, guantes y capucha.

La razón por la que necesitamos un sistema de protección isotérmica cuando se bucea es porque el agua absorbe el calor del cuerpo veinticinco veces más rápido que el aire, por lo que el agua templada absorbería calor de nuestro cuerpo. Lo ideal sería que mantengamos la temperatura normal del cuerpo, es decir 98.6 °F (37 °C) cuando estamos en el agua.

Dependiendo de lugar se escogerá el tipo de protección. Para aguas cálidas se utiliza el "dive Skins" o lycra, nylon, polipropileno o neopreno de 3.0 mm de grosor.

Cuando se escoge un traje de neopreno, el cuerpo se mantendrá siempre mojado, pero el calor saldrá mucho más lento a través del neopreno, el cual crea un aislamiento térmico. Por esta razón usted se mantendrá cómodo por mucho más tiempo.

El traje seco, da protección completa contra el agua fría y se mantiene el cuerpo relativamente seco

c) Sistema de suministro de aire. Tanque o cilindro, regulador primera etapa, regulador segunda etapa y fuente de aire alterno. El tanque o cilindro contiene aire filtrado a alta presión.

La primera etapa del regulador, reduce la presión del aire de alta presión a presión intermedia. La segunda etapa del regulador, reduce la presión intermedia a

presión ambiental, lo cual hace que el aire sea respirable.

La Ley de Boyle establece, que a una temperatura constante la presión y el volumen son inversamente proporcionales; significa que un buzo que está sumergido a una profundidad donde la presión sea equivalente a tres veces la presión que existe a nivel del mar (66 pies, 20 metros), necesita un regulador que pueda suministrar tres veces más aire del tanque a los pulmones del buzo de forma fácil y cómoda.

Una fuente de aire alterna, por razones de seguridad, además del regulador principal, todas las unidades de SCUBA (Sistema Autónomo de Respiración Acuática) deben de incluirla en caso que falle la segunda etapa principal o por cualquier otra razón y por medio de la cual el buzo y su compañero compartirán aire.

Los buzos están equipados con un manómetro, con el cual puede monitorear su suministro de aire disponible en el tanque. Siempre se debe planificar la inmersión de manera que pueda volver a la superficie con un mínimo de 500 libras de presión por pulgada cuadrada en el tanque.

d) Sistema de información: Computadora de buceo, manómetro y profundímetro

La razón por la que un sistema de información es necesario, es para monitorear la cantidad de aire en el tanque y los parámetros planificados de inmersión, como son: la profundidad, el tiempo de la inmersión, tiempo permisible, velocidad de ascenso y la temperatura del agua.

El uso de una computadora provee al buzo con muchas ventajas sobre los indicadores análogos convencionales y las tablas de buceo. Los buzos que utilizan computadoras generalmente experimentan un incremento significativo en el tiempo de buceo. Las computadoras pueden monitorear y controlar con precisión su velocidad de ascenso y el computador realiza muchas tareas de rutina como llevar el registro de tiempo entre buceos y registrar información esencial acerca de las inmersiones. Las computadoras utilizan un modelo matemático que puede variar de su fisiología personal, por lo que tienen que ser usadas adecuada y conservadamente.

El manómetro es el “medidor de combustible” del buzo, este es el instrumento que le indica al buzo cuanto más aire queda en el tanque. Este indicador se conecta a una salida de alta presión en la primera etapa del regulador.

Profundímetro. Saber la profundidad es muy importante para seguir el plan de inmersión. Se necesita saber en que momento ha alcanzado la profundidad deseada y la profundidad a la cual se encuentra durante todo el desarrollo de la inmersión, para asegurarse que los límites acordados en el plan no han sido sobrepasados.

**Cronómetro.** Es el instrumento utilizado para el control del tiempo, es el reloj subacuático de pulsera. Otro instrumento de control de tiempo es el cronómetro de buceo. Se activa de manera automática por la presión, al momento de que el buzo desciende y se detiene al momento que el mismo vuelve a la superficie dándose el tiempo total, que el buzo ha permanecido debajo del agua, así como también de intervalos de superficie.

**Brújula.** Le permite al buzo mantener una idea del rumbo en el cual nada cuando no es posible la navegación natural, debido a la poca visibilidad o a la ausencia de elementos subacuáticos que lo permitan.

**Termómetros:** o medidores de temperatura es otra valiosa pieza de equipo para el registro de las inmersiones. Se puede documentar temperaturas de lugares para la protección isotérmica.

#### e) Sistema de control de flotabilidad

El sistema de control de flotabilidad hace muy fácil el ascender, descender, quedarse en flotación neutra y flotar en la superficie. Sin embargo, para saber por que se necesita un chaleco compensador, se tiene que entender el principio de Arquímedes, el cual establece que un objeto (el buzo) flotará con una fuerza igual al peso del agua. De esta manera la fuerza de flotabilidad se incrementa cuando el buzo empiece a elevarse hacia la superficie o a flotar de manera más positiva en la superficie (SSI, 2002).

El chaleco compensador del buzo balancea diferentes factores que juegan un papel en el principio de Arquímedes tales como el peso corporal, es decir la tendencia hacia la flotabilidad positiva o negativa las cuales son diferentes en cada buzo.

El peso utilizado, ya sea por un cinturón de pesas o un sistema de pesas integrado al chaleco compensador, contrarresta la flotabilidad positiva del cuerpo del buzo y del traje isotérmico en la superficie, proveyendo ligeramente flotabilidad negativa, lo cual le permite al buzo descender. La cantidad de lastre requerido puede hacerse solo en el agua, tomando en cuenta el peso corporal y el equipo utilizado

f) Sistema de bitácora total. Sirve para llevar a cabo el registro de las inmersiones, para documentar la educación continua y almacenar la información de las inmersiones con todo tipo de experiencias, problemas y observaciones biológicas hechas en su momento.

g) Sistema de accesorios. Bolsa de buceo, banderas y boyas, dispositivo de señales (silbatos, señales, bengalas, señales inflables de superficie, señales subacuáticas audibles), juego de repuesto de kit de reparación, linterna o lámparas sumergibles, cuchillo de buceo (SSI, 2002).



## 4.2 El cuerpo y el mundo subacuático

Este nuevo ambiente está siempre cercano y la experiencia puede ser prolongada, repetitiva y formar parte de su vida. Lo que hace al buceo accesible es que el agua está siempre con nosotros y se encuentra donde quiera que vamos; lo que hace esto posible es que el cuerpo humano puede adaptarse a funcionar en el agua casi tan bien como lo hace en la tierra.

### 4.2.1 Efectos del incremento en la presión

En nuestra vida cotidiana, no estamos concientes de la presión del aire que rodea nuestro cuerpo al nivel del mar, ya que la misma está uniformemente aplicada en todas las direcciones. Cuando ascendemos una mayor altitud, puede que se experimente una presión en los oídos. Esto es debido a un cambio de presión a nuestro alrededor de tipo moderado.

Todos hemos experimentado los efectos del incremento en la presión cuando nadamos. Muchos recordamos lo que sentíamos cuando éramos jóvenes y nos sumergíamos para sacar monedas del fondo de una piscina o simplemente para tocar el fondo. Siempre hubo una molestia en esos últimos pies o metros cuando la presión empezó a hacer que nuestros oídos nos dolieran. La razón de nuestras molestias fue que la presión se incrementó muy rápido a medida que descendíamos.

La presión es definida como una fuerza por unidad de área y es comúnmente expresada en libras por pulgadas cuadradas (Pressure for Square Inch PSI) y en atmósferas (ATM), (Daub y Seese, 1996).

Como buzo se necesita saber como los cambios en la presión afectan el cuerpo y como compensarlos.

### 4.2.2 Presión ambiental

La presión ambiental o presión que nos rodea, como es aplicada al buceo, se refiere a la sumatoria de la presión atmosférica e hidrostática.

La razón por la que un buzo experimenta molestias o dolor en los oídos a una profundidad aproximada de 10 pies (3 metros), es por que el agua es más densa y por lo tanto, más pesada que el aire, haciendo que la presión se incremente más rápidamente a medida que se alcanza mayor profundidad.

Igualando la presión: el cuerpo humano esta constituido aproximadamente por 70% de líquidos y 30% de sólidos y gas. Los líquidos y los sólidos no se comprimen (Daub y Seese, 1996).

Los humanos tenemos áreas en nuestro cuerpo que contienen gases. Estos espacios aéreos incluyen los senos nasales, el oído medio y los pulmones (Pazos, 1985).

A diferencia del agua y los sólidos, los gases si se comprimen. A 33 pies (10 metros) donde el cuerpo esta a 2 atmósferas de presión, el volumen de los espacios de aire del cuerpo, se reducen a la mitad, a no ser que estos sean compensados y esto es debido a la ley de Boyle (Fig. 9).









Profundidad en Pies/Metros	ATM	PSI/Bar Presión Ambiental	Volumen del Contenedor Cerrado	Densidad del Gas	% N <sub>2</sub>	Presión Parcial de N <sub>2</sub>
0/0	1	14,7/1			80%	11,6
33/10	2	29,4/2			80%	23,2
66/20	3	44,1/3			80%	34,8
99/30	4	58,8/4			80%	46,5

Fig. 9. Ley de Boyle (SSI, 2002).

Para mantener los espacios de aire del cuerpo igual que la superficie cuando el buzo desciende incrementando la presión alrededor, se necesita agregar aire hasta que la presión dentro de los espacios de aire sea igual a la presión externa. Esto se llama compensar o equalizar la presión. Sin compensar el buzo experimentará un apretón.

### 4.3 Dilatación de gases

Los gases son compresibles y expansibles, por lo tanto, se puede afirmar que su volumen es bastante modificable y para que exista variación en su volumen, se deben someter a variación en la temperatura, cambios de presión o ambas.

La presión es la fuerza por unidad de área que el gas ejerce sobre la pared del depósito que lo contiene.

Las leyes que rigen el comportamiento de los gases con respecto al volumen que ocupan son las siguientes:

Ley de Robert Boyle- Edme Mariotte establece, que a temperatura constante, el volumen de una masa fija de un determinado gas es inversamente proporcional a la presión; es decir, si se duplica la presión el volumen se reduce a la mitad (Daub y Seese, 1996).

$$PV=K$$

Ley de J. Alejandro Charles dice “a volumen constante, la presión de un gas es directamente proporcional a la temperatura absoluta”.

$$V= PT$$

Donde V es el volumen y T la temperatura en grados Kelvin (Daub y Seese, 1996).

Ley de Gay-Lussac establece “el volumen ocupado por un gas es directamente proporcional a su temperatura absoluta cuando la presión permanece constante”.

$$K = \frac{P}{T}$$

Donde P es presión y T es temperatura en grados Kelvin, el uso de una constante también nos permite igualar los gases de igual volumen en diferentes condiciones de presión y temperatura.

$$\frac{P_{nueva}}{T_{nueva}} = k = \frac{P_{inicial}}{T_{inicial}}$$

Ley general de los gases enuncia “el volumen ocupado por la masa de un gas es directamente proporcional a su temperatura absoluta, e inversamente proporcional a la presión a la cual es sometida”.

$$PV = nRT$$

Donde: P es la presión, V es volumen, n es la cantidad de moles de gas, T es la temperatura y R es la constante universal de los gases (Daub y Seese, 1996).

#### 4.4 Los oídos debajo del agua

El tímpano actúa como una pared entre el agua y el aire. La presión sobre los oídos ocurre cuando la presión del agua en el canal del oído ejerce una presión mayor contra el tímpano que la presión del aire que esta adentro.

Para compensar esta presión se debe cerrar la nariz con los dedos pulgar e índice y tratar de soplar suavemente por la nariz, Esto permitirá que la presión del aire pase de los pulmones a través de las trompas de Eustaquio, hasta el oído medio. Algunas veces es más fácil compensar los oídos moviendo la mandíbula, tragando o bostezando.

La compensación de los oídos o “ecualización” debe iniciarse inmediatamente que se empieza a descender y continuar a medida que se va más profundo. La ecualización nunca debe de ser forzadamente.

No ecualizar la presión en los oídos puede resultar en lesiones. La ruptura del tímpano puede resultar cuando los oídos no están compensados, aún cuando se este en aguas poco profundas. También se puede presentar cuando el oído este bloqueado y el buzo tratan de forzar la ecualización.

El cambio más brusco sucede cerca de la superficie, especialmente en el intervalo de 15-20 pies (4.5 – 6 metros).

Los síntomas de lesiones en el oído pueden incluir: dolor de oído, mareo, nausea, dificultad para oír. En esos casos es necesario buscar atención médica inmediata (SSI, 2002).

#### **4.5 Senos nasales**

Los conductos dentro de los senos nasales o frontales, normalmente permanecen abiertos, por lo que, cuando se respira de la segunda etapa, el aire pasa de su boca entrando a sus senos nasales donde la presión es compensada. La cavidad de los senos nasales se compensará por si misma siempre que los conductos estén abiertos.

La compensación de los senos nasales puede ser afectada por un bloqueo de la abertura, sea por inflamación o congestión ocasionada por resfriado, alergias, infecciones o algún otro desorden. Esto puede ocasionar dolor de la frente, dolor entre los ojos y el pómulo y algunas veces en los dientes superiores.

Si los senos nasales están bloqueados, es mejor no bucear hasta que el problema se solucione.

El apretón más común es el de la máscara. El espacio que la máscara encierra es más grande, comparado con la del oído medio y el de los senos nasales, cuando se compensa sentirá que la máscara se aprieta contra su cara y los ojos.

Para compensar la máscara, exhale suavemente a través de la nariz dentro de la máscara hasta que se sienta cómoda nuevamente (SSI, 2002).

#### **4.6 Respirando bajo el agua**

La respiración es algo a lo que usualmente no le prestamos atención. Pero debajo del agua, se vuelve consiente de su respiración. Su mente y su cuerpo saben que se encuentra fuera de su elemento y se lo están comunicando constantemente. Mientras es posible sobrellevar un ambiente desconocido, con el uso de equipos, es necesario tener un entrenamiento para compensar las diferencias fisiológicas. Es necesario saber que cuando los gases son intercambiados en la respiración debajo del agua, al igual cuando son intercambiados en la tierra, los cambios de presión afectan tanto las cantidades porcentuales de esos gases, como la velocidad de su intercambio.

#### **4.7 Capacidad física o salud para el buceo**

Estadísticas muestran que el buceo no es una actividad peligrosa. Un individuo sano sería un mejor buzo. Se recomienda antes de bucear dormir bien, estar relajado, no consumir bebidas alcohólicas ni cualquier tipo de droga, una dieta saludable, chequeo del médico y poner mucho cuidado si fuma, si ha tenido cirugías recientes, si es mayor de 45 años, tiene sobrepeso, está bajo cualquier medicamento, no practica ningún deporte, tiene problemas de corazón, respiratorios u otra clase de problemas médicos que pueden crear preocupación.

#### **4.8 Capacidad cardiovascular**

Algunos piensan que el buceo es una actividad relativamente no-física, por no ser de alto ritmo, pero se recomienda hacer un poco de ejercicio ejercitando su corazón y los pulmones, como ejercicios aeróbicos, atletismo, ciclismo, natación, y deportes en los cuales la actividad vascular se estimule.

Salud cardiovascular significa también incremento en la circulación. Esto ayuda a los buzos a estar más cálidos, a estar alerta, lo cual es importante en la solución de problemas y también significa menos trabajo para los pulmones en conseguir que el oxígeno pase a la sangre, lo que le ayuda al buzo a consumir menos aire.

#### **4.9 Control de la respiración: Control del estrés**

Aún cuando se tengan pulmones saludables, otro problema respiratorio está relacionado a la ansiedad o el miedo de estar debajo del agua. Una reacción común a la ansiedad o miedo es un patrón de respiración rápida y poco profunda. La respiración poco profunda puede causar una sensación de quedarse sin respiración, lo más conveniente es respirar lento y tranquilizarse (Pazos. 1985).

#### **4.10 El funcionamiento de los pulmones**

Los pulmones están hechos de un grupo de sacos elásticos y están suspendidos desde unos tubos de aire, la traquea conecta a la garganta con los pulmones Este tubo se divide en forma de "Y", enviando aire dentro de los pulmones los cuales

están separados, el aire es llevado adentro de los pulmones por pequeños conductos de aire llamados tubos branquiales, estos pasan o otros diminutos sacos que se encuentran dentro de los pulmones, llamados alvéolos. Cada uno de los diminutos sacos o alvéolos están constituidos de vasos capilares y membranas. Es aquí donde tiene lugar la transferencia de gases que entran y salen de la sangre.

A medida que la sangre circula a través del cuerpo, las células son alimentadas con este oxígeno. Entonces las células entregan el producto o dióxido de carbono. El dióxido de carbono tiene un papel muy importante en este proceso continuo; cuando se acumula indica al cuerpo que debe inhalar nuevamente y pronto.

Otro gas que juega un papel importante es el nitrógeno. A pesar de que el oxígeno es el gas que sostiene la vida, este solamente constituye casi el 20 % del aire, mientras que el 78% es nitrógeno. Es un gas inerte y no es usado por el cuerpo.

El cansancio y la emoción pueden hacerle respirar muy rápido y poco profundo. Esta respiración puede llevar a una reacción en cadena adversa. La respiración poco profunda no permite al dióxido de carbono salir totalmente. Esta acumulación de dióxido de carbono indica la necesidad de respirar más rápido de lo normal.

La respiración corta y rápida puede entonces impedir el intercambio de una cantidad suficientemente grande de aire en los pulmones.

En cualquier momento que se inicie una respiración insuficiente, se debe parar y descansar hasta que la respiración sea normal. Los síntomas desaparecen cuando la causa es eliminada.

Desarrolle un patrón de inhalación lenta y continua, seguido de una exhalación relajada y continua. La inhalación y exhalación deben de ser hechas una después de la otra sin pausa.

Siempre respire normalmente, nunca aguante la respiración; aun si el regulador está fuera de su boca mientras esta debajo del agua, desarrolle el hábito de exhalar un chorro de burbujas (SSI, 2002).

#### **4.11 Efectos de respirar aire comprimido: Presiones parciales**

Se expresa en la Ley física de Dalton, la cual explica que la presión de la mezcla de gases está compuesta por la suma de las presiones parciales de los gases que conforman la mezcla.

$$P_{\text{total}} = P_{\text{N}_2} + P_{\text{O}_2} + P_{\text{CO}_2} + \dots$$

Donde:  $P_{\text{N}_2} + P_{\text{O}_2} + P_{\text{CO}_2} + \dots$  Son las presiones parciales de los gases individuales que están en la mezcla (Daub y Seese, 1996).  $\text{N}_2$

Después de que el oxígeno y el nitrógeno ingresan en los pulmones, los gases se mueven a través de nuestro cuerpo realizando diferentes funciones, el oxígeno es el combustible de nuestro cuerpo y a través del sistema circulatorio se lleva a todos los tejidos.

#### 4.12 Respirando aire debajo del agua

Otra ley física importante para el buceo es la Ley de Henry, que establece que entre más alta es la presión, más cantidad de gas puede ser disuelto para convertirse en líquido. Esto significa que a medida que la presión del oxígeno y nitrógeno aumentan en los pulmones, más de cada uno de los gases es absorbido por la sangre y entonces en esta misma proporción transportados a los tejidos.

$$\frac{P_2}{N_2} = K$$

$$N_2 = K'P_2$$

La Ley de Henry establece que la solubilidad de un gas en un líquido es directamente proporcional a la presión parcial del gas que está sobre el líquido. Por ejemplo, si se duplica la presión parcial del gas sobre el líquido, la solubilidad del gas en el líquido también se duplica, por el contrario, si la presión parcial se reduce a la mitad, entonces la solubilidad del gas en el líquido se reducirá a la mitad y algo del gas escapará del líquido. El factor de proporcionalidad  $K'$  se llama constante de la Ley de Henry. Su Magnitud depende de la naturaleza del gas y el solvente, temperatura y unidades en que se expresa  $P_2$  (Daub y Seese, 1996).

#### 4.13 Narcosis por Nitrógeno

Una presión alta de nitrógeno tiene un efecto narcótico en los humanos. Esto puede causar una sensación anormal, euforia, paranoia, nerviosismo, disminución o entorpecimiento de las funciones normales del cerebro y del cuerpo. No se conoce exactamente por que el nitrógeno tiene este efecto, a pesar que muchos científicos asemejan esto así los efectos de la anestesia.

Los síntomas pueden ser muy suaves al principio e incrementarse a mediada que el buzo va más profundo.

La narcosis por nitrógeno puede causar mareos o desorientación y si el buzo continuase descendiendo, eventualmente caerá en un estado de inconsciencia.

La profundidad a la cual pueden ocurrir los síntomas no puede ser determinado con precisión.

La narcosis por nitrógeno es la razón principal por la que se recomienda a los

buzos recreativos estar dentro de los límites de 100 pies o 30 metros (Pazos, 1985).

#### **4.14 Adaptación al medio acuático**

El principio de Arquímedes describe la flotabilidad. Esta es muy importante en el buzo, para no estar hundiéndose o flotando, establecer una flotabilidad neutra o balanceada. El cuerpo de un individuo caerá dentro de las tres categorías de flotabilidad.

Flotabilidad positiva, si el cuerpo es menos pesado que el volumen de agua que este desplaza.

Flotabilidad negativa, se hundirá si el cuerpo pesa más que el volumen del agua que éste desplaza.

Flotabilidad neutra, tendera ni a flotar ni a hundirse si el cuerpo sea igual que el volumen de agua que éste desplaza.

Un peso apropiado es lo que permitirá al buzo sumergirse en el agua y empezar a descender. Una vez que se ha logrado el peso apropiado, el ajuste de la flotabilidad debajo del agua será logrado agregando o substrayendo aire del chaleco compensador (SSI, 2002).

#### **4.15 Visión**

El agua refracta la luz de forma diferente que el aire, causando que los objetos aparezcan fuera de foco cuando son vistos debajo del agua por el ojo humano, las mascarar tienen un espacio de aire que permite al ojo enfocar.

#### **4.16 Comunicación**

La comunicación normal de los humanos involucra oír y hablar, pero ambas acciones son adversamente afectadas por el medio del agua. El oído es afectado porque las ondas de sonido viajan cerca de cuatro veces más rápido en el agua que en el aire. Esto hace que sea difícil saber de donde viene el sonido.

El hablar debajo del agua presenta el mismo problema que con la visión, el hablar es de un medio aéreo y no líquido. Debido a que las cuerdas vocales vibran y crean un sonido al igual que en la tierra.

Un sonido que los buzos necesitan conocer es el golpe de la herramienta del buzo o de cualquier otro instrumento en contra del tanque. Ésta es una señal para atraer la atención de su compañero.

Las señales de mano es la forma más común para comunicarse, debido a que ésta es la manera de saber las condiciones que se encuentra el buzo en el agua y su compañero (SSI, 2002).





1. Bajo de Aire



2. Sin Aire



3. Ok



4. Pare/Sosténgase/  
Quédese Ahí



5. Compartamos Aire



6. Venga Aquí



7. Yo/Mírame



8. Esta Profundidad



9. Oídos no  
Compensados



10. Vamos Arriba



11. Vamos Abajo





12. Algo Está Mal


Fig. 10. señales de manos empleadas en buceo (SSI, 2002)

**Comunicación Clara**


Las señas de mano varían alrededor del mundo. Antes de bucear, asegúrese que usted y su compañero están de acuerdo con las señas que usarán y el significado de éstas.









13. Regresemos al Punto de Entrada




14. Tengo Frio




15. ¿Pregunta?




16. Embarcación/Bote




17. ¿Qué Dirección?




18. Este Lugar/Justo Aquí




19. Algo Arriba de la Cabeza



20. Emergencia/Pedir Ayuda (En superficie)



21. Ok/Estoy Bien (En superficie a una distancia)



22. Ok/Estoy Bien (Una mano ocupada)

Fig. 11. Señales de manos empleadas en buceo (SSI, 2002).

#### **4.17 Efectos de la disminución de la presión**

Si bien es cierto que el incremento de presión disminuye el volumen del gas, lo opuesto también es cierto, la disminución de la presión permitirá que el gas se expanda.

Los senos nasales y los oídos le permitirán al aire escaparse de manera natural, cuando el buzo va en ascenso, pero el buzo debe concientemente permitir que el aire de los pulmones salga.

Es extremadamente importante para el buzo respirar normalmente mientras asciende. Siempre que se respire normalmente, la vía del aire permanecerá abierta.

Asimismo el inclinar la cabeza hacia atrás y mirar hacia arriba ayuda a mantener la vía de aire abierta.

#### **4.18 Lesiones de sobre expansión**

Existen cuatro posibles lesiones de sobre expansión que pueden ocurrir si no se mantiene abierta la vía aérea hacia los pulmones durante un ascenso. Si un buzo asciende aguantando la respiración, el aire quedara atrapado en los pulmones, este aire que se expande más allá de los pulmones buscará una vía de escape.

a) Aeroembolia. Cuando el tejido de los pulmones se rompe y las burbujas de aire pasan al flujo sanguíneo, el buzo puede experimentar una aeroembolia o embolia gaseosa.

La sangre cargará estas burbujas de aire dentro de pequeñas arterias hasta que se forme un bloqueo, restringiendo el flujo de sangre. Esto puede pasar en varias áreas del cuerpo, pero algunas burbujas de aire presentes en el flujo de sangre pueden viajar hasta el cerebro.

b) Enfisema mediastinal y subcutáneo. El aire también puede lesionar el pulmón escapando dentro del espacio que esta entre el corazón, pulmones y la tráquea.

La presión que ejerce el aire contra el corazón puede causar dolor en el pecho, dificultad en la respiración y desmayo.

Burbujas en el mediastino pueden también viajar hacia arriba a lo largo de la traquea y juntarse debajo de la piel que recubre el cuello o la parte superior del cuello o la parte superior del pecho, resultando en un enfisema subcutáneo. Este se presenta como un salpullido grueso y levantado, que puede impedir o modificar el habla y la respiración si se localiza cerca de la laringe (SSI, 2002).

c) Neumotórax. Los pulmones están separados de la pared torácica por medio de una membrana llamada pleura.

Si las burbujas de aire se escapan quedando atrapadas entre los pulmones y la pleura, se forma una bolsa de aire que si llegara a expandirse mientras que el buzo asciende, presionará el pulmón, pudiendo llegar en casos extremos hasta colapso, esta lesión se denomina neumotórax, los síntomas y signos pueden incluir respiración inadecuada y dolor en el pecho.

#### 4.19 Enfermedad de descompresión

A medida que el buzo desciende y la presión parcial de nitrógeno respirada dentro de los pulmones se incrementa, la sangre absorbe nitrógeno, entra bastante rápido y lo transporta en forma de solución hacia los tejidos. Los tejidos absorben el nitrógeno y lo mantienen en solución bajo presión.

Cuando el buzo se mueve de regreso hacia aguas poco profundas y la presión parcial de nitrógeno disminuye, el proceso es inverso. La sangre que se regresa a los pulmones ahora tiene menos presión de nitrógeno, permitiendo a los tejidos liberar el nitrógeno dentro de la sangre, la cual lo regresa a los pulmones donde es exhalado.

La explicación más simple de lo que causa la enfermedad de descompresión es que burbujas de nitrógeno son formadas en el cuerpo cuando el buzo asciende muy rápido después de haber respirado aire comprimido debajo del agua a mucha profundidad durante mucho tiempo.

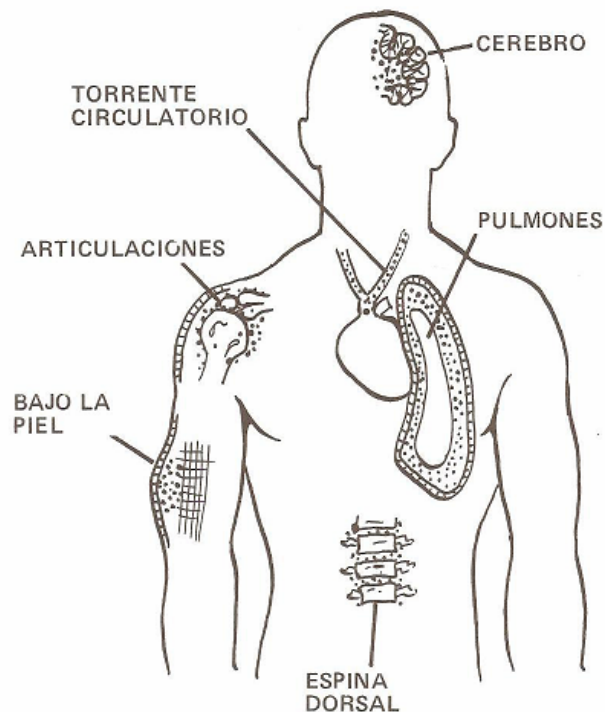


Fig. 12 Localización de lugares del cuerpo donde se alojan las burbujas (Pazos 1985).

Dificultad en la respiración, tos y una sensación de ardor en el pecho, indican una lesión en un pulmón.

Si el bloqueo se forma en una articulación o músculo, se sentirá dolor en esa área, pérdida de la sensibilidad al tacto, hormigueo en las extremidades y/o parálisis. Indican que la lesión está en la columna vertebral. Puede presentarse náusea, cansancio extremo y debilidad.

Los síntomas pueden aparecer entre los 15 minutos y hasta 12 horas después de haber regresado a la superficie, pero también pueden aparecer muy pronto. Un efecto retardado puede ocurrir, especialmente si viaja en avión.

Primeros auxilios y tratamiento. Los primeros auxilios para víctimas de la enfermedad de descompresión, incluyen respirar altas concentraciones de oxígeno si es posible oxigenó al 100%.

Mantener la víctima inmóvil, colocándola en una posición cómoda y si está consiente, dándole agua.

El tratamiento para la enfermedad de descompresión es recompresión inmediata en una cámara hiperbática (fig. 13 y 14).

Esto expone al buzo a presión reduciendo el tamaño de las burbujas, de manera que pueden regresar a la forma de solución. Luego el buzo se lleva a la presión ambiental a nivel del mar suficientemente lento, permitiendo así que el nitrógeno sea liberado como debiese de haber sido en un principio (Pazos, 1985).

Prevención. Cuando se bucea los dos factores que determinan cuánto nitrógeno se absorbió son la profundidad y el tiempo.

Cuando más profundo se va, más denso es el aire que respira y por lo tanto, hay más nitrógeno para absorber. Cuanto más tiempo se esté debajo del agua, es mayor el tiempo que el cuerpo tiene para acumular nitrógeno, la absorción por parte de los tejidos toma tiempo y no ocurre a la misma velocidad en todo el cuerpo.

Algunos tejidos absorben y liberan nitrógeno muy rápidamente, mientras otros lo hacen más lentamente.

La clave para prevenir la enfermedad de descompresión es regresar a la superficie suficientemente despacio como para permitir al nitrógeno ser liberado de los tejidos y de la sangre sin que cambie su estado de solución. Durante este ascenso lento el cuerpo sacará de manera natural una parte importante del nitrógeno extra que se encuentra en él.

La velocidad apropiada de ascenso es de 30 pies (9 metros) por minuto.



Si los buzos sobrepasan los límites de tiempo recomendados a cierta profundidad, se considera que ellos han tenido una inmersión de descompresión y por lo tanto tienen que hacer una parada de descompresión antes de subir a la superficie.

Una parada de descompresión es requerida cuando el buzo ha absorbido demasiado nitrógeno para darle salida a éste durante un ascenso normal a la superficie.

Parada de seguridad. Como una medida extra de seguridad, se recomienda hacer una parada de seguridad de 3 a 5 minutos a 15 pies (4.5 metros) en cualquier inmersión sobre 30 pies (9 metros). Otros países tales como Japón y Australia, que recomiendan una parada de 5 minutos a 16 pies (5 metros), han basado éstas recomendaciones en estudios de sus propios países (SSI, 2002).

Síndrome disbárico es el conjunto de signos y síntomas cuya causa se relacionan con exposición a cambios de presión ambiental.

A continuación se presentan las cámaras Hiperbáricas en las cuales se tiene una hiperoxigenación mayor de 1,140 mm Hg y reducción del volumen de los gases (fig. 13 y 14).



**Fig.13 Cámara hiperbárica**



**Fig.14 Cámara hiperbárica**

#### **4.20 Planificación de la inmersión**

Las computadoras de buceo y las tablas de buceo están diseñadas para permitir hacer cuantas inmersiones repetitivas usted quiera hacer, siempre y cuando se mantenga dentro de los límites de no-descompresión. Para mantener la trayectoria de las inmersiones repetitivas, usan un perfil de buzo. En la mayoría de los casos, esto será un simple gráfico, el cual incluye toda la información relevante para registrarse. El tipo de perfil a utilizar dependerá en el uso de una tabla de buceo o una computadora para ver como está indicado el perfil de la inmersión.

#### **4.21 Terminología y tabla de buceo**

A continuación se listan algunos términos clave que se deben saber para entender las tablas de buceo.

1. Tiempo de Fondo (TF) la cantidad de tiempo transcurrido desde el comienzo de su descenso hasta el momento en que comienza su ascenso directo de regreso a la superficie.
2. Buceo de descompresión. Inmersión que excede los límites de tiempo de no-descompresión, requiriendo así, parada de descompresión para eliminar parcialmente el exceso de nitrógeno acumulado durante la inmersión.

3. Profundidad. El punto más profundo alcanzado durante la inmersión, sin importar cuan poco tiempo se estuvo ahí.
4. Límites Doppler. Tiempo límite de no-descompresión, más conservadores que los límites de la marina de los Estados Unidos.
5. Letra del grupo designado. Letra designada después de una inmersión que indica la cantidad de nitrógeno residual que permanece en los tejidos del buzo.
6. Inmersión de no-descompresión. Cualquier inmersión que se pueda llevar a cabo a cierta profundidad por un tiempo máximo y que permita realizar un ascenso directo a la superficie.
7. Inmersiones repetitivas. Cualquier inmersión comenzada después de 10 minutos y menos de 12 horas, después de la última inmersión del buceo.
8. Tiempo de nitrógeno residual (TNR). Exceso de nitrógeno en el buzo al comienzo de la inmersión repetitiva. Durante su primera inmersión el tiempo residual es cero.
9. Intervalo de superficie. Cantidad de tiempo que el buzo pasa fuera del agua o en la superficie entre inmersiones.
10. Tiempo de fondo total (TFT). El tiempo que el buzo debe utilizar para calcular su grupo respectivo designado al final de una inmersión repetitiva. Recalcula como Tiempo de Fondo Real (TFR) + Tiempo de Nitrógeno Residual (TNR) = Tiempo de Fondo Total.

La primera función de la tabla 1 de límites y de designación de grupo repetitivo para inmersiones con aire de no-descompresión, es de enseñarle al buzo por cuanto tiempo ellos pueden permanecer a cierta profundidad; antes de absorber demasiado nitrógeno lo cual le permite hacer un ascenso directo a la superficie.

Es poco probable que usted vaya a bucear y permanezca exactamente a la misma profundidad durante toda la inmersión, si excede una cierta profundidad de la tabla vaya al próximo número superior en la tabla.

El próximo paso al usar las tablas es encontrar su tiempo de fondo máximo permitido a esta profundidad.

La designación de la letra que se ve en la parte de debajo de la tabla 1 es utilizada para indicar el nitrógeno residual del buzo después de una inmersión. Cada buzo queda con una cierta cantidad de nitrógeno disuelto en su cuerpo después de cada inmersión. Esta letra de grupo designada es utilizada por el buzo para descifrar el tiempo de intervalo en superficie que debe transcurrir antes de hacer otra inmersión. Es decir cuanto tiempo debe permanecer el buzo fuera del agua



antes de bucear de nuevo.

Si el intervalo de superficie es menor de 10 minutos, debe de considerar ambas inmersiones como una sola. Si no se bucea por más de doce horas, ya no esta sujeto a los tiempos de nitrógeno residual.

**TABLA DE LIMITES DOPPLER SIN DESCOMPRESION** **SSI**  
 BASADOS EN LAS TABLAS DE BUCEO DE LA U.S. NAVY

**TABLA 1** **Tabla de Límites sin Descompresión y Grupos de Presión**

**COMO USAR LA TABLA 1:** Determine la profundidad máxima de la inmersión (pies o metros, extremo izquierdo). Busque a la derecha el tiempo en minutos que pasará a tal profundidad y debajo encontrará el Grupo de Presión (GP).

Profundidad Pies / Metros	Límites Doppler sin Descompresión (en minutos)	60	120	210	300	225	350								
10 3.0		60	120	210	300										
15 4.5		35	70	110	160	225	350								
20 6.0		25	50	75	100	135	180	240	325						
25 7.5	245	20	35	55	75	100	125	160	195	245					
30 9.0	205	15	30	45	60	75	95	120	145	170	205				
35 10.5	160	5	15	25	40	50	60	80	100	120	140	160			
40 12.0	130	5	15	25	30	40	50	70	80	100	110	130			
50 15.0	70		10	15	25	30	40	50	60	70					
60 18.0	50		10	15	20	25	30	40	50						
70 21.0	40		5	10	15	20	30	35	40						
80 24.0	30		5	10	15	20	25	30							
90 27.0	25		5	10	12	15	20	25							
100 30.0	20		5	7	10	15	20								
110 33.0	15			5	10	13	15								
120 36.0	10			5	10										
130 39.0	5			5											

**GRUPO DE PRESIÓN** **A B C D E F G H I J K**

**TABLA 2** **Tabla de Tiempos de Nitrógeno Residual para Inmersiones Repetitivas**

**COMO USAR LA TABLA 2:** Comience con el Grupo de Presión indicado en la Tabla 1. Siga la fecha y baje hasta encontrar la letra que corresponde a su Grupo de Presión en la Tabla 2. A la izquierda de las letras están las Ventanas de Tiempo del Intervalo de Superficie; detérminelo para entonces poder bajar y encontrar el nuevo Grupo de Presión para la inmersión repetitiva. Después de pasar 12 horas toda inmersión deja de considerarse como repetitiva.

NUEVO GRUPO DE PRESIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
0:10	A										
12:00*											
3:21	0:10	B									
12:00*	3:20										
4:50	1:40	0:10									
12:00*	4:49	1:39									
5:49	2:39	1:10	0:10								
12:00*	5:48	2:38	1:09								
6:35	3:25	1:58	0:55	0:10							
12:00*	6:34	3:24	1:57	0:54							
7:06	3:58	2:29	1:30	0:46	0:10						
12:00*	7:05	3:57	2:28	1:29	0:45						
7:36	4:26	2:59	2:00	1:16	0:41	0:10					
12:00*	7:35	4:25	2:58	1:59	1:15	0:40					
8:00	4:50	3:21	2:24	1:42	1:07	0:37	0:10				
12:00*	7:59	4:49	3:20	2:23	1:41	1:06	0:36				
8:22	5:13	3:44	2:45	2:03	1:30	1:00	0:34	0:10			
12:00*	8:21	5:12	3:43	2:44	2:02	1:29	0:59	0:33			
8:51	5:41	4:03	3:05	2:21	1:48	1:20	0:55	0:32	0:10		
12:00*	8:50	5:40	4:02	3:04	2:20	1:47	1:19	0:54	0:31		
8:59	5:49	4:20	3:22	2:39	2:04	1:36	1:12	0:50	0:29	0:10	
12:00*	8:58	5:48	4:19	3:21	2:38	2:03	1:35	1:11	0:49	0:28	

**TIEMPOS DE NITRÓGENO RESIDUAL AL REVERSO**

© 1995 CONCEPT SYSTEMS, INC. © 1997 SSI LATINAMÉRICA (Versión en Español) N° 2206 SP

Tabla 1. Límites Doppler sin descompresión.

Tabla 2. Tiempo de nitrógeno residual para inmersiones repetitivas (SSI, 1995)



**TABLA DE LIMITES DOPPLER SIN DESCOMPRESION** **SSI**  
 BASADA EN LAS TABLAS DE BUCEO DE LA U.S. NAVY

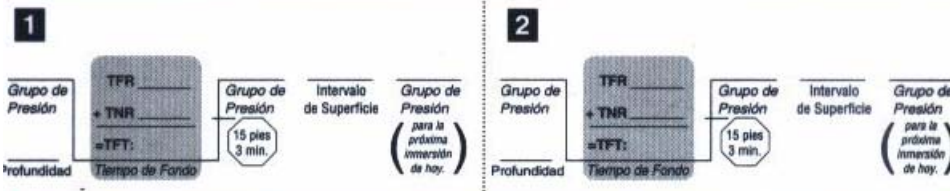
**TABLA 3**

**Tiempos de Nitrógeno Residual (minutos)**

— CONTINUACIÓN DE LA TABLA DOS —

NUEVO GRUPO DE PRESIÓN		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
PROFUNDIDAD REPETITIVA		= LIMITES AJUSTADOS SIN DESCOMPRESION S/L = SIN LIMITE										
pies	metros											
10	3	39	88	159	279							
		S/L	S/L	S/L	S/L							
20	6	18	39	62	88	120	159	208	279	399		
		S/L	S/L	S/L	S/L	S/L	S/L	S/L	S/L	S/L	S/L	
30	9	12	25	39	54	70	88	109	132	159	190	
		193	180	166	151	135	117	96	73	46	15	
40	12	7	17	25	37	49	61	73	87	101	116	
		123	113	105	93	81	69	57	43	29	14	
50	15	6	13	21	29	38	47	56	66			
		64	57	49	41	32	23	14	4			
60	18	5	11	17	24	30	36	44				
		45	39	33	26	20	14	6				
70	21	4	9	15	20	26	31	37				
		36	31	25	20	14	9	3				
80	24	4	8	13	18	23	28					
		26	22	17	12	7	2					
90	27	3	7	11	16	20	24					
		22	18	14	9	5	1					
100	30	3	7	10	14	18						
		17	13	10	6	2						
110	33	3	6	10	13							
		12	9	5	2							
120	36	3	6	9								
		7	4	1								
130	39	3										
		2										

**COMO USAR LA TABLA 3:**  
 Comience con el nuevo Grupo de Presión (GP) dado por la Tabla 2. Luego, busque la profundidad máxima de su inmersión repetitiva en pies o metros al extremo izquierdo de la Tabla 3. La casilla donde se intersectan la profundidad de la inmersión repetitiva y el nuevo Grupo de Presión tendrá dos números: El número de arriba le indica el Tiempo de Nitrógeno Residual. El de abajo, le indica el Límite Ajustado sin Descompresión de la próxima inmersión.



**ADVERTENCIA:** Las tablas de buceo de la U.S. Navy fueron diseñadas bajo los requerimientos de la U.S. Navy, para ser usadas por buzos profesionales. Al ser utilizadas por los buzos recreativos, las tablas deben ser utilizadas de manera muy conservadora. La Enfermedad de Descompresión (ED) puede ocurrir incluso cuando las tablas se han utilizado correctamente, siguiendo los procedimientos de seguridad apropiados.

**PARADA DE SEGURIDAD:** Se recomienda que usted realice una parada de seguridad de 3 a 5 minutos a 15 pies (5 metros) en todas las inmersiones superiores a 30 pies (9 metros)

**PROCEDIMIENTO DE PARADA DE DESCOMPRESION:** En el caso de exceder accidentalmente los límites Doppler sin Descompresión por menos de 5 minutos en cualquier inmersión, se recomienda un ascenso normal hasta los 15 pies (5 metros) y una parada de por lo menos 10 min., o más si su suministro de aire se lo permite. En el caso de haber excedido los límites Doppler por más de 5 minutos pero por menos de 10 minutos en cualquier inmersión, se recomienda una parada a 15 pies (5 metros) de por lo menos 20 minutos, más si su suministro de aire se lo permite. **Absténgase de realizar cualquier actividad de buceo scuba durante las 24 horas siguientes.**

Tabla 3. Tiempo de nitrógeno residual (SSI, 1995).

Existen varias tablas para calcular y o planear el buceo aparte de la de SSI, como la de NAUI (Asociación de Instructores Subacuáticos).

En la bitácora se lleva el registro del número de inmersiones, fecha, lugar, equipo, verificaciones, plan de buceo y post-inmersiones, así como una narrativa de esa experiencia, el sello y firma de la casa de buceo que presta el servicio.

Esto sirve para llevar un registro completo y una adecuada planeación (Tabla 4).

DIVE NUMBER • INMERSION NÚMERO \_\_\_\_\_

## SSI® DiveLog - Bitácora

Date / Fecha \_\_\_\_\_ Buddy / Compañero \_\_\_\_\_

Site Name / Nombre del Sitio \_\_\_\_\_

Location / Localización \_\_\_\_\_

Dive Objective / Objetivo de la Inmersión \_\_\_\_\_

---

**PRE-INMERSION** Complete antes de la inmersión

**EQUIPMENT**  
EQUIPOS

Suit / Traje: • Dive Skin • Polartec • 6mm • 3mm • Dry Suit  
 Tank Size / Tamaño del Tanque: \_\_\_\_\_ • Steel/Acero • Aluminio  
 Other Equipment / Otros Equipos:  
 • Compass / Brújula • Dive Light / Linterna • Knife / Cuchillo  
 • Camera / Cámara Next Time Try / Próxima Vez Traer \_\_\_\_\_  
 Weight Amount / Lastre Cantidad \_\_\_\_\_ Next Time/Prox. Vez \_\_\_\_\_  
\* If the weight is ok, record it on the Proper Weighting Tables Section  
 \* Si el peso está bien, escríbalo en la sección de Tabla de Peso Adecuado.

---

**BUDDY CHECK**  
VERIFICACION

- Hand Signals / Señas de Mano
- Lost Buddy / Compañero Perdido
- Air Sharing Ascent / Ascenso Compartiendo Aire
- Emergency Ascent / Ascenso de Emergencia
- Power Inflator Location / Ubicación del Inflador
- Alternate Air Location & Use / Aire Alterno Ubicación & Uso
- Weight System / Sistema de Lastre

---

**CONDITIONS**  
CONDICIONES

Type of Dive/Inmersión: • Beach/Playa • Boat/Bote • Other \_\_\_\_\_  
 Water/Agua: • Salt/Salada • Fresh/Dulce Temp. \_\_\_\_\_ Visib. \_\_\_\_\_  
 Surface/Superf.: • Calm/Calmado • Choppy/Picado • Rough/Agitado  
 Surf/Oleaje: • Small/Moderado • Medium/Medio • Large/Grande  
 Tide / Marea: • High/Alta • Low/Baja  
 Current/Corriente: • Fast/Rápida • Slow/Leve Type/Tipo \_\_\_\_\_  
 Weather/Clima: • Sunny/Soleado • Cloudy/Nublado Temp. \_\_\_\_\_

---

**DIVE PLAN**  
PLAN DE BUCEO

Plan Depth/Prof. \_\_\_\_\_ SAC/CAS \_\_\_\_\_ Time/Tiempo \_\_\_\_\_  
 Contingency/Contingencia: Depth/Prof. \_\_\_\_\_ Time/Tiempo \_\_\_\_\_  
 Tank Pressure / Presión del Tanque:  
 Start / Comienzo \_\_\_\_\_ PSI/BAR • Air / Aire  
 • EAN / NITROX \_\_\_\_\_ % MOD \_\_\_\_\_ PO<sub>2</sub> \_\_\_\_\_  
 Navigation/Navegación: • Compass/Brújula \_\_\_\_\_ • Natural  
Heading  
Dirección

---

**POST-DIVE**  
POST-INMERSION

BG \_\_\_\_\_ RG \_\_\_\_\_

RT \_\_\_\_\_

BT \_\_\_\_\_

RT \_\_\_\_\_

**Computer Dive (fill out color items)**  
**Con Computadora (complete los items en color)**

End/Final - PSI/BAR \_\_\_\_\_ Used/Usado: \_\_\_\_\_  
 SAC/CAS = \_\_\_\_\_ psi/bar x min

© 2003 FBPC/SSI Latin America, Inc. Eng/Spn. •

Tabla 4. Bitácora (SSI, 2002).

#### 4.22 Computadoras de buceo

Usando las computadoras de buceo para las inmersiones repetitivas, éstas calculan la profundidad, el tiempo y tiempo sobrante de una inmersión en específico, al igual que monitorea su velocidad de ascenso y le advierte si esta ascendiendo demasiado rápido. Ellas hacen seguimiento de intervalo de superficie y calculan el tiempo que puede tomar para su inmersión repetitiva.

Las computadoras de buceo planifican y monitorean su información a lo largo de todo el día de buceo y al ser utilizadas apropiadamente, pueden añadir muchos minutos a sus inmersiones manteniéndolo al mismo tiempo dentro de los límites de no-descompresión.

#### 4.23 Otros factores que afectan la absorción de Nitrógeno y la descompresión

Existen muchos factores que pueden interferir con la entrada o salida del nitrógeno, incluyendo:

- Edad
- Consumo de alcohol o drogas
- Calor o frío extremo
- Heridas viejas
- La velocidad de coagulación
- Obesidad
- Medicamentos
- Falta de sueño
- Fatiga extrema
- Deshidratación

La altitud afecta la descompresión. Cuando se bucea en altitud de 1.000 pies o 305 metros) la tabla de absorción del nitrógeno es diferente que la del nivel del mar, ya que hay menos presión atmosférica.

Las computadoras de buceo y los profundímetros, por general requieren cierto tiempo para ajustar a la altura antes de poder funcionar de forma precisa.

Volar después de bucear, puede ser dañino para el buzo saturado en nitrógeno, debido a que la cabina de los aviones no está presurizada con la presión que se tiene a nivel del mar (Pazos, 1985).

#### 4.24 Evitando situaciones de pánico

Algunas de las causas del pánico más comunes son:

- a) Aflicción respiratoria. Hay dos causas generales de la aflicción respiratoria:

Estar realmente con poco o sin aire, como consecuencia de patrones de respiración poco efectivas. Para evitar estar con poco aire o sin aire, monitoree su suministro de aire y planifique su inmersión para regresar a la superficie por lo menos con 500 libras (35 BAR) de aire en su tanque.

- b) Convirtiendo erróneamente la ficción en realidad. La industria cinematográfica y del entretenimiento crean ficción a partir de hechos para lograr una excelente historia – un sentido de peligro, emoción, suspenso y aventura.
- c) Condiciones ambientales. El movimiento de agua, la visibilidad limitada, abismos subacuáticos, enredos, vida marina peligrosa, frío, claustrofobia y pérdida de un compañero puede estar relacionado con un cambio en el ambiente.
- d) Equipo. El usar un equipo con el que no sé esta familiarizado, que no quede bien o no funciona adecuadamente, puede crear estrés lo que puede conllevar al pánico (SSI, 2002).

## 5. Nitrox

Nitrox es cualquier mezcla de oxígeno y nitrógeno. Por ejemplo, el aire que respiramos en estos momentos es una forma de Nitrox.

### 5.1 El aire enriquecido Nitrox

Describe una mezcla de concentración de oxígeno (también referida como fracción de oxígeno o  $FO_2$ ), superior al 21% en el aire. Así, mientras que el aire es Nitrox, técnicamente el aire no es aire enriquecido Nitrox.

Los buceadores utilizan los términos aire enriquecido Nitrox y la sigla EANx (mezclas con fracciones de oxígeno) alternativamente. Para simplificar se usan los términos Nitrox y las siglas EANx únicamente para referirse a mezclas con fracciones de oxígeno ( $FO_2$ ) de 22% de oxígeno o más.

EANx es una sigla para el aire enriquecido Nitrox en donde la x es una variable que depende del valor de  $FO_2$ , Así EAN32, por ejemplo, representa una mezcla de Nitrox con una fracción de oxígeno del 32%.

Frecuentemente se utilizan los términos más rico y más pobre para comparar diferentes tipos de mezclas Nitrox con  $FO_2$  diferentes. Las mezclas más ricas tienen  $FO_2$  más alto, las mezclas más pobres tienen concentraciones de  $FO_2$  más bajas y se dice que son más diluidas.

Las dos mezclas más usadas de nitrox son EAN32 y EAN36 debido a que las dos mezclas fueron las investigadas y desarrolladas por la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera (NOAA), organismo de los Estados Unidos. Estas mezclas son también conocidas como NOAA Nitrox I y NOAA Nitrox II (NNII).

EAN32 (NNI) es una mezcla que favorece la mayoría de las inmersiones recreativas. Los buzos pueden usar EAN32 a cualquier profundidad, dentro de la profundidad límite recomendada para buceo recreativo, que es de 100 pies (30 metros), sin exponerse a riesgos considerables de toxicidad de oxígeno en el Sistema Nervioso Central (SNC), (SSI, 1998).

El EAN36 es un gas óptimo para inmersiones más extendidas, científicas o de investigación, a profundidades moderadas. Sin embargo, usando EAN32 se expone a un riesgo mayor de toxicidad de oxígeno.

### 5.2 Conceptos respecto al uso de Nitrox

Algunos buzos creen que el Nitrox se utiliza para realizar inmersiones ultra-profundas. Sin embargo, Nitrox tiene limitaciones de profundidad más severas que el aire. De hecho usando la mezcla Nitrox más común, EAN32, a profundidades mayores de 110 ft/33 m se incrementa sustancialmente el riesgo de toxicidad de oxígeno.



Otra consideración es que la inmersión con Nitrox es considerablemente más peligrosa que con aire. Ninguna inmersión es absolutamente segura, ni absolutamente insegura. Cada inmersión lleva un potencial riesgo.

La recompresión con cámaras hiperbáticas ha sido desde hace años, el método ideal para tratar buzos recreativos, técnicos, científicos, comerciales y militares. Estos buzos pueden respirar, durante el buceo cualquier tipo de mezcla de gas disponible, desde aire hasta Nitrox, trimix, helio y cualquier otro gas exótico.

### **5.3 Beneficios de respirar menos nitrógeno**

Cuando se bucea con aire enriquecido, se expone el cuerpo a menos nitrógeno que el que tendría con aire. La mejor manera para poder evaluar con precisión como disminuye el nitrógeno que expone el cuerpo, se encuentra mediante el concepto de profundidad equivalente de aire, esta es el punto de partida para una planificación con Nitrox.

### **5.4 Nitrox y la narcosis**

El hecho de que el bucear con Nitrox expone a los buzos a menos nitrógeno, sugiere que su uso debería generar menos narcosis. Los estudios, sin embargo, no han sido capaces de poder afirmar esto. Una razón posible es que el oxígeno, en sí mismo, puede ser narcótico y la exposición a concentraciones mayores de oxígeno, pueden causar deterioros. Así que hasta este momento los investigadores no pueden asegurar cual es el impacto de la narcosis en las inmersiones con Nitrox.

### **5.5 El concepto de presión parcial**

Si la profundidad equivalente de aire, es la mejor manera para comparar la cantidad de nitrógeno que tiene la mezcla de Nitrox con referencia al aire, entonces la mejor manera para comparar, es la presión parcial de oxígeno abreviada  $PO_2$ , que es el valor numérico que se obtiene multiplicando la presión ambiental (expresada como la profundidad en atmósferas) por la fracción de oxígeno ( $FO_2$ ) que contiene la mezcla de gases que respira.

### **5.6 Limitando la presión parcial del oxígeno**

El oxígeno puede llegar a ser tóxico al igual que con las enfermedades de descompresión y varía de persona a persona y de día a día y se debe a los factores tales como la condición física del individuo, los niveles de dióxido de carbono y el nivel de esfuerzo realizado, pueden afectar los síntomas de toxicidad del oxígeno.

El umbral de toxicidad del oxígeno en el SNC aparece alrededor de 1.1 atmósferas de presión parcial. Sin embargo, las convulsiones ocasionadas por la toxicidad del oxígeno pueden ocurrir a este nivel, es sumamente improbable, que los buzos



experimenten síntomas cuando se exponen a una  $PO_2$ , dentro de la gama de 1.1 a 1.4 atmósferas.

El riesgo de la toxicidad de oxígeno en el SNC llega a ser mucho más considerable por encima de 1.4  $PO_2$

		<b>LA PRESIÓN PARCIAL DE OXÍGENO (<math>PO_2</math>)</b>															
		<b>Basada en la Profundidad y la Fracción de Oxígeno (<math>FO_2</math>)</b>															
<b>Depth</b>		<b>21%</b>	<b>22%</b>	<b>23%</b>	<b>24%</b>	<b>25%</b>	<b>26%</b>	<b>27%</b>	<b>28%</b>	<b>29%</b>	<b>30%</b>	<b>31%</b>	<b>32%</b>	<b>33%</b>	<b>34%</b>	<b>35%</b>	<b>36%</b>
<b>Foot</b>	<b>Metros</b>																
<b>35</b>	<b>10</b>	0.43	0.45	0.47	0.49	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74
<b>40</b>	<b>12</b>	0.47	0.49	0.51	0.53	0.55	0.58	0.60	0.62	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.80
<b>50</b>	<b>15</b>	0.53	0.55	0.58	0.60	0.63	0.65	0.68	0.70	0.73	0.75	0.78	0.80	0.83	0.86	0.88	0.91
<b>60</b>	<b>18</b>	0.60	0.62	0.65	0.68	0.70	0.73	0.76	0.79	0.82	0.85	0.87	0.90	0.93	0.96	0.99	1.01
<b>70</b>	<b>21</b>	0.66	0.68	0.72	0.75	0.78	0.81	0.84	0.87	0.91	0.94	0.97	1.00	1.03	1.06	1.09	1.12
<b>80</b>	<b>24</b>	0.72	0.75	0.79	0.82	0.86	0.89	0.92	0.96	0.99	1.03	1.06	1.10	1.13	1.16	1.20	1.23
<b>90</b>	<b>27</b>	0.78	0.82	0.86	0.89	0.93	0.97	1.01	1.04	1.08	1.12	1.16	1.19	1.23	1.27	1.30	1.34
<b>100</b>	<b>30</b>	0.85	0.89	0.93	0.97	1.01	1.05	1.09	1.13	1.17	1.21	1.25	1.29	1.33	1.37	1.41	1.45
<b>110</b>	<b>33</b>	0.91	0.95	1.00	1.04	1.08	1.13	1.17	1.21	1.26	1.30	1.34	1.39	1.43	1.47	1.52	1.56
<b>120</b>	<b>36</b>	0.97	1.02	1.07	1.11	1.16	1.21	1.25	1.30	1.34	1.39	1.44	1.48	1.53	1.58		
<b>130</b>	<b>39</b>	1.04	1.09	1.14	1.19	1.23	1.28	1.33	1.38	1.43	1.48	1.53	1.58				

=  $PO_2$  in excess of 1.4 ATA/bar  
 =  $PO_2$  in excess of 1.5 ATA/bar

**Tabla 3. La presión parcial del Oxígeno (SS1, 1998).**

En la tabla 3 se muestra como los niveles de  $PO_2$  varia con la profundidad y la  $FO_2$ . Al examinar estos números, verá que la mezcla de Nitrox más “pobres” implica una reducción en el nivel de riesgo por toxicidad de oxígeno en el SNC, Sin embargo cuando el  $FO_2$  aumenta y excede el 32%, los niveles de  $PO_2$  aumentan, incrementándose el riesgo de toxicidad.

### 5.7 Toxicidad del oxígeno en el SNC

El oxígeno, si bien es esencial para mantener la vida, no obstante es tóxico a niveles elevados. Para contrastar los niveles tóxicos de oxígeno, en el cuerpo, existen mecanismos químicos de defensa que evitan que se ocasionen reacciones indeseables que determinen la muerte de las células. A presiones atmosféricas nuestros mecanismos normales de defensa contrarrestan los efectos tóxicos del oxígeno. Sin embargo, cuando aumenta la profundidad, se incrementa la presión parcial del oxígeno en los gases que respira el buzo y los mecanismos de defensa pueden ser neutralizados terminando en una intoxicación por oxígeno. Aunque el oxígeno puede ser tóxico en todos los tejidos del cuerpo, sus efectos más perceptibles e inmediatos tienen lugar en los pulmones y en el SNC.

La toxicidad del oxígeno en el SNC es más importante cuando comienzan a desarrollarse los síntomas de toxicidad del oxígeno, esto puede progresar rápidamente hasta llegar a ocasionar convulsiones.

La toxicidad del oxígeno en el SNC, por si misma no es necesariamente mortal. El problema es debajo del agua. Una intoxicación del SNC podría ocasionar la pérdida de conocimiento del buzo o la incapacidad para mantener el regulador en la boca y el control de la respiración, esto no sería un problema en la superficie, pero si puede conducir muy fácilmente a un caso fatal por ahogamiento, si llegase a suceder debajo del agua.

### **5.7.1 Factores que contribuyen a la toxicidad del oxígeno**

El exceder el límite de la PO<sub>2</sub> recomendada, el tiempo de exposición y el elevado nivel de dióxido de carbono, puede ser resultado de un esfuerzo físico.

Recientemente, se han presentado evidencias sobre la participación activa de fármacos descongestionantes (antihistamínicos), así como también de otras drogas, que pueden actuar como agentes excitantes del oxígeno y que aceleran el inicio de la toxicidad en el SNC. Por supuesto que la mejor manera de prevenir estos riesgos consiste en evitar ingerir cualquier tipo de droga antes de bucear.

### **5.7.2 Reacción y respuesta a la toxicidad del oxígeno en el SNC**

La principal señal de toxicidad del oxígeno en el SNC son las convulsiones. Un buzo que sufre convulsiones puede ser incapaz de mantener el regulador en la boca.

Los síntomas de la toxicidad del oxígeno pueden actuar como la advertencia que nosotros necesitamos para tomar acciones inmediatas antes que aparezcan y ocurra la pérdida de conocimiento, estas incluyen:

- Algunos deterioros en la visión, incluyendo la visión “de túnel”.
- Cambios en la función normal de la audición, incluyendo una sensación de zumbidos incesantes.
- Náuseas, estas pueden variar en intensidad, siendo intermitentes.
- Vértigo. Desorientación espacial

Estamos de acuerdo que esto implica bastante riesgo ya que un buzo convulsionado puede bloquear sus vías aéreas y arriesgarse a experimentar una sobre expansión pulmonar durante el ascenso y es probable que llegue a ahogarse.

Después que la fase [tónica] de convulsión cese, el buzo se dice que entra en una etapa <pos tensión>. Esto significa que si el buzo está inconsciente, por lo menos no seguirá convulsionándose. Se espera que el buzo recobre gradualmente el conocimiento, alcanzando plena conciencia de sus actos en un periodo de diez minutos aproximadamente. Si el buzo no recobra el conocimiento, se debe sospechar de una embolia cerebral por gas arterial y actuar con base en este diagnostico (SSI. 1998).

### 5.7.3 Previendo la toxicidad del oxígeno en el sistema nervioso

Los pasos que pueden ayudar a prevenir la toxicidad incluyen:

- A) Establecer y permanecer dentro de los límites de Profundidad Operativa Máxima (POM).
- B) Usar sólo los valores límites a la exposición segura al O<sub>2</sub>, basados en el “tiempo” de SNC, su exposición deberá permanecer dentro de un nivel determinado de PO<sub>2</sub>, no solamente dentro de los niveles más seguros de 1.4 atmósferas o menos, sino también que no debe superar valores de límites de tiempo seguros para tiempo reexposición al SNC.
- C) Limitar la profundidad. Cuanto menor sea la profundidad donde se bucea, menor será el riesgo de toxicidad de oxígeno en el SNC.
- D) Reducir los niveles de CO<sub>2</sub>. Son varios los pasos para esto:
  - Planificar las inmersiones para que requiera de menor esfuerzo físico posible.
  - Evitar las fuertes corrientes y las largas distancias debajo del agua.
  - Usar un regulador adecuado y bien mantenido.
  - Respirar profunda y lentamente.

Cada se bucea con Nitrox, deberá establecer primero la POM, ésta dependerá de la concentración de oxígeno en gas que respirará y de la PO<sub>2</sub> a la que haya decidido permanecer durante la inmersión.

## PROFUNDIDAD OPERATIVA MÁXIMA (POM)

Basada en la Fracción de Oxígeno (FO<sub>2</sub>) ■ Limitando la PO<sub>2</sub> entre 1.3-1.6 ATA/BAR ■ Profundidades en Pies y Metros

Limiting PO <sub>2</sub>	21%	22%	23%	24%	25%	26%	27%	28%	29%	30%	31%	32%	33%	34%	35%	36%
<b>DEPTH IN FEET OF SALT WATER</b>																
1.3	171	162	153	145	138	132	125	120	114	110	105	101	97	93	89	86
1.4	187	177	167	159	151	144	138	132	126	121	116	111	107	102	99	95
1.5	202	192	182	173/52	165	157	150	143	137	132	126	121	117	112	108	104
1.6	218	207	196	187	178	170	162	155	149	143	137	132	127	122	117	113
<b>DEPTH IN METRES OF SALT WATER</b>																
1.3	52	49	46	44	42	40	38	36	35	33	32	30	29	28	27	26
1.4	57	53	51	48	46	44	42	40	38	36	35	33	32	31	30	29
1.5	61	58	55	52	50	47	45	43	41	40	38	37	35	34	33	31
1.6	66	63	59	57	54	51	49	47	45	43	41	40	38	37	35	34

**TABLA 4. Profundidad operativa máxima (SSI, 1998).**

Las áreas sombreadas representan PO<sub>2</sub> superiores a las 1.4 atmósferas. Los expertos insisten en recomendar que se evite aquellas profundidades que exponen a los buzos a presiones parciales de oxígeno superiores a estos valores.

### 5.8 Equipos especiales para Nitrox

El cuerpo humano no está diseñado para soportar elevadas presiones parciales de oxígeno; no obstante, este se ha logrado adaptar de manera sorprendente. De manera similar, la mayoría de los equipos de buceo no fueron diseñados originalmente para ser usados con Nitrox. Afortunadamente, muchas piezas del equipo SCUBA pueden ser utilizadas con aire o con aire enriquecido EANx.

La única parte del equipo de buceo de SCUBA que se debe de tomar en cuenta, es la que tiene contacto directo con el gas. Esta parte incluye: Las válvulas y los tanques de aire, reguladores y cualquier otro componente adjunto a los mismos. Las consideraciones especiales con respecto a estos artículos son el aumento de la oxigenación y el riesgo de incendio o explosión.

Los O-rings, asientos y otros componentes utilizados en muchas piezas del equipo de suministro del aire están sujetos a los efectos de la oxidación. A través del tiempo, materiales tales como el neopreno se combina con el oxígeno y se deteriora.

Aunque el aire que normalmente usamos para llenar los tanques de buceo es seguro para el consumo humano, no es absolutamente puro. Contiene rastros de hidrocarburos y otros contaminantes. A través del tiempo, estas sustancias

pueden originar depósitos sobre las superficies internas de los tanques, válvulas y reguladores.

Normalmente, estos depósitos no ocasionan ningún tipo de problema. Sin embargo, al ser expuestos al oxígeno puro o mezclas de gases con fracciones de oxígeno ( $FO_2$ ) extraordinariamente altas, pueden generar una combustión espontánea, creando un riesgo potencial de explosiones o incendios, incluso con consecuencias fatales.

Adicionalmente, el lubricante de silicona utilizado normalmente para darle mantenimiento al equipo de suministro al de aire, los reguladores y las válvulas, así como también los materiales de algunos O-rings y asientos son inflamables al ser expuestos a presiones elevadas y mezclas que contiene grandes concentraciones de oxígeno a baja presión.

Se deben de marcar e identificar los tanques de Nitrox, ya que si un buzo usa un tanque de Nitrox y no esta marcado como tal, podría sufrir toxicidad por oxígeno en el SNC. Por lo contrario si usa uno con aire, aumenta sustancialmente el riesgo de sufrir una Enfermedad de Descompresión (ED).

Las normas para marcar los tanques de Nitrox pueden variar, dependiendo de donde viva o bucee. La etiqueta que más se utiliza es de color verde o amarillo como un código común. La escritura esta sobre una banda de 4 pulgadas/ 10 cm de ancho que rodea todo el tanque y dice Aire Enriquecido o Aire Enriquecido Nitrox EANx, además de esto los tanques deben tener una calcomanía de "limpio para oxígeno" y "apto para oxígeno" y de inspección visual. También deberá estar claramente indicado quien la realizó y cuando se efectuó el análisis del cilindro.

### **5.9 Planificando inmersiones con Nitrox**

La verdadera <<habilidad>> en las inmersiones con Nitrox consiste en la planificación segura de cada una de ellas y también debe controlar su exposición al oxígeno.

Aunque las inmersiones Nitrox reducen la exposición al nitrógeno, este peligro no es eliminado completamente. Aun cuando use correctamente uno o más de los métodos aceptados para la planificación con Nitrox, siempre queda abierta la posibilidad de sufrir ED.

### **5.10 Manejo de la exposición al nitrógeno**

Uno de los métodos para controlar la exposición al nitrógeno cuando se bucea con Nitrox, es simplemente seguir usando las tablas de buceo o computadoras que usa cuando bucea con aire. Los beneficios parciales, entre otros son:

1. Se simplifica el proceso de planeación del buceo, al utilizarse las mismas herramientas que en el buceo con aire.

2. Se logra reducir el margen de ED al basar su planificación de la inmersión sobre la suposición de que la mezcla de gases contiene mucho más nitrógeno del que realmente tiene. La ventaja principal de este enfoque es que no aumentará el tiempo de buceo, ni disminuirá los intervalos de superficie o la duración de las inmersiones repetitivas
  - A) Usar una computadora de aire, basada en una tabla de buceo con aire sin modificar.
  - B) Usar una computadora programada para Nitrox. Algunas computadoras de buceo con Nitrox programables, no solamente evalúan la exposición del buzo al nitrógeno sino que también evalúan la exposición al oxígeno.
  - C) Usar profundidades equivalentes de aire, conjuntamente con una tabla de buceo basada en el consumo de aire. Una manera muy común de planificar las inmersiones Nitrox, es utilizando el concepto de Profundidad Equivalente de aire (PEA) y las mismas tablas de buceo que normalmente se usan para inmersiones respirando aire.

Algunos buzos usan las tablas de buceo NOAA, Nitrox I y Nitrox II, diseñadas con base a las profundidades equivalentes de aire (PEA). Estas tablas están únicamente disponibles para EAN32 y EAN36.

Otro enfoque para usar las PEA, es trabajar con una formula matemática que proveerá la PEA, para cualquier combinación de profundidad y FO2

Número Tabla Profundidad Equivalente de Aire (PEA) (m)	<b>PROFUNDIDADES EQUIVALENTES</b> EN METROS - BASADAS EN LA FRACCIÓN DE OXÍGENO																SCUBA SCHOOLS INTERNATIONAL	SSI®
	22%	23%	24%	25%	26%	27%	28%	29%	30%	31%	32%	33%	34%	35%	36%			
10 0.4	10 0.46	11 0.49	11 0.51	11 0.54	12 0.57	12 0.60	12 0.63	13 0.66	13 0.70	13 0.73	14 0.77	14 0.80	14 0.84	15 0.88	15 0.92			
12 0.4	12 0.49	12 0.52	13 0.55	13 0.58	13 0.61	14 0.65	14 0.68	14 0.71	15 0.75	15 0.79	15 0.82	16 0.86	16 0.90	16 0.94	17 0.98			
15 0.5	15 0.56	15 0.59	16 0.63	16 0.66	16 0.70	17 0.73	17 0.77	18 0.81	18 0.85	18 0.89	19 0.94	19 0.98	20 1.02	20 1.07	21 1.12			
18 0.6	18 0.63	19 0.67	19 0.70	19 0.74	20 0.78	20 0.82	21 0.87	21 0.91	21 0.95	22 1.00	22 1.05	23 1.10	23 1.15	24 1.20	24 1.25			
21 0.6	21 0.70	22 0.74	22 0.78	23 0.82	23 0.87	23 0.91	24 0.96	24 1.01	25 1.06	25 1.11	26 1.16	26 1.21	27 1.27	28 1.33	28 1.39			
24 0.7	24 0.76	25 0.81	25 0.85	26 0.90	26 0.95	27 1.00	27 1.05	28 1.10	28 1.16	29 1.22	29 1.27	30 1.33	31 1.39	31 1.46	32 1.52			
27 0.7	27 0.83	28 0.88	28 0.93	29 0.98	29 1.03	30 1.09	31 1.15	31 1.20	32 1.26	32 1.32	33 1.39	34 1.45	34 1.52	35 1.59				
30 0.8	31 0.90	31 0.95	32 1.01	32 1.06	33 1.12	33 1.18	34 1.24	35 1.30	35 1.36	36 1.43	37 1.50	37 1.57						
33 0.9	34 0.97	34 1.02	35 1.08	35 1.14	36 1.20	37 1.27	37 1.33	38 1.40	38 1.47	39 1.54	39 1.58							
36 0.9	37 1.03	37 1.09	38 1.16	39 1.22	39 1.29	40 1.35	41 1.42	41 1.50	42 1.57									
39 1.0	40 1.10	40 1.17	41 1.23	42 1.30	42 1.37	43 1.44	44 1.52	45 1.59										

**AVISO**

El buceo Nitrox (EANx) implica riesgos adicionales que no están presentes cuando se bucea con aire, incluyendo el riesgo de toxicidad de oxígeno en el Sistema Nervioso Central (SNC), el cual puede causar pérdida del conocimiento debajo del agua, causando, entre algunas personas, e incluso la muerte. Antes de bucear utilizando Nitrox, debe obtener su certificación a través de un instructor SSI certificado para ese nivel.

Utilice las tablas y el resto de las herramientas de planificación de manera responsable. De cualquier manera, esto no implica que la Enfermedad de Descompresión o la Toxicidad de Oxígeno en el SNC no puedan llegar a ocurrir.

Fracción de Oxígeno (FO<sub>2</sub>)

Profundidad Real

Presión Parcial de Oxígeno (PO<sub>2</sub>)

32% → PO<sub>2</sub> superior a 1.4 ATA/bar

84 → PO<sub>2</sub> superior a 1.5 ATA/bar

Consulte el Manual SSI NITROX para más detalles sobre el uso de esta tabla.

© 1998 SSI LATINAMÉRICA • Número de Orden N° 2506 EAN SP

FJPD • SP EAD/CLOCK Slave • 6/98

Tabla 5. Profundidades equivalentes (SSI, 1998)



Usar la tabla 5 de PEA es similar al uso de una tabla de conversión para bucear en altitud. Comience ubicando la columna que corresponde a la fracción de oxígeno de la mezcla de gases que va a respirar. Descienda y encuentre el valor correspondiente a la profundidad a la cual va a descender, o simplemente el valor inmediato superior. Diríjase a la izquierda y encuentre la PEA. Este es el valor que utilizará directamente en la tabla de buceo para aire.

- D) Utilizar las tablas de SSI Combinadas para Aire /EANx. Muchas veces, los buzos de Nitrox respiran EAN32, EAN36 o aire. Cuando los buzos recargan un tanque que anteriormente contenía Nitrox (EAN32) con aire, aunque la carga fue hecha con aire en el tanque tendría una mezcla de Nitrox más diluida, para la planificación de los límites sin descompresión de las inmersiones repetitivas, será más conveniente utilizar tablas combinadas Aire / EANx diseñadas por SSI (SSI, 1988).

**TABLAS COMBINADAS AIRE/EANx** SCUBA SCHOOLS INTERNATIONAL SSI®  
 LÍMITES DOPPLER SIN DESCOMPRESIÓN BASADOS EN LAS TABLAS U.S. NAVY

**TABLA 3 Tiempos de Nitrógeno Residual (Minutos)**

— PROCEDENTE DE LA TABLA 2 —

NUEVO GRUPO REPETITIVO			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
PROF. INMERSIÓN REPETITIVA: PIES			= LÍMITES AJUSTADOS SIN DESCOMPRESION										S/L= SIN LÍMITES	
AIRE PO <sub>2</sub>	EAN32 PO <sub>2</sub>	EAN36 PO <sub>2</sub>												
10	16	20	39	88	159	279								
0.27	0.48	0.58	S/L	S/L	S/L	S/L								
20	28	32	18	39	62	88	120	159	208	279	399			
0.34	0.60	0.71	S/L	S/L	S/L	S/L	S/L	S/L	S/L	S/L	S/L			
30	40	44	12	25	39	54	70	88	109	132	159	190		
0.40	0.71	0.85	193	180	166	151	135	117	96	73	46	15		
40	51	57	7	17	25	37	49	61	73	87	101	116		
0.47	0.82	0.98	123	113	105	93	81	69	57	43	29	14		
50	63	69	6	13	21	29	38	47	56	66				
0.53	0.94	1.12	64	57	49	41	32	23	14	4				
60	75	81	5	11	17	24	30	36	44					
0.59	1.05	1.25	45	39	33	26	20	14	6					
70	86	94	4	9	15	20	26	31	37					
0.66	1.16	1.39	36	31	25	20	14	9	3					
80	98	106	4	8	13	18	23	28						
0.72	1.27	1.52	26	22	17	12	7	2						
90	109		3	7	11	16	20	24						
0.78	1.39		22	18	14	9	5	1						
100	121		3	7	10	14	18							
0.85	1.50		17	13	10	6	2							
110	130		3	6	10	13								
0.91	1.58		12	9	5	2								
120			3	6	9									
0.97			7	4	1									
130			3											
1.04			2											

**COMO USAR LA TABLA 3:**  
 Utilice el Grupo Repetitivo indicado por la Tabla 2. Luego, determine la profundidad de la inmersión repetitiva (en pies) al extremo izquierdo de la Tabla 3. La casilla donde se intersectan el Grupo Repetitivo y el Nuevo Grupo Repetitivo contiene dos números. El número en la parte superior indica el Tiempo de Nitrógeno Residual. Debajo, se indica el límite ajustado sin descompresión para la próxima inmersión.



**ADVERTENCIA:** Las Tablas de Buceo de la U.S. Navy fueron diseñadas para ser usadas por buzos profesionales. Al ser usadas por buzos recreativos, las tablas deben ser utilizadas de manera muy conservadora, ya que incluso cuando se siguen todas las medidas de seguridad siempre existirá la posibilidad de Enfermedad de Descompresión.

**PARADA DE SEGURIDAD:** Se recomienda hacer una parada de seguridad por cinco (5) minutos a 15 pies (5 metros) en cualquier inmersión que exceda los 30 pies (9 metros).

**PROCEDIMIENTOS PARA LA DESCOMPRESION OMITIDA:** En los casos que llegue a exceder los Límites Doppler por menos de cinco minutos, se recomienda un ascenso normal hasta 15 pies (5 metros) y hacer una parada de por lo menos 10 minutos (o más si el aire se lo permite). Si se llega a exceder por más de 5 pero menos de 10 minutos, Se recomienda una parada a 15 pies (5 metros) de por lo menos 20 minutos (o más si el aire se lo permite).

**Absténgase de realizar cualquier actividad de buceo por las 24 horas siguientes!**

Tabla 6. Combinada de aire sin descompresión (SSI, 1988).



## 6. Introducción al buceo científico

La utilización del buceo en investigación subacuática se ha constituido como una de las técnicas más productivas. En la comunidad científica mundial, se ha reconocido desde hace tiempo la importancia del buceo como herramienta útil e invaluable en el estudio de los recursos marinos costeros y de ecosistemas acuáticos someros, así como en la arqueología marina y en otras disciplinas científicas. Por medio de esta técnica se han podido hacer observaciones y mediciones *in situ* para obtener información precisa y detallada de comunidades y organismos acuáticos.

Los vínculos existentes entre la ciencia y el buceo involucran diferentes aspectos, entre los que se encuentran:

- 1) Aportación del buceo a la actividad científica.
- 2) Organización y normatividad en el ámbito internacional.
- 3) Programa de enseñanza y estándares de capacitación.
- 4) Técnicas, procedimientos y equipo especializado.

Actualmente existen varias definiciones de lo que se considera como buceo científico.

La CMAS/UNESCO lo ha definido como, “todo buceo realizado por individuos, necesario y como parte de una actividad científica, de investigación o educativa, en conjunto con un proyecto o estudio bajo la jurisdicción de cualquier institución, pública o privada o de una organización, departamento o grupo similarmente reconocido” (Flemming y Max, 1996).

La American Academy of Underwater Sciences (Academia Americana de Ciencias Subacuáticas) menciona que es aquel “buceo realizado únicamente como parte necesaria de una actividad científica, de investigación o educativa, por empleados cuyo único propósito al bucear es efectuar tareas de investigación científica”. También se refiere a cuáles son sus objetivos, señalando que “el propósito de los proyectos que usa el buceo científicos es el avance de la ciencia, y por lo tanto, la información y los datos que resulten del proyecto no tienen propiedad”. Incluye también el tipo de actividades que se pueden realizar ya que las tareas de un buceador científico son aquellas de un observador y de un colector de datos

Las labores técnicas o de construcción, asociadas tradicionalmente con el buceo comercial, no se incluyen en el buceo científico.

Por último hace referencia a que los buzos científicos, basados en la naturaleza de sus actividades, deben usar su experiencia científica para estudiar el ambiente subacuático y por lo tanto son científicos en entrenamiento (AAUS, 2003).

Por su parte la Canadian Association for Underwater Science (Asociación Canadiense de Ciencias Subacuáticas) indica que “el buceo científico es el buceo efectuado para coleccionar especímenes o datos para uso científico con carácter de investigación o educativo. La toma de datos científicos se acompaña de la colecta de organismos, observación, medición, experimentación, instrumentación o fotografía”. Señala además que “el buceo científico no incluye buceos para el mantenimiento o reparación de estructuras presurizadas, inspecciones de cascos o reparación de barcos, construcción, demolición, colectas de organismos para consumo o uso personal” (CAUS, 1998).

Otra definición dice que es el “buceo realizado únicamente como parte de investigación científica profesional o de investigación científica como actividad educativa, por personas cuyo único propósito para bucear es llevar a cabo dichas actividades” (Standard Australia, 2001)

Si se considera las definiciones anteriores, lo más importante de resaltar del buceo científico es su intencionalidad, es decir, que la científicidad que puede tener el buceo la adquiere sólo si está dentro de una actividad académica y particularmente como parte de proyectos de investigación subacuática.

Al igual que cualquier investigación científica, el desarrollo de estos proyectos requiere de la aplicación de distintas estrategias, procedimientos, técnicas, protocolos, instrumentos, rutinas y reglas, que de manera conjunta conforman una metodología científica. Es en este contexto es que el buceo científico se constituye en un elemento metodológico como parte de la fase de investigación en campo, la cual se ha definido como el diseño, planeación y manejo de las investigaciones científicas en las condiciones reales en las que se presentan (Fiedler, 1982).

El trabajo de campo (también denominado “campaña oceanográfica” en el ámbito de la ciencia del mar) en proyectos donde se hace uso del buceo, debe planearse detalladamente conforme a un programa de actividades con objetivos determinados de antemano. Se debe considerar desde el diseño del muestreo hasta la ejecución de los protocolos y rutinas específicas de observación, muestreo, colecta y uso de instrumentos, incluyendo todos los aspectos de coordinación logística y de seguridad (Emilson 2000; Padilla *et al.*, 2000; Solís *et al.*, 2000).

En este sentido, el buceo puede considerarse como una metodología de trabajo de campo y en particular como instrumento de observación, que posibilita la adquisición directa de datos e información con valor científico en el medio subacuático que de otra forma no sería posible obtener.

Esto concuerda con lo mencionado por Mayr (1995), quien dice: “En cualquier campo [científico], la base de recolección de datos casi nunca se completa. Cada vez que se encuentran nuevos métodos para reunir datos, se abren horizontes completamente nuevos. Podemos citar por ejemplo la investigación del microscopio electrónico en citología, el equipo de submarinismo [buceo] para la

investigación en aguas poco profundas, o los nuevos métodos para recolectar fauna en las copas de los árboles de los bosques tropicales”.

Finalmente, otro aspecto relevante relacionado con la definición de buceo científico es que todas sus actividades y operaciones deben realizarse bajo la dirección y control de un programa académico de buceo científico.

El buceo ha incidido en el avance de muchas áreas del conocimiento científico en las que se encuentra la biología acuática, pesquerías, geología, así como otras ciencias oceanográficas. En arqueología, se ha empleado principalmente en la exploración de naufragios y de cuerpos lagunares con importancia ceremonial, como es el caso de algunos cenotes en la zona maya. En todos estos ámbitos se han implementado técnicas, procedimientos e instrumentos adecuados para las condiciones subacuáticas.

Si se considera otro ámbito científico. El buceo forma parte de iniciativas nacionales o internacionales de evaluación de recursos acuáticos. Uno de los más reconocidos es el National Undersea Research Program (NURP Programa de Investigación Nacional Subacuática) de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA Administración Nacional Oceánica y Atmosférica) en Estados Unidos, equivalente a una secretaría de estado en nuestro país. Su misión es incrementar el conocimiento para la utilización de recursos costeros, oceanográficos y de los grandes lagos, a través de la exploración, muestreo, observación, y experimentación subacuática. Es un amplio programa de investigación que proporciona a los científicos en condiciones sumergidas, ya sea directamente a través del uso de submarinos, laboratorios subacuáticos y buceo autónomo o indirectamente por uso de vehículos de operación remota (ROVs), vehículos subacuáticos autónomos (AUVs) y observatorios. Esta aproximación *in situ* posibilita la adquisición de datos que de otra forma no podrían observarse.

En algunos países existen asociaciones nacionales que aglutinan a distintas instituciones que presentan programas académicos de buceo científico, que se aplican tanto a la investigación como a la docencia. Tal es el caso de Estados Unidos con la American Academy of Underwater Science (AAUS), de Inglaterra con el Scientific Diving Supervisory Comité (SDSC Comité Supervisor de Buceo Científico) y de Canadá con la Canadian Association for Underwater Science (CAUS).

Estos programas académicos establecen los lineamientos y estándares generales para fomentar principalmente una práctica segura de buceo, proporcionar orientación respecto a la aplicación de distintas técnicas, proveer información de distintos ambientes en las que se utilizan y definir los criterios para la capacitación de personal.

Existe también el comité Científico de la Confederación Mundial de Actividades Subacuáticas (CMAS), que forma parte de la UNESCO como una organización no gubernamental. A esta confederación se encuentran afiliados diversos comités

científicos nacionales. Entre ellos el de México, que promueve la enseñanza y difusión del buceo con fines de investigación.

Todas estas agrupaciones otorgan la certificación de buceador científico, la cual en algunos países es requisito indispensable para participar en proyectos de investigación subacuática.

Con base a estos programas muchas universidades de los países mencionados, incorporan cursos de buceo científico en su currículo de estudio. Estos son aplicados como parte de carreras relacionadas con las ciencias marinas o con la arqueología subacuática, considerando explícitamente su estatus académico, y que incluso llegan a ser prerrequisito para cursar otras materias.

En México son prácticamente inexistentes los programas de buceo científico con reconocimiento institucional. No obstante, el buceo es utilizado ampliamente en diversas instituciones como por ejemplo: La Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), la Universidad de Guadalajara (U de G), la Universidad Autónoma de Guerrero (UAG), la Universidad del Mar (UMAR), la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB), IPN del Instituto Politécnico Nacional. El Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) IPN; el Centro de Investigaciones Avanzadas (CINVESTAV). Unidad Mérida, IPN Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y por supuesto la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

La preparación como buceador científico debe de cumplir con ciertas características y requerimientos mínimos que garanticen tanto su seguridad como la calidad de datos y observaciones obtenidos.

Es indispensable reunir, por un lado, un entrenamiento en buceo deportivo que posibilite adquirir una condición física aceptable, manejo de técnicas básicas y especializadas de buceo. Además aspectos de seguridad y emergencia, debidos a que las condiciones subacuáticas imponen limitaciones fisiológicas que pueden afectar la integridad del buceador.

Por otro lado, se requiere el aprendizaje y dominio de procedimientos de planeación, organización y ejecución de trabajo de campo, así como técnicas específicas de prospección, observación, muestreo, experimentación, medición, adquisición, instrumentación, mapeo o fotografía.

Tal como ocurre con diversas técnicas o instrumentos empleados en distintas ciencias, en el buceo científico se requiere aplicar protocolos y rutinas sistematizados.

Esto se logra mediante una adecuada preparación y un desempeño eficiente, de tal modo que los detalles técnicos de la inmersión sean casi un reflejo automático y donde el buceador científico pueda más bien concentrarse en su trabajo de

investigación. Evidentemente lo anterior repercutirá en una mejor calidad de los datos e información obtenidos.

Un aspecto al cual se le da especial énfasis, es el de la seguridad, la cual debe de estar sustentada en una actitud crítica y responsable, reforzada por un comportamiento de integración grupal y de trabajo colectivo. Es esencial que las personas que aspiren a formarse como buceadores científicos entiendan y asimilen la importancia de generar y desarrollar este tipo de conducta, porque ante todo, de acuerdo con los estándares internacionales de buceo científico gran parte de la responsabilidad recae sobre el propio buceador.

La intención es fomentar la autoconciencia y destacar que una parte importante de su formación como buceador científico requiere que asuman una participación activa y responsable.

El empleo del buceo con una orientación académica y con fines de investigación en la UNAM se ha desarrollado en varias dependencias, como en la Facultad de Ciencias, el Instituto de Biología, el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, la FES Iztacala, entre otros con la finalidad de:

- 1) Estudios taxonómicos y ecológicos de grupo (algas, plantas vasculares acuáticas, esponjas, corales, escleractíneos, equinodermos, anélidos, poliquetos, moluscos, crustáceas, etc.)
- 2) Caracterización de ambientes y comunidades (arrecifes coralinos, costas rocosas, parches de coral y lagos)

En el caso particular de la Facultad de Ciencias, la mayoría de los proyectos realizados que han utilizado como apoyo el buceo, se han concentrado principalmente en el área del Sistema Arrecifal Veracruzano, en la región de Ixtapa-Zihuatanejo y en el área Natural Protegida Bahías de Huatulco. Participan algunos laboratorios de investigación de esta institución y también existen estudios derivados de cursos organizados por el Equipo de Buceo de Ciencias (EBC).

En el ámbito docente ha sido el EBC quien ha desarrollado un programa de enseñanza de buceo científico, con los estándares más altos de capacitación y de seguridad, que garantizan una óptima formación de los estudiantes en los distintos niveles que se imparten (Tomado del diplomado de buceo científico de la Facultad de Ciencias UNAM. 2005- 2006).

## 7. Planeación de operaciones

Debido a que el buceo involucra la realización secuencial de varias actividades, es necesario definir un esquema de funcionamiento que permita desarrollar de manera segura y eficiente las inmersiones. La relativa facilidad con que aparentemente se puede bucear, ha hecho suponer que llevar a cabo una inmersión es fácil. En muchos casos se ha puesto en riesgo la seguridad e incluso hasta el extremo de consecuencias fatales.

No es posible basarse en la improvisación o en una mala preparación para realizar inmersiones. Un buceador científico debe de estar consciente de la necesidad de conocer los múltiples factores que pueden condicionar nuestra seguridad en el campo y de los requisitos previos antes de cualquier inmersión.

Por ello es importante organizar y coordinar salidas de buceo, más aún si son de proyectos de investigación.

La manera apropiada de diseñar una salida de buceo es mediante una correcta planeación de operaciones.

Ésta nos permitirá optimizar tiempo, esfuerzos y recursos, hacer eficientes las actividades a desarrollar, minimizar costos y lo que es más importante prever y anticiparse a posibles situaciones adversas e incluso evitar incidentes graves.

La planeación de operaciones es un sistema integral de procedimientos orientados hacia la organización de una práctica de buceo. Es un conjunto de actividades interdependientes, programadas en una secuencia definida.

### 7.1 Objetivos de la planeación operativa

- A) Planificar y coordinar adecuadamente las actividades a desarrollar durante una salida de buceo.
- B) Realizar inmersiones con máximo de seguridad y eficiencia
- C) Optimizar recursos y material humano
- D) Integrar y manejar información previamente adquirida durante la organización de una salida de buceo, tomando en cuenta lo siguiente:
  - ¿Qué queremos hacer?
  - ¿Cómo lo queremos hacer?
  - ¿Cuándo lo queremos hacer?
  - ¿Conque se cuenta para hacerlo?
  - ¿Cómo lo vamos a hacer?

El tipo de planeación que se realice dependerá fundamentalmente de lo que se pretenda hacer y variará con respecto a ciertas circunstancias. Por ejemplo, los objetivos y características del proyecto, la formación y la experiencia de los buzos, etc.

En términos generales podemos considerar que el desarrollo de una salida de buceo esta dividida en tres fases generales (planeación, ejecución y evaluación) en las cuales se realizarán determinadas actividades (Diplomado de buceo científico FC UNAM, 2005-2006).

## **7.2 Fase de planeación operativa**

Son las actividades realizadas previamente a la salida, que consisten en la recopilación, evaluación e integración de la información con respecto a los aspectos que deben tomarse en cuenta antes de efectuarla.

Etapas de la planeación (como proceso)

1. Formulación de los objetivos.
2. Elección del sitio de buceo
3. Características generales del sitio de buceo.
4. Personal participante.
5. Definición de actividades y organización del personal.
6. Programación de actividades.
7. Programa de inmersión.
8. Material y equipo.
9. Selección de las técnicas de buceo.
10. Organización de la base de operaciones.
11. Plan de seguridad.
12. Plan de contingencia y procedimientos de emergencia.
13. Adquisición de servicios.

Como proceso es la secuencia de etapas que hay que seguir para la organización de la salida. El resultado es la presentación de datos obtenidos en forma de un documental escrito (Diploma de buceo científico FC UNAM, 2005 – 2006).

Es conveniente señalar que esta secuencia es solo una guía, lo importante sería que al realizar la planeación deba elegirse la secuencia que más se adecúe a las necesidades y verificar que todos los aspectos se adapten a los propósitos específicos.

### **7.2.1 Formulación de objetivos**

Constituyen la meta hacia la cual esta dirigida la planeación de operaciones. Son al mismo tiempo una guía de acción, de hecho la planeación de operaciones se realiza con el fin de cubrir ciertos objetivos.

Así, la definición de éstos debe ser clara, concisa y evaluable.

Puede haber diferentes tipos de objetivos. En cuanto a su grado de amplitud pueden ser generales, particulares y específicos. También los puede haber en el sentido de si son únicamente exclusivos de la práctica de buceo. Tal sería el caso de las distintas investigaciones subacuáticas que se realizan en el área de biología, oceanografía física, geología y arqueología.

### **7.2.2 Elección del sitio de buceo**

Se escoge un sitio probable que reúna las características idóneas para realizar la práctica. La elección puede estar influida por antecedentes de prácticas previamente realizadas en el lugar. Es preferible elegir sitios que sean conocidos y donde hayan buceado con anterioridad alguno o todos los instructores. En caso contrario se requiere hacer una buena caracterización del lugar.

El simple hecho de hacer una elección nos posibilita a conocer aspectos muy generales del lugar, con base únicamente a su ubicación geográfica. Por ejemplo, si se trata de un sitio localizado en el Pacífico o en el Golfo de México, las condiciones oceanográficas, climáticas y fisiográficas van a ser distintas en cada una de estas regiones o si se trata de un lugar en altitud.

### **7.2.3 Características generales del sitio de buceo**

Se requiere conocer aquellas características o condiciones particulares del lugar elegido y que de un modo u otro, pueden influir en el desarrollo de la práctica de buceo.

A continuación se enlistan las más importantes:

Ubicación geográfica:

- Época del año
- Condiciones ambientales (diarias y mensuales)

En superficie:

- Presión atmosférica local (altitud)
- Clima (estado del tiempo)
- Visibilidad
- Corrientes superficiales
- Mareas y oleaje
- Tráfico marino
- Sitios de entrada y salida



Subacuáticas:

- Mareas
- Corrientes
- Visibilidad de profundidad
- Topografía (relieve) del fondo
- Tipo de sustrato
- Temperatura del agua
- Flora y fauna
- Contaminación

Vías de acceso y transportación

Infraestructura (recursos o facilidades):

- Hospedaje y servicios de buceo
- Embarcación
- Alimentación

Servicios médicos:

- Hospitales
- Cámaras hiperbáricas

Para conseguir todos los datos anteriores, es necesario remitirse a las fuentes de información adecuadas: como son mapas de carreteras, topográficos y climáticos, cartas náuticas, fotografías aéreas, tablas y calendarios de mareas, literatura especializada, información turística, Internet, etc.

#### **7.2.4 Personal participante**

Se requiere conocer al personal que interviene durante la salida y tener los datos personales del tipo de sangre, alergias y teléfonos en donde comunicarse en caso de alguna alergia.

#### **7.2.5 Definición de las actividades y organización del personal**

Si se toma en cuenta los objetivos propuestos para la salida, se define el tipo y número de actividades requeridas para cumplirlos. Con base en estas se integran equipos de trabajo, estableciéndose con precisión la función y la responsabilidad de sus integrantes.

La conformación de los grupos de trabajo tendría que ser lo más equilibrada posible considerando principalmente el nivel de adiestramiento de la gente, capacidad, experiencia, afinidad entre los participantes y aspectos de personalidad.

### **7.2.6 Programación de actividades**

Se trata de programar una secuencia, cronograma y en algunos casos un itinerario definido, de todas las actividades que se van a realizar durante la salida. Esto permite establecer un flujo óptimo tanto de personal como de material.

### **7.2.7 Programa de inmersión**

En éste se plantean aquellos aspectos relacionados directamente con las inmersiones. Incluyen los objetivos específicos para cada inmersión las cédulas de buceo y diagramas de inmersión, los cálculos de consumo cuando se requieran, las correcciones para buceo de altitud, así como los cálculos de orientación y navegación subacuática

### **7.2.8 Material y equipo**

En cada salida se necesitará conseguir el material adecuado para la realización del tipo de práctica propuesta. No sólo es importante considerar el equipo de buceo general y especializado, sino también otra clase de implementos indispensables, como lo es en primer lugar el botiquín de primeros auxilios.

### **7.2.9 Selección de las técnicas de buceo**

El tipo de buceo que se va a utilizar durante una salida dependerá de los objetivos planteados. Cuando se va a realizar algún tipo de buceo especializado se requiere tener y manejar los conocimientos, habilidades y procedimientos específicos para cada uno de ellos

### **7.2.10 Organización de la base de operaciones**

Este es el centro operativo de todas las actividades que se realizaran durante la salida, ya que es donde se concentran los recursos humanos y materiales y hallan centralizada la información una organización correcta de la base de operaciones posibilitara un funcionamiento óptimo del personal y garantizará el flujo adecuado de material.

### **7.2.11 Plan de seguridad**

Son todas aquellas recomendaciones, reglas y acciones que tienen que ver con los distintos aspectos de seguridad relacionados con la práctica del buceo. Básicamente se refieren a las instrucciones y precauciones generales relacionadas con las técnicas y procedimientos de los diferentes tipos de buceo.

Se incluyen también los seguros contra accidentes para los participantes.

### **7.2.12 Procedimientos de emergencia**

Consiste en identificar y prever los peligros potenciales y las emergencias que pudieran suceder durante el desarrollo de una práctica, para resolverlos adecuadamente.

Se requiere analizar los problemas o eventualidades que puede provocar una desviación importante del plan establecido, determinar sus causas más probables, definir acciones preventivas y establecer acciones contingentes en el caso de los problemas potenciales se conviertan en reales.

¿Qué pasaría si.....?

Es de gran utilidad para identificar, prevenir y corregir los problemas potenciales.

El plan de asistencia consiste en reglas que hay que seguir cuando sucede algún incidente sin consecuencias graves, como cuando se le acaba el aire a un buzo, se pierde parte del equipo, etc.

Por ultimo, los procedimientos de emergencia son aquellas acciones que se realizan cuando acontece algún accidente de mayor consecuencia, en el que se tiene que aplicar algún tipo de rescate o salvamento, cuando se encuentra un buzo desesperado, tiene pánico o ha perdido el conocimiento.

### **7.2.13 Adquisición de servicios**

Para cualquier salida es indispensable considerar con que tipo de servicio de apoyo se necesita contar y calcular el presupuesto total de salida. Esto incluye el medio de transporte al lugar (camión, automóvil, avión), el tipo de hospedaje (hotel, campamento) los servicios de buceo (equipo, accesorios y compresora) el medio de travesía marina (embarcaciones menores, medianas y grades) y la alimentación.

Es importante seleccionar al prestador de servicios que cuente con la infraestructura necesaria para cumplir con los objetos de la planeación.

Las reservaciones o la solicitud de servicios deberán hacerse con anticipación. También deben considerarse los costos de las posibles eventualidades (Diplomado de buceo científico FC UNAM, 2005-2006).

### **7.3 Fase de ejecución**

Corresponde a la realización ya en sí de la salida. El éxito de la salida y logros de los objetivos dependen de una buena organización del personal y de una eficiente coordinación de actividades.

Es precisamente cuando uno confronta lo planteado con lo que en realidad ocurre. Por ello, es necesario tener la flexibilidad y el criterio suficiente para adecuarse a las condiciones y circunstancias específicas del lugar, así como a cualquier posible eventualidad.

Etapas de la fase de ejecución:

1. Preparativos de la salida
2. Traslado a la localidad de buceo
3. Contacto con los prestadores de servicios
4. Organización del personal
5. Implementación de la base de operaciones
6. Preparativos finales
7. Pre- inmersión
8. Inmersión

#### **7.4 Pre-inmersión**

Consiste básicamente en dos aspectos:

A) Breviario. Es la información general antes de bucear. Antes de iniciar la inmersión, es necesario que se realice un recordatorio general del plan de buceo contemplado:

1. Objetivo de la inmersión
2. Condiciones del lugar
3. Cédulas de buceo
4. Señales
5. Asignación de responsabilidades
6. Desempeño esperado
7. Precauciones
8. Plan de contingencia
9. Actividades previas y posteriores
10. Consideraciones generales

B) Revisión de la pareja. Consiste en efectuar un reconocimiento mutuo entre cada pareja considerando diversos aspectos, la cual se ha diseñado una nemotecnia denominada "SEA FLACO".

- S. Señales
- E. Emergencia
- A. Actividades
- FL. Flotabilidad
- A. Aire
- CO. Comprobar el equipo y ¡Comenzar!

## 7.5 Inmersión

Se refiere a bucear lo planeado, considerando ocho etapas básicas que forman parte de la inmersión:

Entrada → Superficie → Descenso → Recorrido → Ascenso → .....  
 ..... → Parada de Seguridad → Superficie → Salida.

Es muy importante llevar a cabo el plan que se ha diseñado. Solo por motivos extremos el plan de buceo tendría que cambiarse.

## 7.6 Post-inmersión

Son actividades que se realizan inmediatamente después de la inmersión y consisten en:

- Toma de la presión final del tanque
- Arreglo y acomodo del equipo.
- Sumario. Es un resumen de lo acontecido durante la inmersión retomando:
  1. Objetivos
  2. Desempeño alcanzado
  3. Problemas detectados
  4. Sugerencias de mejoramiento
  5. Aplicaciones
  6. Conclusiones
- Bitácoreo. Después de realizar la inmersión es indispensable que se realice una bitácora donde se anoten los aspectos más relevantes de la inmersión, además de registrar las experiencias que se obtenga con los buceos.

## 7.7 Fase de evaluación

Es el hecho de analizar y asimilar las experiencias que continuamente ocurren en una salida de buceo, con el propósito de que sirvan para superación individual y colectiva. Se realiza al final de la salida (Diplomado de buceo científico FC UNAM, 2005-2006).

## **8. Buceo nocturno y en agua con poca visibilidad**

Uno de los motivos principales para bucear de noche es poder observar la gran vida nocturna que existe en el mar, así como muchas especies que de día no se verían, por ejemplo las langostas, ciertas especies de peces, cangrejos, pulpos, manta rayas, rayas, etc. Los colores se aprecian mejor con la luz de la lámpara. En general el agua es más calmada. Es una experiencia diferente y maravillosa.

### **8.1 Requisitos previos para el buceo nocturno**

- a) No padecer claustrofobia o miedo a la oscuridad. Tener absoluto control.
- b) Ser buzo experimentado en buceo profundo y estar consciente de su buena capacidad. Tomar una actitud positiva y relajada.
- c) Contar, aparte del equipo normal, con un equipo completo de iluminación confiable y de buena calidad.
- d) Dominar la navegación subacuática con brújula y saber orientarse.

Se debe de buscar realizar esta actividad con buena visibilidad aguas tranquilas en la superficie y sin corrientes de fondo.

### **8.2 Plan de buceo**

Se debe de preparar el plan de buceo nocturno, para que sea agradable y seguro. Es necesario tomar toda clase de precauciones y reducir al mínimo las probabilidades de error e incluye lo siguiente: Se debe escoger un lugar con el cual se esté familiarizado y de preferencia haber buceado de día, para establecer puntos de referencia bajo el agua y posteriormente, identificarlos en la inmersión nocturna.

### **8.3 Equipo**

Además del equipo normal que usamos en el buceo de día, se necesitan luces artificiales, como lámparas de mano y deben de tener las características siguientes: Haz de luz angosto y brillante, flotabilidad ligeramente negativa, ser de tamaño pequeño y ligera, de uso rudo y cómoda en su manejo, interruptor eléctrico que no pueda ser apagado o encendido accidentalmente. Pocos empaques, ya que así es menor la posibilidad de filtración del agua, deben de tener una cuerda ajustable.

Las baterías deben de estar completamente cargadas. Las baterías alcalinas estándar tienen más vida que las recargables, su voltaje va reduciéndose gradualmente conforme se usan, mientras en las recargables el voltaje es casi constante durante toda la operación, pero se agotan de repente.

Los empaques (o rings), deben de ser limpiados, revisados y lubricados. Después de usar la lámpara, se deben quitar las pilas y guardarlas en un lugar fresco y seco. Enjuagar con bastante agua dulce si se usa en el mar.

Otro tipo de luces son las químicas, luz fría o Cyalume, que consiste en un tubo de plástico flexible de aproximadamente 20 centímetros de largo, a prueba de agua, en su interior contiene un tubo de vidrio muy delgado ambas tienen sustancias químicas, distintas, al doblar el tubo se mezclan las dos sustancias, resultando una iluminación fluorescente.

El color recomendable es el verde o azul para los participantes y blanco para los guías. Las luces rojas están destinadas para indicar emergencia. Se cuelgan del tanque para facilitar la localización de sus compañeros, así también en el cabo del ancla, boyas, escalera, etcétera.

Los medidores, profundímetros, relojes, manómetros, etcétera, deben tener carátulas luminosas y fáciles de leer.

Las brújulas, sirven para orientarse y con estas deben de estar familiarizados para su manejo, esta servirá también en el momento de entrada y salida de la embarcación.

Las boyas sirven para que el personal de superficie siga la trayectoria y ubique siempre al grupo durante la inmersión

El traje de neopreno es importante para proteger del frío y de cualquier lesión física ocasionada por algún factor biótico o abiótico del ambiente.

También es recomendable llevar un cuchillo por algún caso necesario de ayuda y guantes, por si se llegase a tener contacto con algo (Padilla, 2000).

#### **8.4 Técnicas**

- A) Asegúrese de que todo su equipo y el de su compañero funcione correctamente antes de entrar al agua. Repase el plan de buceo y todas las señales que se van a utilizar durante la inmersión hasta que no queden dudas. Una luz movida en círculo significa “todo esta bien”. Una luz verticalmente de arriba hacia abajo quiere decir que “algo esta mal”.
- B) Si se está usando una lancha en la inmersión, asegúrese que quedo bien anclada. Antes de entrar al agua, asegúrese que el lugar esta bien despejado; haga su entrada lo más suave posible, para no perturbar la vida subacuática. Nade hasta el cabo del ancla y por medio de él efectúe el descenso y ascenso, esto, además de ser la forma más segura y cómoda, aclimata paulatinamente al buzo al nuevo ambiente durante el descenso, permanezca cerca de su compañero.

- C) Tenga cuidado de no alumbrar los ojos de su compañero, esto lo cegará momentáneamente y le hará perder la visión; ilumine sus manos a nivel del pecho, si desea comunicar alguna señal.
- D) Antes de tocar el fondo vea su medidor de profundidad, su plan de buceo, apague las luces y espere un momento a fin de acostumbrarse a la oscuridad, así mejorará su visión.
- E) Use siempre brújula y silbato. La brújula es necesaria para la orientación bajo el agua y el silbato es efectivo para emitir sonidos que significan señales en la superficie.
- F) escoja un compañero que tenga experiencia y de preferencia que conozca y que haya buceado con él de día.
- G) Aunque es más difícil localizar un compañero bajo el agua en la noche que durante el día, se deben establecer los procedimientos en caso de que un compañero se separe o se pierda. Lo más común es buscar a su compañero por 30 segundos alrededor de uno, si no lo encuentra salga a la superficie y busque sus burbujas, golpee con el cuchillo en el tanque para llamar su atención y alumbre con la lámpara hacia abajo, a fin de que sea fácilmente visto por su compañero. Si no aparece en 30 segundos inicie su búsqueda.
- H) Vigile regularmente el medidor de aire de su tanque y el de su compañero; la dirección y la profundidad. Se debe iniciar el ascenso cuando quede un tercio de la cantidad inicial de aire.
- I) Llevar por lo menos dos lámparas por buzo con sus baterías a plena carga y con focos nuevos, de preferencia con una con baterías recargables y otra con baterías alcalinas (Pazos 1985).

### **8.5 Probables peligros**

Se debe tomar precauciones a ciertos animales marinos. Cuando se bucea en lugares arenosos, generalmente se encontrarán rayas que si se tocan por accidente, pueden picar y las consecuencias son desagradables. Tener precaución cuando hay erizos, sobre todo los del tipo diadema. El pez piedra es un pez que no es fácil de distinguir y la picadura de sus espinas dorsales, al tocarlas, es muy dolorosa y tóxica.

Esto se puede evitar simplemente teniendo la precaución de alumbrar el área donde vamos a asentar nuestro cuerpo y manos; sin embargo, no olvide llevar un botiquín de primeros auxilios.



Establecer la dirección que se va a seguir y comprobarla regularmente con la brújula. Sin embargo, se puede tomar en cuenta como referencia a las olas que se dibujan en la arena, que siempre serán paralelas a la orilla de la playa.

### **8.6 Actividades en el buceo nocturno**

La actividad más practicada es la fotografía subacuática, colecta de conchas y caracoles. La captura de langosta también se realiza en buceo nocturno, debido a que durante el día están encuevadas y de noche salen a buscar alimento, siendo más fácil de capturar.

También se realizan estudios de flora y fauna subacuática durante la noche, debidos a la gran actividad que hay.

La simple contemplación durante el buceo de noche es maravillosa, los colores de los objetos aparecen más vivos y brillantes cuando son iluminados con la luz artificial, así también, los contrastes y sombras son más acentuados que durante el día.

Una característica única del buceo nocturno es la bioluminiscencia, que es la emisión de luz de millones de pequeñísimos organismos planctónicos que habitan en el mar. Cuando este fenómeno ocurre, cualquier movimiento de agua produce un brillo azul verdoso. El solo hecho de poder observar este maravilloso espectáculo, justifica la práctica del buceo nocturno (Pazos, 1985).

### **8.7 Buceo en aguas de poca visibilidad o turbias**

En aguas turbias la visibilidad es reducida debido a las partículas suspendidas en ella, lo que hace que la luz no penetre bajo el agua, sino que se difunda. Cuando encendemos una lámpara en aguas turbias, la luz se refleja en las partículas como si fuera una pantalla, ente más partículas y de mayor tamaño, mayor será la reflexión y menor la visibilidad.

Como regla general las inmersiones en aguas turbias deben de ser evitadas; sin embargo, cuando se realicen deben seguir las siguientes técnicas:

- A) El compañero o el equipo debe de permanecer junto para evitar su separación. Use una cuerda que lo una a su compañero, si es necesario para permanecer juntos.
- B) El buzo tendrá mejor orientación en un momento dado si conoce su posición relativa con la tierra o con otro objeto.

Al encontrarse un buzo a media agua y no ver la superficie y el fondo y no ser afectado por la fuerza de gravedad, sentirá vértigo y desorientación, lo cual puede causar una situación grave. Un punto de referencia será el flujo de burbujas, que siempre subirán y nos indicará

para donde esta la superficie; colocando un objeto pesado indicará para donde esta el fondo. Ambas técnicas no son muy efectivas. Esta situación se puede evitar descendiendo y ascendiendo por la línea, que puede ser el ancla y nadando siempre a una distancia que se pueda distinguir el fondo.

- C) Nade despacio y cautelosamente si la visibilidad es muy limitada; se debe extender un brazo al frente para evitar golpearse con algún objeto. Use un guante fuerte para proteger la mano.
- D) Observe su brújula regularmente, se debe conocer la orientación todo el tiempo para corregir de inmediato cualquier cambio de dirección.
- E) Usar lámpara con haz de luz amplio.
- F) Lleve un flotador arrastrando durante la inmersión a fin de que sea localizado fácilmente por el operador en la superficie.
- G) El descenso se debe hacer siempre por el cabo del ancla o una línea especial. Esto le dará seguridad, control y orientación. Conocer el lugar o ir con personas que lo conozcan ayudará a sentir mayor seguridad.
- H) Antes de emerger escuchar si no está pasando un bote de motor por su lugar de salida.
- I) Es recomendable estar vacunado contra el tétanos, así como ponerse gotas antisépticas en oídos, después de bucear en aguas turbias y contaminadas.
- J) Usar un cuchillo afilado: será de gran utilidad en caso de enredarse con alguna red, cabo o alga.
- K) Evite combinación de varias técnicas con el buceo nocturno, por ejemplo, buceo de cavernas, profundos, etcétera.
- L) Los grupos deben de ser menores de ocho personas.
- M) Respete las reglas de los tercios (dejando fuera la reserva) 1/3 para el descenso, 1/3 para el tiempo de fondo y un 1/3 para el ascenso.
- N) Considerar el ángulo crítico (sólo si el ángulo con que se dirige el haz de luz con respecto a la superficie es menor de 48.6°).
- O) No alumbrar a la cara del compañero
- P) No tocar ningún organismo acuático (Pazos, 1985).

## 8.8 Sugerencias

- Llevar a cabo un simulacro en una alberca lo menos iluminada posible, practicando con su compañero las señales, la respiración compartida, navegación con brújula, etcétera. Esto dará confianza cuando se bucea de noche en aguas abiertas.
- Extremar precauciones será muy sano. La mayoría de los accidentes en el buceo se deben a la imprudencia.
- Es necesario saber navegar “por instrumentos” o sea, guiados por la brújula, así como saber orientarse. En general se debe contar con un equipo confiable, pero principalmente el de iluminación.
- Después de haber terminado el primer buceo de noche con éxito, sentirá una muy agradable sensación de haber visitado otro planeta y efectivamente así es, ya que el ser humano está adaptado para vivir en la superficie de la tierra durante el día y no en el agua durante la noche (Pazos, 1985).

## 9. Búsqueda y rescate subacuático

La búsqueda y el rescate de objetos hundidos es una actividad que debe realizarse con técnicas y con el equipo apropiado, de lo contrario se hará insegura, difícil y aburrida, acabándose por renunciar a la operación. A todo buzo, a través del desarrollo de su actividad se puede presentar el caso de recuperar o sacar diversos materiales de embarcación, materiales biológicos, equipo de buceo, arqueológico u otros.

### 9.1 Requisitos:

- a) Tener buena condición física
- b) Dominar la navegación tanto en la superficie como bajo el agua, dominar el manejo de brújula y saber orientar para seguir las rutas de exploración lo más exacta posible; también es necesario saber hacer nudos.
- c) Tener organización, coordinación y disciplina
- d) Contar con el equipo necesario
- e) Manejo preciso de equipo
- f) Preparación, entrenamiento y experiencia adecuada, para aplicar las técnicas en cualquier ambiente.

### 9.2 Equipo

Además de que cada buzo debe de contar con su equipo completo de aire comprimido es necesario

- Lancha
- Cartas de navegación
- Brújulas
- Boyas sumergibles y de superficie
- Bolsas elevadoras
- Banderas
- Lámparas
- Silbatos
- Guantes
- Líneas (cabos o cadenas)
- Seguro de soltado rápido
- Carrete de plástico flotante
- Cinta de plomo
- Velero
- Pizarrón impermeable
- Botiquín de primeros auxilios

### 9.3 Técnica

De los aspectos más importantes para recobrar objetos bajo el agua es la organización y preparación de un plan que debe de consistir ante todo de:

- La seguridad del buzo
- Evaluar las condiciones del área
- Definir el área de exploración
- Selección del patrón de búsqueda adecuado
- Establecer un sistema para ubicar las áreas que han sido exploradas
- Contar con un ayudante en superficie, que controle las operaciones de los buzos por medio de señales establecidas, que vigile y prevenga a los buzos de situaciones peligrosas
- Contar con un buen operador que sea capaz de maniobrar la lancha con seguridad y exactitud
- Contar con un buzo asistente
- Informar con detalle el plan y establecer responsabilidades y trabajos que deben tener cada uno del grupo

### 9.4 Patrón de búsqueda

Es necesario seleccionar un patrón de búsqueda más adecuado para las condiciones del medio, no importa que patrón se haya elegido, lo importante es no hacer modificaciones durante los procedimientos esto es seguir un rumbo, no variar las distancias ni la velocidad de desplazamiento y no cambiar de patrón a la mitad de un procedimiento. Para esto se debe considerar lo siguiente:

- Tipo de fondo. Si el fondo es plano o rocoso, de corales o arena
- Visibilidad
- Topografía.
- Corrientes y movimientos de marea
- Numero de buzos
- Buzo de apoyo
- Tipo de embarcación (Pazos, 1985).

### 9.5 Tipos de patrones

El patrón más sencillo es el de la búsqueda circular, el cual un buzo se pone en el centro del área probable de localización y detiene el cabo de un extremo sirviendo como "pivote" mientras que en el otro extremo del cabo, el buzo buscador nada alrededor del buzo "pivote", variando el radio del círculo aumentar o disminuir el área de exploración. Para cubrir más área con este mismo patrón, al completar una vuelta el buzo "buscador" se convierte en "pivote" y el buzo "pivote" en "buscador" de esa manera, tendrán movimiento de translación cubriendo mayor área. Se puede realizar también con múltiples buzos.

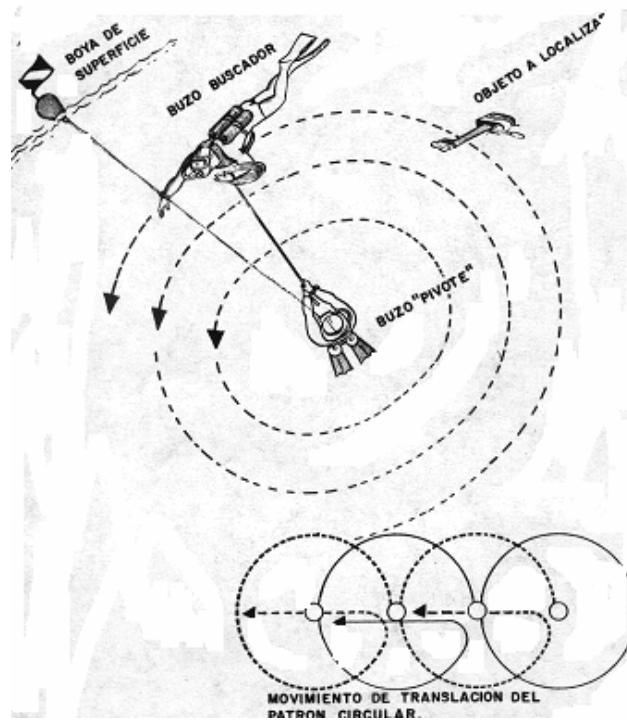


Fig. 16. Patrón de búsqueda en espiral, cada 360° la espiral crece (Pazos, 1985).

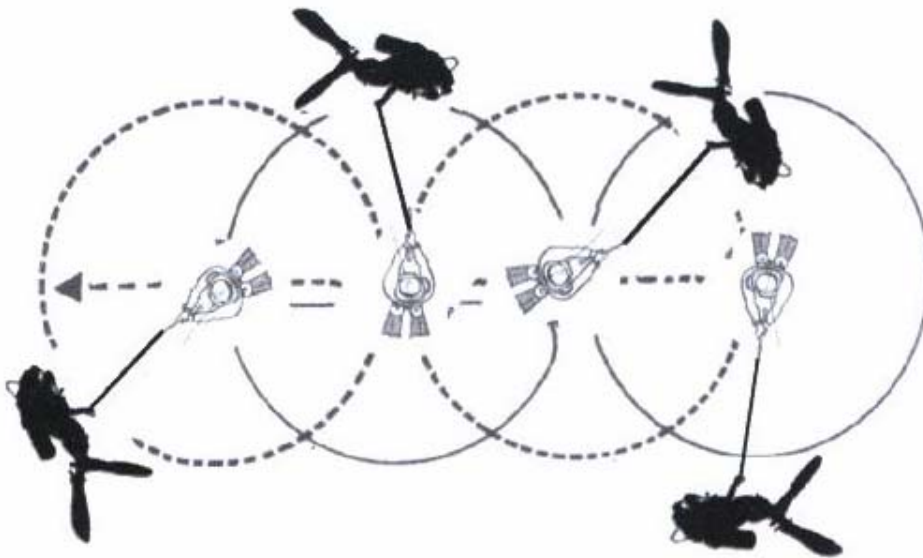


Fig. 17 Patrón de pivote alternado, el buzo pivote y el buzo de búsqueda intercambian cada media vuelta (Pazos, 1985).

Cola de pez o abanico, aquí se elige un punto de inicio y uno en el espacio que sirva como pivote para su movimiento. En el caso de dos buzos junto a la pared,

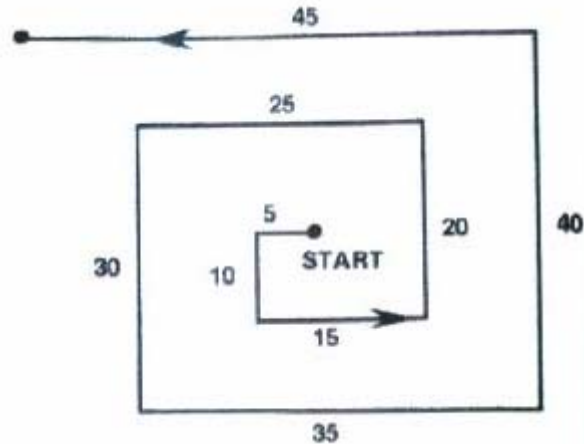
uno se pega a la pared mientras que el otro se separa a una cierta distancia, nadando en semicírculo hasta toparse de nuevo con la pared, donde el buzo pivote suelta el cabo para permitir que el buzo buscador se desplace paralelo a la pared una distancia igual a la del primer movimiento (Pazos, 1985).



**Fig. 18 Cola de pez (Padilla, 2000).**

Cuando se navega siguiendo patrones de búsqueda con trayectos rectos y cambios de dirección, un buzo debe de concentrarse en seguir dicho patrón con la brújula, tomar y verificar los puntos de referencia y el otro buzo debe de concentrarse en la búsqueda del objeto. Hay que evitar que la brújula no este cerca de otro instrumento o metal ya que interfiere en su lectura.

Se pueden hacer patrones combinando las técnicas de navegación con patrones de línea recta pero en espiral. En este caso se revisa una zona en trayecto recto, después de un tramo se cambia en 90 ° la dirección, se hace otro recorrido más largo y se vuelve a girar hacia el mismo lado que el giro anterior y se vuelve a extender el recorrido (diplomado de buceo científico FC UNAM, 2005-2006).



**Fig. 19. Patrón de línea recta espiral, los números pueden indicar el número de patadas, metros o minutos, el cambio del rumbo siempre se hace usando la brújula y hacia un solo lado, hacia la derecha (modificado de NAUI).**

Otro método de búsqueda es remolcar buzos con una lancha, ya sea en la superficie (sí se ve claramente al fondo) o a media agua. El ó los buzos van agarrados a un planeador con el cual pueden controlar la profundidad y su trayectoria, éste va unido a la lancha por medio de un fuerte cabo de nylon con una longitud de cuando menos tres veces la máxima profundidad que se desea bajar.

Nota: nunca retenga la respiración cuando es remolcado en un planeador bajo el agua usando equipo de aire comprimido. Debe exhalar en el caso de un ascenso brusco; esto lo previene de un accidente por aeroembolia.

Para que la lancha siga la forma del patrón de búsqueda lo más exacto posible, se colocan boyas en la superficie del agua como referencia, las cuales serán ancladas al fondo. La velocidad de la lancha debe de ser moderada, de tal manera que de tiempo a los buzos de buscar bien en el fondo y no forzarlos a “elevarse” debido al exceso de velocidad (Diplomado de buceo científico FC UNAM, 2005-2006).



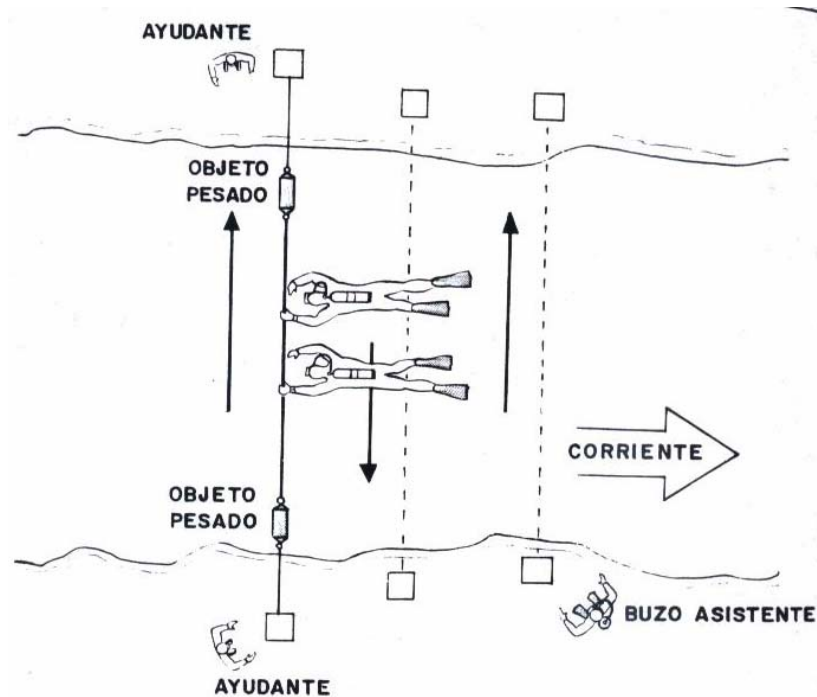


Fig. 20. Búsqueda por arrastre de corriente (Pazos, 1985).

El método de remolcar buzos se usa especialmente para cubrir grandes áreas de terreno y será efectivo cuando haya buena visibilidad.

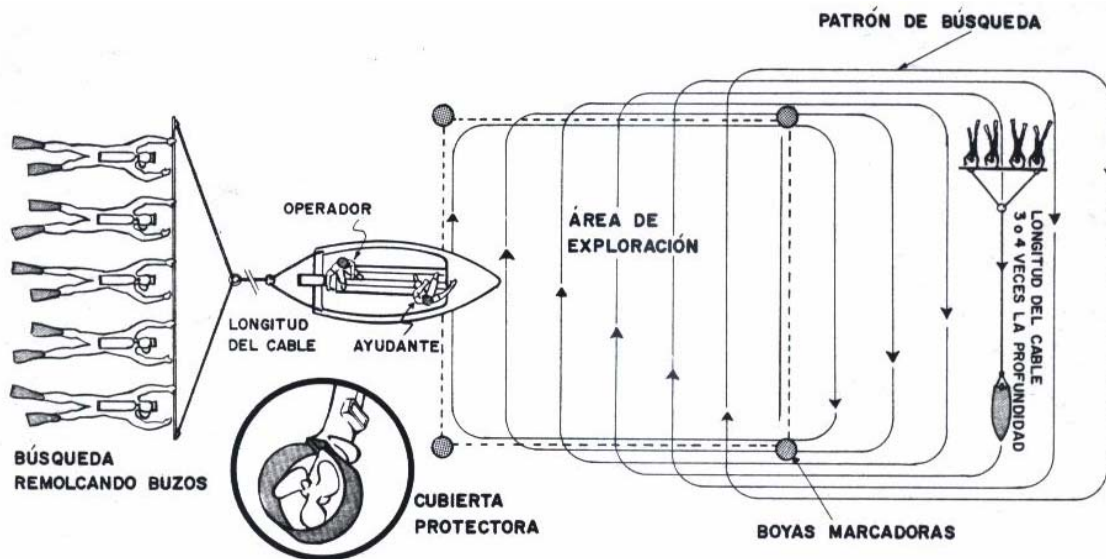


Fig.21. Lancha arrastrando buzos, la popela siempre debe de ir cubierta (Pazos, 1985).

Los patrones de búsqueda de "zigzag" en forma de "U" son utilizados para aguas con poca visibilidad. El buzo puede recorrerlos nadando o arrastrado por un bote y a lo largo y ancho del área. El patrón en forma de "U" es a menudo, usado por su sencillez y su efectividad.

El operador de la lancha debe de tomar las marcas fijas posibles (torres, edificios, faros, etcétera) que se encuentren tanto en la costa como en el mar como punto de referencia, así como también el buzo buscador deberá tomar referencias bajo el agua.

Las áreas que han sido exploradas deben ser delineadas, para evitar que sean recorridas nuevamente. Para esto se ocupan las cartas de navegación.

Es importante mencionar que se pueden utilizar los trineos subacuáticos electrónicos o scooter, detectores de metal, y ecosondas en las lanchas (Pazos, 1985).

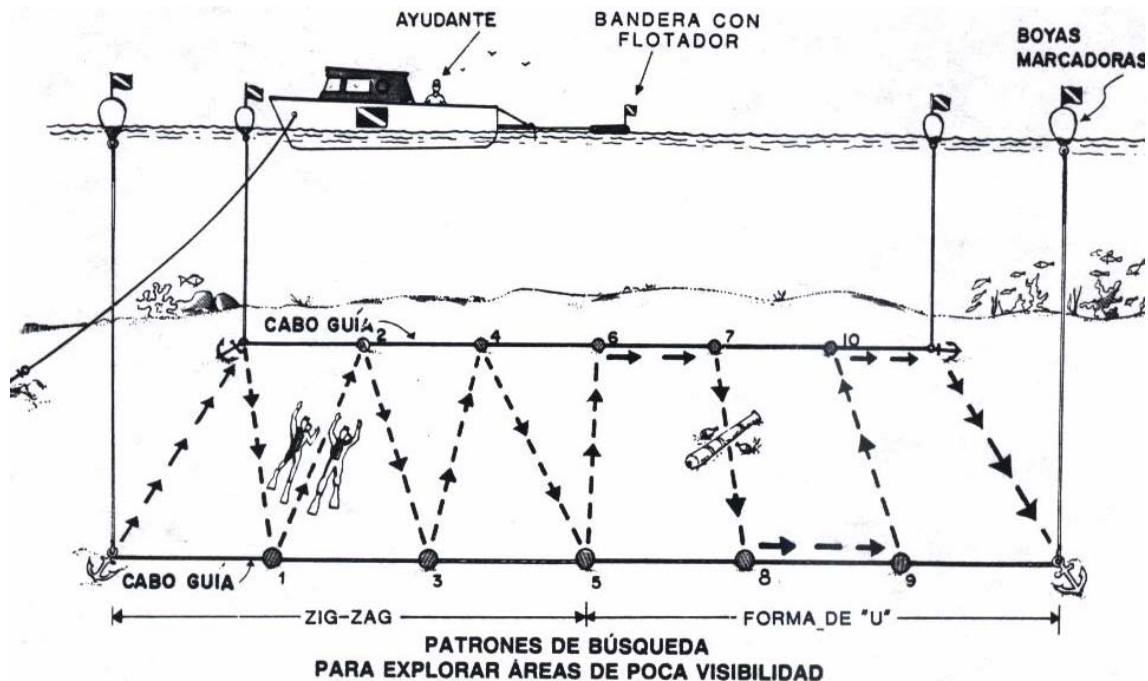


Fig.22. Patrón de búsqueda zigzag o de "U" (Pazos, 1985).

## 9.6 Localizando el objeto

Si el objeto o material encontrado es pequeño y no es muy pesado, se puede ascender con él en la mano.

Se sugiere se tome como regla general, para los objetos que pesan más de 5 kilogramos, usar una bolsa elevadora, amarrarlo con un cabo desde la lancha, para subirlo a la superficie.

Cuando el objeto es demasiado pesado, marque su localización con una boya a fin de preparar la maniobra y poder izarlo en forma segura.

Se debe recordar que el aire se va expandiendo durante el ascenso. Esto provoca un aumento continuo de volumen en la bolsa, resultando, simultáneamente, un

aumento paulatino de flotabilidad positiva, lo cual provocará un ascenso acelerado sin control de dicha bolsa, presentándose una situación peligrosa. Algunas veces las bolsas saldrán fuera del agua cuando la velocidad de ascenso que llevan es excesiva, escapándoseles el aire (en el caso de bolsas abiertas por la parte inferior) y volviéndose a hundir con el objeto rescatado, lo cual podría lastimar a un buzo que estuviera precisamente debajo.

La capacidad de levante de la bolsa totalmente llena de aire, debe de ser ligeramente mayor que el peso del objeto, de manera que desaloje el exceso de aire durante el ascenso por la parte inferior y levante al objeto con una velocidad constante hasta llegar a la superficie. Es preferible, en la mayoría de los casos, usar dos o tres bolsas pequeñas en lugar de una grande, para controlar velocidad de ascenso y balance. Si se usan varias bolsas, de diferentes tamaños, la más grande debe amarrarse en el centro y las más pequeñas en los extremos, para lograr mejor balance. Las bolsas pequeñas deben rellenarse de aire primero que las bolsas grandes.

Ejemplo: cuál será el volumen equivalente de aire en la superficie que se necesita para subir un ancla que pesa 200 kilogramos (en el aire) y tiene un volumen de 50 decímetros cúbicos, la cual se encuentra a 30 metros de profundidad en el mar.

Primeramente se calcula la fuerza de empuje hacia arriba que recibe el ancla de acuerdo con el principio de Arquímedes.

Donde:

E = Fuerza de empuje

Pe = peso específico del agua

V = Volumen de líquido desalojado

$$E = Pe \times V = 1.025 \text{ Kg} / \text{dm}^3 \times 50 \text{ dm}^3 = 51.25 \text{ Kg.}$$

A continuación se resta el peso de 200 kilogramos al del empuje de 51.25 kilogramos y nos da 148.75 kilogramos, que es el peso aparente del ancla sumergida en el agua.

El volumen de aire que se debe inyectar a la bolsa para proporcionar una fuerza de elevación se calcula de la siguiente manera:

$$V = \frac{E}{Pe} = \frac{148.75 \text{ kg}}{1.025 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}} = 145 \text{ dm}^3 = 145 \text{ litros} = 5 \text{ ft}^5$$

La presión absoluta a 30 metros son cuatro atmósferas, por lo que la cantidad de aire equivalente en la superficie será de 145 litros, el volumen requerido de la bolsa para elevar el ancla será aproximadamente de 150 litros (Pazos, 1985).

Aún cuando el volumen de las bolsas se vaya expandiendo durante el ascenso, el aire sobrante sería expulsando paulatinamente por su parte inferior manteniendo una velocidad constante.

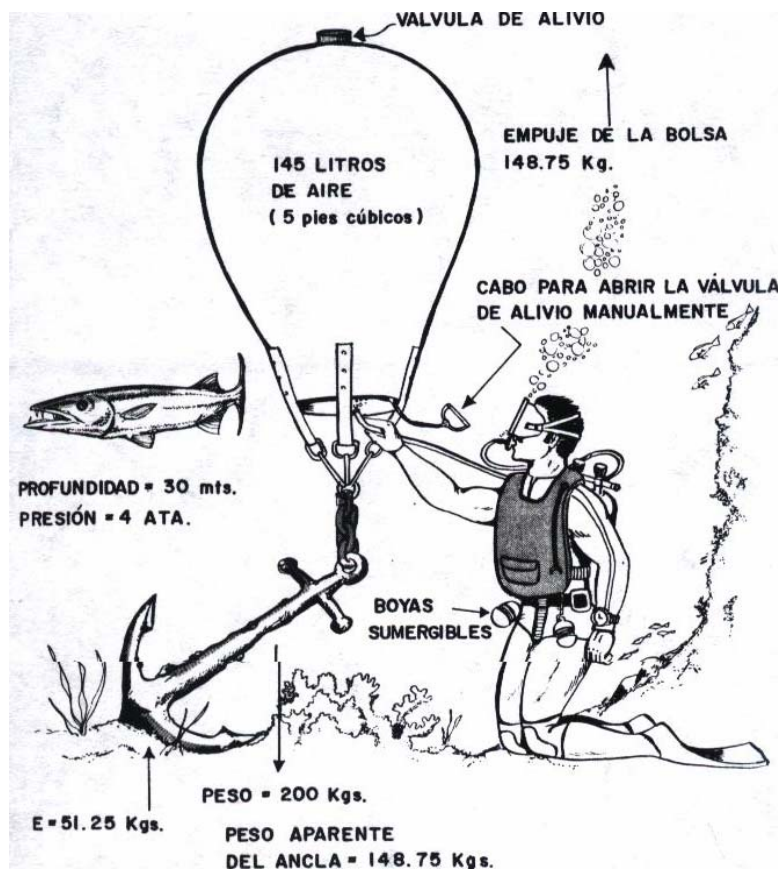


Fig. 23. Rescate de un objeto (Pazos, 1985).

Se puede utilizar la flotabilidad de embarcación y la fuerza de las mareas para izar una banderola. Para ello se hacen los amarres directamente de la embarcación al objeto cuando la marea esté en su punto más bajo. Cuando la marea sube, los cabos se recorren hasta dejarlos tensos. Este procedimiento se repite hasta que el objeto quede lo más cerca de la superficie (Pazos, 1985).

### 9.7 Inflado de bolsas elevadoras

No es recomendable quitarse el regulador de la boca para inflar la bolsa elevadora. Se recomienda usar aire de otro tanque con una manguera especial; esto evitará que la boquilla del regulador pueda enredarse en uno de los cabos de la bolsa y sea jalado hacia la superficie cuando este ascendiendo.

Las bolsas deben de ser infladas echándole aire poco a poco, hasta que el objeto se levante ligeramente del fondo, ajustar el balance, probar la seguridad del aparejo y de los nudos, deslizar la pieza sobre el fondo.

Las bolsas pequeñas deben tener un cabo amarrado en la parte superior (ya sea por la parte inferior o por fuera de la bolsa) para que en caso de emergencia la bolsa se jale y se voltee, haciendo que el aire salga.

Otra bolsa más práctica tiene una válvula de alivio en su parte superior que se abre manualmente a través del cabo y que tiene el mismo fin.

Hay bolsas elevadoras totalmente cerradas y la ventaja que tienen sobre las abiertas es que no se les sale el aire. Son excelentes para distancias largas y deben de contar necesariamente con una válvula de alivio, la cual tiene la fusión de abrirse automáticamente cuando la bolsa alcanza cierta sobrepresión en su interior durante su ascenso, a fin de expulsar el exceso de aire y evitar que explote (Pazos, 1985).

## 10. Fotografía subacuática

La fotografía subacuática se puede considerar como una de las actividades más creativas y fascinantes del buceo, ya que además de ser un medio de descripción gráfica de lo maravilloso y bello de nuestro mundo subacuático nos ofrece la oportunidad de revivir inolvidables aventuras y compartirlas.

### 10.1 Requisitos para iniciarse en la fotografía subacuática

- A) Ser buen buzo; estar familiarizado con el ambiente subacuático permitirá un mayor desarrollo de esta actividad.
- B) Ser fotógrafo terrestre: conocer la técnica y práctica de la fotografía.
- C) Conocer los fenómenos físicos o cambios que sufre la luz bajo el agua.
- D) Contar con un equipo de fotografía subacuática.

### 10.2 Compartimentos de luz bajo el agua

La luz es el principal ingrediente para hacer la fotografía, razón por lo cual es indispensable entender su comportamiento.

Recordemos que la luz solar, al llegar a la superficie del agua, refleja una parte y otra penetra.

La cantidad de rayos luminosos que penetran está en función de la inclinación del sol. Por otra parte, una superficie con olas reflejará más luz que si estuviera en calma. Se ha establecido que el mejor horario para aprovechar la luz solar bajo el agua es de las 10:00 a.m. a 14:00 p.m.

La luz solar está formada por seis colores fundamentales, con diferentes longitudes de onda: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul y violeta, los cuales son absorbidos a medida que aumenta la profundidad y la distancia entre cámara y el sujeto.

El color rojo prácticamente desaparece a los seis metros aproximadamente, a diez metros desaparece el color amarillo y el color verde a los 30 metros de profundidad, más allá de treinta metros todos serán de color azul grisáceo.

El fenómeno de absorción está en función básicamente, de la composición molecular del agua, razón por la cual en las diferentes aguas del mundo varían los grados de absorción.

Los rayos luminosos son difundidos por las partículas suspendidas del agua, cuanto mayor y más numerosas sean éstas, mayor será la difusión. La difusión también aumentará conforme se aumenta la distancia de la cámara al sujeto.

Para reducir los efectos de la difusión al mínimo y evitar fotos con definición y contraste, es recomendable usar lentes de acercamiento, según se desee.

Atenuación de luz, es la reducción de la intensidad de la luz o exposición, como resultado de los efectos combinados de la absorción y de la difusión.

La luz solar permite tomar fotos más naturales y realistas tal como se ve el buzo bajo el agua. También permite tomar vistas panorámicas, como son grandes extensiones de corales y grandes cardúmenes (Pazos, 1985).

### **10.3 Cámaras y cajas estancas**

Hay dos tipos básicamente de cámaras: las anfibias, que son aquellas que se pueden usar tanto arriba como abajo del agua sin ningún tipo de protección y las cámaras normales que necesitan protección por una caja o estuche para introducirlas al agua.

Las cámaras de formato 135 son las más populares en la fotografía subacuática, debido a que ese formato es el más común, con alta claridad y de amplio surtido de películas para lograr cualquier tipo de fotografía. Su gran número de accesorios intercambiables las hace ser muy versátiles.

Las cajas de plástico transparente, como son el plexiglás, lucita, laxan, tienen la ventaja que son a prueba de corrosión y permiten ver las partes de la cámara y sus calibraciones, así también detectar de inmediato alguna filtración de agua, en caso de que hubiera, con la desventaja que permite la entrada de los rayos solares produciendo reflexiones internas, la que pueden causar “imágenes fantasmas” en las fotos. Esto se evita poniendo un parasol al lente.

Las cámaras anfibias no necesitan caja estanca, sino que su cuerpo y lentes vienen herméticamente sellados para usarse directamente en contacto con el agua y resistir la presión (Diplomado buceo científico FC UNAM, 2005-2006).

### **10.4 Películas**

Uno de los puntos importantes en la fotografía es seleccionar la película subacuática adecuada a la situación que presenta el medio y los objetivos establecidos. A continuación se definen ciertas propiedades de las películas que nos ayudarán a seleccionarlas.

Velocidad de la película: Indica la sensibilidad de la película a la luz y está dada en grados ASA (American Standard Association). El grado de ASA es un valor arbitrario y sirve para comparar una película con otra.

Latitud: Se refiere al rango de exposición para la foto que conserva razonablemente alta calidad.

**Definición:** Es la habilidad de la película para definir una imagen clara y nítida, depende básicamente del contraste, grano y velocidad de la película.

**Contraste:** Se refiere a las partes claras y las oscuras del objeto que se va a fotografiar.

**Grano:** La película es una tira de celuloide que tiene un recubrimiento con una emulsión de gelatina que contiene granitos de sales de plata. En las películas con valor de ASA alto “rápidas” se nota más el grano que en las que tienen bajo valor de ASA “lenta”. Entre más fino sea el grano, mejor definición y detalle tendrá la fotografía.

La película perfecta para la fotografía subacuática tendrá las siguientes características; ser rápida, o sensible a la luz, amplia latitud, alta definición, buen contraste, grano extremadamente fino, buena fidelidad y saturaciones de los colores. Sin embargo, no existe hasta ahora dicha película (Pazos, 1985).

## **10.5 Filtros**

La función principal de los filtros, en la fotografía subacuática, es mejorar el contraste y restablecer los colores perdidos debido a la absorción de la luz, cuando se toma la fotografía bajo la luz natural.

Las características de los filtros son: que dejan pasar la luz del color del filtro y rechazan los otros colores. El filtro rojo deja pasar la luz roja y rechazan los verdes y azules. Un filtro azul deja pasar la luz azul y rechaza la roja y anaranjada.

Los filtros atenúan la luz, cuando se coloca un filtro en el lente se debe de abrir el diafragma para compensar la luz absorbida por el filtro. A mayor densidad del filtro mayor pérdida de luz existirá y mayor abertura de diafragma debe usarse.

## **10.6 Principios de la composición**

Para lograr una buena fotografía es necesario considerar los siguientes puntos:

- a) Buen enfoque y una buena exposición.
- b) Tener un motivo, es decir, saber por qué se toma la foto.
- c) Atraer la atención lo que se quiere poner de manifiesto, o sea el motivo tiene que destacar.
- d) La foto debe de manifestar un suceso.

El buen fotógrafo no solamente mira, sino observa. Dos fotografías tomando al mismo sujeto, pueden producir fotografías totalmente diferentes en forma, detalle, composición, mensaje, debido a su diferente punto de vista y creatividad.



Como veremos, una buena fotografía no es simplemente una imagen. El fotógrafo submarino logrará armonizar todos estos puntos de composición y otros más, de acuerdo con su talento, con la práctica y experiencia o tomando un curso o entrenamiento adecuado (Pazos, 1985).

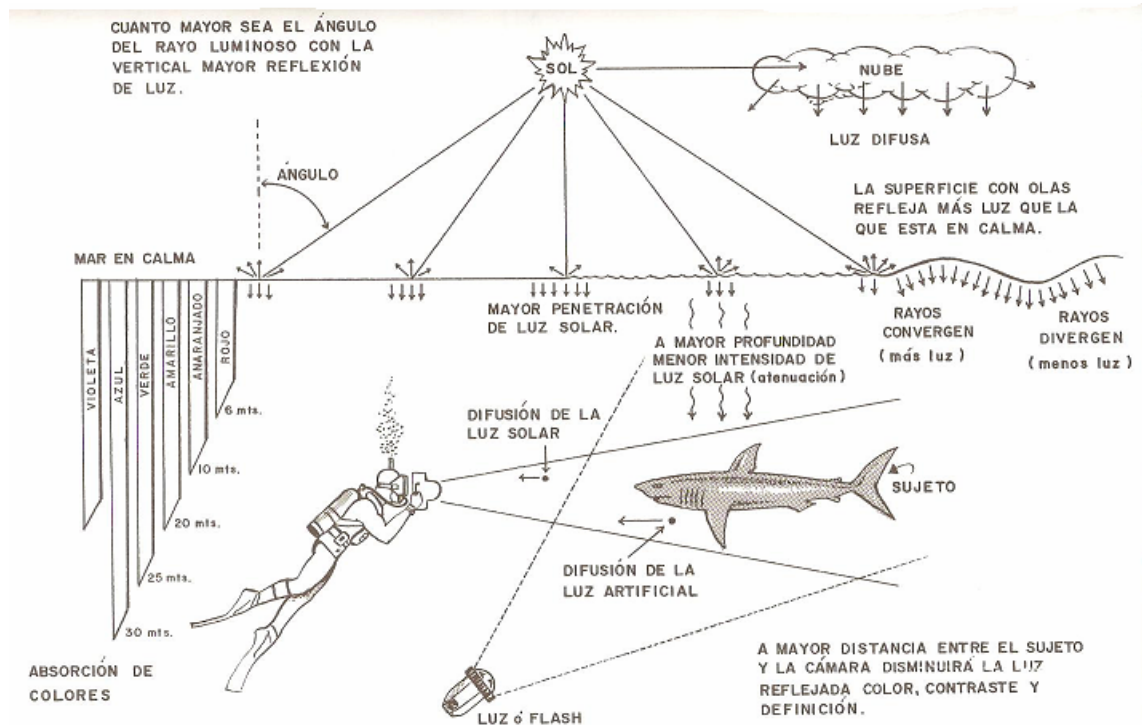


Fig. 25 Efectos de la luz bajo el agua (Pazos, 1985).

**Refracción:** En el aire la velocidad de luz es cerca de 300 000 Km./seg. , en el agua es de 225 000 Km./seg., Dichos cambios de velocidad de la luz al pasar al agua da un efecto de que los objetos se vean 33% mas grandes y 25% más cercanos.

**Reflexión:** Dependiendo de la posición del sol, los rayos entran al agua con cierto ángulo de inclinación por lo que algunos se reflejan y otros penetran.

**Absorción:** La longitud y frecuencia de onda dependiendo de éstos hay colores que penetran más que otros.

**Difusión:** Debido a las partículas suspendidas en el agua, la luz en vez de entrar directamente rebotan las partículas.

## **11. Técnicas topográficas y de mapeo subacuáticas**

Los mapas son una forma de comunicación abstracta. Constituye el método más conveniente y de aceptación universal para mostrar gráficamente distintas características y estructuras de la superficie de la tierra.

Un mapa permite determinar la distancia, el rumbo y la orientación (ángulo) de un punto geográfico a otro; en la investigación subacuática, un mapa es indispensable para comunicar y registrar información referente a un área específica del lecho marino o de los cuerpos acuáticos continentales.

Se debe de mostrar un mapa, como un conjunto específico de datos. Por lo tanto, hay muchos mapas que muestran por ejemplo, patrones de distribución de los organismos, tipos de sustrato, relieve del fondo, ubicación de objetos, etc.

La elaboración de mapas de investigación subacuáticas se ha aplicado principalmente a estudios biológicos, geológicos, arqueológicos, y espeleológicos.

Requisitos para participar en un mapeo:

- Adiestramiento
- Habilidades y destreza
- Experiencia
- Trabajo en equipo
- Comunicación

### **11.1 Proceso de levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico o mapeo es parte de los estudios primarios o descriptivos, pretende representar y caracterizar la disposición espacial del fenómeno de interés.

Uno de los propósitos de un levantamiento es de tener la capacidad de reconstruir la disposición de los elementos de un lugar sobre papel o en computadora. El plano generado debe ser una representación fiel del lugar.

Conforme se va produciendo un mapa es necesario ir contrastando la precisión del mismo. El proceso de mapeo comprende diferentes etapas, considerando actividades tanto de campo como de gabinete (Diplomado buceo científico FC UNAM, 2005-2006).

### **11.2 Técnicas de mapeo**

Dependiendo del alcance y procedimientos hay varios tipos de mapeos. En términos generales se pueden reconocer dos métodos:

**Directos:** Se requiere que los buzos lleven a cabo la medición de los ángulos y distancias, utilizando los materiales básicos, como cuerdas, cintas métricas, etc. Incluyen a:

- Bosquejos: Son esquemas generales del lugar (Fig. 26).

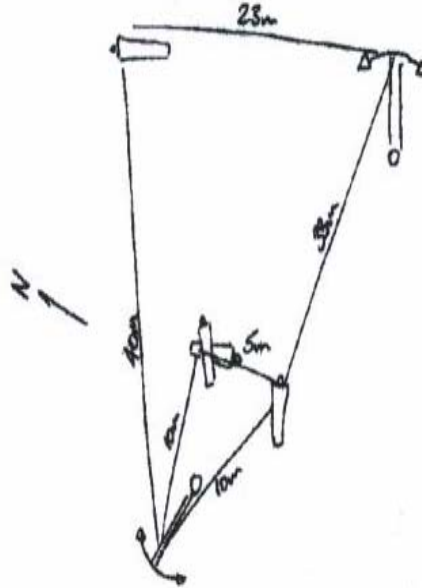


Fig. 26 Bosquejo (Padilla, 2000).

- Radiales: los diferentes objetos se ubican a partir de un punto central de referencia (Fig. 27 y 28).

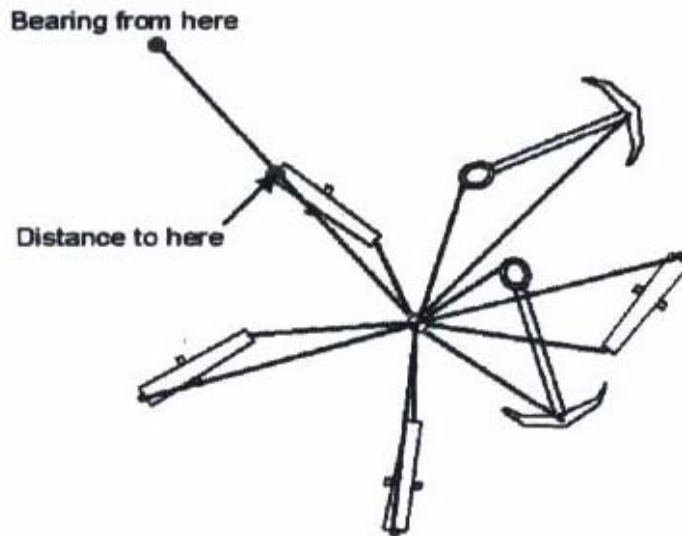


Fig. 27 Radial (Padilla, 2000).

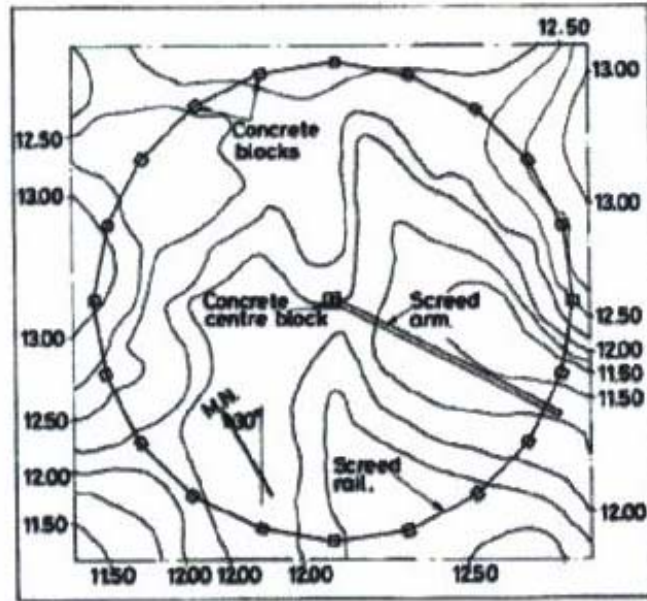


Fig.28 Radial (Padilla, 2000).

- Poligonales: Se establece una red de puntos de control en forma circular o elíptica (Fig. 29 y 30).

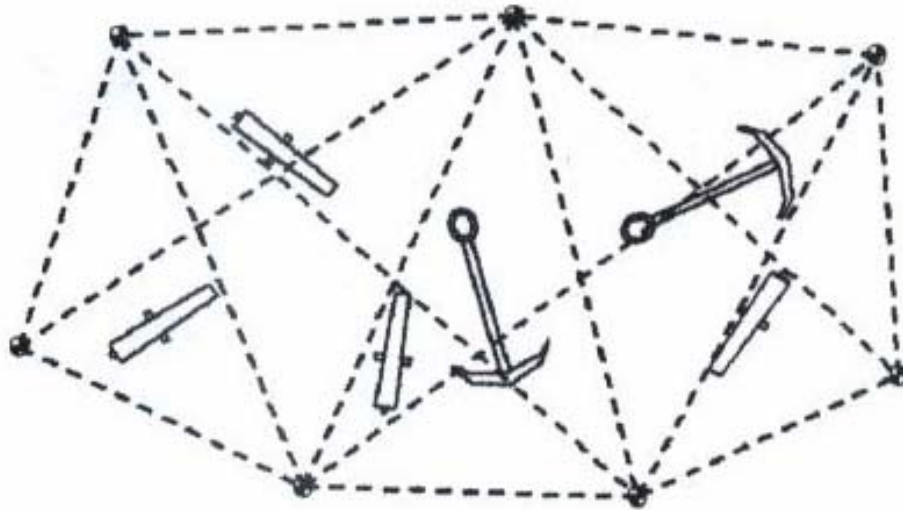


Fig.29. Poligonal (Padilla, 2000).

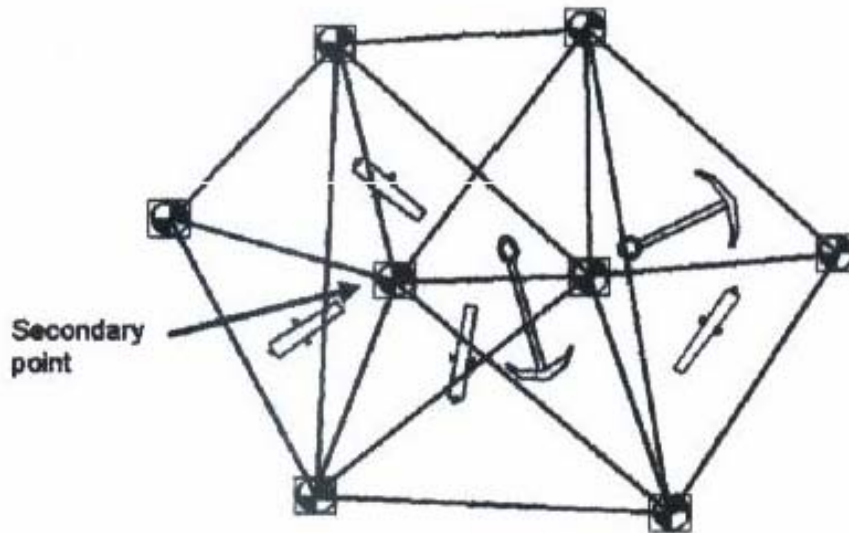


Fig. 30 Poligonal (Padilla, 2000)

- Lineales: Se establecen líneas base con sus dos extremos funcionando como puntos de control. También pueden ser varias líneas secuéciales o formar una cuadrícula (Fig. 31 a la 35).

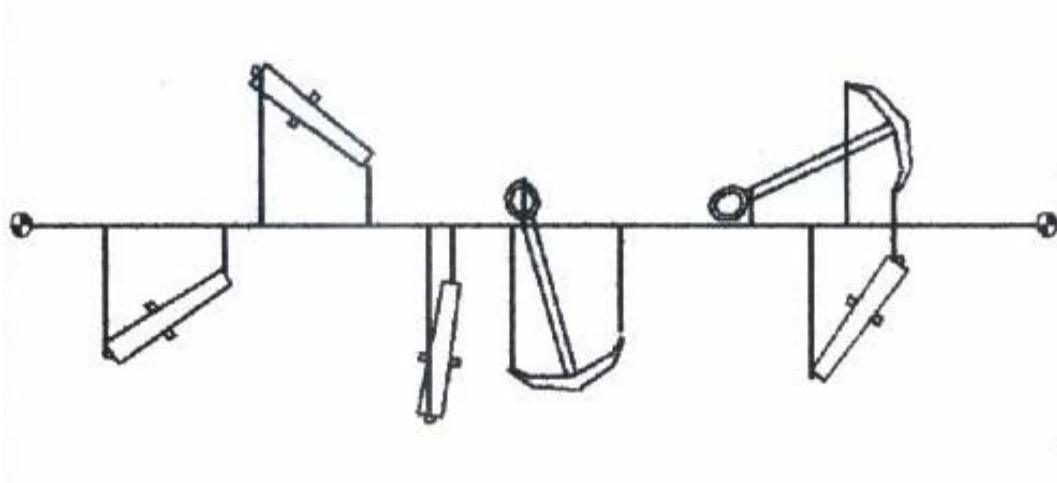


Fig. 31 Lineal (Padilla, 2000)

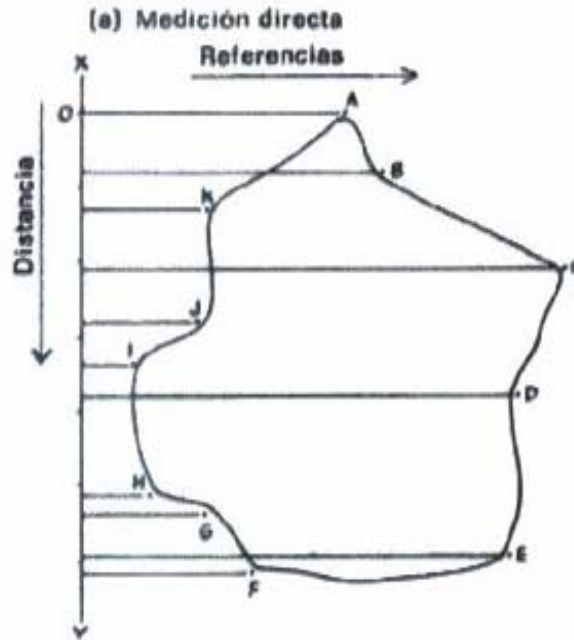


Fig. 32. Lineal (Padilla, 2000).

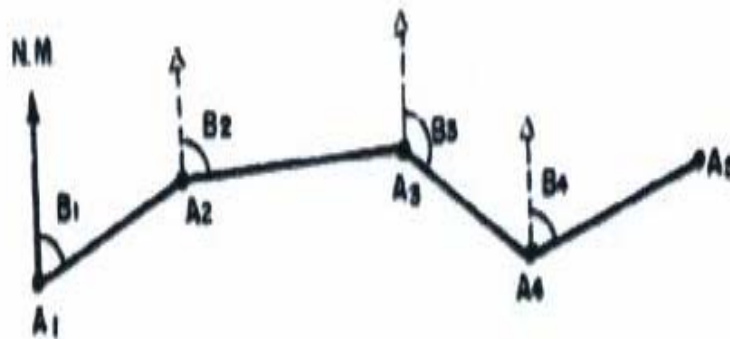


Fig. 33 Lineal (Padilla, 2000).

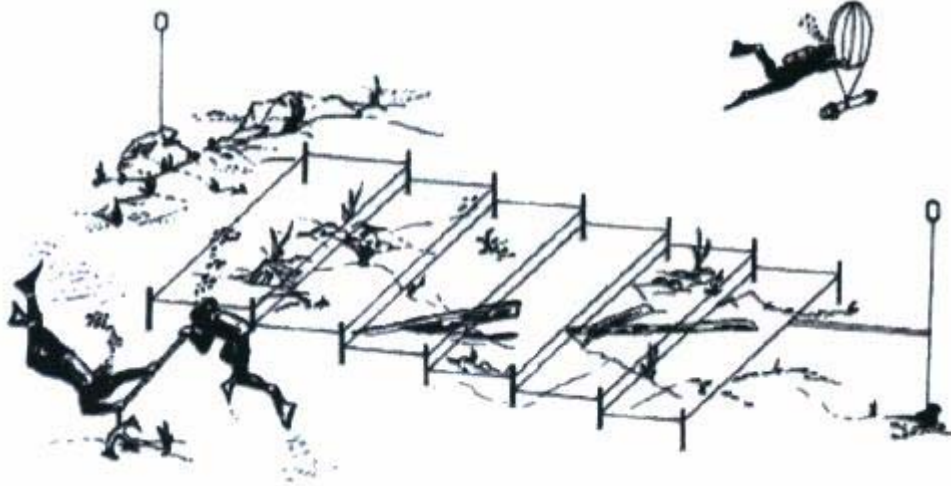


Fig.34. Lineal cuadrada (Solís, 2000)

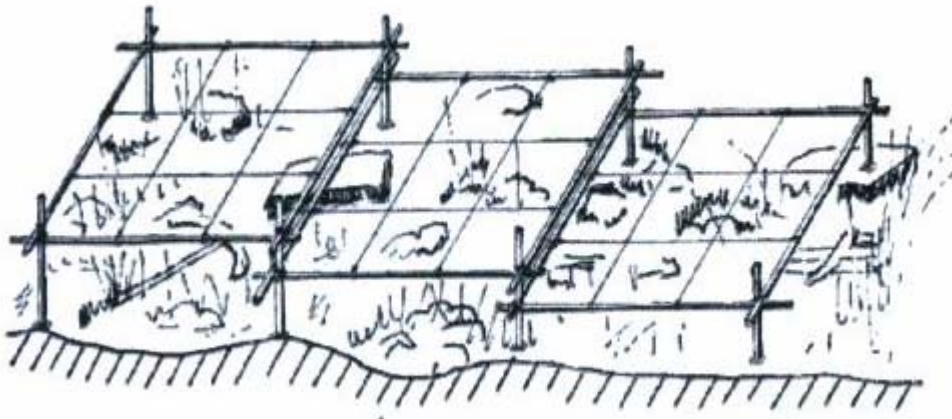


Fig. 35 Lineal cuadrícula (Solís, 2000).

**Indirectos:** Esta forma de mapeo involucra técnicas que no requieren que el buzo realice físicamente.

- Fotogrametría: A partir de transectos fotográficos
- Videotransectos: A partir de transectos filmados con videocámara
- Acústicos: Usando radiofaros o transportador
- Fotografías aéreas: Se utilizan como referencias para la elaboración de mapas de la configuración general del fondo (Diplomado buceo científico, FC UNAM, 2005 - 2006).



## 12. Investigación y muestreo subacuático

En el área científica es importante recalcar que para todo proyecto se utiliza el “Método Científico Experimental” que implica una serie de pasos razonando e indagando una secuencia para llegar al objeto de conocer un fenómeno en los aspectos que nos interesa y de acuerdo a los recursos e instrumentos de que se dispone.

Las cinco etapas principales del método científico experimental son:

1. Caracterización general del objeto de estudio.
2. Diseño del proyecto de investigación.
3. Conducción de la investigación.
4. Análisis e integración de la información.
5. Comunicación de la investigación.

En el proyecto de investigación se pretende estudiar el fenómeno subacuático, es indispensable efectuar una fase de trabajo de campo donde se lleven a cabo en el sitio de estudio la observación, descripción, muestreo, colecta, experimentación y registro de información, respecto a nuestro objeto de interés.

A esta fase se le conoce como investigación de campo, o campaña de investigación, que se ha definido como el “diseño, planeación y manejo de las investigaciones científicas en las condiciones reales en las que se presentan” (Diplomado buceo científico, FC UNAM, 2005 - 2006).

En este contexto el buceo, como parte de la investigación de campo, es un componente del método científico, vinculado directamente con la segunda y tercera etapa de todo proceso de investigación e incluye tres aspectos importantes:

- Diseño de la investigación de campo
- Determinación del tipo de estudio
- Elaboración del programa de muestreo

Tomando en cuenta lo anterior, el buceo científico puede considerarse como una metodología de trabajo de campo, que capacita para la adquisición directa de datos en el medio subacuático.

El buceador científico es aquel que busca, mide, anota, analiza e interpreta la información obtenida en el sitio donde se efectúa la investigación de campo (Solís, 2000).

### 12.1 Tipos de estudios

Dependiendo de los alcances y objetivos hay varios tipos de estudios. Antes de hacer cualquier diseño y planeación de la investigación de campo es importante tener claro en que consiste el estudio, porque de ello dependerán los



procedimientos y técnicas a utilizar. En términos generales se pueden reconocer tres tipos de estudios:

- Exploratorios
- Primarios o descriptivos
- Intensivos

Si bien esta clasificación es factible aplicar a disciplinas científicas como la oceanografía, geología y arqueología, a continuación se dará mayor énfasis en el ámbito de las investigaciones biológicas subacuáticas.

## **12.2 Estudios exploratorios**

Este tipo de estudios corresponde a la fase pionera de cualquier investigación.

Se realiza mediante prospectivas subacuáticas, con el propósito de obtener una perspectiva panorámica y una idea preliminar del área de estudio, así como la de elaborar la descripción general del paisaje sumergido.

Son estudios pilotos que sirven como base para futuras investigaciones. Entre otras cosas permiten seleccionar áreas representativas para estudios detallados, efectuar monitoreos generales. Probar aparatos, ajustar técnicas, entrenar al personal, estimar costos y detectar problemas futuros.

Algunos aspectos que se consideran son:

- Tipos de comunidades
- Fisonomía general del paisaje
- Especies comunes y dominantes
- Factores ambientales evidentes
- Correlación entre organismos y ambiente

Las prospecciones subacuáticas consisten en hacer recorridos amplios empleando los medios más convenientes, tratando de abarcar y hacer un reconocimiento visual o avistamientos de la mayor área posible siguiendo un padrón definido de desplazamiento, buscando registrar las características más relevantes mediante una observación sistematizada. Generalmente se llevan a cabo estimaciones cualitativas o semicuantitativas. Equivalen a utilizar reconocimientos aéreos en estudios terrestres.

Dos formas particulares de prospecciones que han sido aplicadas en arrecifes de coral son:

- Censos
- Evaluaciones generales

Mediante los censos se obtiene una estimación poblacional de los organismos apreciables a simple vista, se consideran aspectos como tamaño, detectabilidad, facilidad de identificación abundancia y movilidad.

Las evaluaciones generales permiten tener una idea sobre los aspectos de la condición general del arrecife.

Las técnicas para efectuar las prospectivas subacuáticas son:

- Desplazamiento autónomo
- Remolque
- Vehículo de propulsión

Cada técnica presenta características peculiares en cuanto a:

- Distancias recorridas
- Velocidad de desplazamiento
- Equipo utilizado
- Capacitación requerida
- Condiciones ambientales
- Procedimientos de trabajo
- Tipo y coordinación de actividades
- Observación y registro de información
- Aspectos de seguridad (Padilla, 2000).

### **12.3 Estudios primarios o descriptivos**

Fase descriptiva particular de una investigación, en la que se hace la caracterización ecológica de ambientes, poblaciones o comunidades.

Se estudian áreas más restringidas tratando de distinguir:

- Estructura comunitaria
- Composición de especies
- Índice de diversidad biológica
- Patrones de distribución y abundancia
- Parámetros poblacionales
- Interacciones entre especies
- Descripción de gradientes ambientales
- Correlación más precisa entre organismos y ambiente

La unidad de trabajo varía dependiendo del objeto de estudio y de los objetivos. Básicamente se registran datos de tipo semicuantitativo o cuantitativo (Padilla, 2000).

En investigaciones de comunidades o poblaciones bentónicas las técnicas de muestreo más utilizadas son lineales o en franjas (transectos) y por área (parcelas o marcos), usados de manera independiente o combinada.

Los transectos son línea de referencia que se despliegan mediante cintas métricas o cuerdas marcadas. De ésta forma se puede obtener patrones de distribución horizontales de las especies.

A lo largo de los transectos se efectúan observaciones y anotaciones de acuerdo a una estrategia previamente establecida. Recientemente se han empleado grabaciones de video como una forma complementaria de registrar información, lo que se le ha denominado videotransectos

Cuando se quiere hacer estaciones o conteos de parámetros poblacionales (por ejemplo densidad, cobertura) referidos a una cierta superficie, se utilizan unidades de muestreo por área, que se denominan en general como parcelas o marcos o incorrectamente cuadrantes. Estos marcos se pueden elaborar de algún material metálico (acero o aluminio) o de plástico.

De cada marco se anotan diferentes tipos de datos, dependiendo de lo que se pretenda estudiar. Una forma permanente de registrar información es mediante la toma de fotografías que abarcan el área de toda la parcela muestreada, a la que se le llama foto cuadrantes. Las cámaras fotográficas se montan sobre un armazón de tubos de PVC.

## **12.4 Estudios intensivos**

Son investigaciones detalladas respecto a problemas particulares de los organismos y del ambiente. Generalmente se hace manipulación experimental variables biológicas y factores ambientales, que se miden de manera semicuantitativa o cuantitativa.

Se estudian cuestiones tales como:

- Dinámica de población
- Interacciones biológicas
- Ecofisiología
- Conducta

Los experimentos realizados abarcan una amplia gama de fenómenos, que se han analizado mediante el uso de diversos instrumentos y dispositivos diseñados expresamente para funcionar en condiciones sumergidas.

Algunos de los aspectos particulares estudiados comprenden el transplante de organismos, reclutamiento, sucesión, crecimiento individual y poblacional, efecto de la sedimentación, productividad, respiración, fotosíntesis y arrecifes artificiales, entre otros (Diplomado buceo científico FC UNAM, 2005 – 2006).

## 12.5 Programa de muestreo

Un estudio que abarcara el 100% de los fenómenos sería impráctico y se invertiría demasiado esfuerzo, recursos y tiempo. Adicionalmente, en investigaciones subacuáticas esto se ve agravado por las limitaciones que impone el propio trabajo subacuático, como son las restricciones de tiempo, estado fisiológico de los buzos, condiciones adversas y costos operativos. Por tal motivo solo se recurre a extraer muestras.

Una muestra es una parte representativa de una unidad mayor, a partir de la cual se puede explorar información y hacer inferencias hacia todo objeto de estudio. Parte de la premisa de que las muestras reflejan, con cierto nivel de incertidumbre, la totalidad del fenómeno.

Se denomina como muestreo al proceso de seleccionar y toma de muestras. El primer paso es reconocer el sitio donde se realizará la investigación, determinando su ubicación precisa, así como relocalizarlo después de cierto tiempo. Una alternativa es el uso de receptores GPS (System Global Position).

De manera complementaria se pueden usar señalizaciones en superficie y fondo, mediante el anclaje de objetos pesados (muertos) y boyas.

Otra forma más sofisticada de relocalizar sitios a través de sistemas de navegación y sonar electrónico sumergibles. Un sistema simple llamado Drive Tracker Sport emplea un transmisor subacuático que puede colocarse en el sitio de estudio por largos periodos de tiempo.

El análisis detallado del objeto de estudio se realiza a partir de las unidades muestrales.

La muestra consiste generalmente de varias unidades muestrales

Para la definición de las unidades de muestreo deben considerarse aspectos como:

VARIABLES a medir en cada unidad, son las características del objeto de estudio que se quieren conocer. En investigaciones biológicas generalmente, se consideran atributos inherentes a los seres vivos como factores ambientales. Deben seleccionarse en relación con los objetos planteados.

En la selección de las variables hay que considerar aspectos como complejidad, claridad, tipo y relevancia para los objetos del estudio.

Para el caso de investigaciones de comunidades bentónicas algunas de las variables más utilizadas son la presencia de organismos, abundancia, cobertura, profundidad, tipo de sustrato, temperatura del agua, iluminación, época del año, etc.

La forma de la unidad de muestreo dependerá del tipo de organismos estudiados y de los propósitos de la investigación.

Las dimensiones de las unidades de muestreo generalmente están relacionadas con el tamaño de los organismos y el espacio entre ellos.

Según el tipo y objetivo de investigación, se debe determinar el tamaño de la muestra adecuado, de tal modo que las exploraciones o inferencias sean representativas.

El tamaño de la muestra corresponde al número total de unidades que se van a estudiar. Debe ser óptimo en el grado de representatividad que se quiere que tenga la muestra.

El procedimiento para obtener el tamaño de la muestra varía según los objetivos de estudio (Diplomado buceo científico FC UNAM, 2005 – 2006).

### **12. 5. 1 Patrones de muestreo**

Los dos más utilizados son: Sistemático y aleatorio (Solís 2000).

En el patrón sistemático las unidades muestrales se colocan en secuencia o son espaciadas a intervalos regulares.

En el caso del muestreo aleatorio las unidades se distribuyen de manera azarosa como resultado de un procedimiento de selección probabilística

Antes de adoptar un patrón de muestreo se recomienda considerar el tipo de distribución espacial que tienen las poblaciones que se pretenden evaluar.

### **12. 5. 2 Observaciones y registro de datos**

La necesidad de hacer anotaciones de campo sobre los hechos observados respecto al fenómeno investigado es un requisito para la mayoría de los proyectos científicos,

Es importante desarrollar la capacidad de observación de los buzos mediante un adiestramiento adecuado, considerando las características específicas del objeto de estudio que se requieren describir.

Hay distintos medios de registrar información. El más sencillo es escribir con un lápiz directamente en una tablilla de escritura sumergible, construida de algún material plástico, como estireno o PVC. Pueden utilizarse los tradicionales lápices de madera, sujetándose a la tablilla mediante un cordel, liga o manguera de hule.

Las tablillas pueden variar de dimensión o de forma. Las más comunes son planas de tamaño carta o media carta. También las hay curvas, adecuadas al tamaño del

brazo del buzo, sujetas con tiras de velero o mangueras de plástico. Otra forma de apuntar es usar hojas delgadas de plástico (herculene) resistentes al agua e indeformables, sujetas a una tabla de soporte o cartapacio.

Una forma de facilitar el procedimiento de registro es utilizar formularios o formatos de datos, donde la información esta codificada

Para facilitar la colección de datos, algunos investigadores han combinado una variedad de instrumentos montados sobre las tablillas de escritura, como profundímetros, brújulas, inclinómetros, reglas y termómetros.

Una forma complementaria de adquirir información permanente es a través del registro fotográfico y de vídeo grabaciones. Algunos estudios requieren registrar una gran cantidad de datos, que rebasan la capacidad de escritura sobre una tablilla o que no puedan detectarse mediante la foto o video. En estos casos la grabación de voz es una alternativa. Las grabadoras pueden sumergirse en cajas estancas. Es indispensable hablar de forma nítida bajo el agua, ya sea con una máscara semicompleta o de cara entera.

Recientemente, se han implementado medios de grabación usando sistemas subacuáticos de comunicación inalámbrica, como el "Buddy Phone", que enlazan directamente buzo con buzo y buzo con superficie, mediante unidades transmisoras/receptoras. Una grabadora se conecta a una de estas unidades en superficie y se va grabando conforme el buzo hace sus observaciones (Padilla, 2000).

En algunos proyectos de investigación además del muestreo se requiere coleccionar o capturar organismos. Esto significa extraerlos permanentemente de su entorno o solo de manera temporal y después regresarlos al medio.

Dependiendo de si se colecciona o no organismos se reconocen dos tipos de muestro:

- No destructivo
- Destructivo

En el primer caso, el muestreo consiste en hacer observaciones, anotaciones, registros fotográficos o video grabaciones, sin afectar directamente a los organismos. Dependiendo del tipo de investigación se requiere manipularlos *in situ* o extraerlos temporalmente del agua, ya sea para medirlos, pesarlos, fotografiarlos o marcarlos. Es importante manejarlos con delicadeza para no causarles algún daño y cuidar que al regresarlos a sus ambientes se dejen en condiciones similares en las que se encantaban.

Además de hacer observaciones, anotaciones y registros, el muestreo destructivo implica también la colecciona y extracción definitiva de los organismos de su ambiente, así como su preservación poco después de haberlos sacado.

Adicionalmente, es importante señalar que hay proyectos de investigación, como algunos inventarios biológicos y estudios taxonómicos, donde exclusivamente se colectan organismos, sin la intención de hacer muestreo estadístico.

También se llega a mencionar que se extraen muestras de agua, de roca, de sedimentos, etc.

Existe una diversidad de técnicas, materiales, equipo y sustancias para la colecta, manipulación y preservación de organismos, dependiendo de las características del grupo biológico de que se trate y del ambiente donde se desarrolle (Solís, 2000).

### **12.5.3 Medición de los factores ambientales**

En diversas investigaciones subacuáticas el registro de variables ambientales forma parte de su programa de muestreo, se han diseñado innovadoras técnicas, instrumentos y artefactos de medición de factores físicos y químicos en condiciones subacuáticas.

Entre los dispositivos que se han implementado hay varios tipos de nucleadores, trampas de sedimentos, inclinómetros, sensores de luz, color, visibilidad de agua, termómetros, salinómetros, medidores de nutrientes y otros detectores del movimiento del agua.

Para la selección de cualquier aparato o técnica se debe evaluar críticamente su utilidad en términos del objetivo que se han planteado. Esto incluye una búsqueda documental y/o asesoría sobre su funcionamiento, ventajas y limitaciones. En algunos casos se requiere también de un entrenamiento adicional para su adecuado uso y mantenimiento (Diplomado buceo científico FC UNAM, 2005 - 2006).

## 13. Flora y fauna marina

### 13.1 Algas marinas

Cualquiera de las formas de algas pluricelulares más grandes que viven en aguas salobres y saladas, en especial a lo largo de los litorales marinos, pertenecen principalmente a tres phylum o divisiones: Algas pardas, como las laminarias; al de las algas rojas, como el musgo de Irlanda y al de las algas verdes, como las lechugas de mar. Por lo general, todas estas especies se pueden ver a lo largo de las orillas rocosas de los mares septentrionales durante la bajamar. Se diferencian de las plantas superiores porque carecen de tallos, hojas, raíces y sistemas vasculares verdaderos. Se anclan a objetos sólidos mediante un órgano llamado hapterio o háptero y absorben los nutrientes directamente del agua, fabricando su alimento a través de la fotosíntesis. Los pigmentos de las algas pardas y rojas enmascaran la clorofila, Es probable que los primeros colaboren en el metabolismo fotosintético absorbiendo y transfiriendo la energía de la luz a la clorofila (<http://www.prfrogui.com/geocites/marino.htm-43k>. 2006).

Las algas marinas abundan en aguas poco profundas desde la línea de la marea media hasta profundidades de 50 metros. En las orillas bañadas por aguas frías, son capaces de resistir varias horas de exposición al sol y cubren rocas a gran altura en la zona intermareal. En los trópicos, las algas marinas están limitadas a la zona entre la línea de bajamar y profundidades de 200 metros. Las algas rojas predominan en lagunas y alrededor de los arrecifes de coral.

Las algas pardas, comprenden las algas marinas más grandes. Las especies del Pacífico pueden alcanzar 65 m de longitud y tienen estructuras que, a primera vista, parecen hojas y tallos. Tienen también unas vesículas llenas de aire y unos órganos fuertes (hapterios o hápteros) que las fijan a superficies duras. Otras algas pardas son los *Fucus* y los sargazos, que flotan en grandes masas en la corriente del Golfo y en el mar de los Sargazos.

Entre las algas rojas se encuentran diversas especies del musgo de Irlanda, que suelen verse a lo largo de las costas del Atlántico norte como una alfombra entretejida en la zona sublitoral. Las algas rojas abundan en las aguas tropicales claras, donde su pigmento rojo (ficoeritrina), les permite realizar la fotosíntesis a una profundidad mayor de la que sería posible para las algas verdes ordinarias.

Las algas marinas son un recurso alimentario de importancia económica, sobre todo en Japón, donde se llama *nori*. Éste se obtiene de un alga roja cultivada en los tamices de bambú sumergidos en los estuarios (<http://www.prfrogui.com/geocites/marino.htm-43k>. 2006).



Sin embargo, las algas rojas no tienen otro valor nutritivo para los seres humanos que su reducido contenido en proteínas, vitaminas y minerales (en especial yodo).

Las algas pardas se utilizan como fertilizante y como un ingrediente del alimento del ganado. El ácido algínico encontrado en las laminarias tiene muchos usos industriales. Puede prepararse como una fibra parecida a la seda o como un material plástico insoluble en agua, utilizado para fabricar películas, gel, gomas y linóleo. También puede utilizarse como un coloide en la fabricación de cosméticos, pinturas y lacas para los automóviles. Los derivados orgánicos de los alginatos se usan como resinas de los alimentos en la elaboración de helados, pudines y quesos tratados.

Las algas pardas constituyen la división Phaeophyta, las algas rojas la división Rhodophyta y las algas verdes la división Chlorophyta. Las grandes algas pardas del Pacífico engloban las especies clasificadas en los géneros *Macrocystis* y *Nereocystis*. Las algas pardas pertenecen a los géneros *Fucus* y *Sargassum*. El musgo de Irlanda constituye el género *Chondrus*. La especie más común cultivada como alimento en Japón es *Porphyra tenera* (<http://www.prfrogui.com/geocites/marino.htm-43k>. 2006).

### 13.2 Corales

Los corales pertenecen al Phylum Cnidario, Clase Anthozoa; son organismos sésiles, de simetría radial y viven en colonias

Los pólipos del coral se reproducen asexualmente (por gemación) o sexualmente, en este caso los corales liberan los gametos (óvulos y espermatozoides) al agua, por lo tanto la fecundación es externa, la reproducción sexual sincronizada, en la que muchos corales desovan a la vez, esto se puede observar en el Golfo de México ocho días después de la luna llena de agosto, debido a la elevada temperatura y noche oscura (Weisz, 1978).

En otros casos los óvulos se mantienen dentro de la cavidad donde son fertilizados por espermatozoides, varios días después de la fecundación se forma una larva conocida como plúmula, se dispersa a las corrientes para fijarse al suelo plano. Los corales son formaciones de apariencia rocosa formadas por pólipos, son animalitos microscópicos producen carbonato de calcio y van construyendo una estructura de apariencia rocosa que es el arrecife.

Constituyen el corazón del universo marino, representan el 25% de la vida marina. Es una infraestructura comparable con los bosques tropicales. Su función es vital para el planeta, son el semillero de peces de alto valor comercial, son una barrera natural que amortigua las tempestades del mar, protege las costas y su belleza es de un atractivo turístico.

Los arrecifes de coral son cresta o parte elevada de una zona relativamente poco profunda del suelo marino, próxima a la superficie del mar. Está formada por una acumulación de aspecto y consistencia similar a la roca, de exoesqueletos calcáreos de animales de coral, algas calcáreas rojas y moluscos. Construida capa a capa por los corales vivos que crecen sobre los esqueletos de las generaciones pasadas, los arrecifes de coral crecen hacia arriba a un ritmo de entre 1 y 100 cm al año. Son tropicales, se extienden hasta 30° al norte y al sur del ecuador y sólo se forman donde la temperatura de las aguas superficiales no desciende nunca por debajo de los 16 °C corales (<http://www.coralreefalliance.org/resources/briefs>. 2006).

Distribución de los corales



Fig. 36 Distribución de los corales

(<http://www.coralreefalliance.org/resources/briefs/>.2006).

Los arrecifes de coral son ecosistemas con estructuras bien definidas que agrupan tanto plantas fotosintéticas como consumidoras. La capa exterior de un arrecife está compuesta por pólipos de coral vivos. En el interior de los animales del coral viven unas algas unicelulares redondas llamadas zooxantelas. Por debajo y rodeando a los pólipos, se encuentran los esqueletos calcáreos, tanto los vivos como los muertos, que contienen algas filamentosas. Otras especies de algas, tanto carnosas como calcáreas, crecen en la superficie de los viejos depósitos de esqueletos. Estas algas y otras plantas asociadas son los principales productores primarios.

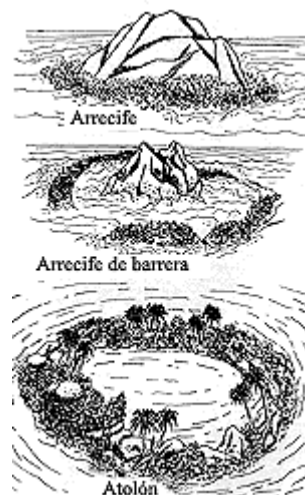
Las zooxantelas fotosintéticas y las algas verdes filamentosas transfieren parte de su energía alimentaria directamente a los pólipos coralinos. Los animales del coral también se alimentan durante la noche de zooplancton, que capturan con sus tentáculos. Los pólipos cazan el zooplancton no tanto por sus calorías como por sus escasos nutrientes, especialmente el fósforo. Mediante la digestión,

liberan estos nutrientes de los que se benefician las algas, de este modo, el coral y las algas intercambian nutrientes, reduciendo su pérdida en el agua.

Los peces herbívoros, como el multicolor pez mariposa, así como los erizos de mar, las holoturias, las estrellas y numerosas especies de moluscos se alimentan de las algas. Los animales predadores, como pequeños cangrejos, distintas especies de lábridos (peces largos y con aletas espinosas), anguilas moray y tiburones, se esconden en las numerosas cuevas y hendiduras del arrecife.

Los arrecifes son muy frágiles y están bajo seria amenaza. El sedimento a causa de la deforestación llega al mar y cuando llega al arrecife este segrega una mucosa que para removerla necesita mucha energía que lo debilita quedando expuesto a infecciones. También afectan las descargas de aguas residuales. El alto contenido de nutrientes crea un explosivo crecimiento de algas y estos ahogan a los pólipos. Inclusive el calentamiento del mar provocado por el fenómeno del Niño, afecta los arrecifes. También afecta al bosque marino el uso de veneno y dinamita para la pesca.

Los arrecifes de coral son de tres tipos: arrecifes en orla, barreras de coral y atolones. Los arrecifes en orla se extienden hacia el mar desde la costa de una isla o del continente, sin que haya agua entre el arrecife y la tierra. Las barreras de coral se producen a cierta distancia de la costa, con un canal o laguna entre el arrecife y aquella. Los atolones son islas de coral que normalmente forman un arrecife estrecho en forma de herradura, en el centro se encuentra una laguna poco profunda.



**Fig. 37 Formas de arrecifes**

( <http://www.coralreefalliance.org/resources/briefs> 2006).

### 13.2.1 Blanqueo del coral

Los arrecifes de coral se han visto afectados recientemente por el *blanqueo*, que consiste en la decoloración o pérdida de las zooxantelas simbióticas. En 1979 y 1980, se produjeron varios casos de blanqueo de coral en los arrecifes que rodean Okinawa, la isla de Pascua, el noroeste de Australia y el mar Caribe. Un incidente más grave se produjo en 1982 y 1983, afectando a arrecifes situados al este de África, Indonesia y la costa oeste de América Central y Sudamérica. Casos de blanqueo todavía más graves y más dañinos tuvieron lugar en el trienio comprendido entre 1986 y 1988 y afectaron a áreas como Taiwán, Hawai, islas Fiji, isla Mayotte y toda la extensión de la Gran Barrera de Arrecifes.

La causa de estos amplios casos de blanqueo es desconocida; se han sugerido como posibles motivos la polución, el calentamiento global y la radiación ultravioleta. Aunque no se ha podido demostrar de manera concluyente que ninguna por separado ni el conjunto de estas causas sean responsables de los casos de blanqueo, investigaciones recientes indican que el origen del problema podría encontrarse en aguas inusualmente calientes. La temperatura óptima para el crecimiento del coral se sitúa entre 26 y 27 °C. Se ha demostrado que las temperaturas por encima de los 29 °C pueden causar estrés en los corales y puede intensificar el proceso de fotosíntesis que llevan a cabo las zooxantelas simbióticas, dando lugar a altas concentraciones de toxinas de radicales libres en el tejido del coral. Estos pólipos de coral pueden expeler de forma activa a las zooxantelas, provocando la decoloración del coral.

Los corales blanqueados tienen dificultad para recuperarse; un arrecife puede tardar varios años en lograrlo y por lo tanto, los procesos de blanqueo podrían convertirlo en imposible. Sin las zooxantelas simbióticas, los pólipos no pueden depositar el esqueleto de carbonato cálcico que forma los cimientos del arrecife de coral. No sólo los corales, sino todos los organismos de los arrecifes podrían perder su hábitat a consecuencia de estos blanqueos, ya que la estructura de carbonato cálcico de los arrecifes se pierde debido a la erosión.

### 13.2.2. Algunas formas comunes de los corales



**CORAL FUEGO**



**GORGONIAS**



**CORALES BLANDOS**

Fig. 39 Corales blandos (Humann, 1993).

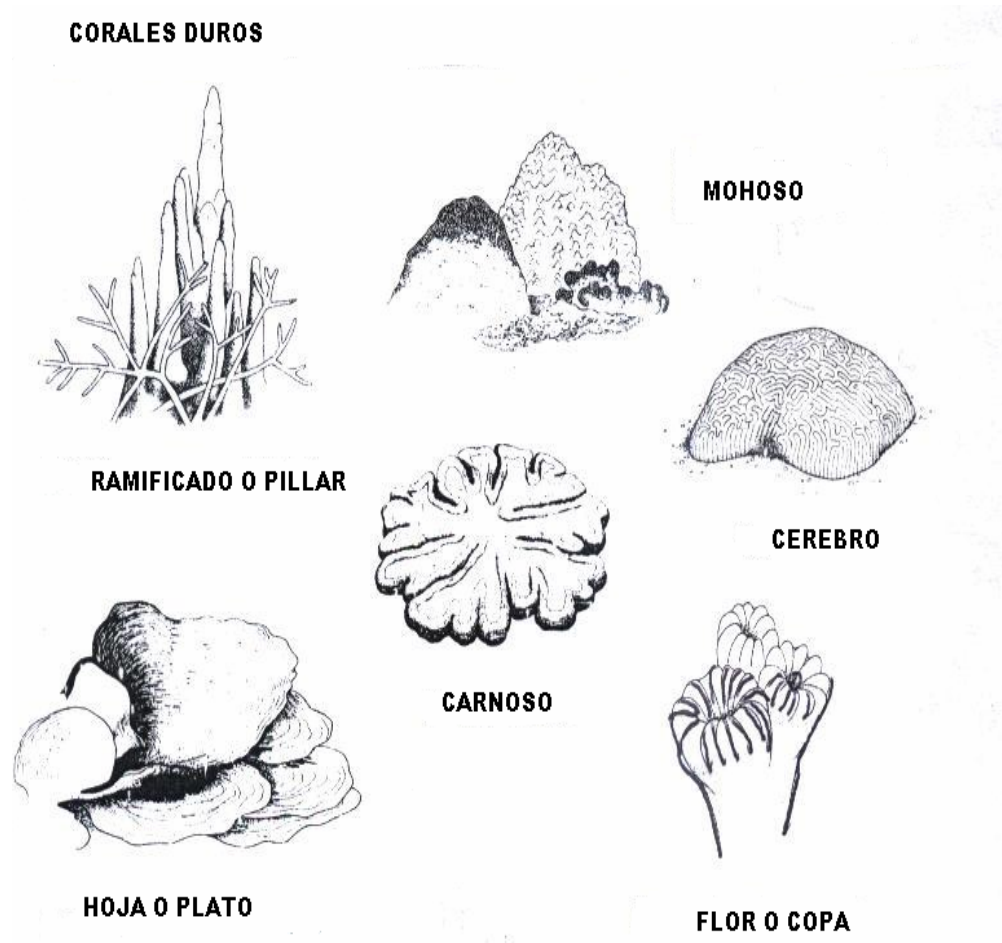


Fig. 40. Corales duros (Humann, 1993).

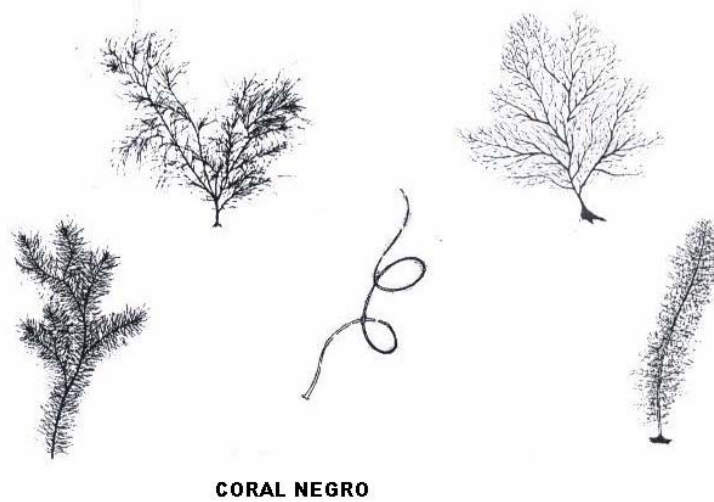


Fig. 41 Coral negro (Humann, 1993).

El arrecife de coral es una colonia de organismos vivientes marinos formados por un alga y un pólipo de coral. Asociados con los corales viven una gran variedad de algas coralinas, plantas y animales acuáticos que en conjunto forman lo que en su totalidad llamamos el arrecife de coral.

### 13.2.3 Importancia de los corales

1. Protegen la costa de marejadas y oleajes fuertes durante tiempo de tormentas y huracanes.
2. Modifican la velocidad y dirección de las corrientes marinas.
3. Exportan nutrientes a los sistemas terrestres y reciben nutrientes de estos sistemas.
4. Sirven de hábitat para muchas especies marinas.
5. Gran valor escénico, por su variedad y diversidad de colores y formas.
6. Fuente de recreación pasiva para muchas personas dedicadas al deporte acuático.
7. En ellos se encuentran muchos animales acuáticos que son fuente de alimento de organismos superiores.

Efectos de la radiación ultravioleta en la vida marina

Hay un grupo de pigmentos específicos en los colores que absorben radiación y protegen el organismo. Esto varía con la profundidad porque el agua es un filtro de rayos ultravioleta.

Un aumento en la pigmentación fotoprotectora es una respuesta a la radiación ultravioleta y es un indicador de los efectos de este tipo de luz vinculada.

Aunque en los trópicos la disminución de la capa de ozono es menor, el estudio es importante porque estos organismos marinos viven cerca del límite de tolerancia y se toman en cuenta otros factores, como el aumento en la temperatura del agua.

Se encuentra una estación de registro continuo de rayos ultravioletas. Ubicada en la Isla de Magueyes en La Palguera de Lajas. Esta estación es única en el Caribe y fue instalada en 1997.

Donde se desarrollan proyectos son subvencionados por la NASA y uno forma parte de la investigación que realiza el Centro Tropical para estudios de la Tierra y el Espacio que dirige el profesor Rafael Fernández Sein en el Colegio de Mayaguez (Peterson, 1982; Humann, 1993).

### 13.3 Esponjas

De los invertebrados marinos que existen en el mundo, el Phylum Porifera es uno de los más difíciles de estudiar, debido principalmente a la plasticidad de sus características biológicas y la dificultad de mantenerlas vivas en condiciones experimentales (Bergquist, 1978). No obstante el primero –y por mucho tiempo- el

único científico mexicano dedicado al estudio de las esponjas marinas en México fue el doctor Gerardo Green Macías (1946-1986), con sus trabajos enfocados a la taxonomía y la observación de sustancias antimicrobianas con potencial farmacológico producida por las esponjas. Posteriormente, un grupo de investigadores inspirados por la obra del doctor Green y encabezados por el doctor Tirso Ríos se dedicaron a la investigación química de las esponjas y la bióloga Patricia Gómez (2002) continúa el estudio del grupo. Debido a la variabilidad a las esponjas y que solamente existe un especialista en la taxonomía, son pocos los trabajos que se han publicado sobre las esponjas mexicanas (Gómez, 2002).

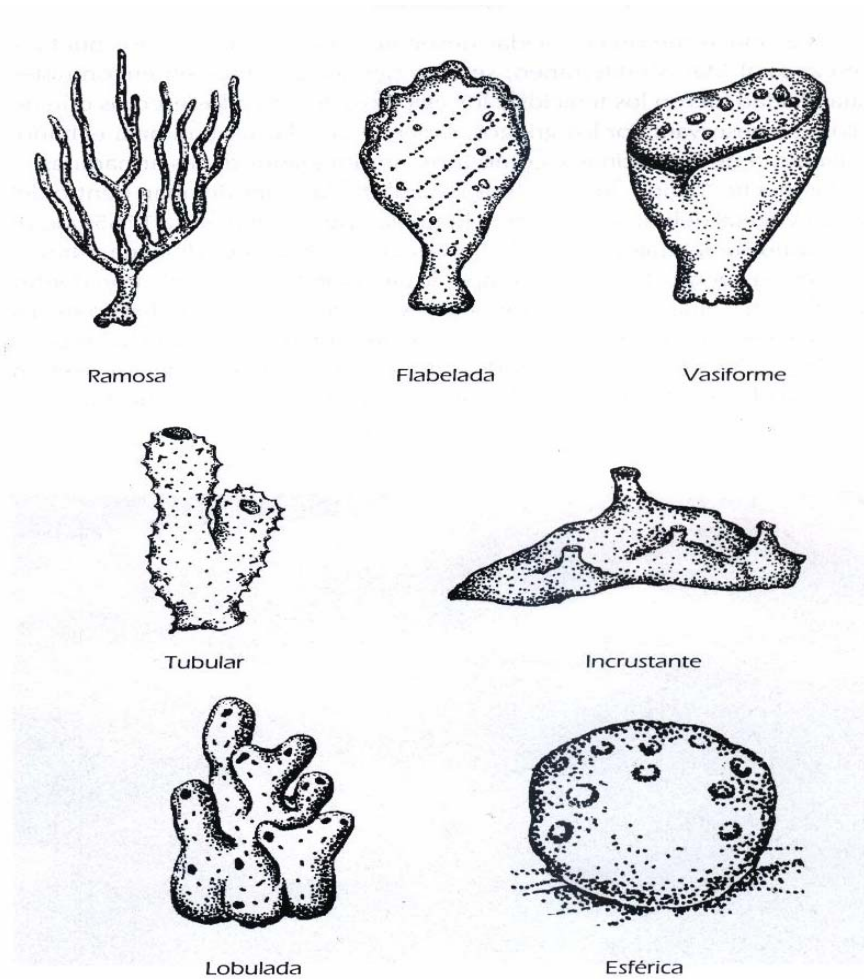
Se puede decir que el conocimiento de las esponjas en México continúa en su etapa inicial; reconocer a las especies de sus costas, encontrar aquellas con potencial farmacológico, así como caracterizar las diferentes poblaciones de esponjas constituye un reto a seguir.

A las esponjas se les considera uno de los grupos animales más primitivos de todos los metazoarios y constituyen al Phylum Porifera. Las características que los distinguen del resto de los animales es la presencia de poros y canales a través de todo el cuerpo, por donde circula una corriente de agua continua. Por esta razón se les dio el nombre de Porifera, que en latín significa *porus* =poro y *ferre* = poseer o llevar. Su constitución interna ésta compuesta de un conjunto de células; carecen de órganos específicos como boca, ojos, cabeza, aparato digestivo, sistema nervioso, o algún otro, manteniendo una actividad celular casi independiente.

Hasta nuestros días se han descrito cerca de 9 000 especies (Brusca y Brusca 1990), descubriéndose más especies nuevas. La mayor parte habitan aguas marinas y aproximadamente 150 son de agua dulce se encuentran a cualquier profundidad, desde zonas intermareales hasta la zona hadal (8 000 m) y en todas las latitudes, desde los trópicos hasta los polos.

Son organismos que viven adheridos al fondo marino, motivo por el cual se les ha llamado sésiles y se presentan en una gran variedad de formas (tubulares, esféricas, ramosas, vasiformes, etc.) con toda la gama de colores (Humann, 1993).





**Fig. 42. formas de esponjas (modificado De Laubenfels, 1953), (Gómez, 2000).**

Se distinguen tres grupos: Ascon, Sicon y Leucon con base en el mayor o menor grado de complicación estructural del sistema acuífero, disposición de los ostios, canales y cavidades.

Han logrado habitar en casi todos los ambientes acuáticos; sin embargo, tienen patrones de distribución ecológicos definidos de acuerdo con su clase sistemática.

La clase calcárea está restringida a sustratos firmes y además, por los factores físicos que limitan la secreción del esqueleto, a una zona relativamente somera, de un intervalo intermareal a los cien metros. Las Hexactinellida colonizan el sustrato suave y su ambiente son preferentemente de aguas profundas. Las Demospongiae habitan cualquier ambiente.

Muchos factores físicos y químicos del ambiente marino afectan de alguna manera la constitución, distribución, metabolismo y reproducción de las esponjas, los

cuales contribuyen a estimular respuestas variadas en una misma especie (Gómez y Bakus, 1992).

Uriz *et al.* (1992) han reportado a éste grupo de invertebrados bentónicos que más frecuentemente hospedan a organismos de otros grupos son las esponjas.

Los pepinos de mar se han observado congregados sobre esponjas ramosas o en forma de abanico para alimentarse del mucus exudado.

El depredador usualmente adquiere la misma coloración que la esponja debido a la ingestión de los pigmentos carotenoides. La tortuga de Carey (*Eretmochelys imbricata*) tiene una dieta constituida por esponjas en un 95%.

No todas las esponjas son benignas o se comportan como comensales o como simbiosis mutualista, ya que existen algunas dañinas como las demospongeas excavadoras de material calcáreo. Este fenómeno de erosión produce un daño generalizado a la industria del ostión, así como a las poblaciones de coral y almeja, las esponjas excavadoras, al horadar los corales muertos contribuyen a la formación de sedimentos y proveen sustrato para nuevas poblaciones de organismos.

El éxito de las esponjas se debe principalmente, a la producción de aleloquímicos que les han servido para competir significativamente por el espacio contra otros invertebrados sésiles, desplazándolos o aniquilándolos. Los aleloquímicos son agentes químicos de origen natural desarrollados para interactuar directamente entre las especies o individuos, los cuales se presentan de distinta manera en otros invertebrados marinos. (Gómez, 2000).

Las esponjas que producen estos aleloquímicos ofensivos están asociadas generalmente con una coloración llamativa, por ejemplo, rojas o naranjas. A esta condición se le llama <aposematismo>. La finalidad de tal condición es para advertir al depredador de su peligrosidad, presente por las biotoxinas.

La producción de químicos no es el único mecanismo de defensa, ya que las espículas o los armazones de espículas llegan a ser un mecanismo efectivo por ser firmes y punzantes.

Las esponjas son fácilmente influenciadas por las características ecológicas de su hábitat, pues la naturaleza e inclinación del sustrato, la disposición del espacio, exposición a los rayos solares, la velocidad y el tipo de corriente de agua, hace que una especie en particular asuma distintas formas, tamaños y colores. Tal versatilidad hace que los caracteres morfológicos de las esponjas sean muy subjetivos y por tanto su taxonomía sea incierta algunas veces y difícil en otras.

### 13.3.1 Propiedades de las esponjas comerciales:

- a) Son tan durables, que se utilizan como cubierta de calles
- b) Soportan altas temperaturas de esterilización, por lo cual se emplean en el campo médico.
- c) No se queman y por lo tanto son utilizadas en la industria militar en metralletas, barcos de guerra y cohetes
- d) También las emplean pintores, litógrafos, artistas, en cosmética, cerámica, etc.

El único estudio de las esponjas comerciales de México es el de Taffal y Cárdenas (1945), quienes resaltan la escasa importancia brindada a este grupo y la inexistencia de una verdadera exploración, aún cuando varias especies comerciales ya habitaban y se exportaban en aquellos tiempos. Actualmente, el Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Quintana Roo prohíbe su extracción, pero sin una vigilancia estricta para evitar que los pescadores de la región las exploten clandestinamente, por lo que se desconoce la abundancia en nuestras costas

La farmacología marina es una disciplina biomédica que estudia los compuestos del mar o de organismos marinos que puedan tener valor medicinal; incluye en sus estudios los efectos que causan ciertas toxinas que producen los organismos marinos que llegan a intoxicar al hombre o animales por medio de su ingestión o por contacto (Baslow, 1997)

Mundialmente se encuentran diversos investigadores trabajando en la búsqueda de nuevos compuestos procedentes del mar que sinteticen sustancias antivirales, antitumorales, o antibióticos que ayuden al tratamiento de enfermedades incurables. Del mismo modo se encuentran en esta búsqueda sustancias con acción insecticida o pesticida (Gómez, 2000).

Los metabolitos bioactivos de esponjas con importancia farmacológica se iniciaron en 1950 con Bergmann y Feeney, con el aislamiento del nucleótido espongourídina de la esponja *Tectitethya crypta*, subsecuentemente sintetizando en un fármaco utilizado clínicamente contra el linfoma de Hodgkins y la leucemia.

En 1959 Nigrelli *et al*, obtuvieron de las esponjas marinas *Microciona prolifera*, una sustancia antimicrobiana llamada ectonina con la cual se demostró la inhibición de bacterias grampositivos y gramnegativas.

A partir de estos estudios, de entre muchos otros, fue que Green (1977 b) inició en México la búsqueda de compuestos con actividad antimicrobiana e ictiotóxica producida por las esponjas. Actualmente esta búsqueda la llevan al cabo investigadores de distintas dependencias del país, como la Estación Marina de

Mazatlán con José Luis Carballo, la UAM Iztapalapa con Francisco Cruz Sosa, Leovigildo Quijano y Tirso Ríos, ambos en el instituto de Química de la UNAM, entre otros.

En estudios que realizó Garson en 1994, sobre la importancia, estrategias y perspectivas de los metabolitos secundarios en esponjas, menciona los hallazgos que en la década de 1970 tuvo el Instituto de Investigaciones en Farmacología Marina Roche, en Australia, dignos de citar. Como uno de sus mayores avances se encuentra el 1-metil isoguanosin, relajante muscular, antiinflamatorio y antialérgico, proveniente de la esponja *Tedania digitata* (Gerson, 1994).

En el caso de las esponjas que contienen yodo se han utilizado para el tratamiento de tumores, paperas y disentería. Entre otras perspectivas farmacológicas se encuentran con compuestos con actividad cardiovascular, respiratorias, gastrointestinales, así como agentes inmunosupresores; uno de ellos ya obtenido es el que proviene de la esponja *Discodermia dissoluta* (Faulkner, 1992).

Las esponjas son una fuente importante de productos naturales porque además de su bioactividad y de la diversidad de compuestos estructurales, tienen una amplia distribución geográfica y sobre todo una importante asociación con un gran sinnúmero de microorganismos (bacterias principalmente) posibles responsables o que contribuyen en la biosíntesis de estos compuestos (Green y Gómez 1986).

Con esto, no quiere decir que sean los únicos grupos que existen en el mar, porque se encuentran también: el fitoplancton, zooplancton, anélidos, platelmintos, artrópodos (siendo este el grupo más abundante en todos los ecosistemas), equinodermos, bentos y desde luego mamíferos, que no se estudian tan detenidamente como las esponjas y corales.

Los corales y las esponjas son los organismos más diversos y llamativos por lo que es lo que llama la atención al buceo recreativo como al biólogo, por las razones que ya mencionamos.

#### 14. Resultados de la experiencia profesional en las prácticas de buceo



**Foto 1.** Cienfuegos Cuba, señal del inicio de prospección biológica, marzo de 2005.

Soy buzo certificado por el SSI (Scuba Schools International) desde 2003, empezó como un deporte, se fue convirtiendo en formación y experiencia profesional, mi gran interés de observar y admirar, me llevó a una gran necesidad de estar cada vez más en el fondo del mar, de ahí el interés por este trabajo. También colaboro como voluntaria con el equipo de buceo científico de la UNAM.



**Foto 2.** Coral cerebro de tamaño especial, por el tamaño suponemos que tiene varios años ya que crecen aproximadamente de 1 a 10 cm. por año. Se observa dañado del lado inferior izquierdo, en Cienfuegos Cuba, marzo de 2005.

### **Cronología de actividades:**

Noviembre 2003. Las Estacas, Morelos, se realizaron 2 buceos diurnos y uno nocturno; es un río con corriente de agua fría, observé organismos bentónicos pequeños y crustáceos.

Noviembre 2003. Acapulco, Guerrero, se realizaron 5 buceos nocturnos, por ser los primeros en mar y con ello la prueba de certificación, me sentí en la primera inmersión un poco presionada, pero después del segundo cambio, observé poca vida, el agua turbia y en general las condiciones no son buenas, por el alto número de turistas y la contaminación de ese puerto.

Diciembre 2003. Acapulco, Guerrero. Se realizó 1 buceo nocturno en Hierba Buena, se observó en ese lugar, rocas, erizos y poca vida.

Marzo 2004. La Media luna en San Luis Potosí, realizamos 4 buceos diurnos, este lugar es un cráter de volcán, el agua es cristalina y con una temperatura 29 °C, se observó poco bentos.



Diciembre 2004. Acapulco, Guerrero se realizó 1 buceo nocturno en Hierba Buena, no se observó ninguna alteración o cambio con respecto al año anterior.

Marzo 2005. En La Patana, el Coral, el Laberinto, Cuba, un barco hundido llamado el Camaronero, el laberinto 11 y Coronita los palos, todos estos en la localidad de Cien Fuegos a cuatro horas de la Habana.

En la localidad de Playa Larga a dos horas de Cien Fuegos, se visitaron los lugares: Punta Perdiz, Cueva de los Peces, el Ébano, el Moro. Se observó mucha vida, en los arrecifes de coral, así como una gran cantidad de algas y esponjas.



**Foto 3.** Colonia coralina de más de 4 m de altura, pudimos observar en buen estado de conservación. Cienfuegos Cuba. Marzo 2005.

En Cuba es sorprendente ver corales conservados y de los tamaños que se observan en las fotografías 3, 18 y 19, pues esto significa que tienen muchos años, su crecimiento es lento, aproximadamente 1 cm por año.



**Foto 4.** Se observaron comunidades de algas en Cienfuegos Cuba. Marzo de 2005

En estos lugares se tomaron fotos y videos que sirvieron para conocer y registrar especies existentes en la zona.

Fueron un total de 10 buceos de los cuales 2 fueron nocturnos. En los buceos nocturnos se registra una gran actividad, se observaron diversas formas y una amplia gama de colores.

Agosto 2005 en Cazonos, Veracruz, se realizaron 3 buceos diurnos. Ese lugar se llama así porque antes habitaban tiburones, de ahí su nombre, llegamos a la plataforma de petróleo de PEMEX, esta ha servido para que corales y esponjas habiten, se presenta una gran corriente de agua que hace un poco difícil la inmersión, también se visitó el lugar llamado el Bajo, que son arrecifes de coral, todo esto a hora y media en lancha de la playa.

Por la noche se hizo un recorrido por la playa y observamos el desove de seis tortugas carey, empezando por seguir las huellas y las encontramos, en algunos casos apenas estaban escarbando, en otros ya estaban desovando y en otros, sólo estaban las huellas, encontramos una que para el biólogo encargado de la guardia y protección, los extrajo y los colocó en un lugar más seguro, todos los nidos se marcan para que después de la eclosión del huevo se protejan a las nuevas crías, por cinco días y después se liberen en el mar.



Septiembre 2005 Belice en la Isla de San Pedro (la isla Bonita) se visitaron los siguientes lugares: Holchan, Tackle Box, Cypress, Emerald, Boca Ciega, Blue Hole, Halfmuon, Caye wall y el Acuario.



**Foto. 5.** Tiburón gata, es un organismo amigable y se puede bucear con varios en el entorno, nunca atacan, su alimentación es a través ictiofauna. San Pedro Belice, septiembre de 2005.

En el Blue Hole, se observaron estalactitas y estalagmitas llegamos 45 metros de profundidad y observamos de lejos al tiburón toro, a este no se recomienda acercarse, su nombre lo dice. Este lugar queda a dos horas en embarcación de la Isla de San Pedro en Belice.

Realizamos 6 buceos diurnos y 2 nocturnos, se observó una gran biodiversidad, con respecto a corales, esponjas y bentos, como experiencia tuve la oportunidad de convivir y acariciar a los tiburones gata, en el lugar llamado acuario, era sorprendente encontrar la diversidad y tamaños tan grandes de bentos se tomaron fotos y video que se muestran posteriormente.

Septiembre 2005 Chetumal lugar Cenote azul se realizó 1 inmersión y observe bentos pequeños, llegamos al fondo con una profundidad de 25 metros.

El segundo punto fue en Xcalak en los lugares llamados: La Chimenea y La Fosa, encontrándose un bellissimo arrecife de coral, unos ya muertos por desastres naturales. Se realizó un buceo nocturno en el lugar llamado la Ciudad Perdida, observamos una gran actividad nocturna, encontramos tiburón gata chico y lo más maravilloso una gran cantidad de cril, que con la luz de la lámpara llego un momento en que nos rodeaban y no se podía ver, por lo que se tuvieron que apagar las linternas para poder avanzar. Estos lugares son muy apartados de Chetumal (tres horas), y no son muy turísticos. En el camino encontramos un jaguar hembra que desgraciadamente murió por el impacto del golpe en la camioneta. Es raro ver a estos animales por su poca población y estar en peligro de extinción.

Noviembre 2005 La Paz, Baja California, se hicieron 9 buceos en los lugares llamados: C 39 un barco hundido, Isla Ballena, Lobera, Fangyming, Barco, C 54, Lobera 11, Tintorera, San Rafaelito, se observó poco bentos y conviví con los lobos marinos, son muy juguetones y curiosos los pequeños ya que el macho es muy territorial, por lo que no se recomienda acercarse a él.



**Foto 6.** Contacto con lobo marino. La Paz, Baja California, noviembre 2005.



**Foto 7.** Contacto directo a través del juego con lobo marino pequeño. La Paz, Baja California, noviembre 2005.



**Foto 8.** Los lobos marinos no se incomodan cuando hay intentos de acercamiento y retozan con la presencia del hombre. La Paz, Baja California, Noviembre de 2005.

Las poblaciones de lobos marinos son abundantes, por lo que no se consideran en peligro de extinción, por el momento.



**Foto. 9.** Se observa a la morena, un animal que vive en cavernas y saca el hocico para alimentarse de peces. La Paz Baja California, noviembre de 2005.

Enero 2006 participe en la actividad de mapeo de la comunidad de la playa Las Gatas, Zihuatanejo, con el equipo de buceo científico de la UNAM, con la siguiente planeación de operaciones:

Sé efectuó el mapeo de la comunidad coralina de la playa las Gatas, Zihuatanejo, Guerrero, utilizando distintos métodos y técnicas de inmersiones subacuáticas. Se practicaron métodos topográficos, toma de datos y de valoración general del ambiente. Se manejó e integraron diferentes técnicas avanzadas de buceo, tales como orientación natural, navegación subacuática, manejo de cuerdas y registro de la información.

Es necesario recalcar la importancia que tiene el desarrollo de estas actividades con base en una actitud crítica y responsable, dentro de un ambiente cooperativo y de integración grupal, lo cual resultara en una práctica eficiente y con altos estándares de seguridad.

Como parte de las iniciativas definidas en el proyecto general “Biodiversidad Marina de la Región de Zihuatanejo, Gro., está la de investigación y monitoreo ambiental, considerando todas aquellas acciones encaminadas al conocimiento, protección y preservación del patrimonio natural de esta región. En la actualidad están realizando diversos estudios, entre ellos el de la comunidad coralina en la Playa Las Gatas.

El desarrollo de este mapeo tuvo también la finalidad de:

- Aportar elementos técnicos y científicos que complementaron la elaboración del estudio previo justificativo para la declaratoria de esta playa como Área Natural Protegida.
- Contribuir a la actualización del diagnóstico sobre el estado actual de las comunidades coralinas.
- Conformar e integrar las estrategias y acciones para la protección y conservación dentro de la región de Ixtapa- Zihuatanejo.
- Documentar el trabajo realizado con el propósito de difundir el conocimiento existente respecto a esta área, así como la importancia de su adecuado manejo y protección.
- Aplicar distintas técnicas de buceo científico (observación, prospección, mapeo, toma de datos), así como los conocimientos y habilidades adquiridos, para efectuar el mapeo de la comunidad coralina.
- Desarrollar una capacidad crítica y creativa respecto a la detección y resolución de problemas implícitos en la realización de este tipo de estudios.
- Demostrar la capacidad de trabajo y organización durante la realización de esta práctica, tanto en lo individual, como en las actividades colectivas.
- Desempeñarse de manera segura y eficiente en diversas circunstancias de buceo.
- Llevar a cabo prospecciones biológicas en los sitios de buceo elegidos de la región de Zihuatanejo.
- Efectuar diferentes tipos de buceo (repeticiones, semiprofundos, multiniveles y nocturno).

## **Descripciones de actividades**

### **Métodos de mapeo**

Para este estudio se utilizaron técnicas topográficas basadas en transectos. Se desplegó un transecto longitudinal sobre el eje mayor del pretil de la playa Las Gatas, el cual funcionó como línea base, tomándolo como referencia se desplegó cada 5 metros, desde la zona más profunda a la más somera.

En cada transecto perpendicular cada grupo se organizó por parejas. Se anotaron en un tipo de formato datos de distancia, profundidad y hora, en otro formato se anotó información respecto a la distancia, tipo de sustrajo (roca, arena o coral) y temperatura.

Para los extremos de cada transecto se tomaron georeferencias con GPS.

### **Grupos de inmersión**

Se elaboró el plan de buceo para cada inmersión incluyendo cédula de seguridad, cálculos de corrección necesaria y señales. Se verificaron las presiones iniciales y finales de cada tanque manteniendo una relación de la carga utilizada.

Al final de las inmersiones se coloca el material en lugar seguro para continuar al día siguiente. Se verificó el estado anímico y condición física de los integrantes.

Se realizaron 8 inmersiones, 6 diurnas y 2 nocturnas. El primer día se realizaron 2, la primera se realizó en la Isla Solitaria a 35 metros con un tiempo de 32 minutos. Se consideró un buceo profundo, por lo que se tuvieron que realizar dos paradas de decompresión. Se observó el ecosistema y no se tuvo ningún contratiempo.

El tiempo de superficie fue de hora y media y se procedió a la segunda inmersión de mapeo en la cual ya divididos los equipo se marcaron los transectos y cada uno a realizó su trabajo en las hojas de formato mencionadas, ésta no fue tan profunda y tuvo una duración más amplia dependiendo de cómo fueran terminando cada equipo.

Cada buzo se encargó de preparar su equipo de buceo y a su compañero de inmersión se correspondió verificar que todo este bien y viceversa, una vez terminado se procede a desmontar el equipo de buceo, enjuagar con agua dulce y colgarlo para el día siguiente, es muy importante esto ya que si no el equipo puede dañarse y no contar con un suministro correcto de aire costaría la vida al investigador o buzo.

La información obtenida se reunió y se trabajó en la UNAM por el equipo de buceo científico, se analizará y estudiará semestre a semestre, que es la duración de los cursos del diplomado.

El segundo día se realizaron tres inmersiones de la siguiente planeación a 130 pies 5 minutos, a 80 pies 30 minutos y a 60 pies 50 minutos estos son los límites máximos permitidos pero se pueden realizar por debajo de estos para la no descompresión.

Los buceos nocturnos son de poca profundidad y más tiempo y se realizaron en Caleta de Chon, en donde se realiza un programa de investigación y se está promoviendo la propagación de arrecifes, se instalaron materiales de plástico para favorecer el crecimiento de estos organismos, que como vimos en fotos, en Cuba ya se tienen resultados, pero hay que considerar que el crecimiento de estos es muy lento y depende de las condiciones ambientales, depredadores para su éxito o fracaso, también cabe mencionar que la competencia por el espacio es un factor importante, así como las simbiosis que pueda lograrse.

El tercer día se trabajó en el Morro, dos inmersiones en diferentes puntos, 60 pies con 50 minutos, con intervalos de superficie de hora y media. El nocturno en Calera de Chon.

Agosto 2006 Veracruz, en la localidad de Tamihaua a una hora de la playa en la Isla Lobos, llamada así porque existieron lobos marinos en esa área, es una zona virgen, no turística y con un atractivo arrecife de coral.

Diciembre 2006 Cuba en Cien fuegos se realizaron 4 buceos nocturnos en los lugares: Los Palos – La Patana, Rancho Luna 11, Laberinto, Barco el Camaronero, se observó biodiversidad abundante y bien conservado, creo que eso se debe a que casi todos los visitantes los cuidan y protegen y por lo general son europeos, asiáticos, alemanes, muy pocos mexicanos.

En Playa Girón visitamos la cueva de los peces, se llegó a la pared de corales, esponjas y algas, observamos un azul profundo donde llega a tener hasta más de 300 metros de profundidad, llegamos a 35 metros y subimos poco a poco.

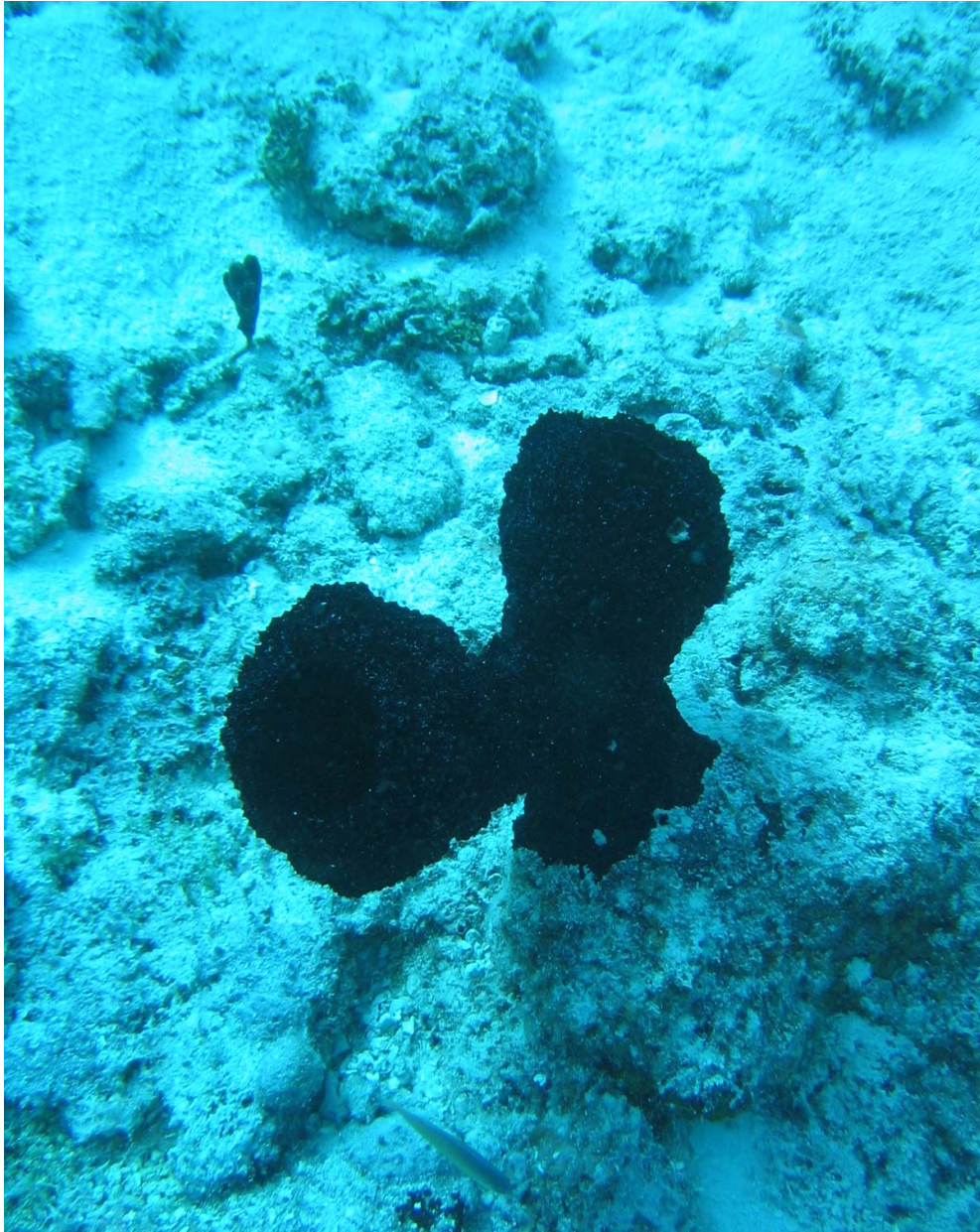
En Varadero en los lugares: Sterea Wreck un barco hundido a 30 metros y Caribe Wreck un arrecife de coral. En todas las inmersiones realizamos muestreos de agua a diferentes profundidades, agregamos unas gotas de acetato de lugol y serán analizadas en el laboratorio de limnología de la FES Zaragoza UNAM y en un laboratorio de la Secundaria 117. Así mismo, se tomaron muestras de arena en donde fue posible ya que en algunos lugares no llegamos al fondo.

Con todo esto cumplo un total de 67 inmersiones y me han permitido observar la amplia diversidad de cada lugar.

Se realizó censo visual, en el caso de Cuba, Belice y Baja California se utilizó cámara y video, se empleó el programa de Inter. Video Win DVD 5 para captar las imágenes congeladas y mostrarlas en el presente trabajo.



A continuación muestro algunas imágenes en las que captamos algunos organismos que nos parecieron importantes, en este trabajo con sólo las imágenes no pretendo identificar especies, pues se necesita estudios específicos para ello, tener en vivo al organismo, fotos de diferentes ángulos, contar con claves de identificación, para poder decir exactamente su nombre científico y por otra parte las propiedades que tienen los organismos, por ejemplo, el cambiar de color ante ciertas circunstancias, por la luz, calor, estrés, etc.

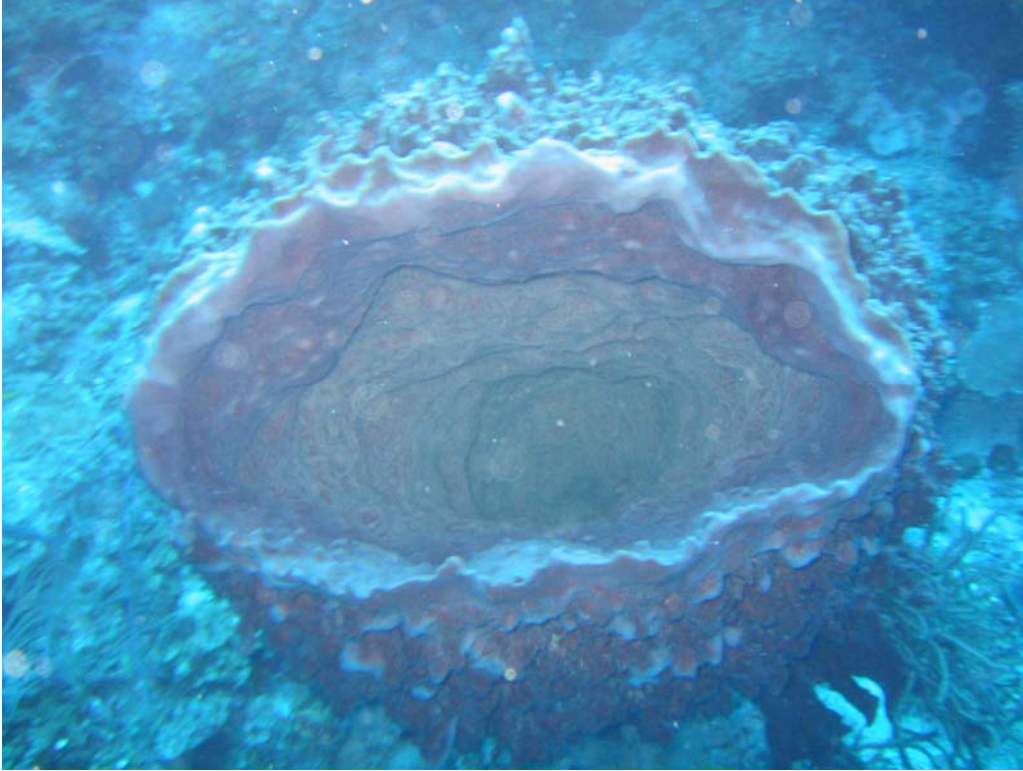


**Foto 10.** En la figura central se observa una esponja tubular negra, de color brillante y los poros tan abiertos, esta especie no es muy abundante en los mares de Cienfuegos Cuba, Marzo 2005.





**Foto 11.** Armonía, corales, esponjas, algas y el hombre se pueden observar en esta imagen congelada de un video en Cienfuegos Cuba, a 25 metros de profundidad. Marzo de 2005.



**Foto 12.** Como podemos observar con la fotografía nos podemos acercar a los organismos y estudiar su comportamiento en su ambiente sin dañarlos. Cienfuegos Cuba, marzo 2005.



**Foto 13.** Corales y esponjas. Cienfuegos Cuba, marzo de 2005



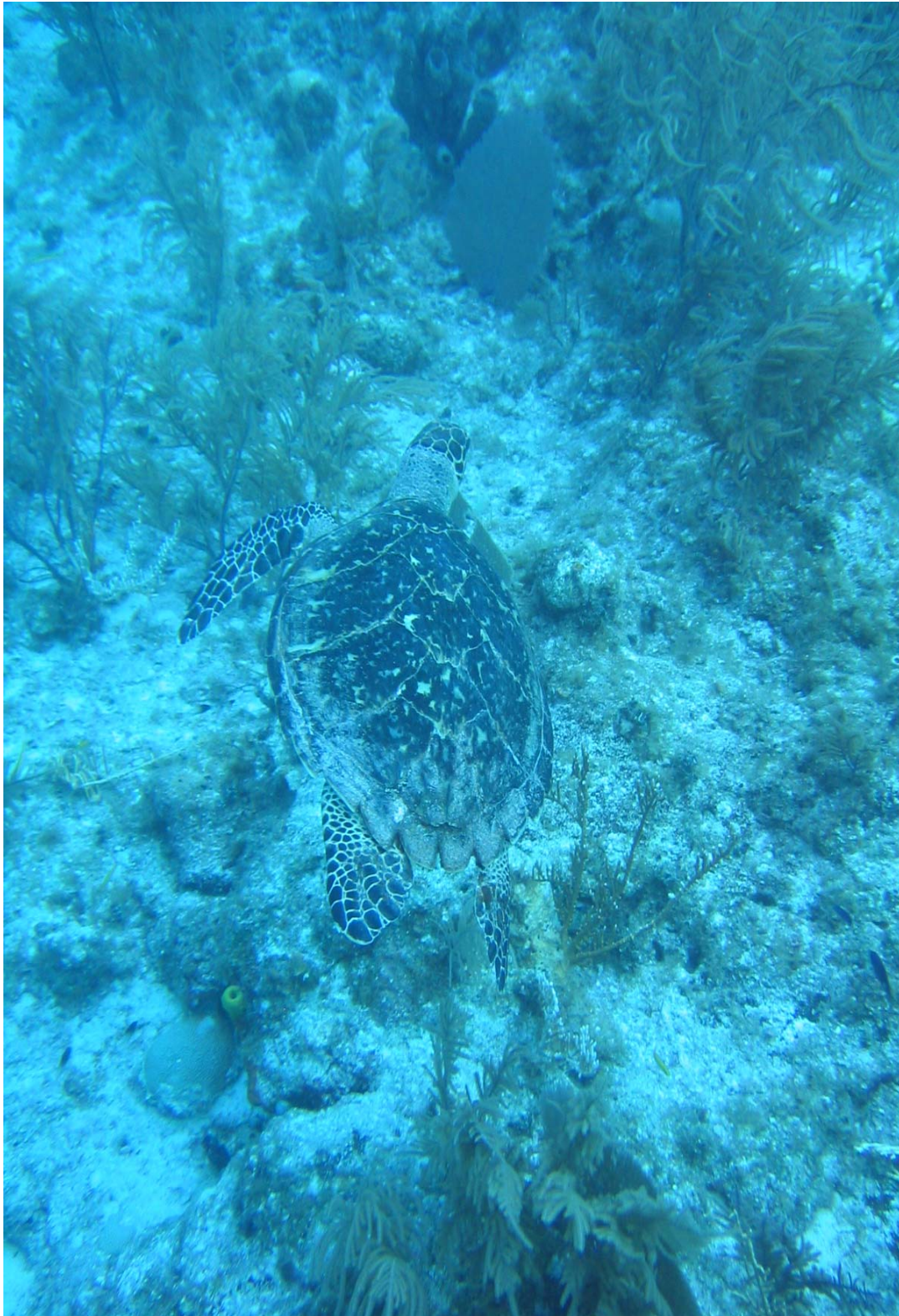


**Foto 14.** Coral hoja o plato. Cienfuegos Cuba, marzo 2005. A más de 30 m.



**Foto 15.** Pez ángel sobre corales y esponjas. Cienfuegos Cuba, marzo de 2005.





**Foto 16.** Tortuga de carey entre corales, algas y esponjas. Cienfuegos Cuba, marzo de 2005. Especie en peligro de extinción.



**Foto 17.** Laberinto formado por algas y corales, entrar en estas zonas es muy agradable, los laberintos simulan un bosque y aunque se produce oxígeno por el momento no lo podemos aprovechar. Cienfuegos Cuba, marzo de 2005.



**Foto 18.** Comunidad coralina dura, ramificada y gigante, imagen congelada de video. Cienfuegos Cuba, marzo de 2005.



**Foto 19.** Si se observa más de cerca, podemos imaginar cuanto tiempo pasó para alcanzar ese tamaño de aproximadamente 4 metros. Pareciera representar el símbolo de amor y paz.



**Foto 20.** Podemos observar corales y esponjas adheridos a un barco hundido. Cienfuegos Cuba, marzo 2005.

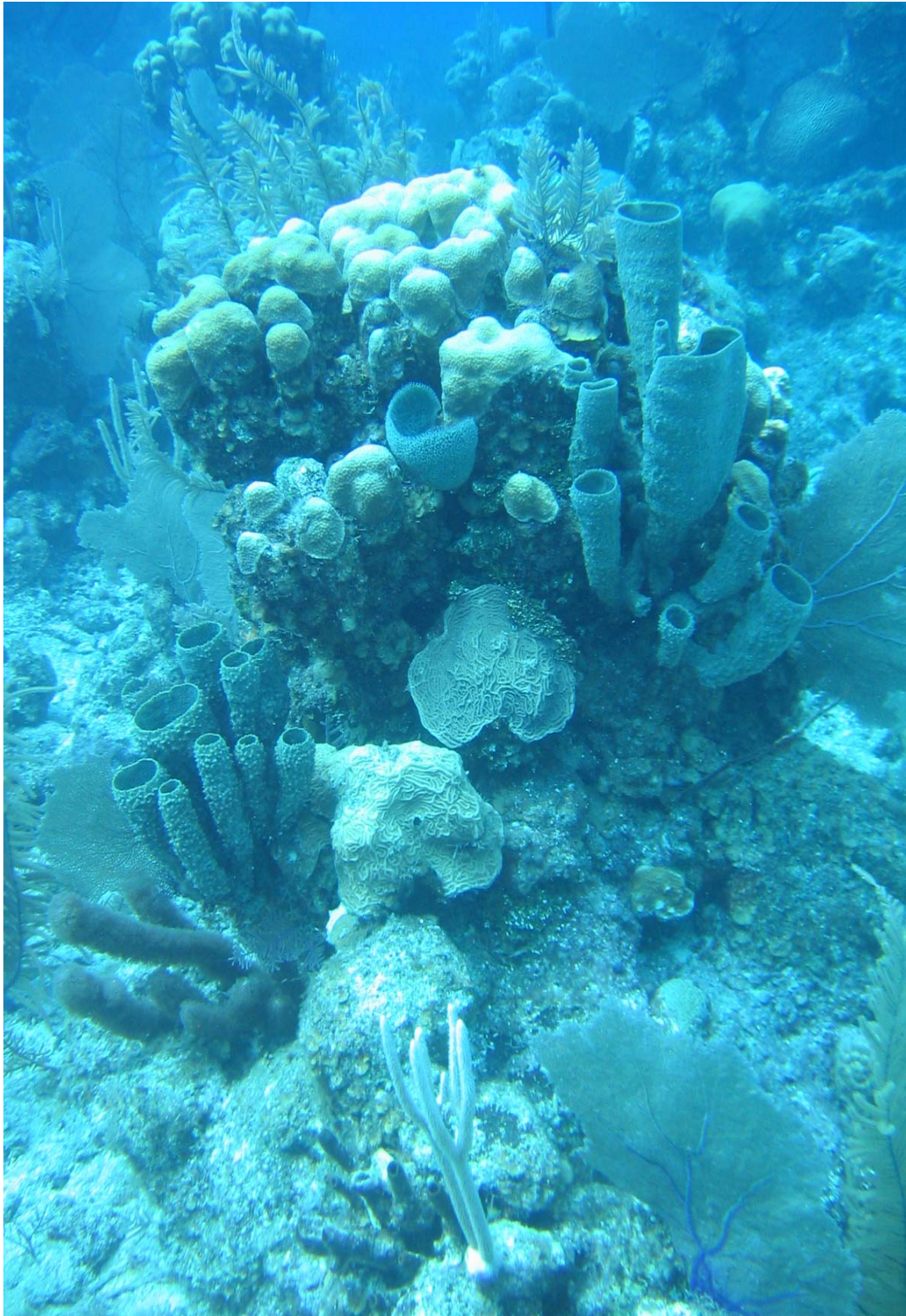


**Foto 21.** Barco hundido, algunos barcos son hundidos a propósito para la formación de corales y otros han naufragado, en los barcos se encuentra gran cantidad de esponjas y corales. Cienfuegos Cuba, marzo de 2005.



**Foto 22.** Sobre el barco en la parte inferior se observa un coral cerebro pequeño. Cienfuegos Cuba, marzo de 2005.





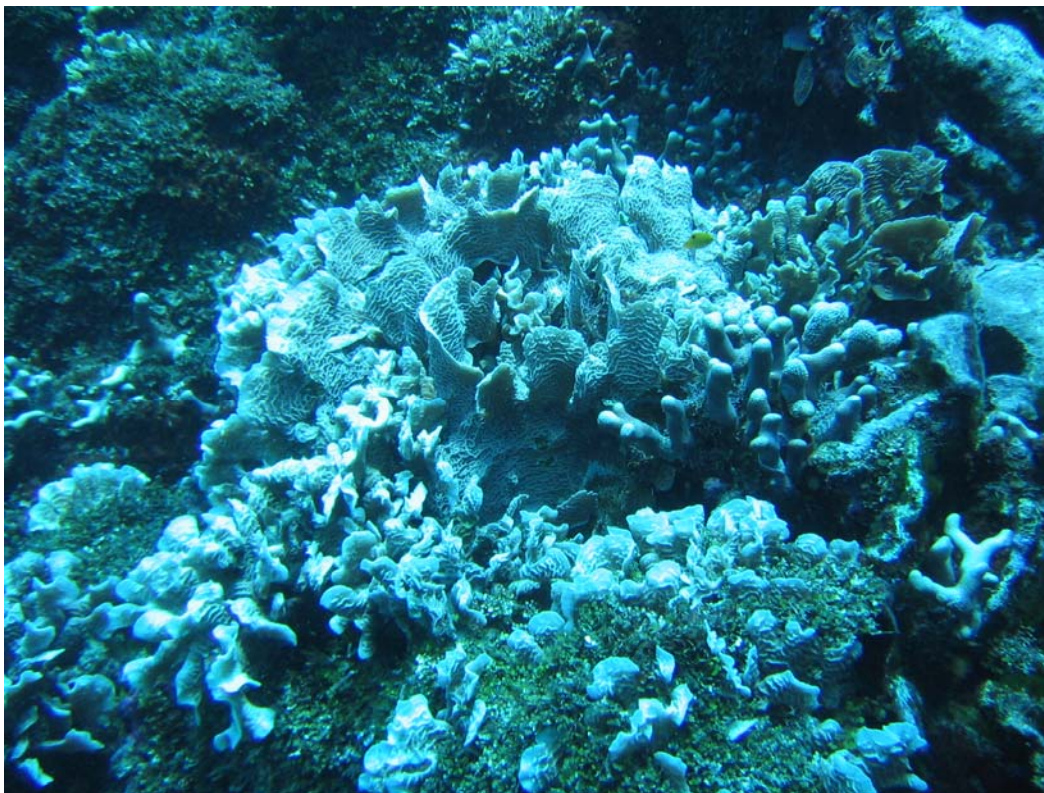
**Foto 23.** En esta foto se observa una gran diversidad de especies en un espacio pequeño, y en perfecto estado de conservación. San Pedro Belice, septiembre 2005.





**Foto 24.** El color anaranjado brillante de la esponja tubular, junto a dos corales uno duro y uno blando, con un poco de algas. San Pedro Belice, septiembre 2005.



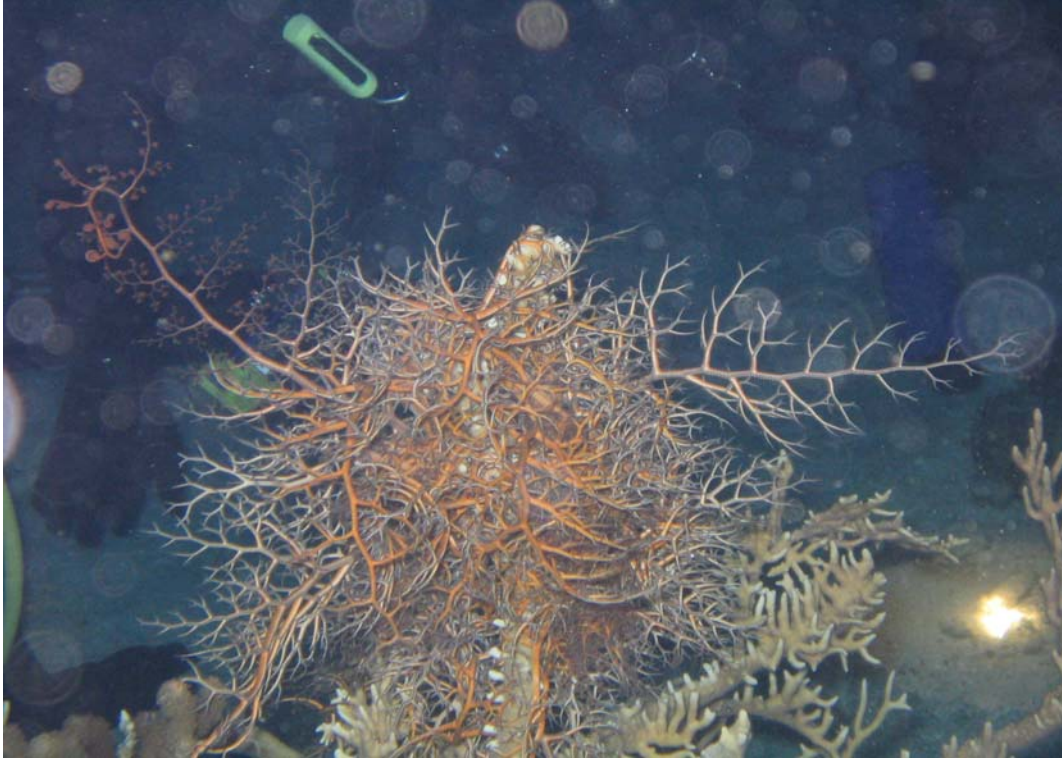


**Foto 25.** Corales y algas. San Pedro Belice, septiembre de 2005.



**Foto 26.** Coral abanico, en la parte central, rodeado de corales y esponjas. San Pedro Belice, septiembre 2005.





**Foto 27.** Inmersión nocturna, podemos observar dos corales, uno en la base con puntas blancas y el de encima color naranja, por sus terminaciones y color avisan peligro. San Pedro Belice, septiembre 2005.



**Foto 28.** Corales, esponjas y peces. San Pedro Belice, septiembre 2005.





**Foto 29.** Pez ángel en el arrecife de coral. San Pedro Belice, septiembre 2005.



**Foto 30.** En la parte superior se observa dañado el coral abanico rodeado de corales y esponjas y un pez ángel. San Pedro Belice, septiembre 2005.





**Foto 31.** Podemos observar una comunidad de coral blando. San Pedro Belice, septiembre de 2005.



**Foto 32.** San Pedro Belice acariciando y jugando con tiburones septiembre 2006.

Gracias a la tecnología se puede tener acercamiento a los organismos y grabar esos momentos tan especiales.

Estas imágenes sirven para dar una prospección biológica, saber en que condiciones se encuentran esos lugares, plantear formas de conservación y cuidado, así como registro para un futuro.

Para las inmersiones nos enfocamos a diferentes sitios en Cuba y Belice porque están en el Caribe, son lugares poco visitados, aislados, no son muy turísticos y casi vírgenes.

## 15. Análisis

El interés de conocer y entrar en un medio diferente impulsó al hombre a ir creando herramientas para conquistarlo, el ingenio y los medios se fueron mejorando poco a poco y se puede decir que el buceo autónomo es relativamente moderno, ya que fue hasta 1942 con el francés Jacques Costeau que con todas las bases de varios años, diseñó los tanques de aire comprimido que le dan libertad al buzo y aunado a las tablas de compresión que se deben de seguir, esto le permitió prevenir problemas.

La importancia del buceo científico abre un camino a nuevas formas seguras y avanzadas en la investigación científica en diferentes ámbitos no solo en la Biología, sino en otras áreas del conocimiento donde el hombre puede tener el contacto con ese medio.

En la actualidad se cuentan con más recursos y tecnología que ayudan a ser efectivos y seguros, lo que sé esta observando se pueda comprobar y compartir, con cámaras para imprimir las imágenes y los videos, permitiendo con éste observar más detenidamente los organismos, pero para ello se debe de tener cierta capacitación en este rubro, pues la calidad del material es muy importante.

Es indispensable que se tenga la capacitación, se cumplan las reglas y la planeación de las inmersiones, el estar expuestos a otro ambiente en diferentes condiciones de presión y que no se tomen en cuenta diferentes leyes físicas y químicas de los gases así como su comportamiento, lo que podría traer como consecuencia como ya se menciona, desde burbujas de aire en el cuerpo, embolia y la muerte en el peor de los casos. Por otro lado, el saber respetar a los animales para no ser agredidos. Las medidas de seguridad, el buen funcionamiento del equipo, la condición física, etc., harán que los objetivos se puedan cumplir satisfactoriamente.

Los estudios exploratorios son importantes ya que de ellos pueden surgir más investigaciones.

En general en nuestro país hay pocos estudios a través emplear al buceo como herramienta de investigación científica y considero que en las universidades en donde se pudiese aplicar se debería de incluir como asignatura, es el caso de ingeniería en PEMEX y en otras industrias. Se requiere de buzos certificados y capacitados.

Los trabajos que se han realizado de buceo en el ámbito biológico son porque los investigadores llevan cursos fuera de su carrera, después lo emplean para la investigación como fue también en mi caso, hay investigadores que pagan a buzos para que extraigan las muestras que desean, o se divide el trabajo en investigador de agua y de laboratorio.

Considero que para emplear esta herramienta se necesita entre otras cosas decisión, ya que sumergirse en el mar, en un ambiente totalmente diferente que



impone, la oscuridad total, lo desconocido y en general toda sorpresa que se pueda encontrar. Creo que vale la pena porque al final de ello se transforma uno en un momento, en un organismo como parte de ese mundo, llegando el momento de lamentar salir por nuestras limitantes, aire y tiempo.

En la actualidad ya se cuenta con equipo especializado de robots, que entren a grandes profundidades durante largo tiempo para hacer observaciones y registros. Para inmersión profunda se cuenta con equipo especial, que consiste en una burbuja con aire, que permite al investigador bajar a grandes profundidades, han llegado a los 3500 m de profundidad y observar los animales y la vida de los abismos.

Desarrollo no planificado: amenaza a los arrecifes de coral y al turismo

Los proyectos para el desarrollo de las costas no sólo perjudican los arrecifes de coral, sino también la economía local de los que viven del turismo. Los arrecifes de coral impulsan el turismo costero, que representa 85 % del turismo mundial.

Efectos en la ecología del desarrollo costero no planificado:

- La construcción de proyectos como muelles, embalses, canales y pistas de aterrizaje son directamente responsables de la pérdida del coral. La degradación del hábitat causa la disminución de las especies de peces por la desaparición de lugares donde puedan vivir y reproducirse así como la alteración de las redes alimenticias.
- La pérdida de sectores del arrecife puede causar de forma indirecta la erosión de la arena, el retroceso de costas y la acumulación de sedimentos.
- Efectos imprevistos del desarrollo, como desvío del curso de las aguas contaminadas, acumulación crónica de sedimentos, vertido de aguas de desechos industriales afectan el sistema inmunológico del coral, así como la tasa de crecimiento y capacidad reproductora, lo que puede aniquilar los corales.

Efectos socioeconómicos del desarrollo costero no planificado:

- La degradación de los ecosistemas de los arrecifes de coral resulta en la reducción de la cantidad de viajes a destinos particulares y el consecuente debilitamiento de la industria turística, lo que conduce a la pérdida de ingresos.
- La extracción minera del coral para materiales de construcción produce pérdidas económicas a largo plazo.

## Solución:

- Determinar si existen principios tradicionales o medidas para la administración de recursos y si su aplicación apropiada puede contribuir a una mejor administración de los recursos costeros.
- Hacer un inventario de los entornos, recursos y programas costeros para aprender sobre ellos, mejorar su estado y administrar más eficazmente el ambiente costero.
- Establecer Zonas Marinas Protegidas, para proteger, conservar y administrar de manera sostenible las especies y los ecosistemas de valor especial (que incluye las especies y el hábitat bajo amenaza de extinción), como sé esta actuando en Zihuatanejo en la zona de Las Gatas, por el equipo de buceo científico de la UNAM.
- Evaluar el impacto ambiental de todos los proyectos de desarrollo en las secciones terrestres y acuáticas de la zona costera.
- Evaluar y hacer seguimiento de los contaminantes presentes en la columna de agua y elaborar un plan para el control de la polución, como el proyecto del doctor Horta Puga en la FEZ Iztacala UNAM.

El buceo es una herramienta poderosa para explorar y tener prospecciones biológicas, difundir el conocimiento existente de las zonas, conocer que había, que hay por el momento y que esperamos que suceda con el efecto del calentamiento global, el derretimiento de los polos, los desechos nucleares arrojados al mar, la depredación del hombre, el efecto del fenómeno del niño, huracanes, entre otros.

Con esta herramienta de trabajo se pone en alerta el cuerpo, cambia el ritmo cardíaco, baja la velocidad de circulación de la sangre y se expone a presiones atmosférica e hidrostática, por lo que considero que esta herramienta es importante y valiosa para los estudios donde se tenga que aplicar.

En mi experiencia como Biólogo, he aplicado algunas leyes de los gases, he tenido la oportunidad de conocer, observar y comparar arrecifes coralinos en diferentes partes del mundo. Al igual que muchos recursos terrestres, los recursos acuáticos se encuentran seriamente amenazados.

## 16. Conclusiones

A partir del desarrollo del buceo la humanidad ha descubierto un mundo maravilloso y biodiverso en el que ha obtenido muchos beneficios desde alimenticios, medicinales y artesanales que han situado a algunas especies en peligro de extinción.

El buceo como herramienta de investigación es muy útil, pero se deben de tomar en cuenta todas las medidas de seguridad y hacer una buena planeación, porque a diferencia de otras herramientas de investigación como la “foto micrografía” no se pone en riesgo la vida.

Es importante considerar siempre las limitaciones que se tienen en el empleo de esta herramienta, empezando por la condición física del investigador, si se emplea aire comprimido o Nitrox, las tablas de descompresión, checas el aire con que se cuenta en la entrada y durante el recorrido, así como la profundidad a la que se va a bucear.

El empleo de Nitrox, nos permite permanecer más tiempo en lugares poco profundos para realizar más observaciones, con sus respectivas limitantes, se acumula nitrógeno en caso de utilizar aire comprimido.

Se debe mencionar que el buceo científico constituye una actividad complementaria en el desarrollo académico de los estudiantes de diversas carreras científicas con una utilidad directa sin orientar su interés hacia las ciencias acuáticas. Además, debido a su carácter sistemático, a la necesidad de trabajo en equipo y las condiciones de seguridad requerida es posible generar aptitudes, actitudes y habilidades que constituyen a una forma integral como futuros profesionistas.

Considero que el buceo se debería de incluir como asignatura optativa en la carrera de Biología y de todas las áreas donde se emplee.

Es poco lo que se sabe y es mucho lo que falta investigar en el amplio campo del mar, ecología, alimentos, farmacia, etcétera.

Es conveniente contar con aparatos y tener mucho cuidado con estos en su manejo y forma de operar.

Se debe tener preparación mental, cooperación, perseverancia y autocontrol, ya que en ocasiones se realizan muchas inmersiones sin lograr nada.

Es importante estar conscientes de los límites de la propia capacidad y del equipo de buceo, así como las técnicas empleadas; sobrepasarlos, sería exponerse a situaciones peligrosas.

El perfil del egresado de la carrera de biología debe contemplar una serie de atributos que incluyen el tener “criterio y visión, tanto en el ámbito particular como general y ser capaz de distinguir las distintas metodologías (teóricas, experimentales, de trabajo de campo o de administración) en la que sean más aptos”.

En este sentido, el buceo, es considerado como una metodología de trabajo de campo, que capacita para la observación y adquisición directa de datos e información en el medio acuático, que de otra forma no sería posible obtener.

Sensibilizar, valorar, aprovechar, cuidar, conservar será el reto que como bióloga me propongo hacer en el trabajo diario con los alumnos de Secundaria y difundir estas información para que no queden archivados. Considero que se puede hacer mucho por nuestro planeta llamado tierra, pero que en realidad debería ser el planeta “Agua”, esto solo es un granito de arena, pero que si todos de una u otra manera contribuimos, haremos este mundo más habitable.

No pretendo hasta aquí terminar la investigación, a pesar de que este trabajo se defenderá lo defenderé en el año 2007, para obtener el título de Bióloga. Continuaré registrando informes de esos y otros lugares, porque considero que son importantes para mi actualización profesional y para las futuras generaciones, tratando de publicar esto en diferentes medios, así como también participando como voluntaria en la Facultad de Ciencias de la UNAM, con el equipo de buceo científico, con la Dra. Patricia Gómez del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM y desde luego con la FES Zaragoza, de donde soy egresada.

Por otra parte motivar a gente joven a que continúe esta línea de investigación porque no es muy común, ni fácil de encontrar investigadores capacitados, debido a que el empleo de ésta herramienta se debe tener una capacitación previa, condición física, buena disciplina, disponer de tiempo, dinero y sobre todo amor a lo que se quiere hacer.

**17. Bibliografía**

AAUS. 2003. Standard for Scientific Diving and Certification and Operation of Scientific Diving Programs. American Academy of Underwater Sciences. USA. 47 p.

Baslow, M.H. 1977. Marine Pharmacology. Robert E. Krieger Publishing Company, New York. 327 p.

Bergquist, P.R. 1978. Sponges. Hutchinson University Library, London. 268 p.

Brusca, R.C. y G. J. Brusca. 1990. Invertebrates. Sinauer Associates, Inc. Massachusetts, U.S.A. 210 p.

CAUS. 1998. Standard of Practice. Canadian Association for Underwater Science. 3° ed. 38 p.

Daub, W y Seese, W. 1996. Química . Prentice Hall. México DF. 652 p.

Diplomado de buceo científico, Facultad de Ciencias. UNAM. 2995-2006

Emilson, I. 2000. Organización y Ejecución de campañas Oceanográficas. pp. 11-35. In: Granados, B.A., Solís, W.V. y Bernal, R.R. (eds.). Métodos de Muestreo en la Investigación Oceanográfica. Postgrado de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. México 488 p.

Faulkner, J. 1992. Biomedical uses for natural Marine Chemicals. Oceanus, 35(1): 29- 35.

Federación Mexicana de Actividades Subacuáticas (FMAS), Comité Técnico. 1994. Manual teórico Buceador 2 estrellas. FMAS México DF. 104 p.

Fiedler, J. 1982. Investigación de Campo, Manual de Logística y Manejo de Estudios Científicos en sus Medios Naturales. Noema Editores. México. 125. pp.

Flemming, N.C. Max, M. D. 1996. Scientific Diving. A. General Code of Practice. 2nd edition revised. Best Publishing Co/UNESCO Publishing. 278 p.

Garson, M.J. 1994. The biosynthesis of sponge secondary metabolites: Why it is Important?. En: Soest, R.W.M. van, Th. M.G. van Kempen y J. C. Braekman (Eds.) Sponges in time and Space. Proceedings 4 Th. International Porifera Congress: 427-440.

Gomez, P.y G.J. Bakus. 1992. *Aplysina gerardogreeni* and *Aplysina aztecus* (Porifera: Demospongiae), new species from the Mexican Pacific. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM, 19 (2) 180 p.

Gómez, P. 2002. Esponjas marinas del Golfo de México y el Caribe. AGT. Editor. México DF. 134 p.

Green, G 1977. Sinopsis taxonómica de trece especies de esponjas del Arrecife. La Blanquilla, Veracruz, México. Anales Instituto de Limnología y Ciencias del Mar. México, 4 (1): 79- 98

Green,G., Fuentes y P. Gómez. 1986. Nuevos registros de Poríferas del Arrecife la Blanquilla, Veracruz, México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional de México, 13(3):127-146.

Humann, P. 1993. Reef Coral identification. Florida Caribbean Bahamas. Edited by Ned Deloach. Jacksonville, Florida. 239 p.

Joiner Jamres. T. 2001. (Editor). Diving Manual: Diving for Science and Technology. NOAA. Falgraf, EUA. 80 p

Meylan, A.1988. Spongivory in hawksbill turtles. A diet of glass. Science 393-395.

Nation Association of Underwater Instructors (NAUI). 1992. The NAUI textbook 11. NAUI. EUA. 139 p.

National Undersea Research Program, NOAA. U.S.A. 2000.

NOAA, Diving for Science and Technology. U.S. Department of commerce. USA. Sec.8. Working dive. 1-8 p.

Padilla, S.C.A., P.S.M. Lara y S.M.A. García, 2000. El uso del muestreo de la Comunidad Bentónica: 399- 431. En: Granados, B.A., Solís, W.V. y Bernal, R.R. (eds.). Métodos de Muestreo en la investigación Oceanografía. Postgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. México. 448 p.

Pazos, Baltasar. 1985. Técnicas avanzadas de buceo deportivo. Diana, México. 216 p.

Peterson, F.G. 1982. Coral Reefs. Eugene H Kaplan. Boston New York. 178 p.

Solís, W.V., Hernández, A.P. y Solís, M.F.A. 2000. Muestreo de Bentos: 353-398. En: Granados, B.A., Solís, W.V. y Bernal, R.R. (eds.) Métodos de Muestreo en la Investigación Oceanográfica. Postgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. México. 448 p.

SSI. Scuba Schools International.2002. Manual Open Water Diver, Concept Systems Inc.

SSI Scuba Schools International. 1998. Enriched air Nitrox 80 p. Concept Systems Inc.

Standards Australia, 2001. DR.99459 Occupational Diving Operations – part Scientific Diving. 72 p.

Taffal, O.B. y M. Cárdenas. 1945. Sobre las esponjas comerciales de Quintana Roo y una enfermedad que las destruye. *Ciencia Mexicana*, 6 (1):25- 31.

Uriz, M. J., D. Rosell y M Maldonado. 1992. Parasitism, commensalisms, or mutualism? The case of Scyphozoa (Cnidaria) and horny sponges. *Marine Ecology Progress Ser.*81: 247- 255

Weisz .P. 1978. *La ciencia de la zoología*. Ediciones Omega Barcelona. 993 p.

<http://www.aaus.org>. 21 de Noviembre .2006

<http://www.bucea.org/articulosla19ahistoriabuceo.php>. 18 de Diciembre 2006

<http://www.caus.org>. 21 de Noviembre 2006

[http://www.casbabuceo.com,ar/historia%20 del 20%buceo.htm](http://www.casbabuceo.com,ar/historia%20del%20buceo.htm). 18 de Diciembre 2006

<http://www.coralreefalliance.org/resources/briefs/>. 18 de Diciembre 2006

[http://www.diving-zone.com/esp/index\\_esp\\_htm](http://www.diving-zone.com/esp/index_esp_htm). 20 de Diciembre. 2006

<http://www.masde buceo.com/articuloas.htm>. 19 de Diciembre 2006

[http:// ww.nurp.noaa.gov](http://ww.nurp.noaa.gov). 29 de Diciembre 2006

<http://www.prfrogui.com/geocites/marino.htm-43k>. 29 de Diciembre 2006



## Anexo 1

### Reglas de seguridad:

- Revisar el equipo de aire que funcione perfectamente, así como el inflado y desinflado del chaleco.
- Nunca bucee si el equipo esta defectuoso o no funciona adecuadamente.
- Utilizar un visor cómodo y que ajuste a la cara.
- Nunca bucee sin profundímetro , manómetro, ni reloj,
- Utilice un traje para protección isotérmica.
- Emplee solo el lastre necesario.
- Planee todos sus buceos con tablas, aunque tenga computadora de buceo.
- Repita la planeación de buceo y si es necesario siga los procedimientos de emergencia al pie de la letra.
- El no respetar las normas marcadas en las tablas de no descompresión para buceo con aire comprimido, provocará un accidente por descompresión.
- Tomar en cuenta corrientes, temperatura y duración de la inmersión.
- Mala alimentación y mala condición física incrementa la incidencia de problemas.
- Evite bucear cuando se encuentra congestionado de la nariz o sufra alguna infección de oído o garganta.
- No ingerir sustancias alcohólicas.
- No aplicar bronceador ni crema antes de colocarse el visor.
- Utilice aletas adecuadas.
- Procure no hacer buceos contra corriente
- Tener claro las señales de comunicación completa, toda señal debe de tener una respuesta.
- Nunca bucear solo y no separarse del grupo.
- No bucear por debajo del nivel del guía o instructor
- Nunca entre al agua sin autorización del líder de buceo o capitán de la embarcación.
- Todas las entradas deben de hacerse con una mano presionando el visor y la boquilla.
- No salte hacia arriba, el impulso debe de ser hacia el frente con las piernas en forma de tijera.
- Pude emplear la entrada de embarcación (sentado con un giro hacia atrás).
- Al caer al agua y al salir a la superficie informar de nuestro estado al personal de apoyo de la embarcación y a nuestros compañeros, así en casos necesarios recibir inmediatamente ayuda, de no ser así ello asumirá que estamos bien.
- Cuide caer el lugar seguro, verifique que no se encuentre flotando alguien.
- Si se presentan calambres y son constantes suspenda el buceo.
- Tenga cuidado cuando se recarga en el fondo o se sujete de una estructura, revise el área perfectamente, antes de hacer contacto.

- Bucee siempre como mínimo a un metro de fondo para evitar cualquier contacto inesperado con la flora y la fauna.
- No olvide que usted es un visitante en este maravilloso mundo marino y debe respeto.
- Ponga mucha atención a lo que lo rodea.
- La fauna marina no ataca sin motivo, sino sólo se defiende al sentirse agredida, evite tocar a los animales si no se les conoce.
- Jamás se pare sobre el coral.
- Si siente que sube demasiado rápido desinifle el chaleco.
- Respete la velocidad de ascenso.
- Nunca retenga la respiración.
- Utilice el descenso y ascenso contornando la patada.
- Nunca suba una escalera con aletas.
- Manipule de manera responsable y con cuidado los tanques, no olvide que son pesados y que se encuentran a altas presiones.
- No deje el tanque en el sol por mucho tiempo.
- Nunca salga con menos de 500 lb de aire en el tanque.

Manual de buceo de la Federación Mexicana de Actividades Subacuáticas CMAS, 2002.

## Anexo 2

### Niveles de certificación por experiencia de buceos en SSI

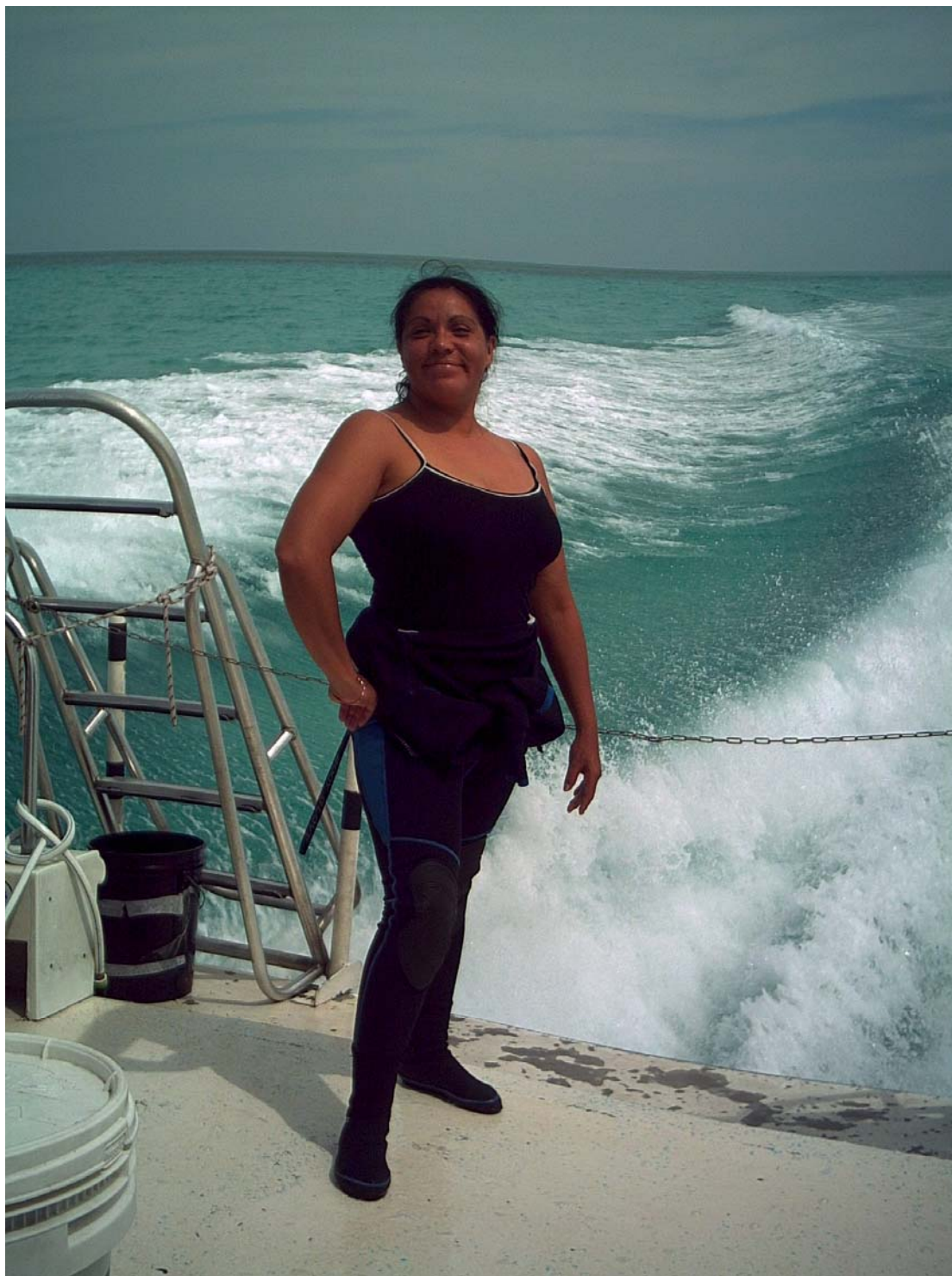
A medida que se realizan las inmersiones se adquieren experiencias, por lo que, se sube de nivel, estar en diferentes situaciones, enfrentar problemas (si es que se presentaran), y el llevar cursos especializados que ofrece el SSI y otras instituciones.

A continuación se presentan los niveles con el total de inmersiones

Nivel	Total de inmersiones
1	5
2	12
3	24
4	50
5	100
6	200
7	300
8	400
9	500
10	1000
Platinum-pro	5000

Dentro de los cursos que se ofrecen son los siguientes:

- Buceo con computadora
- Buceo con traje seco
- Nitrox
- Buceo desde embarcaciones
- Fotografía subacuática
- Búsqueda y recuperación
- Olas, mareas y corrientes
- Buceo nocturno / visibilidad limitada
- Primeros auxilios, reanimación cardiopulmonar y O<sub>2</sub>
- Buceo profundo
- Navegación
- Buceo en naufragios
- Técnicas de equipos
- Salvamento



“EL ORIGEN ESTA EN EL AGUA”