

ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

DOCENTES APRENDIENDO EN RED
DOCENTES APRENDIENDO EN RED
DOCENTES APRENDIENDO EN RED
DOCENTES APRENDIENDO EN RED
DOCENTES APRENDIENDO EN RED



ESCRITURA EN CIENCIAS

DOCENTES APRENDIENDO EN RED
DOCENTES APRENDIENDO EN RED
DOCENTES APRENDIENDO EN RED
DOCENTES APRENDIENDO EN RED
DOCENTES APRENDIENDO EN RED



Instituto Nacional
de Formación Docente
Ministerio de Educación
Presidencia de la Nación

Presidenta de la Nación
Cristina Fernández De Kirchner

Ministro de Educación
Alberto Sileoni

Secretaria de Educación
Jaime Perczyk

Secretario del Consejo Federal de Educación
Daniel Belinche

Secretario de Políticas Universitarias
Martín Gil

Subsecretario de Planeamiento Educativo
Marisa del Carmen Díaz

Subsecretaria de Equidad y Calidad
Gabriel Brener

Instituto Nacional de Formación docente
Verónica Piovani

Dirección Nacional de Formación Docente e Investigación
Andrea Molinari

Coordinadora de Investigación Educativa del INFD
Inés Cappellacci

PRESENTACIÓN

Los libros que se presentan en esta edición son el resultado de la segunda etapa del dispositivo Escritura en Ciencias, desarrollado durante los años 2011-2012 en el Instituto Nacional de Formación Docente y cuyos principales protagonistas fueron profesores de institutos de formación docente de las provincias de Buenos Aires, Catamarca, Chaco, Chubut, Córdoba, Entre Ríos, Formosa, Neuquén, San Luis, Santa Cruz, Santa Fe, Santiago del Estero y Tucumán.

Los libros que se produjeron en esta ocasión, corresponden a los siguientes títulos:

7. Ecosistemas terrestres
8. Ecosistemas acuáticos
9. El big bang y la física del cosmos
10. Cambio Climático
11. Energía: características y contexto
12. Epidemias y Salud Pública

La génesis de este proyecto se inspiró en el programa Docentes Aprendiendo en Red del Sector Educación de la Oficina de UNESCO, Montevideo. Esta experiencia innovadora en nuestro país, reunió a 30 profesores de diferentes provincias que, a través de un trabajo colaborativo, escribieron seis libros sobre contenidos de problemáticas actuales de las ciencias naturales.

Haber escrito los seis primeros libros de la colección¹ durante 2010-2011 supuso para la continuidad algún camino allanado. Este segundo ciclo estuvo marcado por una inusitada resonancia de la edición anterior del proyecto, verificada en encuentros con profesores de diferentes provincias, interesados en conocer los materiales y saber más sobre la propuesta. Por esta razón deseamos compartir algunas reflexiones sobre el desarrollo del proceso.

Un eje central del proyecto se asienta en la escritura y su potencial, no sólo como posibilidad de difusión del saber de los profesores, sino como un medio para hacer de lo vivido en el propio trabajo, un objeto de experiencia. Es decir,

1 1. Los plaguicidas, aquí y ahora; 2.H2O en estado vulnerable; 3. Del Gen a la Proteína; 4.La multiplicidad de la vida; 5. Cerebro y Memoria; 6. La evolución biológica, actualidad y debates.

una oportunidad de generar cierta ruptura de lo sabido y conocido respecto a lo que suscitan temas actuales de la agenda de las ciencias naturales y codificarlo en el lenguaje docente. Por eso, los textos comunican el resultado de un ejercicio reflexivo en el que la escritura actúa como un importante mediador.

Los docentes han pasado durante un año con escrituras sometidas a ciertas condiciones para poder funcionar: cumplir plazos, compartir con los pares, discutir los temas, los avances, realizar y recibir devoluciones que impliquen lecturas atentas y cuidadosas de otras producciones y a la vez, ofrecer las propias al juicio de los colegas. Todas estas actividades se inscriben en un dispositivo capaz de darles cabida y que invita a los profesores a constituirse en autores de textos de temáticas muy específicas de las ciencias naturales.

Si bien la invitación se cursa a los profesores, no se trata de una invitación al trabajo individual, sino que se convoca a un trabajo colectivo, con alto grado de colaboración. Este es un aspecto muy difícil de construir y donde creemos que radica buena parte de la adhesión con la que cuenta este proyecto. Dos aspectos se conjugan, a nuestro juicio, en esta dificultad, uno asociado a la misma matriz de la docencia que sugiere un trabajo solitario y alejado de las visiones de los pares. El otro, ligado a reorganizar la representación de que la escritura no es una práctica que pueda resolverse con la sola intención y voluntad de escribir: requiere otras condiciones.

Los textos de Escritura en Ciencias tienen un tiempo de gestación y retrabajo, surgidos de un boceto inicial provisorio, sobre la temática sugerida y donde comienza la transformación de las ideas preliminares que, a medida que transcurre el proceso, ponen más de una vez en el centro la dificultad de hallar el recurso a emplear para expresar y expresarse de la manera más clara y más efectiva sobre temas de actualidad científica, difíciles y complejos de sobrellevar. La tarea se apoya con una plataforma virtual que colabora para que los profesores puedan sortear la distancia y sostener la tarea grupal de escribir.

El avance del boceto, al tiempo que se estudia y se profundiza un tema se convierte en la tarea cotidiana que no es una tarea libre y excesivamente centrada en la subjetividad de cada autor, sino que se somete a la previsión acordada con el grupo y a los tiempos que el coordinador va marcando, a fin de que la tarea pueda concretarse en los tiempos estipulados para el proyecto.

A esta exigencia se suma la actitud con la que se solicita leer los borradores. Para ser consecuentes con el proceso de avance de un texto, la lectura primera que abre el juego a las devoluciones entre pares requiere estar enfocada más que en la forma "correcta" de cómo lo dice, hacia lo que su autor intenta decir. Lo que

interesa es que el pensamiento comience a manifestarse a través de la palabra escrita. Seguramente al inicio las producciones tienen un limitado alcance, pero el ejercicio resulta muy fecundo en cuanto primera oportunidad para darse a leer y poner oídos a las devoluciones que recibirá. Este primer disparador abre un campo de expectativas de inusitado valor como motor de todo el proceso siguiente.

Los momentos de zozobra, de exposición necesaria, implícitos en el darse a leer, tienen la función de colaborar para que se produzca el desapego hacia el resultado inmediato y exitoso de la empresa de escribir. Quizá es una de las rupturas más importantes a los modos habituales que tenemos de posicionarnos frente a la propia palabra. Ingresar las incertidumbres y angustias propias en la propia escritura, reconocerse como parte de una obra que empieza a tomar forma y que poco a poco, comienza a ser reconocida como común entre los grupos, representa aquello que sostiene frente a la tendencia a huir ante la primera gran dificultad.

La experiencia que transitamos durante este tiempo demuestra que los profesores tienen interés por escribir y mejorar sus escrituras. Y concluyen con la idea de que sus producciones han devenido en textos que otros educadores pueden conocer, estudiar y abonar con ellas su propio trabajo.

Una primera cuestión para destacar, la disposición y el entusiasmo que despierta en cada edición "Escritura en ciencias" se debe quizá al hecho de que los autores de los textos son los mismos profesores: Docentes de los institutos que escriben para sus colegas. Lo inusual de esta iniciativa es ligar la autoría a la docencia, previniendo con esta atribución que este discurso no es una palabra cotidiana, indiferente y que puede consumirse inmediatamente, sino que se trata de una palabra que debe recibirse de cierto modo y recibir, en una cultura dada, un cierto estatuto, como sostiene Foucault.

La segunda cuestión relevante refiere al compromiso de estudiar, profundizar sobre el tema elegido, hacer de ello un objeto de estudio y de problematización. La búsqueda de material bibliográfico, las discusiones e intercambios con los colegas y con investigadores de referencia, el trabajo en talleres presenciales, entre otras, son acciones que imprimen una lógica diferente al trabajo y sirven de indicador de la buena disposición que tienen los docentes para vincularse con el conocimiento.

Recuperar los saberes de los profesores, ponerlos en valor en una publicación significa una buena parte de la atracción que ejerce el proyecto sobre cada uno de los participantes. Quizá porque asumir la posición de autores les asigna una doble responsabilidad, para sí mismo y para los demás, que hay que tramitar durante el proceso. Dar cuenta de lo que escribe, de cada argumentación que se sostiene,

hacer de esta práctica una tarea habitual que se juega en cada encuentro, frente a coordinadores, a otros colegas, sirve de foro de discusión colectiva para mostrar y mostrarse en la vulnerabilidad que todo acto de escribir para otros coloca.

Los seis libros que sumamos a esta colección tienen una estructura experimentada en la edición anterior, cada capítulo de autoría individual, a la que quisimos sumar otra apuesta proponiendo a los profesores un ejercicio ligado a su oficio en clave de propuestas enseñanza de las ciencias. El capítulo de cierre de cada uno de los libros de esta edición tiene autoría compartida, contiene propuestas, reflexiones, ideas para pensar la enseñanza de cada uno de los temas.

Esta nueva presentación abona otra vez el deseo de que la autoría de los docentes se convierta en un componente relevante de la propuesta formativa, y sea bienvenida en este conjunto de producciones que codifican y comunican temas de la actualidad científica en el lenguaje de la docencia. Y en el encuentro que toda escritura persigue con las lecturas de otros (docentes, alumnos) den lugar a otros textos que reorganicen la experiencia de la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia.

Liliana Calderón
Coordinación Escritura en Ciencias

ESCRITURA EN CIENCIAS

ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

Autores:

María Sol Caríssimo

Patricia V. Del Cero

María del Carmen Fonalleras

Paula Mariela Silva

María Inés L. Giordano

Orientación y asesoramiento científico: Juan López Gappa

Coordinación de Escritura: María Carrió

Autores

María Sol Caríssimo
Patricia V. Del Cero
María del Carmen Fonalleras
Paula Mariela Silva
María Inés L. Giordano

Equipo Escritura en Ciencias del Instituto Nacional de Formación Docente

Liliana Calderón, Carmen E. Gómez y Antonio Gutiérrez

Orientación y asesoramiento científico

Juan López Gappa

Coordinación de escritura

María Carrió

Diseño editorial

Renata Kándico, Gastón Genovese www.estudiolate.org

Hecho el depósito que establece la ley 11.723

“Los textos de este libro son copyleft. El autor y el editor autorizan la copia, distribución y citado de los mismos en cualquier medio y formato, siempre y cuando sea sin fines de lucro, el autor sea reconocido como tal, se cite la presente edición como fuente original, y se informe al autor. La reproducción de los textos con fines comerciales queda expresamente prohibida sin el permiso expreso del editor. Toda obra o edición que utilice estos textos, con o sin fines de lucro, deberá conceder es-tos derechos expresamente mediante la inclusión de la presente cláusula copyleft.”

Caríssimo, María Sol

Ecosistemas acuáticos / María Sol Caríssimo ; Patricia V. Del Cero ; Paula Mariela Silva. - 1a ed. - Buenos Aires : Ministerio de Educación de la Nación, 2013.

150 p. ; 21x15 cm. - (Escritura en ciencias; 8)

ISBN 978-950-00-0987-4

1. Formación Docente. 2. Enseñanza de las Ciencias. I. Del Cero, Patricia V. II. Silva, Paula Mariela III. Título
CDD 371.1

Fecha de catalogación: 25/02/2013

ÍNDICE

Presentación	5
Introducción	13
Capítulo I: El mar, los ríos, los estuarios, los glaciares... ¿un ecosistema o varios?	17
María Sol Carissimo	
Del caldo primitivo a las riquezas actuales del agua	17
La productividad de glaciares, ríos, acuíferos y océanos	20
Las plataformas de hielo, un hábitat favorable para el emperador	23
Los ríos, otro hábitat característico	24
Los ríos ocultos	27
La gran diversidad en los océanos	30
La laguna, un caso particular	31
Crecimiento y desarrollo	34
Capítulo II: La playa y el océano profundo	37
Patricia Del Cero	
¿De qué color es el mar?	39
La incidencia del mar sobre las costas	40
Los arrecifes de coral	43
Una estremecedora calma antes de la gran ola	44
Los estuarios marinos	46
El misterioso fondo marino	48
Capítulo III: La vida acuática y los factores luz, temperatura y salinidad	55
María del Carmen Fonalleras	
La luz: ¿factor determinante en la distribución de organismos acuáticos?	58
Cuando calienta el sol	62
¿Cómo influye la salinidad en la distribución de los seres vivos?	69
Las aguas en movimiento.	71
Los seres vivos, el reciclado de la materia y el flujo de la energía	73

Capítulo IV: Los límites de las comunidades	81
Paula Mariela Silva	
Organismos asociados a los fondos	81
Animales y vegetales protistas del Plancton	84
El desplazamiento de organismos	90
Sobre moluscos y bivalvos	93
Cuando el mar no es tan azul	95
Protistas letales	98
Historia de una invasión	100
Especies nativas que han colonizado otras regiones.	103
Capítulo V: Impacto ambiental	107
María Inés L. Giordano	
Los indicadores de la “salud” del agua	108
La acción antrópica	110
Las consecuencias de la explotación de recursos	113
Recursos Pesqueros y Acuicultura	116
La pesca	116
La acuicultura	117
El turismo y sus consecuencias	120
La conservación de las especies acuáticas	121
Capítulo VI: Una propuesta de salida didáctica	127
María del Carmen Fonalleras y Paula Mariela Silva	
¿Qué medir? Y ¿Cómo tomar los datos? ¿Cómo registrarlos?	136
Ubicación en el espacio y tiempo	136
Penetración de luz	137
Salinidad	138
Temperatura	138
Oxígeno disuelto	139
Recolección, muestreo y conservación de organismos	140

INTRODUCCIÓN

Tales de Mileto dijo *“El origen de todas las cosas está en el agua”*. Te invitamos a sumergirte en las profundidades de las páginas de este libro para comprobar o refutar la veracidad de estas palabras.

Somos profesoras de Ciencias Naturales de Institutos Superiores de Formación Docente que participamos durante el ciclo 2011-2012 del proyecto **Escritura en Ciencias** del INFD.

Nos guía en el proceso de escritura el interés por comunicar conocimientos de nuestro país y nuevas miradas sobre los ecosistemas acuáticos. Son muchas las emociones que se hallan en los interlineados del mismo y los esfuerzos por brindar a los lectores un material diferente y enriquecedor. Nos interesa que los lectores, alumnos y colegas de I.S.F.D. lean y discutan este texto en las clases de formación docente.

Para poder abordar esta grata experiencia hemos contado con el apoyo de diversos especialistas, tales como Ph.D. Juan López Gappa quien nos ha asesorado y nuestra coordinadora de escritura, Prof. María Carrió quien nos ha brindado herramientas y compañía en forma permanente desde la escritura colaborativa.

El trabajo colaborativo fue el eje vertebrador del dispositivo **Escritura en Ciencias**, donde se han cumplido variadas funciones: introducimos en la escritura de un capítulo, leer y sugerir sobre los capítulos que escriben nuestros colegas, orientar y aportar sosteniendo la coherencia y cohesión interna de cada capítulo para ir gestando el libro en su totalidad. De esta manera, continuamos renovando nuestro compromiso de formar docentes.

En este libro planteamos la importancia del agua en el planeta. Las relaciones entre los factores bióticos y abióticos de los ambientes acuáticos, cómo inciden las plataformas de hielo antártico en el ciclo reproductivo de algunas especies de pingüinos y otras interacciones son parte del desarrollo del capítulo 1.

El capítulo 2 explica cómo se forman las olas, cómo incide el mar en las costas y como es la vida en las profundidades marinas.

El capítulo 3 desarrolla de qué forma los factores tales como la salinidad, luz, temperatura, entre otros, inciden en el desarrollo de la vida de peces, crustáceos, algas y otros organismos acuáticos. También, explica qué ocurre con la materia y la energía en los ambientes acuáticos donde su disponibilidad es muy limitada.

La diversidad de la vida acuática se manifiesta en las profundidades de las aguas. Fenómenos tales como la bioluminiscencia o alocromias marinas y las in-

vasiones de especies forman parte de los temas actuales. Sobre ellos, habla el capítulo 4.

El impacto profundo, especialmente el producido por el hombre en los ambientes acuáticos, tanto por el aprovechamiento industrial y recreativo es desarrollado e ilustrado con casos en Argentina. Pero también constituyen intervención antropica, las acciones para minimizar o mitigar los efectos desarrollados, tales como la creacion de areas protegidas en sitios clave de Argentina. De esto habla el capítulo 5. En el capítulo 6, reflexionamos sobre una propuesta de trabajo de campo realizada en nuestro país en diferentes I.S.F.D



CAPÍTULO I

El mar, los ríos, los estuarios, los glaciares... ¿un ecosistema o varios?

María Sol Carissimo

Del caldo primitivo a las riquezas actuales del agua

El agua, que tiene muchas propiedades físicas y químicas extraordinarias, es el medio en el que se originó la vida y proporciona a la tierra un clima adecuado, en el que la misma pudo evolucionar de forma continua. Donde sea que encontremos agua, sin importar latitud o altitud, la vida también se encuentra presente. A partir de la radiación incesante de luz y calor del sol, el agua permite el rango de temperaturas ideal para la vida. Ni demasiado calor ni demasiado frío. En ella se encuentran los componentes principales y secundarios imprescindibles para la formación de materia viva y con la presencia de una poderosa fuerza de gravedad que hace que a su alrededor se mantenga una ancha atmósfera gaseosa.

La *Ley Marco de la Política Hídrica Argentina* (Ley 13.510 Acuerdo Federal del Agua, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2005), reconoce en relación al agua y su ciclo, que es un recurso natural renovable, escaso y vulnerable, que tiene un único origen.

Nosotros, los seres humanos, como sociedad, consideramos al agua como recurso natural renovable pero finito y como patrimonio de la humanidad, que permitió a nuestros antepasados y aún sigue permitiendo el uso cotidiano para el quehacer humano. El agua guió asentamientos de poblaciones nómades o fijas, antiquísimas o contemporáneas.

En todos los matices de salinidad observamos al agua como medio de vida para muchísimos organismos, microorganismos, algas, hongos, plantas, peces y cientos de invertebrados, como los poríferos, cnidarios, moluscos de tan variadas formas, colores y hábitos específicos que ni en nuestra más infinita imaginación pensaríamos que existen.

El 71% de la superficie terrestre se encuentra cubierta por el agua de los océanos y es en donde la gran diversidad de la vida se manifiesta. El agua dulce solo ocupa el 3 % del total existente en el planeta y de ella, el 68,7% se encuentra en los casquetes polares y glaciares (en forma sólida), el 30,1% está representado por el agua subterránea (los acuíferos) y el resto, tan solo el 1,2% se encuentra fácilmente disponible para la vida humana en las aguas superficiales (ríos, lagos, lagunas, humedales y arroyos.)

Vamos a comenzar por explicar geológicamente la formación de los mares, ríos, lagunas, lagos, estuarios, glaciares, acuíferos y del inmenso océano. Con las lluvias torrenciales que comenzaron luego del enfriamiento del vapor de agua de la atmósfera primitiva, las cuencas, las hondonadas y los terrenos bajos se llenaron de agua. Ésta comenzó a correr caudalosamente entre las montañas, acarreado nuevas sustancias como sales y minerales, hasta alcanzar cierto grado de salinidad, que posteriormente siguió aumentando lentamente hasta llegar a las características de los mares actuales.

Los seres vivos y sus poblaciones de organismos se han ido modificando a lo largo del proceso evolutivo y han sido seleccionados por el ambiente. Las sustancias necesarias para la vida se obtienen a partir del medio físico. Todo ser vivo es un sistema abierto y como tal se encuentra constantemente captando y emitiendo materiales y energía. Éstas pueden obtenerse directamente, por los organismos productores, como indirectamente por los organismos consumidores.

Dentro de los organismos productores, podemos encontrar las algas, plantas verdes y cianobacterias. Principalmente los organismos consumidores son aquellos que se alimentan a expensas de otros seres vivos, que a su vez pueden ser herbívoros, carnívoros, omnívoros y parásitos. Finalmente devuelven sustancias orgánicas e inorgánicas al ambiente mediante sus productos de excreción, o al descomponerse y desintegrarse, sus propios cuerpos tras la muerte.

Por último podemos clasificar dentro de estos organismos que obtienen las sustancias necesarias a partir de otros seres vivos, a los detritívoros. Entre ellos están los descomponedores, que realizan la degradación final de los compuestos orgánicos, procedentes de los demás organismos muertos y de las heces de los vivos.

Todo ecosistema, es un sistema abierto y no existen organismos aislados en él, sino que están en constante interacción. Son necesarias, al menos dos poblaciones diferentes, aunque, algunos autores, como, por ejemplo, Jorgensen y Fath (2004), consideran que para que un ecosistema sea viable debe existir una red compleja de poblaciones interactuando entre sí.

Con el paso del tiempo, al igual de lo que ocurre con los seres vivos, los ecosistemas evolucionan. Este proceso, es conocido como **sucesión ecológica** y cuando hablamos de ella, hacemos referencia a los cambios que se producen en la comunidad luego de una interrupción o de una perturbación, que pueden provocar una regresión, por ejemplo, un incendio, una gran inundación (ejemplos regresión de ecosistemas terrestres) o bien una gran sequía (ejemplo de sucesión de ecosistemas acuáticos). La extinción de especies (o de poblaciones), como la invasión natural por algunos organismos, también son consideradas un aporte a la sucesión ecológica que pueden presentarse en ambos tipos de ecosistemas. En fin, cualquier hecho artificial o natural que produzca un cambio físico, químico o biológico es un buen ejemplo de sucesión, que continuará hasta que el sistema se encuentre en equilibrio. Este momento es denominado **etapa clímax**.

Imaginemos una catástrofe marina, por ejemplo, un tsunami. Este gran desplazamiento de masas de agua, primero hacia el interior del océano y repentinamente hacia el continente, producirá un gran desplazamiento, no solo de agua, sino también de partículas en suspensión y sobre todo de mucha energía acumulada. Los sistemas formados en el sitio de donde se produjo el fenómeno sufrirán grandes pérdidas de biomasa y también de su paisaje o ambiente característico. Pensemos un arrecife de coral y las consecuencias que en él tendría este devastador suceso natural. Los arrecifes son ecosistemas tan frágiles, que ante este fenómeno, seguramente desaparecerían como tales.

Recordemos a qué denominamos ambiente. Este término se usa frecuentemente en relación al entorno inmediato del organismo. Lo que debe quedar claro, es que incluye tanto al entorno vivo como no vivo y lo que nos importa más aún, es que el organismo determina y modifica activamente muchos aspectos de su propio ambiente, a través de su comportamiento y de la utilización de los recursos ambientales.

La productividad de glaciares, ríos, acuíferos y océanos

Llamamos **productividad** a la tasa de energía o cantidad de energía almacenada por unidad de tiempo en que la materia orgánica se va formando por fotosíntesis. Esta producción es el primer eslabón de entrada de energía al ecosistema y por ello se denomina específicamente **productividad primaria**. El crecimiento de las plantas es el resultado de la acumulación de biomasa, es decir la cantidad de energía almacenada en forma de alimentos por unidad de superficie en un momento dado. Es posible que en un sistema con una productividad alta, si los consumidores se alimentan muy rápidamente, la biomasa sea baja.

La productividad de un ecosistema depende de la cantidad de nutrientes, los límites de la temperatura y la humedad. A su vez, esta disponibilidad de nutrientes se ve reflejada en las cadenas o redes tróficas o alimentarias. Podemos decir que aquel sistema conformado por gran número de individuos productores, podrá tener, en consecuencia, mayor diversidad de organismos consumidores que interactúen entre sí.

Los glaciares se forman en sitios donde la cantidad de nieve que se acumula es mayor que la cantidad de nieve que se derrite a lo largo de los años. Éstos persisten en el tiempo por el balance entre el agua acumulada en su parte superior y el agua derretida por ablación en la parte baja o evaporada por sublimación, como ocurre en los glaciares fríos que son aquellos que tienen en toda su extensión una temperatura muy por debajo de los 0°C. Se encuentran en zonas polares o de gran altitud como los Andes Desérticos. Un ejemplo de este tipo de glaciar se encuentra cerca de las cimas de los volcanes Llullaillaco y Ojos del Salado, al límite con Chile y a una latitud de aproximadamente 25°. También el glaciar Agua Negra, en la provincia de San Juan. Dependiendo de la nieve que cae anualmente y la temperatura, los glaciares aumentan su masa en años con grandes nevadas y temperaturas relativamente frescas en verano, mientras que sus volúmenes se reducen en años secos y muy cálidos. Este balance les otorga un papel importantísimo en la regulación de las cuencas hídricas: en años húmedos, el agua se acumula en estos cuerpos de hielo, mientras que, en las temporadas que tienen un déficit hídrico, su derretimiento permite resguardar el equilibrio.

Este fenómeno de persistencia de la nieve, se produce en regiones polares y/o zonas montañosas donde imperan las bajas temperaturas y donde existen precipitaciones que no se pierdan completamente durante el verano. A nivel local y en zonas montañosas sobre todo, el relieve y aspecto de las laderas también son importantes ya que pueden propiciar la formación de glaciares en sitios fríos y

sombríos protegidos de la radiación solar o en sitios donde normalmente el viento o las pendientes acumulan mayor cantidad de nieve luego de las tormentas, como ocurre a lo largo de toda nuestra cordillera en regiones de gran altitud.

Los glaciares tienen asociados cursos de agua originados por el deshielo o por lluvia caída sobre su superficie. De hecho, los glaciares son la principal fuente de abastecimiento de agua para los ecosistemas y comunidades andinas. Estos cursos de agua pueden recorrer distancias variables sobre el hielo pero en muchos casos son incorporados al cuerpo del glaciar a través de grietas y otras aberturas para finalmente llegar a la base del mismo donde tienen una importante influencia tanto en el movimiento de la lengua de hielo como en su capacidad para erosionar la superficie terrestre.

Es común observar uno o varios arroyos emergiendo desde la base del frente de los glaciares. Estos arroyos proglaciales concentran la mayor parte del agua de deshielo. Los arroyos que nacen de glaciares generalmente tienen una coloración lechosa debido al material fino que transportan en suspensión. Estos sedimentos son literalmente “harina de rocas” y se originan por la erosión que el glaciar ejerce sobre el lecho del mismo. Los increíbles colores turquesas y celestes de muchos ríos y lagos de nuestra Cordillera se deben a este hecho (Lago Argentino y Viedma, por ejemplo).

Otros tipos de glaciares de los Andes de nuestro país, son los llamados glaciares de valle, porque están confinados entre las paredes rocosas de un valle cordillerano, por ejemplo *el Glaciar Seco en el Parque Nacional Los Glaciares*. Existen también glaciares que por su tamaño, forman una capa de hielo que originan mesetas o campos de hielo. Estos están generalmente formados por numerosos glaciares que drenan hacia las partes bajas como magníficas lenguas de hielo.

En el sur de Sudamérica existen dos grandes campos de hielo. La Argentina comparte con Chile el mayor de ellos, denominado Hielo Patagónico Sur (HPS) o Campo de Hielo Sur. A excepción de la Antártida, el HPS es el cuerpo de hielo más extenso del Hemisferio Sur. El otro campo de hielo se denomina Hielo Patagónico Norte y se encuentra totalmente en territorio chileno. El HPS tiene aproximadamente 12500 km cuadrados de superficie y está compuesto por 48 glaciares emisarios mayores y más de 100 glaciares menores asociados, los cuales drenan hacia el Océano Pacífico en Chile o hacia grandes lagos como el Lago Argentino o el Lago Viedma y luego hacia el Océano Atlántico en la vertiente argentina de la Patagonia. La porción argentina del HPS se encuentra protegida casi en su totalidad por el Parque Nacional Los Glaciares en la Provincia de Santa Cruz. El famoso Glaciar Perito Moreno, así como también los glaciares Upsala y Viedma, entre

otros, son algunos de estos grandes glaciares emisarios del Hielo Patagónico Sur (Skvarca, 2002).

Muchos de estos glaciares terminan directamente en cuerpos de agua por lo que se denominan glaciares de desprendimiento. El frente del Glaciar Viedma en la Provincia de Santa Cruz está fuertemente afectado por procesos de desprendimiento de bloques de hielo.

Debemos tener en cuenta que, los glaciares que fluyen del HPS y desprenden sus témpanos en extensos y profundos lagos, como el Viedma y el Argentino, tienen una gran importancia como recurso natural utilizable para riego, energía hidroeléctrica, esenciales para el desarrollo económico de las regiones semiáridas de las provincias de Santa Cruz, donde la precipitación media anual es de tan solo 200 mm/año. Las investigaciones científicas en glaciares aportan datos para estudios de cambio climático global y contribuyen al conocimiento sobre la dinámica y procesos de desprendimientos de glaciares.

Las regiones de tierra que mantienen en forma permanente hielo o nieve, tanto en el continente como en los mares, se llama **criósfera**. Incluye también a los suelos congelados a grandes alturas y las zonas que tienen permafrost¹. La criósfera juega un papel importantísimo en la regulación del sistema climático global. La nieve y el hielo tienen un alto albedo (medida de reflectividad). Reflejan hasta un 90 por ciento de la radiación solar incidente. Al reducirse la criósfera, el albedo global disminuye, de modo que se absorbe más energía a nivel superficie terrestre y, consecuentemente, la temperatura atmosférica se eleva.

Podemos relacionar entonces, la relevancia del cuidado y mantenimiento de estos recursos glaciares a partir del espiral ecológico que la disminución de los mismos produce.

Como ya dijimos, glaciares en general y los casquetes polares mantienen el balance hídrico y climático en las cuencas por aportar agua a los ríos, lagos y napas subterráneas y son reservas estratégicas de agua dulce. Son la única fuente de recarga de los ríos y napas subterráneas durante el verano y en periodos de sequía. Entonces, si los lagos están relacionados de alguna forma con los glaciares, algo muy importante a tener en cuenta es que, están formados por agua dulce, que, como dijimos al principio, ocupa solo el 3 por ciento del globo terrestre, y al menos por ahora, es el único tipo de agua que los humanos podemos consumir.

1 Hielo intersticial continuo o discontinuo.

Las plataformas de hielo, un hábitat favorable para el emperador

Las plataformas de hielo les proporcionan su hábitat característico a los pingüinos emperadores (*Aptenodytes forsteri*), la especie de mayor tamaño y peso de la región Antártica y a los pingüinos de Adelia (*Pygoscelis adeliae*). Ambas son especies 100% antárticas. Los emperadores tienen grandes dificultades para trepar a los acantilados o a los montículos de hielo donde anidan y crían a sus pichones.

La temporada de alimentación comienza en otoño austral (abril), una vez que se han formado las plataformas de hielo y continúa hasta mediados del verano siguiente.

Los machos y las hembras se turnan para alimentarse entre los estrechos de agua que se abren entre el hielo marino y las aguas de mar abierto. Luego de alimentarse, los adultos se preparan para el próximo invierno. Los pingüinos necesitan una superficie de hielo muy estable durante las cuatro semanas que dura la muda del plumaje de los pichones, ya que en este periodo de muda pierden la impermeabilidad y mueren si caen al agua helada.

En la isla Dion, perteneciente a un pequeño grupo de islotes ubicados al noroeste de la bahía Margarita (68° latitud sur aproximadamente) la colonia de estos pingüinos se redujo de 250 parejas en 1960 a tan solo 10 parejas en 2001, como resultado de la destrucción masiva de hielo marino en la región (Casavels, 2009). El pingüino de Adelia (ubicado en la misma región que el emperador), en cambio, no anida sobre el hielo marino. Lo hace sobre tierra libre de hielo y nieve, cerca de la costa. Estos pingüinos son excepcionalmente ágiles fuera del agua e inclusive pueden escalar pequeños acantilados. Utilizan rocas de morenas producidas por el retroceso de los glaciares para construir plataformas sobre las que nidifican. Las piedras mantienen los huevos y a los pequeños pichones lejos del barro húmedo y frío que se forma luego de la temporada de nevadas o de los arroyos que se forman por el derretimiento de glaciares o por lluvia. Pero para la temporada de muda, busca zonas con hielo.

En el extremo de la costa norte de la Península Antártica, las poblaciones de los pingüinos de Adelia disminuyeron en un 65 por ciento en los últimos 25 años. Allí, los inviernos registran un aumento de las temperaturas mínimas de 5 a 6°C en los últimos 50 años, 5 veces más rápido que el promedio global (Casavels, 2009). Se considera que esta reducción seguirá ocurriendo debido a las mayores temperaturas y a la disminución del hielo antártico. Como consecuencia, existen colonias que podrían detener su crecimiento e incluso desaparecer.

En el caso del pingüino emperador, es preocupante pensar que las posibilidades de encontrar un sitio adecuado para sus crías y superficies de hielo más estables para poder establecerse más australmente, cada vez son y seguirán siendo, en caso de no revertir la situación climática, menores.

Podemos decir que, el decrecimiento en el número de individuos de esta colonia producidos por la disminución de las plataformas de hielo por el aumento constante de temperatura donde cuidan a sus crías, producirá a no tan largo plazo, la dificultad de sus depredadores de alimentarse de ellos. Los emperadores forman parte de una estrecha red trófica como presas y como depredadores. Se alimentan de peces y cefalópodos como el calamar y especialmente de un pequeño camarón llamado kril, que además, constituye el alimento característico de los animales del Océano Austral. A su vez, los pingüinos son depredados por las focas leopardo. Muchos huevos o pichones de los pingüinos son depredados por los skúas².

En este ejemplo, podemos observar claramente la importancia de la relación de los organismos entre si y su entorno físico-químico y como la desaparición o disminución masiva de una especie puede afectar a otra con la que convive.

Los ríos, otro hábitat característico

Los ríos son corrientes naturales que drenan agua desde los continentes hacia los océanos y son las principales rutas de transporte para los productos del escurrimiento. La gravedad provee la fuerza que causan estas corrientes desde los terrenos altos a los más bajos. Desde su nacimiento en una zona montañosa y alta hasta su desembocadura en el mar, el río suele transitar zonas de menor pendiente. Normalmente la pendiente es fuerte en el primer tramo del río y muy suave cuando se acerca a la desembocadura. Entre las dos suele haber una pendiente moderada que aumenta en las estaciones lluviosas o de deshielo y disminuye en las seca. Considerando el perfil longitudinal, los ríos muestran una gran diversidad en la morfología de sus canales. Estos sufren variaciones en su caudal, de acuerdo a las condiciones climáticas y eventos tectónicos en la región, tipo, tamaño y cantidad de sedimento arrastrado por las aguas, resistencia de sus márgenes y características de su caudal.

² Ave de gran tamaño, agresividad, oportunistas y predadores.

Así, es posible observar ríos con canales simples o múltiples, con distintos grados de sinuosidad en su recorrido, por lo que se clasifican en ríos con canales simples rectilíneos y meándricos y ríos con canales múltiples entrelazados y anastomosados. Los meándricos representan los más comunes en la región de la pampa y demás terrenos de llanos. Estos tienen curvas espaciadas, son generalmente angostos, profundos y con márgenes bien marcados. Los ríos entrelazados se encuentran separados por islas, son típicos de zonas con gran pendiente y se caracterizan por arrastrar sedimento grueso que se deposita obstruyendo el canal principal, lo que origina canales secundarios, presentan orillas poco cohesionadas, son anchos y poco profundos. Los anastomosados son típicos de regiones con poca pendiente, presentan múltiples canales, angostos, profundos y orillas estables. Generalmente están separados por islas altas, según el terreno.

La velocidad de la corriente determina en gran medida, el tipo de seres vivos en un curso de agua. Hay abundante oxígeno y nutrientes arrastrados por el flujo de las aguas. Las crecidas pueden ser graduales o muy bruscas y dar lugar a inundaciones catastróficas; por esta dinámica (crecidas, sequías, escorrentías, etc.) pocas plantas pueden asentarse en el fondo.

El río Paraná es un fiel ejemplo para explicar muchas de las características de los ríos, ya que, en toda su extensión, podemos encontrar diferencias morfológicas y, por ende, de ecosistemas. El río Paraná nace de la confluencia de los ríos Paranaíba y Grande (Brasil) en la región tropical de Sudamérica. Los afluentes del alto Paraná (confluencia con el río Paraguay, en Corrientes) son relativamente pequeños, presentan un curso bien definido, con numerosos rápidos y el fondo está constituido por grava o basalto.

Oldani (1990) describe en el Paraná medio (desde la provincia de Corrientes hasta la ciudad de Diamante, Entre Ríos) una extensa área inundable de 140.000 km². En su recorrido atraviesa zonas bajas y de terrenos sedimentarios. Esta región y la siguiente del Paraná presentan un cauce anastomosado meandriforme.

El tramo final de estos ríos se desarrolla en un amplio potamon de 35.000 km². La región de potamon posee agua que se mueve a baja velocidad y presenta mayores temperaturas que la otra región, denominada ritron³, la cual posee bajo contenido de oxígeno, muchos nutrientes y sedimentos de pequeños tamaños. Aquí el río se divide en numerosos cauces anastomosados, dan origen a nume-

³ Los ambientes lóticos poseen dos regiones, caracterizadas por su temperatura, velocidad del agua y cantidad de nutrientes y sedimentos. En el ritron, a diferencia del potamon, las aguas alcanzan mucha velocidad, tienen bajas temperaturas, alto contenido de oxígeno y sedimento.

rosas islas y forma deltas. Al unirse con el río Uruguay forma el Río de la Plata. En esta zona de islas crecen principalmente sauces (*Salix humboldtiana*) y alisos (*Tessaria integrifolia*).

Los cuerpos de aguas lénticos⁴ (potamon) son colonizados por vegetación flotante como los camalotes (*Eichhornia crassipes*), los helechos (*Salvinia spp.*) o plantas arraigadas emergentes como catay (*Polygonum spp.*) y canutillos (*Paspalum elephantipes* y *Echinochloa polystachya*) que, en conjunto, son la mayor fuente de productividad primaria de dicho sistema (Oldani, 1990).

Estas regiones serían, según Oldani (1990), los biotopos más importantes debido a la característica meándrica de los bordes, ya que, por ejemplo, sirven de orientación a los peces en el desplazamiento y las zonas litorales, de descanso.

El **biotopo** se define como el área donde las condiciones ambientales proveen el espacio vital a un determinado conjunto de seres bióticos. La definición es similar a la de hábitat, solo que ésta se refiere a las especies o poblaciones y biotopo hace referencia a las comunidades que allí se encuentran.

La característica más notable del sistema de río, son las variaciones a nivel hidrométrico, que se corresponden normalmente con la temperatura. Sobre este ciclo, está sobrepuesto otro de intervalos irregulares de extraordinarias crecientes debido a que alcanzan niveles máximos y un período de inundación de mayor duración, que cuando se manifiesta en verano-otoño, están asociadas al fenómeno del Niño⁵ y en invierno a la latitud alcanzada del frente frío.

Cuando se manifiesta este fenómeno, todo el valle queda cubierto de agua, se pierden los límites de los subsistemas, por ejemplo los producidos por los albardones⁶ del cauce principal. Se limita la comunicación entre los ríos y se arrastra la materia orgánica y la vegetación (productores primarios). Esta situación disminuye la concentración de fitoplancton, induce desplazamientos longitudinales de peces y el desarrollo de las gónadas y en el caso que se produzca el desove de los peces, aumenta el período crítico de las larvas por falta de áreas de refugio y alimento. En síntesis, la relación que existe entre la geomorfología del valle y las sucesivas crecientes que caracterizan al río Paraná, repercute en la abundancia y distribución de los peces que allí habitan.

4 Se denomina cuerpos lénticos a las aguas quietas como son los lagos, lagunas y pantanos.

5 Fenómeno climático que se produce cada 3 a 8 años, consiste en un cambio en los patrones de movimientos de las corrientes marinas, provocando una superposición de aguas cálidas provenientes del hemisferio norte con las aguas frías provenientes del sur.

6 Elevación situada en los valles que se convierte en islote con la subida de las aguas.

La mayoría de los peces del Paraná son de alto valor comercial. El sábalo (*Prochilodus lineatus*) es la especie más importante del sistema. Constituye prácticamente el 50 por ciento de la biomasa de los peces de gran porte. Convive en el cauce de los ríos junto a otros organismos migradores como el pati (*Luciopimelodus pati*), el surubí (*Pseudoplatystoma coruscans*), el moncholo (*Pimelodus albicans*), el armado (*Pterodoras granulosus*), el dorado (*Salminus maxillosus*) y la boga (*Leporinus obtusidens*). Los cuerpos lénticos se caracterizan por la presencia de la tararira (*Hoplias malabaricus malabaricus*), gran depredador adaptado a regiones de escasa profundidad. Por último, las viejas de agua junto con los sábalos son las especies más numerosas de este sistema (Oldani, 1990).

Los ríos ocultos

Los acuíferos son formaciones rocosas que contienen agua subterránea y pueden cederla en forma relativamente fácil y económica. Esta agua circula en forma vertical y horizontal gracias a las conexiones existentes entre los canales que unen pequeños poros u orificios o fisuras que pueden estar llenos de aire o agua. Así es como, un acuífero, constituye un reservorio de agua con capacidad de almacenar y transmitirla de un lugar a otro. El nivel más alto de la zona saturada se denomina capa freática, que es el nivel real al cual el agua se mantiene en un pozo. Dentro de esta capa el agua tiene una dinámica que permite en ocasiones, salir del subsuelo y formar parte del agua superficial, o sea que, pueden alimentar lagos, arroyos y océanos o formar grandes humedales.

El agua de las lluvias o de los cursos superficiales penetra en la superficie por acción de la gravedad. Se mueve a través de los poros o fisuras atravesando la zona más superficial del suelo, donde aun hay aire entre ellos (zona de aireación o no saturada) y continúa desplazándose más profundamente hasta alcanzar el sector donde la totalidad de los mismos están ocupados por agua (zona saturada o acuífero). Estos sistemas, se encuentran en dos tipos de formaciones geológicas, las consolidadas, que son aquellas compuestas por rocas sólidas y las formaciones no consolidadas o granulares que están compuestas por arenas, limos, gravas o material de suelos.

Podemos clasificar a los acuíferos según la presión a la que se encuentra confinada el agua subterránea en libres o confinados. Los acuíferos libres se dan cuando la superficie freática está expuesta a la presión atmosférica y existe una recarga inmediata y directa por lluvias. Los confinados, cuando existen capas geológicas impermeables que delimitan el acuífero tanto en la parte superior

como inferior. En algunas ocasiones, el agua subterránea sale a la superficie en forma de manantiales.

En nuestro país contamos con uno de los acuíferos más grandes del mundo y una de las mayores reservas de agua dulce y agua continental de calidad. El Sistema Acuífero Guaraní es transfronterizo porque se desarrolla por debajo del territorio de 4 países sudamericanos: en nuestro país su extensión es de 225.500 km², en Brasil es de 840.000 km², en Paraguay es de 71.700 km² y en Uruguay es de 58.500 km², totalizando una superficie de 1.200.000 km², al sudoeste de América del Sur⁷ (figura 1). Esta área concentra una población de 29.9 millones de habitantes y se caracteriza por concentrar las zonas agropecuarias más importantes de cada país. Parte de la lluvia que precipita en la región ingresa al acuífero infiltrándose en el terreno o ingresando a través de ríos, arroyos o lagos que, por sus lechos, permiten el pasaje de agua hacia capas más profundas, proceso que denominamos recarga. El ingreso principal de agua proviene de la cuenca del Plata formado principalmente por los ríos Paraná, Paraguay, Uruguay y el río de la Plata. Su ubicación geográfica (desde los 15 a los 34° de latitud sur, aproximadamente) y el aporte de los nutrientes de los terrenos sedimentarios, determinan en ella una gran variedad de ambientes de elevada productividad. En la provincia de Entre Ríos, el acuífero alcanza una de las profundidades más grandes. Llega a más de 1.200 metros bajo el nivel del mar. Las reservas permanentes de agua de este sistema ascienden los 45.000 km³, volumen suficiente para abastecer a la población mundial durante 170 años a una tasa de 100 litros/día por habitante. Un dato interesante a tener en cuenta es que los argentinos utilizamos en promedio 76 litros per cápita diarios (ocupamos 9° lugar en Latinoamérica en cuanto a consumo (Fernández Cirelli, 2005).

Las temperaturas más frecuentes que oscilan a lo largo de este acuífero, varían entre los 33 y 45°C, con máximas del orden de los 70°C, en correspondencia con el gradiente geotérmico (Auge, 2007). En nuestro país actualmente solo hay 12 perforaciones de baja profundidad situadas en Entre Ríos, Misiones y Corrientes, destinadas por su fácil acceso al consumo humano, riego, bañoterapia y otras.

⁷Fuente: www.sg-guarani.org/



Figura 1.1: ilustración de la ocupación del territorio transfronterizo del Sistema Acuífero Guaraní.
Foto: Google imágenes. 14 de octubre de 2012

En los conocidos sistemas del Iberá, se encuentra la mayor concentración del flujo subterráneo, caracterizado por la abundancia del agua superficial. Esta región y muchas otras forman los humedales, como por ejemplo, los Ríos Paraná y Uruguay, el Delta Paranaense, Cuenca del Riachuelo, río Iguazú y sus Cataratas. Esto significa que las regiones de humedales son las áreas de descarga regional del acuífero.

Los humedales se caracterizan por poseer una inmensa diversidad biológica. Esto es, el gran número de especies de seres vivos que pueden vivir en este sistema. Desempeñan importantes funciones: la recarga y descarga de los acuíferos, la reposición de aguas subterráneas, la depuración de las aguas, la retención de sedimentos, tóxicos y nutrientes, la repercusión en el soporte de redes tróficas y reservorio de la biodiversidad, la estabilización de la línea costera, el transporte acuático, la recreación activa y, por último, la mitigación del cambio climático.

Nuestro país cuenta con grandes sistemas de humedales, diecinueve de los cuales han sido declarados como sitios Ramsar⁸ en la convención sobre humedales a través de la Ley 23.919 (Ley Nacional de 1991).

Algunos humedales, tienen gran importancia como áreas de nidificación y cría de aves acuáticas. Muchas especies, utilizan la vegetación palustre como soporte para nidos o refugios contra depredadores. Algunas especies construyen sus nidos utilizando los tallos de las macrófitas como sostén, por ejemplo, las garzas (Ardeidae) y los tordos varilleros (Icteridae). Otras especies los construyen sobre la superficie del agua, ya sea, anclándolos a la vegetación emergente/flotante, como las gallaretas (Rallidae) o en grandes plataformas construidas con la acumulación de la materia vegetal, como es el caso de los cisnes (Anatidae) y el chajá (Anhimidae). Los flamencos (Phoenicopteridae) construyen sus nidos en playas barrosas de lagos y lagunas, en general de aguas salobres y con poca vegetación (Blanco, 1999).

Blanco (1999) nombra algunos sistemas de humedales que se encuentran en nuestro país:

- Cañadones de General Lavalle (Buenos Aires): estos ambientes caracterizados por su abundante vegetación palustre y niveles de agua cambiantes, son importantes sitios de nidificación para patos, cisnes, garzas, gallaretas, junqueros y tordos, entre otros.
- Laguna Llanquanelo (Mendoza): esta laguna salada, de ambiente semidesértico, es un importante sitio de cría del flamenco común, (*Phoenicopus chilensis*), cisnes (*Cygnus melancoryphus*) y patos. Esta laguna albergaría más del 10 por ciento de la población total del flamenco.
- Península de Valdés (Chubut): sus costas son de gran importancia para la reproducción de varias especies de aves marinas coloniales, como el pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*).

8 RAMSAR es el nombre que se atribuyó a la Convención sobre Humedales de importancia internacional. Posee un tratado intergubernamental que sirve de marco para la acción nacional y la cooperación internacional en pro de la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos. Los sitios Ramsar, son aquellos que se encuentran dentro de este marco de protección.

La gran diversidad en los océanos

Los océanos cubren las tres cuartas partes de la superficie de la tierra. Los organismos fotosintetizadores se limitan a las zonas superiores iluminadas. A una profundidad promedio de 3 km, los agentes bióticos no son las plantas, sino en general, algas, protistas, bacterias, hongos y animales. Se puede agrupar a los seres vivos en relación a la región del océano donde llevan a cabo sus actividades:

- Pelágica: esta zona está constituida por organismos de flotación libre, conformada por el plancton⁹ (los que se pueden encontrar en toda la columna de agua) por algas, protistas autótrofos y heterótrofos¹⁰, pequeños crustáceos, medusas, ctenóforos¹¹ y los huevos y larvas de muchos invertebrados y peces. Estas formas planctónicas pequeñas constituyen el alimento a otros seres vivos más grandes.
- Bentónica: zona constituida por los seres vivos que habitan en el fondo, sésiles o con relativamente poca capacidad de desplazamiento, como por ejemplo esponjas, anémonas de mar, moluscos, pepinos de mar y otros, con mayor movilidad como crustáceos y algunos peces; también posee hongos y bacterias.

A pesar de la gran diversidad de seres vivos que se encuentran en el océano, la productividad total se considera levemente mayor que la de un desierto, por las condiciones físicas que allí se encuentran (principalmente luz, temperatura) y el factor más limitante, a veces, es la escasez de nutrientes (nitratos, fosfatos, etc.).

La laguna, un caso particular

En nuestro país tenemos dos lagunas Mar Chiquita, una de las cuales se encuentra ubicada en la provincia de Córdoba y, la otra, es una laguna costera de la

9 Organismos marinos, generalmente microscópicos que son transportados por las masas de agua, las formas fotosintéticas se denominan fitoplancton.

10 Organismos eucariotas, unicelulares o pluricelulares, los puede haber también autótrofos o mixótrofos (intercalan periodos como autótrofos y heterótrofos). Ejemplos de protistas heterótrofos: mohos y flagelados, ameboides y ciliados parásitos o de vida libre.

11 Phylum Ctenophora. Animales con simetría radial. Se identifican por el aspecto de peines que tienen debido a sus cilios para la locomoción; son bioluminiscentes. Ejemplo: nueces de mar.

provincia de Buenos Aires, que cubre 46 km². Describiremos algunas particularidades de esta última. Tiene una profundidad máxima de 1,2 m durante las mareas más bajas. Está dividida en una región ancha, al norte, y otra más estrecha al sur, donde se encuentra su desembocadura. Unos pocos ríos pequeños la alimentan constantemente con agua dulce mientras que el agua de mar entra y sale periódicamente con las mareas semidiurnas, pasando por una estrecha barra de arena localizada en la boca de la laguna. La magnitud de este intercambio depende de la amplitud de mareas y los vientos. La temperatura del agua oscila entre 8 y 25°C; en los meses de invierno (junio a setiembre) se registran heladas.



Figura 1.2: Neohelice granulata Foto: Google imágenes. 21 de junio de 2012

La laguna está rodeada por una delgada planicie de mareas sin vegetación, formada por arena fina, limo y arcilla aportados por arroyos y canales; ocasionalmente aparecen sedimentos consolidados del Pleistoceno. Por fuera de las planicies de marea, se extienden praderas de una planta conocida con el nombre de esparto o espartillo, (*Spartina densiflora* y *S. alterniflora*)¹², que forma grandes marismas (Martinetto, 2006).

Las marismas son amplias extensiones de tierras bajas que sufren frecuentes inundaciones del agua del mar. En las proximidades de la desembocadura existen playas arenosas. En gran parte de la laguna se encuentran arrecifes formados por

12 El espartillo es una fanerógama (antiguo taxón de las plantas vasculares que producen semillas) perenne.

los tubos calcáreos del poliqueto serpúlido¹³ *Ficopomatus enigmaticus*. Esos arrecifes son conocidos localmente como “bochones”.

Esta laguna se encuentra enmarcada dentro de las características físicas estuariales: por un lado, el agua dulce que proviene de distintos canales y arroyos de la provincia de Buenos Aires es más liviana que el agua salada, lo que origina un sistema biestratificado. Esta agua dulce que se mueve hacia el mar, produce un intercambio de masas de agua y, por otro lado, arrastra consigo diversidad de partículas de sedimento en suspensión. Éstas se asientan formando un suelo fértil, sobre todo para las plantas vasculares como los pastos típicos de marismas nombradas anteriormente, los cuales dan al estuario, características biológicas específicas.

Las condiciones de variaciones de salinidad, temperatura, oxígeno y el flujo de nutrientes tienen importantes efectos sobre las poblaciones que habitan en estos ambientes. Estas áreas soportan gran parte de la producción secundaria, por tal motivo, la predación es una de las interacciones más frecuentes.

Las características del sedimento, modificadas por la acción de los organismos bentónicos, tienen efectos directos e indirectos sobre organismos infaunales (organismos que viven entre las partículas de sedimento en el medio acuático, excavan o se desplazan formando grietas o túneles en el barro o arena), por lo tanto, es un factor importante en la estructuración de comunidades intermareales de fondos blandos. Generalmente es la región más fértil pero también es la que se encuentra con mayor adversidad física (Martinetto, 2006).

Los cangrejos de la especie *Neohelice granulata* son uno de los macroinvertebrados más abundantes en estas zonas. Las poblaciones de estos cangrejos generalmente se encuentran en regiones limo-arenosas. Cientos de ellos conviven en una misma región, dándole al terreno una fisonomía especial llamada “cangrejal” (terreno lleno de cuevas construidas por esta especie). Habitan tanto en zonas de planicie de mareas como en las marismas vegetadas por *Spartina densiflora* y *alterniflora*.

Los cangrejales son altamente cohesivos y poco transportables y tienen un mayor contenido de agua y penetrabilidad y menor permeabilidad que áreas similares sin cuevas. Estas zonas constituyen grandes áreas de alimentación de aves

13 Los poliquetos pertenecen al Phylum Annelida o gusanos segmentados, casi todos son marinos. Sus segmentos incluyen tentáculos, antenas y piezas bucales especializadas. Cada segmento contiene extensiones carnosas llamadas parapodios que sirven para la locomoción y el intercambio gaseoso. Los puede haber depredadores móviles, otros que consumen sedimentos, y los más sedentarios se alimentan de partículas en suspensión. Suelen vivir en túneles que cavan en el fondo.

playeras migratorias, como el ostrero pardo, así como áreas de reproducción para distintos tipos de peces de interés comercial y deportivo, como por ejemplo las corvinas rubia y negra.

Estas son algunas de las tantas relaciones interespecíficas en las que se ven involucrados estos invertebrados, como organismos consumidores y a su vez, presas.

La competencia limitante de las especies que habitan en los cangrejales suelen ser el alimento en primer lugar y luego, el espacio. Por este último recurso, ambas especies de cangrejos compiten. La especie dominante (*N. granulata*), gana terreno para cavar sus cuevas. Esta competencia, llamada competencia por desplazamiento, se da cuando el competidor dominante no puede explorar todos los recursos o espacios disponibles dejando espacios en el paisaje que son ocupados por el competidor inferior (*C. angulatus*). La coexistencia es mantenida creando diferencias espaciales en el nicho entre especies (Martineto, 2006)

Dos especies nunca ocuparán el mismo nicho, pero si pueden convivir en una comunidad donde cada una tiene un papel parecido en el entorno donde viven. El nicho se define como el papel funcional que cumplen todos los miembros de una especie determinada en la comunidad. Ese papel funcional incluye tanto los factores físicos (como los límites de temperatura dentro de los cuales los organismos pueden sobrevivir y sus requerimientos de humedad, como el comportamiento de los organismos (formas de movimiento y los ciclos de actividad diarios y estacionales).

La competencia interespecífica suele ser afectada por la similitud entre las especies. La coexistencia requiere que las especies difieran en la manera en la que afectan y son afectadas por sus recursos. Por lo tanto, la coexistencia requiere que la competencia interespecífica se incremente en relación a la competencia intraespecífica (Martineto, 2006).

Crecimiento y Desarrollo

En cualquier parte del planeta y a lo largo de todos los niveles de organización se encuentran estructuras y gradientes como resultado de procesos de crecimiento y desarrollo. Un gradiente se entiende como una diferencia espacial de una variable termodinámica intensiva, como la temperatura, la presión, altitud o potencial químico. En un ecosistema, el crecimiento se interpreta como el incremento de una magnitud medible que es la biomasa.

Ambos procesos pueden tener lugar por cuatro vías diferentes, según Anillo Abril y Barrio Alonso (2006):

- Entrada a través de las fronteras: según el o los parámetros que hayamos decidido tener en cuenta al momento de estudiar un ecosistema, éste recibe aportes de energía de baja entropía¹⁴ o biomasa a través de sus fronteras. Este es el requisito inicial para el crecimiento de sistemas abiertos.
- Crecimiento estructural: la cantidad de energía física de biomasa retenida dentro de la frontera del sistema aumenta con la cantidad, el tamaño o el número de los componentes en el ecosistema.
- Crecimiento de las redes: la red del ecosistema se desarrolla de tal manera que el número de componentes, conexiones y retroalimentaciones en el sistema aumentan. Este crecimiento aumenta hasta producir el corte o estrangulamiento de conexiones, alcanzando el sistema la última categoría de crecimiento.
- Crecimiento de información: la información del sistema aumenta significando mayor eficiencia energética y asociada a un aumento en la complejidad genética del mismo.

Hasta aquí los conceptos básicos utilizados en ecología para el estudio de un ecosistema. En los próximos capítulos se desarrollarán las diferencias físicas de las aguas de todos los tipos de ecosistemas acuáticos, dulces y salobres, se averiguará cómo hacen los organismos que allí habitan para soportar esas condiciones y se explicará cómo el hombre, cuida o destruye dichos ecosistemas.

El mar, los ríos, los estuarios, los glaciares... ¿un ecosistema o varios? Definitivamente varios.

14 Estado aleatorio de energía que no puede aprovecharse para hacer trabajo.



CAPÍTULO II

La playa y el océano profundo

Patricia V. Del Cero

Desde el fondo oceánico se puede observar una fisonomía muy diferente a la que presentan las costas. El *sistema ambiental costero* responde a procesos antiguos de formación y a la constante modificación por la actividad e los organismos que allí habitan, tales como los recientemente descubiertos arrecifes coralinos que viven en la plataforma submarina del Uruguay, en su límite con la plataforma submarina Argentina. (Carranza et. al., 2012)

Este *sistema ambiental profundo* comparte un recurso con el *sistema costero*: la arena. Desde las profundidades llega la arena a la playa, consecuencia de la erosión de rocas de granito, cristales de cuarzo y feldspatos, entre otras, que se hallan en el fondo oceánico, arrastrados por las corrientes acuáticas y luego distribuidos a lo largo de las costas por las olas y corrientes costeras. En las playas argentinas predomina material de grano fino, con un alto contenido de hierro y una coloración castaña, lo que las diferencia de las arenas de zonas tropicales de color blanco. Es que las playas tropicales están constituidas fundamentalmente de invertebrados marinos y carbonatos de calcio.

Como en todos los ecosistemas, las costas presentan la propiedad fundamental de interacción entre medios diferenciados que albergan organismos que interactúan entre sí y con el ambiente. La playa, extensión de arena de la costa, incluye una parte submarina y conforma un ecosistema determinado por la "capacidad de autorregulación", denominada *homeostasis*, que le permite mantener un cierto orden interno frente a perturbaciones o intervenciones humanas. La zona intermareal de la playa es "el área de acción del juego de las mareas" (Del

Pozo, 2001) definida como porción entre la línea de pleamar (nivel alcanzado por la altas mareas) y la línea de bajamar (nivel de las bajas mareas) en la que las olas transportan los restos de organismos y los acumulan en la línea de pleamar (Figura 2.1).

La arena de las playas tiene orígenes diversos. Puede proceder de las rocas de la costa que el agua erosiona, especialmente si existen acantilados de rocas blandas como la arenisca. La erosión de las costas rocosas es por lo general lenta. Depende de la dureza de aquellas y de la disposición de los estratos que la integran. En acantilados de rocas desmenuzables, la destrucción del acantilado puede alcanzar índices superiores a un metro por año, (Chiozza. y Figueira, 1981) tal como se muestran los acantilados marplatenses de la zona de Camet.

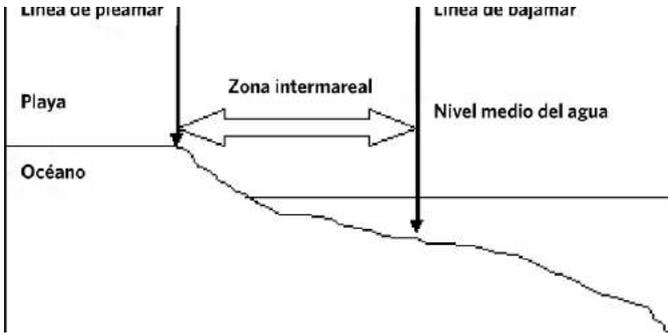


Figura 2.1. Perfil de Playa
(Fuente: elaboración propia, basado en Pepin, 2009; Pág. 106)

Tanto en las costas como en las profundidades, la masa de agua oceánica conforma un depósito de gran cantidad de calor -ganado o perdido paulatinamente- que modera los extremos estacionales de las temperaturas sobre la superficie de la tierra y suministra vapor de agua a la atmósfera. Estas masas hídricas, fuente de las precipitaciones que caen en la tierra, se originan en la superficie de los océanos “a través del proceso de destilación del agua salada” y son de vital importancia para la subsistencia de los seres vivos. (Strahler y Strahler, 1989)

¿De qué color es el mar?

Las radiaciones luminosas, al incidir sobre las moléculas de agua, son absorbidas o difundidas por éstas. La intensidad de la radiación se va extinguiendo progresivamente a medida que aumenta la profundidad. En general la visión del ojo humano es ya imposible a los 100 metros de profundidad, excepto en aguas muy claras y con baja proporción de sólidos en suspensión, donde la visión puede llegar a los 200 metros.

Si se observa el mar desde su profundidad misma, se verá de color azul. Ello se explica por las diferentes longitudes de onda del sol que absorben y reflejan partículas disueltas en los cuerpos de agua. Cuando la luz solar penetra en el agua de mar, una buena parte se absorbe en el primer metro, justo debajo de la superficie. A su vez, esta absorción se difunde en el agua y esto explica el color turquesa que se observa a mayor profundidad. (Pepin, 2009).

Ahora bien, si se observa desde el cielo, se lo puede ver azul porque refleja el color del cielo. Este color azul responde nuevamente a la composición de la luz del sol en el que las longitudes de onda forman la luz blanca que al atravesar la atmósfera se dispersa al chocar con las moléculas de aire. La longitud de onda que más se dispersa en el aire es la azul. (Calcagno y Lovrich, 2010). El mar en un día nublado muestra un color grisáceo porque la luz que procede del cielo, se refleja en la superficie del agua.

En las tonalidades del mar inciden: la profundidad, las partículas en suspensión, la proporción y color del fitoplancton, entre otros. Las aguas azules, muy claras, que en general atraen la atención de los bañistas, indican pobreza desde el punto de vista biológico, en tanto las ricas en plancton adquieren coloraciones verdosas.

La mayor o menor transparencia en el mar puede vincularse a la influencia de los procesos biológicos. La zona de las aguas oceánicas hasta donde penetra la luz se llama *zona fótica* y es la única zona en la que tienen lugar los procesos fotosintéticos, por lo que la energía solar es utilizada por el plancton para transformar la materia inorgánica en materia viva. Este hecho se explica claramente en el Mar Argentino. Nuestro mar posee una vasta riqueza biológica dada su extensa plataforma, lo que posibilita que la porción epicontinental reciba todos los beneficios de la penetración de la energía solar consecuencia de su escasa profundidad, la cual no supera los 200 metros por debajo del nivel de mar.

Los sedimentos en suspensión que hay en las cuencas, dependen de las condiciones del relieve y del régimen de los afluentes, pero en general, los materiales

gruesos se depositan sobre la plataforma y los más finos sobre el talud. (Figura 2). En el fondo de las cubetas suelen hallarse fangos y masa depositada por la acumulación de algas. Los fangos son más silíceos o menos calizos según la geomorfología de la cuenca de alimentación.

Las condiciones de transparencia de las aguas emplazadas en el continente no son comparables a las de aguas marinas. El color de las aguas varía considerablemente con la plataforma según la naturaleza del fondo, pero por encima de grandes profundidades depende sobre todo de la transparencia, acercándose al azul en aguas límpidas.

En términos generales, el agua de mar posee elementos químicos en disolución constantes y otros que varían su proporción. Se han encontrado componentes del agua de mar que se mantienen en proporciones constantes en todo el mundo, tales como sodio (constituye el 78%), magnesio (apenas el 10%), calcio, potasio, cloruro, sulfato, bicarbonato y bromuro. El sodio es en el mar el elemento con mayor proporción. Se cree que el 75% del océano tiene en superficie salinidad entre 34.5 y 35 ups (unidad práctica de salinidad), siendo el valor promedio en profundidad entre 34.6 y 35 ups. Estas variaciones de salinidad en poca profundidad se denominan *haloclina*

Tal como se ha explicado, también existen constituyentes que varían su proporción porque se hallan en relación con fenómenos biológicos: los nitratos, nitritos y fosfatos, por ejemplo, son consumidos por el plancton de manera que su proporción disminuye ante la presencia de éste.

La incidencia del mar sobre las costas

Tanto en las costas como mar adentro, la mayoría de las olas son creadas por el viento, único proceso que las origina ya que no influyen en ellas las corrientes marinas. Existe un pequeño porcentaje de olas, denominadas libres, que son consecuencia de oscilaciones del nivel del mar y no deben su origen a la acción del viento.

Un tratamiento aparte requieren los tsunamis que son olas producidas por terremotos o vulcanismo activo.

El viento sopla sobre la superficie del mar y la fricción que ejercen sobre el agua provoca la transferencia de energía al mar. Las olas son energía. En un primer momento se forman olas pequeñas, de rozamiento superficial y la fricción del aire contra el agua del mar las hace crecer, contribuyendo a formar olas más grandes.

Así, las olas grandes capturan la energía de las olas más pequeñas y continúan creciendo, siempre que el viento mantenga su dirección y velocidad constantes.

La longitud de onda decrece a medida que la ola se acerca a las costas, es decir, a aguas poco profundas, así, el agua y la energía se concentran en un espacio menor, la altura crece y se aproxima al valor crítico de 120° , valor en el cual no puede sostener su altura, y rompe. Dicho de otro modo, la ola toca fondo, disminuye su longitud de onda, incrementa su altura y finalmente, cuando no logra sostener la cresta, se desploma formando en ocasiones, esa blanca espuma que se observa sobre las aguas. Las olas constituyen un tipo de ondas, tales como las mareas y las sísmicas, entre otras.

Los océanos contienen un complejo conjunto de formas de vida marina en constante interacción. Vientos, olas, corrientes, hielos marinos y nieblas son factores que los océanos nos imponen en los sistemas ambientales costeros, sostienen Strahler y Strahler (1989).

Si bien la mayoría de las olas son generadas por el viento, la manera en que se produce esa transferencia de energía aún es una incógnita. Las pequeñas olas capilares que se producen inicialmente son probablemente, la fuente primaria de esa transferencia de energía. Además de la duración del viento y la velocidad constantes, es importante la distancia que recorre el viento (fetch o campo de acción del viento), el cual puede entenderse como la longitud del océano a través del cual el viento puede generar olas.

El mecanismo por el cual se observa el ritmo periódico de ascenso y descenso de la altura de la ola se denomina ritmo de las olas. Sobre el océano, se puede observar olas de mayor altura y luego una serie de olas de altura menor. A continuación sobreviene un intervalo y vuelve a observarse la llegada de olas de gran altura. Este ritmo continuo de las olas se debe a la interferencia entre dos trenes de olas. El tren de olas se define como una serie de olas moviéndose en una misma dirección.

A lo largo de la costa, la interferencia crea las llamadas olas de borde que se mueven a lo largo de la costa, paralelas a la playa. Producen zonas de olas altas y de olas bajas. La interferencia puede ser destructiva o constructiva y son provocadas por la superposición de dos olas de longitud de onda ligera. Esta interferencia destructiva se puede observar en la zona litoral rocosa o zona intermareal donde es frecuente el desprendimiento de algas, como por ejemplo la lechuga de mar (*Ulva lactuca*). Esta especie que sufre desprendimientos por la interferencia de las olas, tiene importancia en la retroalimentación permanente de la arena del fondo con la zona intermareal, ya que repone el soporte donde habitan múltiples organismos.

Generalmente, los vientos fuertes y de larga duración generan ondas y períodos grandes, por lo que cuanto más energía se transfiera al agua, las olas serán más largas y altas y su velocidad se incrementará.

En Mar del Plata, por ejemplo, en días de tormenta, las olas pueden descargar una presión de más de 8 toneladas por metro cuadrado. El material sedimentario aportado a la zona litoral (zona de contacto entre la tierra y el mar), compuesto por restos coralinos o por foraminíferos y diatomeas, es arrastrado a lo largo de la costa a través de la denominada corriente de deriva, que los deposita hasta zonas muy alejadas del lugar de origen.

La apropiación del hombre de estos espacios produce cambios en los ecosistemas y modificaciones que muchas veces concluyen en procesos de degradación de su capacidad de homeostasis. Ejemplo de dicha degradación se observa en la ciudad costera de Mar del Plata, con la construcción de ramblas, balaustradas, bloques, que desde 1890 son dañados por el mar y reconstruidos por el hombre. Estas construcciones cambian la fisonomía del paisaje costero de las playas Torreón del Monje, Punta Iglesias y La Perla. Las playas son modificadas en sus aspectos y dimensiones: las céntricas menguaron su caudal de arena por la construcción del puerto desde 1911 (Barsanti y Bernasconi; 2002). Las escolleras interceptan la deriva litoral y empequeñecen las playas del norte a lo que se le suma la acción abrasiva del mar que erosiona las costas y las hace retroceder (la costa retrocedió 200 metros en Avenida Independencia, Camet). Los espigones son reforzados para evitar la erosión retrocedente del acantilado (retroceso del acantilado por erosión en la porción baja del mismo y su posterior derrumbe), construyendo paredones paralelos al cantil, próximos a Camet. La construcción de espigones en "T" los cuales tienen, en principio, la función de detener el oleaje y retener arenas, crean corrientes de arrastre que modifican la fisonomía, la dinámica de las playas y alteran la normal distribución y dinámica de los seres vivos: la desaparición de las almejas y las ootecas de corales, son un claro ejemplo de ello.

Desde el punto de vista biológico, la costa es un ecosistema donde los organismos conviven con los embates de las olas, cambios de salinidad y temperatura, así como movimientos de las aguas durante las mareas. Son ecosistemas frágiles, en los que la retroalimentación entre el agua del mar y la arena constituyen la esencia de estos paisajes. Cuando este ecosistema es intervenido por el hombre a través de las construcciones tan próximas al mar, la pérdida paulatina de playas (o erosión costera) se agrava porque el mar avanza sin encontrar reserva de arena terrestre (médanos). Tal como afirma Francia (2011) la reposición terrestre de arena se está perdiendo con la urbanización de la costa Atlántica y con ella tam-

bién se pierde el banco de genes y áreas salvajes. Tal situación se evidencia en las playas de Claromecó, entre otras, donde los afloramientos rocosos que quedan expuestos en la playa se han incrementado. Los mismos evidencian la disminución de arena y dificultan y/o impiden el acceso al mar de los visitantes. Dichos afloramientos son recientes ya que carecen de moluscos y bivalvos, a diferencia de aquellos más antiguos, que se encuentran cubiertos por estos organismos y albergan además, algas, musgos y cangrejos.

Los arrecifes de coral

Las olas también muestran su fuerza destructiva sobre frágiles ecosistemas marinos como los arrecifes coralinos. La acción continua de las olas erosiona y deposita sedimentos en las costas oceánicas a través de las corrientes litorales que le conceden a éstas rasgos característicos.

Los *arrecifes de coral* constituyen un tipo único de costas, formadas por organismos coralinos, algas, esponjas e invertebrados que son exclusivamente marinos y es de suponer que también lo fueren en épocas pasadas. Se desconoce si los corales de la era Paleozoica contenían algas, pero su existencia en cuanto a temperatura, salinidad y profundidad del agua era muy semejante a la actual. Son un excelente indicador de salinidad en el océano, es decir, son *estenohalinos*: se caracterizan por una débil tolerancia a las variaciones de salinidad, razón por la cual se desarrollan en aguas de entre 27 y 30 ups (unidad práctica de salinidad). Sus organismos crecen en aguas cálidas y poco profundas de los mares tropicales y sub tropicales. La parte superior de los arrecifes es orgánicamente activa y necesita luz solar para desarrollarse.

Las olas, la química del océano y los organismos que se alimentan de caliza suelen destruir a los corales. Para protegerse acumulan carbonato de calcio en sus laterales y si bien la desaparición del arrecife es más lenta que la construcción, se cree que el 90% de la roca eventualmente se desintegra en las aguas formando arena. Tan frágiles son que un flujo inusual puede matar a los organismos. Existen ciertas condiciones del medio oceánico para que los corales vivan de manera confortable: las aguas deben ser someras, cristalinas y dejar paso a la radiación solar para ayudar a la fotosíntesis. Con la fotosíntesis que realizan crean energía y cada pólipo secreta capas de carbonato de calcio. Conforme una capa se sobrepone a otra, la colonia se expande como una ciudad y el resto de vida marina se adhiere y propaga rápidamente, consolidando todas sus piezas. (Holland, 2011).

Los corales edifican los arrecifes hasta una profundidad de 100 metros, pero su profundidad óptima es de 20 metros, ya que albergan en el interior de sus cuerpos algas unicelulares simbióticas que necesitan de la luz.

Dado que los arrecifes coralinos crecen en aguas cálidas, se podría imaginarlos sólo en playas caribeñas. Sin embargo en proximidades a nuestras costas, para ser exactos, en la plataforma submarina del Uruguay, en su límite con Argentina, se han descubierto arrecifes coralinos de la especie *Lophelia pertusa*. Esta especie es una típica formadora de arrecifes profundos. En la costa uruguaya se han observado muestras de coral vivo y/o restos de coral que no se encuentran en los sedimentos blandos del fondo marino. (Carranza et. al., 2012). El área explorada en Uruguay está influenciada por los frentes originados por la confluencia de aguas subtropicales y subantárticas y abarca una franja entre 200 y 1000 metros de profundidad (Carranza et. al, 2012). La presencia de montículos coralinos ha facilitado la erosión del lecho marino, creando una depresión alargada en la topografía.

Este gran descubrimiento aporta a la distribución de estas costas únicas. Si bien recientes estudios de aguas patagónicas indican que la principal formación escleractínea de los arrecifes pertenece a la especie *Bathelia candida*, este hallazgo aportaría información sobre la existencia de arrecifes de *Lophelia pertusa* en otras zonas del Atlántico. (Carranza et. al, 2012)

Una estremecedora calma antes de la gran ola

En el siglo V a.C, el historiador ateniense Tucídides documenta la relación entre los sismos y los tsunamis. Así explica que el primer indicio de ocurrencia de estos últimos, antiguamente también llamados "marejadas", está dado por el alejamiento repentino del agua en las costas, vaciando el puerto (Folger, 2012)

El tsunami es una onda sísmica bajo el fondo oceánico. La energía de las ondas sísmicas proviene de la actividad de la corteza terrestre. Su longitud de onda es de aproximadamente 200 km., lo cual representa mucha energía y su altura aproximada es de 1 metro, altura que varía al llegar a la costa. Las ondas sísmicas pueden encontrar su origen en dos posibles causas: a partir del derrumbe de una porción del fondo marino, ó en el movimiento a lo largo de una falla.

La gran mayoría de los tsunamis responden a derrumbes del fondo marino que siguen el trayecto sobre grietas llamadas zonas de subducción (descenso). La gran mayoría de estas zonas están localizadas en los océanos Pacífico e Índico, en

donde las placas se encuentran y colisionan. En consecuencia, la placa que sostiene la densa corteza oceánica se hunde debajo de la placa continental, que es más ligera, y se forma una fosa oceánica. En condiciones normales, esta situación ocurre de forma sutil y a un ritmo de pocos centímetros por año.

Sin embargo, con el paso del tiempo, en los lugares donde las placas no logran este continuo y sutil proceso de subducción, se traban. Se inicia así una acumulación progresiva de tensión hasta el momento en que la presión logra liberarse y lo hace abruptamente. El terremoto ocurrido frente a la costa japonesa en marzo de 2011 es un claro ejemplo de ello. Se inicia a 30 kilómetros debajo del lecho marino y asciende a través de la línea de falla entre las placas que forman la fosa del Japón, liberando energía y desplazando toda una columna de agua desde el fondo hasta la superficie. Luego de este desastre, varias naciones han colaborado para extender la adopción de un sistema para la detección de tsunamis (tsunámetro) que consiste en un instrumento anclado al fondo marino que registra cambios de presión ocasionados por el paso de tsunamis. El tsunámetro envía una señal a una boya en la superficie que a su vez, envía datos a un satélite y finalmente, transmite la información a los centros de alarma de todo el mundo. Japón cuenta con estos dispositivos para alertar a la comunidad ante la ocurrencia de estos eventos.

El primer ejemplo de movimientos en lagos continentales argentinos se registra en mayo de 1960 cuando un tsunami movió las aguas del Nahuel Huapi. Este tsunami fue consecuencia directa del terremoto de Valdivia, Chile, donde olas de 2 metros golpearon las costas de Bariloche y destruyeron el muelle de la ciudad ubicado frente al Centro Cívico. El sismo provocó una movilización de volúmenes de sedimentos en profundidad que a su vez generó un desplazamiento de una masa de agua.

Hoy, el tsunami de Japón vuelve a despertar la misma pregunta: ¿puede un fenómeno de este tipo sacudir a esta zona del continente americano? Parece que afortunadamente la única región relativamente cercana a nuestras costas con fallas de subducción y, en consecuencia, con cierto riesgo de que ocurra un temblor submarino significativo, con la posterior generación de un tsunami, es la del arco de Scotia, limitado por los archipiélagos de las Islas Georgias del Sur, Sándwich del Sur, Orcadas del Sur y Shetland del Sur, ubicado entre Tierra del Fuego y la península Antártica.

Algunos estudios realizados en el servicio de hidrografía naval indican que un eventual e hipotético tsunami generado en dicha región austral impactaría en mayor grado sobre las Islas Malvinas y ya más debilitado sobre las costas fueguinas

(Solís Oyarzún, 2012). En la Provincia de Buenos Aires, la probabilidad de tsunami es extremadamente baja, pero estrictamente, no es imposible dado que si bien la actividad sísmica de la región es muy baja, debemos destacar que no existen zonas a-sísmicas en el mundo. Hay algunos trabajos como los que presenta La Liga Marítima de Chile, que reportan la ocurrencia de temblores de tierra en la región del Río de la Plata ocurridos en 1848, 1888, 1988 y 1990 con intensidades no mayores a 5 en la escala Ritcher (escala utilizada para medir la magnitud de los sismos). La ciudad de Buenos Aires, ubicada a orillas del Río de la Plata, tiene muy baja probabilidad de ocurrencia y un resguardo adicional debido a las características propias de dicho río. Sin embargo sólo existen registros de unos pocos miles de años de los muchos millones de años que la tierra tiene.

La primera advertencia de aproximación de un tsunami es una rápida retirada de las aguas del mar en las playas. Esto se puede comprender si se piensa en el desmoronamiento de una importante porción del fondo oceánico. Una analogía de estos eventos es una pileta de agua, la cual al encontrarse con agua, es inclinada hacia un costado, momento en el que se observa que el agua del extremo opuesto se retira (momento en que desde la costa se observa que el mar retrocede) y la cantidad de agua hacia donde se inclina la pileta, aumenta su volumen. Posteriormente, al acomodar la pileta en su posición original, es decir, horizontalmente, el agua que se había acumulado en un extremo, regresa abruptamente al lugar de origen, a través de una ola de gran altura que forma rápida, llega al extremo de la pileta con mucha fuerza (equivale al momento en que desde la costa se observa una ola de gran altura que regresa desde el fondo oceánico donde se produjo el desmoronamiento, con mucha energía y que genera destrucción al impactar sobre la playa).

Los estuarios marinos

El área de Bahía Blanca es un claro ejemplo de estos ecosistemas. No presenta una cuenca hidrográfica significativa, pero posee uno de los estuarios más importantes de la Argentina dado que en él se localiza el principal sistema portuario de aguas profundas del país. (Perillo et al, 2004).

Los estuarios pueden definirse como "cuerpo de agua costero semicerrado que se extiende hasta el límite efectivo de la influencia de la marea, dentro del cual el agua salada que ingresa por una o más conexiones libres con el mar abierto, o cualquier otro cuerpo de agua salino, es diluida significativamente con agua

dulce derivada del drenaje terrestre, y pueden sustentar especies biológicas eurihalinas ya sea por una parte o por la totalidad de su ciclo de vida" (Perillo y otros, 2004).

En el área de Bahía Blanca, la costa presenta condiciones peculiares dado que ha quedado marcada por acantilados pleistocénicos, típicos del sur de la provincia de Buenos Aires, en los que son muy frecuentes los fósiles mamíferos terrestres, como constató Charles Darwin cuando arribó a bordo del Beagle en 1833 y descubrió los primeros restos de megaterios. En las islas Verde, Ariadna, Monte, Trinidad y Bermejo, localizadas en la Reserva de Uso Múltiple "Bahía Blanca, Bahía Falsa, Bahía Verde" del mismo estuario, la flora, la fauna y paisaje son de tipo patagónico y caminar entre ellas nos remite a otro tiempo y lugar.

De todos los animales que viven en este estuario, uno de los más modestos realiza una significativa labor y alteración del ambiente. El cangrejo cavador (*Neohelice granulata*) habita en estas planicies de marea y marismas y excava innumerables cuevas. Igual que en otros lugares de similares características como la Bahía de Samborombón, Anegada y San Antonio, se suelen denominar 'cangrejales' a los sitios donde se aposenta este crustáceo. Sus cuevas son pozos verticales de hasta un metro de profundidad que hacen poco recomendable deambular por este lugar de suelo poco resistente. Si bien los canales del estuario tienen su génesis en procesos netamente físicos de circulación de agua y sedimentos, existe un sector que es modificado debido a la interacción entre estos procesos, los cangrejos y ciertas plantas halófilas. Este ecosistema es una marisma en la que vegeta el pequeño arbusto *Salicornia ambigua*; así, cuando baja la marea y el suelo queda al descubierto se observan curiosamente anillos de *Salicornia* rodeando islotes sin vegetación, pero con gran cantidad de cuevas de cangrejos.

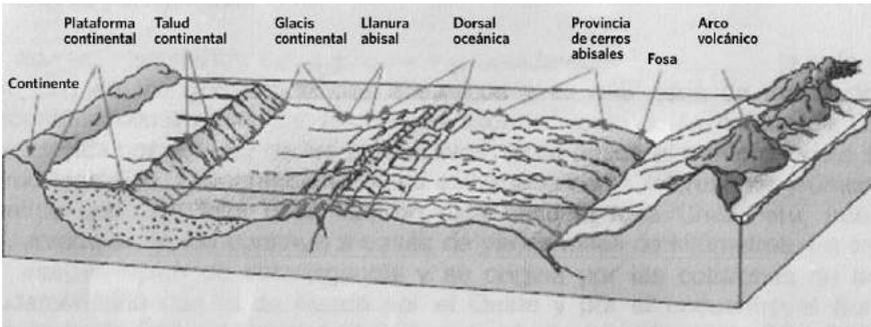
La costa Argentina cuenta con gran número de estuarios de una amplia variedad morfológica (formaciones de diversos orígenes). Ejemplos de ello lo son el de la bahía de San Antonio, en la provincia de Río Negro, estuario denominado secundario semi obturado, de laguna costera. ¿Qué significa esta condición? Los *estuarios secundarios* poseen una forma producto de procesos marinos y han perdido las características originales, a diferencia de los primarios, como el de la Bahía Blanca, donde la forma básica es resultado de procesos terrestres y/o tectónicos y en lo que la acción del mar no ha producido cambios significativos sobre las formas originales.

El misterioso fondo marino

*Por la blanda arena que lame el mar
Su pequeña huella no vuelve más,
Un sendero solo de pena y silencio llevo
Hasta el agua profunda,
Un sendero solo de penas mudas llevo
Hasta la espuma.
(Fragmento "Alfonsina y el mar",
Ariel Ramírez y Félix Luna)*

En el contenido biológico de los mares, desempeña un papel importante la constitución de la corteza oceánica, por ser ésta el soporte donde se desarrollan estos ecosistemas. La corteza es bastante joven y en ella es posible distinguir tres estructuras geológicas principales: dorsales oceánicas, márgenes continentales y fosas

Las dorsales son las cadenas montañosas volcánicas sumergidas que circundan el globo, ocupando una superficie similar a la de los continentes, aproximadamente en la región central de las cuencas oceánicas. Podríamos pensar en ellas tal como en la Cordillera de los Andes, con las mismas altitudes y dimensiones,



pero en el fondo del océano.

Figura 2.2 El Fondo Oceánico

Fuente: Solís Oyarzún, E. (junio 2012). Liga Marítima de Chile. Revista Mar/.ligamar.cl

La dorsal Meso Oceánica Atlántica se extiende, en forma de doble S, desde el Ártico hasta las Antillas Australes, uniéndose a través de un ramal desprendido hacia el este, con la dorsal del océano Índico - después de emerger en Islandia, las Azores y otras islas atlánticas-. En el centro, sobre esta dorsal hay una gran fosa tectónica de varios kilómetros de ancho denominada Rift o grieta. Las dorsales se hallan cortadas transversalmente por grandes fracturas conocidas como fallas de transformación, que las dividen en segmentos desplazados entre sí. En ciertos tramos estas dorsales submarinas se curvan y aparecen por encima del nivel del mar formando los arcos volcánicos. Estos archipiélagos se hallan generalmente asociados con fosas muy profundas, como ocurre en el caso de las Islas Sándwich del Sur, al pie de las cuales se ubican, al este, profundidades superiores a los 8.000 metros.

Estas estructuras se explican en función de la dinámica de los fondos oceánicos dado que las aguas que hoy cubren las dos terceras partes de la superficie terrestre se hallan alojadas en cuencas que se formaron en la vigésima parte del tiempo geológico.

En el origen y evolución del lecho oceánico, predominan movimientos horizontales. Se estima que a principios de la era Mesozoica, se inició la formación de los Océanos Atlántico e Índico, a raíz de la aparición de una gran grieta o Rift que separó las placas de África y América del Sur. Existen evidencias en los registros paleontológicos de esta separación, como los restos fósiles de conchas marinas existentes en la Cordillera y en particular restos fósiles del Pez pulmón (*Lepidosiren*). Por otra parte se han encontrado evidencias de los dipnoos sudamericanos. Los mismos pertenecen a una única especie, y son llamados *Lepidosirenos* (*Lepidosiren paradoxa*).

A través de esta grieta o Rift comenzó la efusión del material basáltico procedente de la astenósfera (parte superior del manto) y la sucesiva consolidación de dichas lavas impulsó la separación de las dos placas continentales y la formación de una nueva cuenca oceánica: el Atlántico Sur.

Según la teoría de la tectónica de placas, la dorsal Meso Oceánica Atlántica constituye el límite oriental de la placa de Sudamérica, cuyo borde opuesto está constituido por la fosa de Atacama, la cual es una zona de subducción. Una zona de subducción es aquella en la cual en el encuentro de dos placas, una desciende y se coloca por debajo de la otra.

Cuando los terrenos submarinos se nivelan por capas de sedimentos terrígenos, (sedimentos que son producto de la erosión continental), se forman las llanuras abisales (Figura 2.2). Aquí el aporte de sedimentos se realiza sobre todo

por las avalanchas que se originan en el talud continental, dando lugar a corrientes cargadas de partículas en suspensión. En estos torrenciales episodios podrían quedar sepultados y posteriormente sedimentarse, restos de las especies Amonites y Trilobites, tan comunes en las rocas sedimentarias (llamadas así por ser resultado de la compactación).

Los fondos abisales son sectores de nuestro planeta que están fuera de posibles reclamos de soberanía estatal y constituyen reservas de toda la humanidad porque no pueden ser explotados. Poseen un relieve uniforme, con pequeñas ondulaciones que podemos imaginar como colinas, pero esta uniformidad se ve interrumpida por la presencia de la cordillera centro-oceánica, presente en todos nuestros océanos. Estas interrupciones del relieve del fondo marino no significan un límite para la vida de ciertos organismos con capacidad de adaptación para adecuarse a las diversas geoformas de estos ambientes.

Desde los fondos abisales el relieve asciende suavemente y en su cambio brusco forma el talud (inclinación), de fuerte gradiente, interrumpido en la plataforma submarina o plataforma continental. Estos tres elementos integran el pre-continente o margen continental.

Así como la cuenca oceánica es la depresión que mantiene las aguas en su lugar, la plataforma es -dentro de esta cuenca- una llanura de pendiente muy suave, que declina hacia el talud, hasta profundidades próximas a 200 metros y en ella se acumulan los restos esqueléticos de los animales. La zona infralitoral de la plataforma es el límite correspondiente a la profundidad máxima en la que pueden vivir las algas fijas.

Se han hallado evidencias en la plataforma de la estabilización del océano dado que el ascenso del nivel del mar parece haber sido interrumpido en el pasado por períodos de enfriamiento, cuando se detuvo el derretimiento glaciar. Las conchillas marinas sumergidas en diferentes capas, cercanas a las terrazas, atestiguan niveles de estabilidad del mar, así como también los restos óseos de mastodonte (elefante prehistórico) hallado al este de la Bahía de Samborombón, a 45 metros de profundidad. El estudio de distintos tipos de moluscos encontrados en toda la plataforma continental argentina ha permitido reconstruir variaciones del nivel del mar en el tiempo.

Los fondos marinos están siempre recubiertos por un manto sedimentario que se constituye por acumulación de sustancias que forman parte del ambiente acuático. Los sedimentos son, de esta manera, parte activa del sistema, ya que reprocessan por "medios químicos, físicos o biológicos el material que contiene, e incluso sirve como hábitat para diversos organismos: desde bacterias, hongos,

animales y vegetales microscópicos hasta organismos mayores y más complejos, e incluso peces” (Mariani y Pompeo, 2008).

Los sedimentos marinos de la plataforma continental argentina son fundamentalmente de origen inorgánico y provienen de la erosión del continente ejercida por el mar, las lluvias, los ríos, los glaciares, la acción desintegradora de la presión del agua congelada en las grietas de la costa y el viento que aporta arenas, polvos e incluso cenizas volcánicas (Chiozza y Figueira, 1981). Finalmente son también los materiales difundidos en alta mar por los témpanos, provenientes tanto de la Antártida como de nuestros ríos australes (Santa Cruz, Gallegos y Grande). De ello resulta un heterogéneo grupo de materiales que la acción abrasiva reduce a partículas microscópicas.

Los materiales sedimentarios más gruesos se hallan cerca de las costas donde su detrición (erosión) es continua. En general, el espesor de la capa de sedimentos de la plataforma no excede los 50 metros y aquí la acción erosiva del mar no es eficiente, predominando la sedimentación de materiales más finos cuya depositación (acumulación) demora mucho tiempo a través de las corrientes marinas como agente de transporte.

Entre los sedimentos marinos podemos citar también restos de organismos microscópicos planctónicos. En las aguas frías predominan los fangos de diatomeas, con gran desarrollo en nuestras aguas antárticas y subantárticas.

La arcilla roja es el sedimento predominante en el fondo de los océanos y posee un tamaño impalpable. Sin embargo su deposición demanda siglos y se ha constituido por partículas insolubles provenientes de la desintegración de todo tipo de rocas.

En la zona de la plataforma los sedimentos presentan gran variedad de colores en relación a su origen continental, ya sea aportados por los ríos o vientos, como el caso de la asombrosa tonalidad del loess pampeano (depósitos de cuarzo, feldespato, calcita, mica y arcilla), o los sedimentos blancos que le deben su color a la presencia de carbonato de calcio, tal como lo vemos en cabo San Antonio, provincia de Buenos Aires, a diferencia de la costa de Cabo Corrientes, en Mar del Plata, donde los sedimentos son rojizos por la presencia de óxido de hierro. La composición de la arena explica el interrogante de porqué las arenas de las playas bonaerenses y patagónicas están calientes y queman los pies en verano (y son tan frías en invierno). Este hecho responde a la composición de la arena de la costa ‘sud atlántica’ que posee un alto porcentaje de sedimento de hierro proveniente del continente y en consecuencia la conducción del calor es muy rápida. En las playas donde hay arenas de composición coralina, no existe este proceso

de conducción.

Las arenas del fondo oceánico, en la plataforma, son oscuras con manchones del tono gris negro al norte de los 40° S (Chiozza y Figueira, 1981). En contraposición a zonas próximas a las Islas Malvinas, las arenas son claras y en cercanías a las costas bonaerenses se observan manchones grises, amarillentos o pardos claro. La plataforma argentina muestra un neto predominio de sedimentos finos por la exposición a las olas que destruyen el material más grueso, dejando en su accionar un material fino. Este proceso es favorecido por los vientos de oeste que aportan material fino desde el continente hacia el mar. En la Bahía de Samborombón, los sedimentos son más gruesos consecuencia del estancamiento de las aguas en la Bahía y en consecuencia, su menor exposición a las olas.

Existe una gran proporción de conchillas y fangos mezclados con arenas y materiales finos que incluyen cenizas volcánicas y arcillas, especialmente entre Cabo Tres Puntas y Península de Valdés. En el Golfo de San Jorge, San Julián y Gallegos, frente a la Isla Soledad (Islas Malvinas), los fangos son verde o grises.

Las corrientes marinas, a diferencia de las olas, son movimientos periódicos de las masas de agua que favorecen la disposición suroeste - noroeste de materiales gruesos que se presentan formando bancos desprovistos de material fino que ha sido arrastrado más lejos. Cuando estos sedimentos se alojan en posición transversal a la desembocadura de los ríos, reciben el nombre de barras. La barra de Bahía Blanca, por ejemplo, está conformada por sedimentos continentales de origen local más el aporte de los materiales provenientes de los ríos Colorado y Negro. Aguas arriba estas barras crean las condiciones propicias para la formación de cangrejales que se forman por un tipo especial de fangos y sedimentos terrígenos, ricos en materia orgánica, que las mareas dejan al descubierto alternativamente. (Chiozza y Figueira, 1981).

El título de este capítulo expresa la dualidad de nuestra maravilla del mar: el mundo de los ecosistemas marinos costeros frente al mundo del océano profundo. Tan íntimos pero distintos y tan necesariamente complementarios. Es de grata alegría compartir la admiración por estos dos particulares ambientes.



CAPÍTULO III

La vida acuática y los factores luz, temperatura y salinidad

María Del Carmen Fonalleras

“Si hay magia en este planeta está contenida en el agua” (Eisley, L, 1957)

Cuando miramos el mar, los extensos ríos, la variedad de lagunas y tantos otros ecosistemas acuáticos a menudo los pensamos como ambientes uniformes donde los organismos se desplazan a través de las aguas de forma totalmente independiente de los factores que caracterizan el medio, por lo tanto especulamos, quizá, con una distribución homogénea. A través de este capítulo nos sumergiremos en las profundidades de los diferentes ambientes acuáticos, con la finalidad de “ver” y entender la distribución de los diferentes seres vivos.

En la diversidad de ecosistemas acuáticos existentes sobre la tierra con características propias, existen factores ecológicos que determinan la “ubicación” de los peces, crustáceos, algas y moluscos y otros seres vivos en las diversas masas de agua. Estos factores: luz, temperatura, salinidad - y otros derivados de ellos tales como oxígeno disuelto, densidad, corrientes, disponibilidad de nutrientes y producción primaria entre otros-, actúan como filtro, permitiendo que solo algunas especies, las que tengan mayor capacidad de supervivencia y reproducción, estén presentes en cierta ubicación.

Ciertas zonas de las grandes extensiones acuáticas concentran una alta diversidad de especies. Los arrecifes de coral, por ejemplo, son considerados los equivalentes marinos de los bosques tropicales. Proveen un hogar a la cuarta parte de las especies marinas y generan complejas interacciones entre sus diversas poblaciones. Otras zonas, en cambio, tienen poca vida.

Uno de los primeros en proponer la importancia del ambiente en la evolución de las especies fue Charles Darwin (1809-1882), el gran naturalista que navegó a bordo de la nave *Beagle* durante tres años y reunió evidencia comprobable y contundente para desarrollar sus pensamientos, publicados en *El origen de las especies* en 1859.

Un caso que ejemplifica claramente los estudios de Darwin, es la investigación sobre la distribución de crustáceos en la Antártida realizado por Lovrich y otros, (2007). Los crustáceos son invertebrados con el cuerpo cubierto por un exoesqueleto duro que tienen patas articuladas y dos pares de antenas. Respiran por branquias. ¿Los conocemos? Sí, y más aún, los comemos. Dentro del grupo están los camarones, langostas y cangrejos agrupados en los decápodos, y las centollas, falsos cangrejos y cangrejos ermitaños reunidos en los anomuros.

A través de registros fósiles que datan del Mesozoico (250 ma, millones de año) y Paleozoico (540 ma), se ha determinado que la conformación de la fauna marina antártica y subantártica se ha modificado a lo largo del tiempo. Los cambios climáticos drásticos dieron lugar a nuevos ambientes que han provocado la extinción de algunos grupos y la posibilidad de ser colonizables para otros. El camarón antártico (*Nematocarcinus lanceopes*) resultó más apto para poblar y/o sobrevivir en un ambiente particular como el agua marina polar que puede alcanzar $-1,8^{\circ}\text{C}$, que es el punto de congelación de una solución de agua y sal de unos 35 gramos de sal por litro. Es decir que esta especie tiene ventajas evolutivas. O dicho a la inversa, los excluidos poseen características que los ponen en desventaja para explotar los recursos. Por ejemplo las adaptaciones al frío que muestran las larvas de centollas son insuficientes para sobrevivir en aguas extremadamente frías, entre 0°C y $-1,8^{\circ}\text{C}$.

Se cree que la extinción de crustáceos decápodos en la Antártida está relacionada con el descenso de la temperatura del agua de mar por efecto de la glaciación de la plataforma continental ocurrida entre hace 30 y 15 Ma, como consecuencia de la deriva continental. El desplazamiento de los continentes, especialmente el Antártico hacia el polo sur, y los procesos oceanográficos tales como la apertura de dos pasajes oceánicos profundos, el Pasaje de Drake y al sur de Australia, provocaron corrientes de agua y aislamiento de la Antártida lo que ayudó a su enfriamiento. Estos procesos determinaron una distribución limitada de los decápodos. Las especies de cangrejos litóidos también llamadas centollas, con amplia distribución en profundidad pudieron “escapar” al avance del hielo y refugiarse en aguas más profundas del talud y las cuencas oceánicas donde la glaciación no llegó, y la temperatura del agua se mantuvo a aproximadamente

2°C. Una vez retirado el hielo de la plataforma continental, los crustáceos fueron capaces de recolonizarla.

Se supone que el cambio climático continuo generaría condiciones térmicas favorables para los cangrejos en los ecosistemas marinos de la Antártida. Si esto ocurre, el retorno de estos predadores va a rediseñar y alterar considerablemente las comunidades asociadas al fondo marino en altas latitudes. Lovrich et al (2007) ya dan cuenta de este proceso. Pequeños crustáceos como anfípodos e isópodos ocupan parte del nicho ecológico de los cangrejos y las estrellas de mar (asteroideos) que son considerados los grandes depredadores. Así los equinodermos, anfípodos e isópodos son parte de las presas de las centollas, y así se incorporan a la trama alimentaria del fondo del mar Antártico.

Ahora bien, el análisis de las características físico- químicas del medio en que vive un organismo o una especie y la influencia que estas características ejercen sobre su desarrollo y evolución es sumamente importante y es abordado por la Autoecología, una rama de la Ecología. Esta área trata de dar respuesta a ¿por qué determinada especie vive donde vive y no en otro lugar? Para Margalef (1977) existe una correspondencia entre las propiedades del medio ambiente y las características de las especies presentes, que resulta en la diversificación única de la biósfera. A los fines de estudio se puede hacer una descomposición del ambiente en factores de acción. Esta descomposición, más o menos arbitraria, pues la distribución y actividades de los organismos son función de combinaciones de factores, diversamente integrados según las circunstancias. Así los seres vivos están genéticamente confinados a vivir entre límites relativamente próximos en el rango de variación posible de las condiciones que les ofrece el medio.

En diferentes ambientes acuáticos, podemos analizar los factores principales que afectan a los seres vivos. El exceso o defecto de alguno de ellos puede impedir que una población se desarrolle en ese ecosistema y favorecer a otra, ya que no todas tienen las mismas exigencias ambientales. Los *límites de tolerancia* de una especie son el valor máximo y el mínimo dentro de los cuales sobrevive. El principio de factor limitante sostiene que un exceso o muy poca cantidad de un factor abiótico pueden limitar o prevenir el crecimiento de una población aún cuando todos los demás factores estén o se acerquen al rango óptimo de tolerancia. Los factores limitantes en los ecosistemas acuáticos incluyen temperatura, luz solar, disponibilidad de nutrientes, baja solubilidad de oxígeno disuelto y la salinidad es decir la cantidad de los distintos minerales inorgánicos o sales disueltas en determinado volumen de agua. Estos límites son diferentes para cada factor dentro de organismos de una misma especie.

Así una especie puede poseer un límite de tolerancia amplio para un factor, y estrecho para otro. El prefijo *esteno* se utiliza si el margen es acotado y el prefijo *euri* si los límites son más amplios. La mayoría de las especies acuáticas son estenohalinas ya que se encuentran limitados a los hábitats dulceacuícolas o marinos exclusivamente.

En cambio, en el estuario del Río de la Plata, ambiente muy cambiante por el encuentro entre el río y el mar, la mayoría de los organismos que viven en esta zona o la visitan son eurihalinos ya que soportan salinidades variables, tales como la lisa (*Mugil sp*) o la raya (*Raja platana*) que ingresa desde el océano hasta el Río de la Plata.

Los crustáceos del mar antártico pueden ser un buen ejemplo para entender cómo funciona el límite de tolerancia. Lovrich et al (2007) explican cómo los animales marinos deben ajustar su temperatura corporal a la temperatura del agua en que viven. Este mecanismo está ligado a la capacidad aeróbica, es decir el uso del O_2 para oxidar compuestos orgánicos con el fin de obtener energía. A altas temperaturas, una demanda excesiva de oxígeno causa su insuficiencia en los fluidos corporales, mientras que a temperaturas más bajas la capacidad aeróbica celular puede ser limitante para la ventilación y circulación. Un mayor enfriamiento o calentamiento más allá de estos límites térmicos conlleva a temperaturas críticas, donde existe una transición progresiva al metabolismo anaeróbico (sin presencia de oxígeno) y un incremento del estrés oxidativo durante la reducción de oxígeno; lo que determina una deficiencia de energía a nivel celular.

Puntualmente en el caso de los crustáceos el alto nivel del ión magnesio Mg^{2+} en los fluidos corporales limita la capacidad de ajuste celular para tolerar el frío y sobreponerse a la falta de oxígeno. El Mg^{2+} a temperaturas frías (por debajo de $0^{\circ}C$) actúa como antagonista del calcio en la conexión entre las terminaciones nerviosas y los músculos. Así ejerce un efecto anestésico provocando una restricción en las capacidades de ventilación y circulación. Ahora bien, entonces, ¿el Mg^{2+} en los crustáceos resulta clave para sobrevivir en mares fríos? Sí, ya que, amplía el rango óptimo para mantener un metabolismo aeróbico. De este modo, la reducción activa de las concentraciones de Mg^{2+} en la hemolinfa puede permitir a camarones y otros crustáceos como anfípodos e isópodos ocupar nichos ecológicos de las áreas polares que en otros océanos están dominados por cangrejos.

La luz: ¿factor determinante en la distribución de organismos acuáticos?

Toda forma de vida desde la más pequeña hasta la más grande es posible gracias a la luz solar. Pero, ¿qué es la luz solar? La luz solar se compone de un conjunto de ondas electromagnéticas procedentes del sol en un determinado rango del espectro que llegan a la superficie terrestre en forma ininterrumpida. La luz se caracteriza principalmente por su longitud de onda expresada en nanómetros (nm). Es un factor muy complejo que influye en los seres vivos de diferentes maneras, de acuerdo a la cantidad (intensidad luminosa), la calidad (naturaleza de las radiaciones), o el fotoperiodo (duración de los períodos de luz y oscuridad, responsable principal del desarrollo de especies estacionales o del desencadenamiento de ciclos de reproducción).

La luz abarca un espectro muy amplio pero solo una porción de éste es importante desde el punto de vista ecológico: la radiación ultravioleta UV (menor a 360 nm), la radiación visible (entre 360 y 760 nm) y la radiación infrarroja (mayor a 760nm). La importancia de la primera reside en que es muy energética y altera la organización molecular de los seres vivos. La segunda es captada por los seres vivos, principalmente fotosintéticos. Y la tercera tiene su importancia como fuente de calor.

¿La luz en los ecosistemas acuáticos se comporta igual que en los ecosistemas terrestres? No, ya que el agua actúa como filtro, impidiendo que penetre en su totalidad hacia las profundidades.

Algo de luz puede registrarse hasta 700 o más metros de profundidad. Pero el límite de la zona con luz suficiente para que haya algo de fotosíntesis, puede situarse a sólo unos decímetros en aguas muy turbias de ríos y pantanos. O acercarse a los 200 m, que es el valor típico en las regiones tropicales de los océanos de aguas muy transparentes.

Esto explica que los organismos fotosintéticos como el fitoplancton, las algas verdes (clorófitas) y las algas marrones (feófitas), que poseen clorofila, vivan en una capa reducida a los primeros 50 o 100 m de profundidad, zona que se conoce como *eufótica* (del griego *eu*: bueno, *fotos*: luz). Por debajo de esta zona, la luz comienza a ser escasa y de tonalidad azul y sólo puede ser utilizada por organismos fotosintéticos que aparte de clorofila poseen pigmento rojo (ficobilinas) capaces de absorber una longitud de onda determinada, tales como las algas rojas (rodófitas). A esta zona se la denomina *oligofótica* (del griego *oligo*: poco, *fotos*: luz) y abarca entre 100 y 500 m de profundidad. Mas allá la oscuridad es total, la luz

solar no llega y por esto se la llama zona áfotica (sin luz, del griego *a:sin* , *fotos*: luz) donde no se desarrollan los organismos productores que utilizan la luz como fuente de energía.

La longitud de onda, la intensidad de la misma, la duración del día, la agitación de la superficie del agua, el ángulo de incidencia y la materia en suspensión (turbidez) son algunos factores que modifican la penetración de la luz, provocando que los límites de estas zonas varíen en los diferentes ecosistemas acuáticos. La penetración de la luz y la profundidad a la que llega dependen del ángulo de incidencia y por tanto, de la latitud. Así, la penetración de la luz es mayor en el ecuador que en los polos. En el mar Caribe alcanza la profundidad record de 950 metros, mientras que la media mundial corresponde a 200 metros.

Las radiaciones con longitud de onda correspondiente al rojo (650 a 750 nm) son las primeras que desaparecen a los 8 metros de profundidad, o sea que un organismo muy vistoso con este color en su cuerpo, no posee ninguna coloración a esa profundidad, lo que le sirve para pasar desapercibido por sus predadores, como sucede con los moluscos nudibranchios (babosa de mar), uno de los grupos más vistosos, que se encuentran en todos los mares del mundo. En las costas bonaerenses y patagónicas se desarrolla un molusco (*Spurilla sp*) que posee un cuerpo anaranjado y con muchos pliegues que le permiten mimetizarse fácilmente de sus predadores.

Las radiaciones azules se absorben a 450- 500 nm y, por último, las verdes que poseen mayor capacidad de penetración y son aprovechadas por las algas rojas, pardas y azules que viven en las mayores profundidades (500-550nm). Esto les permite escapar de la competencia por la luz, muy intensa de la superficie. Recordemos que el color que "percibimos" en un objeto corresponde a la radiación que no absorbe, es decir que la radiación que absorbe atañe al color complementario del que nosotros vemos. Así las algas rojas captan radiación verde y las algas verdes captan radiación roja. El color de un pigmento es el resultado de la longitud de onda reflejada (no absorbida). La clorofila, el pigmento verde de todas las células fotosintéticas, absorbe todas las longitudes de onda de la luz visible excepto el verde, el cual es reflejado y percibido por nuestros ojos.

En un ecosistema acuático muy transparente, de baja turbidez, la vida vegetal se limita a una capa superficial de muy poco espesor. Al haber un gran desarrollo de plancton en función de la gran incidencia de luz, disminuye notablemente la transparencia y por lo tanto la capa fótica se reduce, y por debajo de ésta son muy pocos los vegetales que podrán sobrevivir. Este oscurecimiento se conoce como *turbiedad*, que en este caso se produce en forma natural.

El óptimo específico de longitud de onda en los vegetales acuáticos está dado cuando logran una fotosíntesis más eficiente. Este óptimo está relacionado con el tipo de pigmento que contienen y que les permite adaptarse y sobrevivir a ciertas profundidades. Según Vegas Velez (1980) las algas se sitúan en aquella profundidad en que la iluminación es la óptima para lograr una fotosíntesis eficiente. Por ejemplo un alga clorófito (*Enteromorpha linza*) se ubica en las primeras capas de agua ya que su óptimo es en la luz roja. Para otra alga, rodófito, (*Porphyra umbilicalis*) el índice más alto se da con la luz azul y verde por lo que su hábitat está por debajo de las aguas superficiales, y otra rodófito (*Delesseria sinuosa*) se sitúa tanto en superficie como en aguas más profundas ya que su óptimo lo posee con la luz roja y verde.

En términos generales en el mar se puede hablar de una zonación con respecto a la distribución de algas de acuerdo al pigmento fotosintético que poseen para absorber determinada longitud de onda. A las clorófitas se las encuentra en aguas superficiales, a las rodófitas en aguas más profundas, (como el extremo caso de un alga coralina pétreo que se ubica a 268 mts, una profundidad mayor a la que se había registrado cualquier organismo fotosintético), y las feófitas en zonas intermedias desde el nivel inferior de las mareas hasta los 20-30 mts de profundidad.

¿Y cómo influye la luz en los animales acuáticos? El efecto de la luz en la actividad de los animales se llama fotocinesis. La Luz influye directamente en la locomoción de los organismos, por ejemplo acelerando los movimientos de pequeños crustáceos y otros invertebrados acuáticos. También en locomoción de insectos y larvas de arenque (Margalef, 1987). Se supone que la luz absorbida se transforma en calor y aumenta el movimiento de los individuos.

No siempre la luz es un buen recurso. Muchas veces es nociva. Algunos animales poseen *fotosensibilización* es decir que algunas de sus moléculas absorben energía luminosa y esto les produce cambios físicos y químicos en otras moléculas, provocándoles desórdenes metabólicos que pueden llevarlos incluso a la muerte. Los animales con fotosensibilidad tienen su vida restringida a lugares oscuros. Es el caso de algunos organismos unicelulares como los paramecios, (quizá conocidos a través del microscopio en alguna clase de biología).

En cuanto a la visión existe una variedad de adaptaciones que determinan la exposición a la luz. En los ojos de peces de agua dulce, un pigmento, la porfiropsina, les permite ver en ambientes de buena luminosidad, mientras que en los peces de gran profundidad se ha aislado un pigmento denominado crisopsina, y en los pinnípedos (lobos marinos) que realizan buceos profundos una rodopsina de profundidad. Así los animales que viven a mayor profundidad poseen la zona

de sensibilidad corrida hacia el azul, color para el que el agua es más transparente. Esto es fundamental para los predadores que necesitan una buena visión para encontrar su presa. Las presas tienen la misma necesidad para poder escapar o engañarlos a través de su coloración. La coloración de los animales, herramienta para pasar desapercibidos, está directamente relacionada con la absorción de luz que se produce a esa profundidad. Varios peces que viven a media agua presentan el dorso oscuro, lo que les permite la posibilidad de confundirse con la oscuridad del fondo y el vientre claro, que les ayuda a camuflarse con la luminosidad de la superficie.

Toda esta diversidad de órganos, pigmentos y comportamientos son un ejemplo de que la luz ha pesado sobre la supervivencia de diferentes grupos de seres vivos acuáticos determinando su confinación a lugares específicos.

Cuando calienta el sol

¿Por qué considerar la temperatura? ¿Qué ocurre con el calor en los ecosistemas acuáticos? El calor es la energía que tiene un objeto debido al movimiento de sus partículas y por lo tanto es lo que hace que la temperatura aumente o disminuya. ¿Esta energía se comporta de una forma particular en el agua? La temperatura es uno de los factores más importantes para todos los organismos acuáticos, ya que influye en la oxigenación de las aguas, en la productividad primaria, en la nutrición de los seres vivos, en la reproducción y el crecimiento de la especies.

La mayor parte del calor que recibe la superficie de la tierra procede del sol, en forma de radiación infrarroja. Otras fuentes de calor menos importante son de origen químico, como fuentes termales, vulcanismo, fermentaciones; o las producidas por reacciones nucleares; o trabajo mecánico como las contracciones musculares (Margalef, 1977).

La absorción de la radiación es muy desigual, menor en la atmósfera, mayor en la superficie terrestre e intermedia en el agua. Esta radiación en gran parte se transforma en calor, así la temperatura del agua depende de la absorción que se produce en las capas superficiales y esto está directamente relacionado con la energía cinética (movimiento) de las moléculas de agua. Las variaciones de temperatura afectan a casi todas las propiedades del agua como la tensión superficial y la solubilidad de solutos y gases, principalmente la del oxígeno que se reduce con el incremento de la temperatura. Este último parámetro es fundamental

para los organismos acuáticos aeróbicos ya que un aumento en la temperatura del agua puede determinar una elevada mortalidad en peces que requieren ambientes fríos y alta disponibilidad de oxígeno, como los salmónidos de los lagos cordilleranos.

La forma esférica de la tierra, su posición con respecto al sol y sus movimientos de rotación son determinantes para que la cantidad de radiación que incide sobre la tierra sea muy variable, por lo tanto la temperatura alcanzada en los diversos ambientes varía según el lugar y la época del año.

En los océanos los límites de temperatura van de -2°C a 30°C según señala Margalef (1977), mientras que en aguas dulces los límites están más apartados, y estos valores están menos separados que en la superficie terrestre. Esto se debe a la capacidad calorífica del agua y a su alto calor de vaporización y fusión, es decir a la gran cantidad de energía requerida para cambiar su estado de agregación, de líquido a gaseoso y de sólido a líquido, respectivamente. Así los ecosistemas terrestres son más susceptibles a los cambios de temperatura ya que no poseen el efecto amortiguador del agua. La radiación solar rompe las uniones entre las moléculas de agua, esto permite que el agua sea un buen amortiguador para los organismos, frente a cambios bruscos de temperatura. Los valores correspondientes al calor de evaporación y de fusión tan elevados ofrecen un rango más amplio de temperatura y evitan la congelación. El mar argentino tiene un rango de temperatura sometido a un ciclo atmosférico coincidente con las estaciones. En la plataforma media es de 20°C durante el mes de febrero y un mínimo de $9,3^{\circ}\text{C}$ durante el mes de julio.

Las ondas electromagnéticas solares, correspondientes a las infrarrojas, que llegan a los ecosistemas acuáticos son absorbidas en gran medida por las primeras capas de agua, dependiendo de la agitación del agua. Gran parte del calor se pierde por la evaporación que se produce en la superficie del agua, esto modifica su densidad, por lo tanto se modifica el transporte de calor en sentido vertical y horizontal.

La densidad del agua es máxima a los 4°C , por lo que las grandes masas de agua muestran cambios estacionales en consecuencia de la fluctuación de la temperatura a lo largo del año. Para comprender la importancia de este fenómeno como determinante de la distribución de los organismos analizaremos un ciclo estacional típico de un lago templado que comienza en primavera después de la fusión de los hielos, como el caso del Nahuel Huapi. En este lago, las temperaturas anuales del agua oscilan entre los 8°C en invierno y los 15°C en verano. Por lo que se lo considera un lago monomíctico cálido, es decir que su temperatura

no desciende por debajo de los 4º C. Este conocido cuerpo de agua, muestra circulación de agua durante el invierno y presenta estratificación térmica en verano; ubicándose la termoclina entre los 40-55 m de profundidad (Pedrozo et al., 1997). Al principio de la primavera el agua tiene 4ºC en toda su columna de agua debido a que el agua superficial se calienta y se establece una circulación interna que equilibra la temperatura en sentido vertical. Con la llegada del verano la atmósfera se calienta y en consecuencia la capa más superficial del lago aumenta su temperatura y se genera una estratificación.

Las primeras capas de agua (*epilimnion*) son más calientes en contraposición con los estratos más profundos (*hipolimnion*) que están más fríos. La región intermedia presenta una variación rápida de temperatura y se la llama *termoclina*. Estas regiones evitan que muchos organismos se desplacen libremente, confinándolos a determinadas capas de agua ya sean superficiales o más profundas. En otoño se equilibra la temperatura y las primeras capas de agua se hunden debido a que se enfrían rápidamente hasta alcanzar los 4ºC, mientras que las aguas del fondo mantienen su temperatura. Cuando llega el invierno el estrato superior se congela y forma una capa de hielo que actúa de aislante de la baja temperatura atmosférica, ya que queda flotando debido a su menor densidad con respecto al agua profunda de 4ºC, evitando que se congele todo el cuerpo de agua.

Estos cambios estacionales se dan en lagos, mares y océanos donde las estaciones del año están bien diferenciadas. No son tan notables en los ecosistemas acuáticos tropicales. En algunos casos la termoclina es persistente y no permite la mezcla de agua o da lugar a mezclas parciales por lo que a estos últimos ambientes se los llama *meromícticos*. En estos ecosistemas la capa profunda de agua no interviene en la mixtura vertical. En los océanos suele existir una termoclina permanente a gran profundidad, que determina el límite entre las masas de agua que circulan con diferente velocidad y dirección, y por lo tanto con diversos organismos asociados, que en algunos casos utilizan estas masas de agua en movimiento para migrar disminuyendo su gasto de energía. Esto está muy bien graficado en la película *Buscando a Nemo* de Andrew Stanton (2003) donde se muestra la migración de las tortugas en una masa de agua, la corriente de Australia, que se desplaza sobre otra donde se encuentran las medusas.

¿Y qué pasa con los organismos?, ¿se acomodan a estos cambios? Los individuos sobreviven a este ciclo estacional desarrollando su mayor actividad en verano. El hipolimnion (capas de agua más profundas) se enriquece con los desechos y los organismos muertos, que a través de su descomposición liberan los nutrientes. Pero esto consume oxígeno del agua, por lo que los gradientes de

temperatura y densidad van acompañados de gradientes de oxígeno y nutrientes. La mezcla vertical que se da en primavera y otoño provoca la subida de los nutrientes, fundamentales para los organismos productores del epilimnion (capas de agua superficiales) y la oxigenación del hipolimnion indispensable para los organismos aeróbicos. Una consecuencia de esto son los “florecimientos”¹ de fitoplancton como resultado de aportes de oxígeno y nutrientes. Esta distribución estacional de los organismos modifica el metabolismo de la comunidad (Odum, 1979). La producción primaria es decir la tasa total de asimilación de los productores en un ecosistema de este tipo, va a depender del grado de estratificación de las aguas y por lo tanto se verá afectada toda la trama trófica o alimentaria.

Un ejemplo de estratificación en el Mar Argentino es el del frente de Valdés, descrito por Acha y Mianzan (2006). Durante la primavera y el verano el sol calienta las aguas superficiales de océano, que reposan sobre una capa inferior más fría y densa. Entre los dos estratos se produce un cambio abrupto de temperatura, zona reconocida como la termoclina. El fitoplancton de la capa superior, bien iluminada prospera hasta que se agotan los nutrientes. Durante esta época del año las aguas con densidades diferentes debido a las desiguales temperaturas no se mezclan, hasta que las mareas generan una región de aguas costeras mezcladas que choca contra la región estratificada rompiendo la termoclina, aportando nutrientes y aumentando la producción vegetal. El encuentro de estas masas de agua de distintas densidades genera la concentración de organismos planctónicos y permite el desarrollo de una alta riqueza biológica representada por densas poblaciones de individuos zooplanctónicos herbívoros como copépodos (pequeños crustáceos) que son alimento de organismos mayores. La anchoíta, merluza y calamar eligen esta zona como área de reproducción. Sus larvas planctónicas quedan retenidas en cercanías del frente, alimentándose de las altas concentraciones de zooplancton.

La influencia del frente en la distribución de la vida es fundamental, ya que en él se genera el encuentro de masas de agua con características propias que produce la remoción de estratos inferiores ricos en nutrientes hacia la superficie, dando base a una alta producción biológica, es decir a un aumento en la fijación de materia orgánica que queda a disposición, almacenada en los tejidos vegetales.

1 Florecimientos: multiplicación rápida de los organismos del plancton, que se suele llamar “bloom”.

Este frente fue identificado en el mar argentino a partir de un hecho fatal, la muerte de dos pescadores de la ciudad de Necochea que se encontraban a bordo del buque Constanza en la zona de Valdés, en noviembre de 1980. El deceso se produjo como consecuencia de la ingesta de moluscos bivalvos pescados en la zona, que estaban contaminados por marea roja es decir florecimientos de dinoflagelados con toxinas. Esta relación entre la alimentación de los pescadores y la marea roja fue descripta por el Prof. Enrique Balech² (s/f³).

Las mareas rojas son florecimientos caracterizados por la escasa diversidad de la población fitoplanctónica y las elevadas concentraciones de estos organismos que en algunos casos alcanzan un millón de células por litro de agua. Como consecuencia en algunos casos modifica la coloración del mar, que puede tomar distintas tonalidades (amarillo, naranja, pardo y el más conocido rojo) de acuerdo con los organismos presentes. Estos organismos tóxicos del plancton son tomados por moluscos filtradores para alimentarse. De esta forma estos moluscos como mejillones, almejas, vieiras y ostras, entre otros, concentran en sus vísceras toxinas. La ingestión de uno solo de ellos puede ser fatal para el hombre.

Se sabe que los fuertes gradientes térmicos en la superficie del mar cercano al borde de la plataforma y del talud, junto con la mezcla de aguas más profundas generan ambientes favorables para el desarrollo de diferentes organismos, como los individuos responsables de los florecimientos fitoplanctónicos o blooms, o como el caso de los bancos de vieira patagónica que se distribuyen en forma coincidente con la corriente de Malvinas que aporta aguas frías.

En términos generales los seres vivos pueden estar activos en temperaturas que van entre algunos grados sobre cero y 50°C. Aunque en vida latente este rango se amplía desde el cero absoluto hasta los 100°C. Existen registros de presencia de bacterias que viven en fumarolas marinas a 100°C o en los hielos polares bajo cero. El exceso de calor o frío puede dañar a los organismos por lo que los seres vivos se encuentran en los hábitats adecuados. Cada especie tiene su pro-

2 El Profesor Enrique Balech (1912-2007) fue un prestigioso científico, que se graduó de Profesor en Ciencias Naturales en el Instituto Superior del Profesorado J.V.González. Obtuvo reconocimiento internacional por sus investigaciones en biología marina, principalmente en las primeras descripciones de la marea roja. Fue un profesor que desarrolló su carrera docente en las aulas del ex Colegio Nacional de Necochea. Esta parte de su profesión fue inolvidable para sus favorecidos alumnos que se ensalzaron por su exquisitez, claridad y exactitud didáctica y académica. Fue alguien que hizo de la ciencia y de la educación su estilo de vida. Sus análisis de diferentes situaciones siempre fueron desde una mirada crítica y reflexiva, y así los transmitió a sus estudiantes.

3 Comunicación personal.

pio espectro térmico donde la vida activa es posible, dentro de este rango existe un punto óptimo de temperatura que se considera que es el que corresponde a la máxima producción de trabajo físico o al máximo potencial reproductivo o donde las probabilidades de supervivencia de cualquier población son mayores. Así se distinguen organismos euritermos cuyas poblaciones pueden subsistir en un rango amplio de temperatura y los estenotermos que son más exigentes y se desarrollan en condiciones térmicas más acotadas.

La mayoría de los organismos acuáticos son *ectotermos* ya que dependen de fuentes de calor externas como los crustáceos, moluscos y peces. La mayor dificultad que se opone a la *endotermia* en los vertebrados acuáticos es poseer branquias a través de las cuales pierden gran cantidad de calor. Cetáceos (mamíferos acuáticos) y aves poseen respiración pulmonar, como también una capa de grasa aislante y una baja relación superficie-volumen de su cuerpo. Estas características facilitan la conservación del calor generado por ellos mismos.

Un ejemplo de distribución de organismos, relacionada estrechamente con la temperatura, es el caso de las macroalgas en el mar argentino estudiado por Mendoza (1999). En este estudio se describen tres zonas de masas de agua. Una con aguas templadas que corresponden a las costas de la provincia de Buenos Aires y Río Negro. Otra de aguas subantárticas sin llegar a la congelación, que comprende las costas patagónicas, Islas Malvinas, Isla Grande de Tierra del Fuego e Islas del Atlántico Sur. Y por último aguas antárticas que permanecen congeladas la mayor parte del año. En las dos últimas zonas se describe la presencia de algas de gran tamaño como *Macrocystis* de 35 mts. de largo que forma extensos bosques y las praderas de *Lessonia* de hasta 5 mts., y *Durvillaea* de 10 mts. Mientras que las aguas más templadas albergan algas de menor porte como *Ulva sp*, *Porphyra sp*, *Enteromorpha sp* y varias especies de coralininas, entre otras.

La temperatura muchas veces genera condiciones ideales para especies que no son autóctonas, tal es el caso de un alga japonesa (*Undaria*) que en sus habitats originales se desarrolla en un rango entre 4°C y 28°C con un régimen de reproducción anual. Su óptimo entre 10°C y 20°C, en el cual produce esporas en forma continuada a lo largo del año. Esta relación que se establece entre la reproducción y la temperatura provoca que en Japón se reproduzca una vez al año mientras que en la Patagonia el rango de temperatura no es tan amplio y esta situación le ofrece a esta especie un ambiente ideal para su progreso.

¿Qué pasa con los seres vivos cuando las temperaturas congelan el agua o la evaporan? ¿Qué razón los hace vivir en ambientes extremos? En el caso de temperaturas extremas, los seres vivos han evolucionado y ocupan ciertos ambien-

tes a través de diferentes adaptaciones. Sobre el hielo y la nieve viven insectos y oligoquetos que se alimentan de polen y de algas que constituyen una flora muy especial. Los efectos deletéreos, como ruptura de tejido y células, generados por el proceso de congelación son evitados a través del incremento de la presión osmótica del medio interno y por medio de la presencia de proteínas crioprotectoras y nucleadoras. A través de estos procesos, se evita el daño tisular ocasionado por la congelación de los fluidos fisiológicos al disminuir el punto de congelación (el mismo principio que el anticongelante para los radiadores de los autos).

Algunos animales pueden experimentar “sobre-enfriamiento”. Cuando los líquidos corporales se enfrían por debajo de su temperatura de congelación, aunque no se congelan debido a que no logran formarse cristales de hielo por la participación de las proteínas nucleadoras. Este es el caso de ciertos peces que habitan en el mar antártico, los que evitando el contacto con el hielo superficial, impiden que se desencadene el proceso de formación de los cristales de hielo. La sangre del pez del hielo antártico (*Trematomus*), contiene una glucoproteína anticongelante. El glicerol es otra de las moléculas crioprotectoras característica de crustáceos y peces antárticos, que disminuye considerablemente el punto de congelación hasta un valor tan bajo como -17°C . Para enfrentar la baja temperatura otros organismos presentan adaptaciones de comportamiento: se trasladan a estratos con mayores temperaturas, por debajo de la capa congelada.

Las temperaturas elevadas son también muy peligrosas porque pueden producir daños irreversibles, ya que a esos niveles se desnaturalizan las proteínas perdiendo su funcionalidad. Los organismos acuáticos que sufren altas temperaturas son los que viven entre mareas ya que llegan a soportar temperaturas de 30 a 40°C cuando quedan emergidos en bajamar. Lo hacen por medio de numerosas adaptaciones que les permiten colonizar ampliamente ese particular ecosistema.

Una poza de marea es un buen ejemplo, ya que es un pequeño ecosistema acuático que se forma en las oquedades y huecos de las rocas durante la bajamar donde se pueden producir cambios superiores a los 15°C en un día. Sus habitantes sufren los bruscos cambios de temperatura del ambiente, entre el día y la noche, entre la pleamar y la bajamar, las heladas en invierno y el sofocante sol del verano. En dichas pozas se encuentra una comunidad muy diversa conformada por mejillines, lapas (caracoles sin enrollamiento), algas rojas coralinas, verdes como *Codium* y *Bryopsis*, crustáceos como isópodos y anfípodos. En general, estos organismos poseen un metabolismo adaptado a la temperatura media, pero cuando quedan expuestos a mayores temperaturas su metabolismo se acelera por lo que utilizan más O_2 y más alimento que el normal.

La salinidad y la distribución de los organismos

La salinidad se relaciona con la presión osmótica de las células. Fisiológicamente hablando con el descenso del punto de congelación que está determinado por la presencia de solutos disueltos en el agua.

Así la mayoría de los organismos acuáticos que viven en un margen muy estrecho de salinidad, se conocen como *estenohalinos*. Es el caso de las ostras como las de la especie *Ostrea edulis* que desarrolla su vida entre 25 y 37 por mil. Sólo muy pocos organismos se desplazan a través de aguas de diferentes salinidades. Estos se llaman *eurihalinos*. Por ejemplo el mejillón *Mytilus edulis* puede vivir en aguas poco saladas 5 por mil o hipersalinas 60 por mil.

Los organismos presentan diferentes problemas de osmorregulación según las características de su hábitat acuático debido a las distintas concentraciones iónicas en el medio interno y el externo. La respuesta más sencilla es mantenerse isotónicos (igual presión) con el agua que los rodea. Sólo algunos invertebrados marinos son capaces de ello. Sin gasto de energía controlan la concentración de sus fluidos internos.

Las especies dulceacuícolas son hipertónicas con respecto al medio acuoso. Poseen una piel poco permeable al agua y eliminan gran cantidad de orina muy diluida, para contrarrestar el ingreso de agua en su cuerpo. Los organismos marinos son hipotónicos y controlan la pérdida de agua bebiendo agua del medio y eliminando el exceso de sales por riñón y en algunos casos, por branquias.

La salinidad del agua, los diferentes iones y su concentración son determinantes para el desarrollo de las poblaciones en sus ambientes. En cada caso poseen adaptaciones específicas que les permiten sobrevivir en esa área. Existe una gran variedad de ecosistemas según su salinidad. Mucho más allá de la simplicidad de agua dulce y salada, existen hábitats muy cambiantes a lo largo del día como los estuarios, donde el encuentro de agua de mar y de río genera un ambiente muy particular. Esto lo saben muy bien los pescadores que navegando aguas de río pescan con sus redes peces típicos de mar.

Acha y Mianzan, (2003) describen qué ocurre con el estuario del Plata, en donde el Río de la Plata vierte al Atlántico 22.000 m³/seg de agua con nutrientes y detritos orgánicos, fertilizando una amplia región mucho más allá de su desembocadura. En este lugar se encuentran el río y el mar, que para asombro de todos, no se mezclan. Las masas de agua se deslizan una sobre otra. El agua dulce se mueve hacia el interior del océano por encima del agua de mar que es más pesada por su salinidad elevada, alcanzando una zona reconocida como *frente salino*

superficial. El agua de mar ingresa al río hasta que se detiene en el fondo formando una cuña, el *frente salino del fondo*. Así el estuario está conformado por dos capas de agua con salinidades diferentes, cuyo límite que se conoce como *haloclina*, mantiene una alta estratificación vertical. De tanto en tanto, vientos fuertes provenientes del mar, (fenómeno conocido como *sudestada*), producen una mezcla de la columna de agua y también las inundaciones de la ciudad de Buenos Aires, como la que ocurrió el 15 de abril de 1940, en la cual el agua subió hasta las vías del Ferrocarril Mitre a 500 metros de la costa.

Todo esto determina el desarrollo de diferentes poblaciones en ecosistemas específicos. La productividad biológica es más alta que la del río y la del mar que conforman el estuario debido a la gran concentración de organismos planctónicos que se ubican con preferencia en las aguas más saladas (más profundas) por debajo de la haloclina. Esto se ofrece como un gran banquete para diferentes organismos, principalmente copépodos (pequeños crustáceos) que constituyen el alimento de medusas, larvas de peces y peces filtradores.

La producción vegetal está bastante limitada por la turbidez, por lo que una buena opción son los detritos orgánicos (restos de plantas acuáticas y terrestres) que los incorporan a la cadena alimentaria los copépodos, los organismos unicelulares y algunas bacterias. A la altura de la haloclina se producen pequeñas mezclas de agua que provocan que algunos organismos que no son capaces de superar el cambio brusco de salinidad mueran y quedan flotando y son acumulados en la convergencia de las aguas del río y del océano. Durante la primavera se producen florecimientos o proliferación de organismos gelatinosos (salpas, medusas y ctenóforos) que sirven de alimento a peces como los pampanitos, (*Stromateus brasiliensis*) y las ñatas (*Perprilus paru*). Algunos invertebrados y peces son los pocos sobrevivientes a la severidad que ofrece el fondo del estuario. Almejas y gusanos viven enterrados en el sedimento. Caracoles y cangrejos se desplazan sobre la superficie del fondo. En el frente salino de fondo, forma extensos bancos una almeja del género *Macra*, típica de este estuario, que se ve favorecida por la gran disponibilidad de materia orgánica y es un plato apetecible para la corvina rubia, el pez dominante.

Los peces que habitan el estuario en su mayoría son de origen marino y van disminuyendo su existencia a medida que se introducen en el río, donde disminuye la concentración de sales. La salinidad proporciona a los peces un sistema de coordenadas oceanográficas que les permite desplazarse ocupando las aguas más aptas para su fisiología. La sardina española (*Lycengraulis grissidens*) es capaz de migrar a lo largo de su ciclo de vida entre las aguas continentales y oceánicas.

Se alimenta en la costa marina y se reproduce en arroyos del Paraná y del Uruguay para lo que viaja cientos de kilómetros. Los peces típicos del estuario son de la familia *Schiaenidae* que incluye corvinas y pescadillas, con una tolerancia muy amplia a variaciones ambientales, como el caso de la corvina rubia (el principal recurso pesquero de Argentina, Uruguay y sur de Brasil en esa región) que se la ha registrado en aguas completamente dulces. En síntesis los cambios bruscos de salinidad, temperatura, oxígeno disuelto y turbidez son comunes en los estuarios. Pocas especies, como resultado de la selección natural imperante en el medio, pueden tolerarlos.

El movimiento de las aguas

*“...Apurate José que ya está viniendo la creciente otra vez y no sé porque esta vuelta las aguas me dan miedo todo el bicherío la está anunciando como nunca fue ¿haye Jose?”
(Teresa Parodi, Apurate José).*

Las aguas no están quietas. ¿El movimiento de las aguas puede ser un factor determinante para la distribución de los organismos? Lo es. El agua transporta a los organismos que se hallan en suspensión, ayuda a individuos con movilidad propia y presiona a los seres vivos que viven fijos y que pueden ser arrancados.

Las corrientes marinas y las de los ríos llevan a numerosos organismos de un lugar a otro, en algunos casos van a parar a otras zonas donde siguen viviendo pero no se reproducen. Otras especies utilizan las corrientes para cumplir su ciclo vital. Por ejemplo las larvas de ostras que están fijas, son dispersadas por las corrientes hasta más de 50 km de distancia. De este modo evitan competir por el sustrato con sus propios progenitores. En otros casos, la situación es más dramática ya que la población llega a ser diezmada. Es el caso de las medusas que son víctimas de las corrientes costeras, el viento y las mareas. Al no ser capaces de vencer la fuerza de arrastre del agua quedan varadas en la arena. Seguramente hemos sido testigos de esta situación, atormentados por el encuentro con las famosas “aguas vivas” durante nuestras vacaciones en la costa atlántica.

Las olas afectan principalmente a los organismos que sobreviven en la zona intermareal, la acción mecánica de las olas selecciona a los individuos con adaptaciones que les permiten soportar esta franja costera tan particular. De acuerdo

a la costa y el viento, las olas varían su intensidad y dirección diariamente por lo que existen numerosas adaptaciones. Los organismos que viven en sustratos blandos en su mayoría se entierran como la lombriz roja de mar (*Diopatra viridis*, un poliqueto muy apreciado por los pescadores de lisas), que construye galerías en la arena, o la almeja amarilla (*Mesodesma mactroides*) tan características de las playas arenosas de la costa bonaerense.

Los organismos que eligen un sustrato duro quedan más expuestos a la "agresión" de las olas. La lapa, un pariente del caracol de jardín, presente en las costas bonaerenses posee una concha cónica y baja, y con un pie ventral con el que se adhiere fuertemente a pequeñas cavidades de la roca. Otros, como el mejillín (*Brachidontes rodriguezii*) pariente del mejillón comestible, posee una glándula que produce filamentos del biso con los que se sujeta fuertemente a las rocas. Es el organismo predominante por excelencia de las costas rocosas bonaerenses formando el característico *mejillinar*. Allí viven numerosos organismos asociados bajo la protección que le brinda esta construcción.

Los organismos de cuerpo blando como las algas al ser flexibles ceden al movimiento del agua sin romperse. Algunos utilizan las olas como medio de transporte para ir de un lugar a otro y colonizar otros ambientes. El oleaje ofrece a los organismos expuestos a él una renovación constante de agua, oxígeno y otros nutrientes.

Otro movimiento de agua importante es el que se produce en los ríos donde las aguas fluyen continuamente y en algunos momentos su caudal aumenta notablemente y provoca crecidas. En estos ecosistemas existen comunidades superpuestas, la del bentos arraigada al fondo y las suspendidas en el agua que por lo general están asociadas al bentos que viven aguas arriba ya que son sus crías o estados larvales. Los habitantes del río poseen ventosas y ganchos para soportar la corriente y la forma de su cuerpo es alargada y aplanada para disminuir la resistencia al agua. Siempre se mueven en sentido contrario a la corriente, es decir aguas arriba. Los ríos son muy cambiantes, desde su nacimiento hasta la desembocadura. Las características del agua (oxígeno disuelto, temperatura, caudal, turbulencia, etc.) varían notablemente determinando en cada tramo y a lo largo de la columna de agua comunidades propias.

En la cuenca del Plata, por ejemplo, se distinguen tres grupos de peces de acuerdo al lugar que ocupan en la columna de agua. Los bagres y mojarras son característicos de la superficie y poseen una boca dirigida hacia arriba que les permite apresar insectos y larvas. A media agua se descubren los dorados y las tarariras, peces nadadores y con dentición que les posibilita atrapar a sus presas.

En el fondo, están los de forma achatada con la boca hacia abajo que les facilita la obtención de detritos y pequeños organismos del fondo.

En aguas cálidas e iluminadas por el sol de los océanos Indopacífico y Atlántico Occidental, los corales son un buen ejemplo de organismos que están confinados a determinadas regiones de acuerdo a variables como luz, temperatura, salinidad y movimientos del agua. Los responsables de los arrecifes de coral son unos pólipos (parecidos a nuestras anémonas) que depositan carbonato de calcio en forma cristalina sobre sus cuerpos formando un exoesqueleto, en su mayoría en simbiosis con unas algas unicelulares denominadas zooxantelas. Los pólipos coralinos contienen estas algas en el interior de las células que tapizan su “estomago”. Las algas realizan la fotosíntesis en el interior del patrón del coral, en aguas oceánicas de menos de 100 metros de profundidad, donde están bien iluminadas. Los corales requieren aguas cálidas (20°C) y no toleran ni salinidad reducida, ni turbidez elevada. En las aguas más profundas crecen formando colonias con ramas como los árboles de un bosque para alcanzar zonas más iluminadas.

En aguas más someras, donde la luz es abundante, pero deben soportar un intenso oleaje, las colonias depositan esqueletos robustos de carbonato de calcio. Los corales que no viven en simbiosis con las algas tienen menos requisitos y por lo tanto tienen una distribución más amplia, en contraposición de los simbioses que forman corales arrecifales sólo en las aguas tropicales soleadas. El crecimiento de los corales depende de la intensidad de la luz, solo cuando están en simbiosis con las zooxantelas.

¿De qué manera aumentan las algas la calcificación? La fijación de dióxido de carbono por parte de las algas a través de la fotosíntesis produce un aumento en la concentración de iones de carbono en las células del pólipo, que en exceso precipitan en forma de carbonato de calcio insoluble a un pH determinado, formando el esqueleto robusto y resistente al oleaje que da asilo a una gran diversidad de especies asociadas.

Los seres vivos, el reciclado de la materia y el flujo de la energía

Ahora estamos en condiciones de analizar los intercambios de materia y los flujos de energía que se dan entre las poblaciones que se encuentran confinadas a determinados ecosistemas caracterizados por los factores antes mencionados (luz, temperatura y salinidad). El número y la diversidad de los organismos adap-

tados a un área dependen de la energía, los recursos disponibles y su historia evolutiva.

¿Cómo funcionan estos sistemas acuáticos? ¿Llegan a un equilibrio? ¿Cómo intervienen los organismos para mantener ese equilibrio? El flujo de la energía y la circulación de la materia son los dos grandes principios de la ecología general, aplicados a todos los tipos de ecosistemas y sus organismos. Todos los ecosistemas se caracterizan por múltiples relaciones alimentarias, por donde transitan la materia y la energía. Los niveles alimentarios superiores dependen de los inferiores, principalmente productores (autótrofos). A medida que ascendemos a niveles superiores, (consumidores primarios -herbívoros- y secundarios -carnívoros-), la disponibilidad de energía disminuye y los organismos buscan recursos alimentarios de otras cadenas, lo que origina las redes alimentarias o tróficas.

Es importante considerar la producción de cada nivel (biomasa por unidad de tiempo) para saber qué puede utilizar el nivel superior. La productividad relaciona la biomasa y la producción y es fundamental determinarla para saber cómo explotar los recursos de un ecosistema evitando daños irreparables.

La producción primaria de un ecosistema acuático es la cantidad de energía lumínica transformada en energía química por los fotosintetizadores en determinado tiempo. La productividad del fitoplancton es muy elevada, ya que sus poblaciones se renuevan con mucha rapidez, comparada con la de los vegetales terrestres en los que los tejidos fotosintéticos son sólo una parte de toda su biomasa. Aún así los océanos son poco productivos debido a la limitación impuesta por la luz y los nutrientes. La producción secundaria es la cantidad de biomasa almacenada en los niveles superiores, consumidores, detritívoros y descomponedores, por unidad de tiempo; los peces suelen tener eficiencias productivas del orden del 10por ciento (Tortorelli, 2009). Entre el 80por ciento y 95por ciento de la energía disponible en un nivel no es transferida al nivel posterior, solo el 10por ciento de la energía útil como producción primaria neta es transferida al siguiente nivel.

En los ecosistemas acuáticos la materia sólo está disponible en cantidades limitadas, por lo que dependen del reciclado de los elementos químicos esenciales. Los ciclos biogeoquímicos describen el movimiento de estos elementos a través de los componentes del ecosistema. Las sales minerales en solución y la materia orgánica constituyen las reservas de nitrógeno, fósforo y silicio indispensables para el desarrollo del fitoplancton. La erosión de los suelos, los vertidos urbanos y agrícolas, y la descomposición de los detritos orgánicos son las principales fuentes de nitrógeno y fosforo.

Cuando aumenta la cantidad de estos elementos se produce una “explosión” del fitoplancton y algas. Se reproducen en forma excesiva aumentando considerablemente su biomasa y generan un desequilibrio en el ecosistema conocido como *eutrofización*. El crecimiento desmesurado de algas y otras plantas acuáticas provoca un cambio en la composición de la comunidad hídrica, ya que se ven beneficiados los herbívoros y otros miembros de la cadena alimentaria. Pero como no todo es aprovechado, en el fondo, se acumula una gruesa capa de materia orgánica que consume parte del oxígeno del medio. En días cálidos y nublados baja la actividad fotosintética y no se produce oxígeno por lo que para los organismos aeróbicos - principalmente los peces - esto significa la muerte. Sobre la materia orgánica del fondo se establecen bacterias que liberan metano y ácido sulfhídrico reconocido por su mal olor. Si esta situación continua el ecosistema colapsa.

La supervivencia de toda la vida en los ecosistemas acuáticos depende principalmente del fitoplancton presente en la zona fótica que utiliza sustancias inorgánicas producto de la descomposición y transformación bacteriana. Este reciclado de materiales es rápido en las primeras capas de aguas y muy lento en zonas profundas donde la baja temperatura y la ausencia de luz no permiten el desarrollo de organismos fotosintetizadores. Muchos materiales desaparecen de las aguas superficiales y quedan en el fondo de océanos y lagos. Por esto la productividad y la diversidad es menor en los ecosistemas oceánicos y lagos que en estuarios, zonas neríticas, zonas litorales, lagunas, ríos y arroyos.

Pero entonces, ¿cómo circulan los diferentes materiales necesarios para los seres vivos? El ciclo de los elementos transcurre en todo el volumen del ecosistema acuático. La fotosíntesis, la generación de la mayoría de los organismos y la formación del material particulado tienen lugar en la primera capa de agua. Las fuentes de nutrientes más importantes son renovadas por el metabolismo de los seres vivos y los afloramientos del sedimento del fondo que es un proceso lento, por eso son fundamentales los factores físicos que producen la mezcla de la columna de agua en forma vertical. Es muy importante la remineralización que se da en el fondo, las partículas más grandes son degradadas y pasan a la fase líquida, quedando solo muy poco en la fase sólida.

El nitrógeno es indispensable para el crecimiento de todos los organismos ya que es un componente esencial de los aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos y otros componentes celulares. El ciclo del nitrógeno se cumple a través de mecanismos fisicoquímicos y bioquímicos en los que interviene la actividad enzimática bacteriana que transforman el nitrógeno orgánico en nitrógeno mineral como amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-) directamente asimilable por el fitoplancton.

El amonio puede ser oxidado a iones nitritos (NO_2^-) y luego a nitratos por un proceso denominado *nitrificación* que está a cargo de bacterias quimioautotróficas aeróbicas es decir que utilizan la energía derivada de este proceso para fijar el CO_2 a la materia orgánica. Todos los organismos constituyen una fuente de nitrógeno orgánico por sus excreciones, residuos metabólicos y descomposición de sus células y tejidos muertos. El nitrógeno orgánico a través de bacterias es mineralizado y transformado en amonio, el que es utilizado por el fitoplancton que principalmente recurre a los nitratos. También es capaz de asimilar ciertas formas de nitrógeno orgánico como urea, aminoácidos que previamente son transformados por los detritívoros que oxidan estos desechos liberando amonio y amoniaco. En condiciones aeróbicas los iones de nitratos pueden ser incorporados a la materia orgánica mediante un proceso conocido como *reducción asimilatoria del nitrato* llevado a cabo por bacterias, hongos y algunas algas. En condiciones de ausencia de oxígeno (anaeróbicas) el nitrato puede intervenir en procesos metabólicos de obtención de energía y así reducirlo a nitrito, a óxido nítrico, a óxido nitroso y finalmente a nitrógeno molecular. Este proceso denominado desnitrificación permite liberar el nitrógeno fijado en la materia orgánica hacia la atmósfera, gracias a la actividad de bacterias desnitrificantes. Este proceso se da principalmente en aguas estancadas y en sedimentos sin oxígeno. Es menos frecuente en aguas superficiales. El nitrógeno asimilado por el fitoplancton en forma de compuestos orgánicos es transferido a través de la ingesta y asimilado por el resto de los organismos de la cadena alimentaria.

El fósforo, elemento constituyente de los tejidos vivos, interviene en la composición de moléculas energéticas como el ATP (adenosin trifosfato), otros ácidos nucleicos tal es el caso del DNA (ácido desoxirribonucleico) y RNA (ácido ribonucleico), y los fosfolípidos que forman las membranas celulares, entre otras. No es un compuesto abundante en el planeta y a menudo determina el crecimiento de los seres vivos. El fitoplancton encuentra el fósforo en sales inorgánicas y en formas orgánicas asociadas a moléculas orgánicas. Ambas formas pueden estar disueltas o precipitadas. El fosfato disuelto en el agua y el que está en la materia orgánica son una fuente de reciclado rápido, mientras que los componentes que caen a zonas profundas forman grandes cúmulos irrecuperables en forma de nódulos asociados a menudo con el flúor. Así en los sedimentos acuáticos suelen encontrarse grandes reservorios de fósforo y también en las rocas (fosfatadas) que sólo a través de la erosión pueden liberar fósforo. Los fosfatos del medio marino y dulceacuícola proceden de la mineralización de las células y organismos en putrefacción, como también de aportes agrícolas y urbanos.

En el agua dulce las algas y plantas acuáticas capturan los fosfatos inorgánicos disueltos o particulados en el agua y lo incorporan a sus tejidos. Los consumidores obtienen fosfato orgánico por ingesta de otros organismos. El fosfato orgánico contenido en la materia orgánica muerta y en los excrementos es degradado por bacterias que lo convierten en fosfato inorgánico que pasa al agua y se disuelve, o queda en partículas pequeñas suspendidas. Así el fosfato inorgánico vuelve al agua reiniciando su ciclo. En primavera cuando las condiciones ambientales son óptimas y hay una gran disponibilidad de fósforo, el fitoplancton prolifera dando lugar a los conocidos afloramientos o “blooms”.

El azufre no es abundante. Circula por la biósfera en forma de sulfuro de hidrógeno, dióxido de azufre y de ión azufre. Los aportes al medio se producen por el uso de combustibles fósiles principalmente. Los seres vivos asimilan el azufre en forma de sulfato asociado a la materia orgánica, y lo incorporan a aminoácidos como la cisteína o la metionina. Las bacterias reductoras del sulfato presente en los sedimentos acuáticos o en aguas con elevada carga orgánica generan sulfuro de hidrógeno el cual en presencia de oxígeno es oxidado a azufre por parte de bacterias filamentosas quimioautótrofas, que sintetizan materia orgánica a partir de dióxido de carbono y agua utilizando como fuente de energía la oxidación del sulfuro de hidrógeno.

El silicio es fundamental en los ecosistemas acuáticos. Está como óxido de sílice y es utilizado principalmente por algas unicelulares como diatomeas y radiolarios para construir sus frústulos o cubiertas silíceas que protegen su cuerpo.

Por mucho tiempo se ha considerado al mar como una fuente inagotable de recursos y que en toda su extensión existe una gran biodiversidad específica y ecosistémica. Pero de acuerdo a lo analizado antes, sabemos que las poblaciones se desarrollan en determinadas zonas con factores físicos que principalmente son favorables para el desarrollo de fitoplancton y en consecuencia se acercan el resto de los integrantes de la trama trófica.

Acha y Mianzan, (2006) describen la formación de *frentes marinos* en el mar argentino, buen ejemplo de estos ambientes. Estas zonas se dan cuando masas de agua con propiedades diferentes se juntan a través de sus bordes generando una mezcla de agua, aportando nutrientes, detrito orgánico, modificaciones de la temperatura, cambios en la densidad, entre otras contribuciones; que consecuentemente modificarán la eficiencia fotosintética del fitoplancton. En función de esto se acercan organismos del zooplancton, como así también peces, calamares, mamíferos marinos y hasta aves conformando una trama trófica. Incluido el bentos que por hundimiento recibe parte de esta producción. Es decir que la alta

congregación de alimentos en estos frentes determina la distribución de los seres vivos, provocando una concentración de vida en estas regiones, que los autores denominan "Oasis del océano".

Otro ejemplo de confluencias de masas de agua, es el frente oceánico patagónico, él cual está afectado por la corriente fría de Malvinas. ¿Cómo modifica la corriente fría de Malvinas la ubicación del frente oceánico patagónico en las diferentes estaciones del año?

En el mar patagónico, el borde de la plataforma continental marca la transición entre aguas cálidas y poco salinas sobre la plataforma y las aguas frías y de mayor salinidad de la corriente de Malvinas. Así se genera un frente térmico superficial que se corresponde mayoritariamente con la isobata de 200m. A partir de observaciones *in situ* y de origen satelital, Acha y Mianzan (2006) han podido determinar una alta concentración de clorofila en este borde lo que indica abundancia de fitoplancton y, asociado a esto, una gran variedad y cantidad de organismos marinos, entre los que se encuentran los que corresponden a las pesquerías de importancia económica regional.

La corriente de Malvinas a lo largo de su recorrido se divide en ramas. Una fluye a lo largo de la isobata de 200 m y otra, cerca de la de 1000 m. Ambas ramas inyectan continuamente agua subpolar, fría y rica en nutrientes, lo que genera condiciones únicas ambientales y oceanográficas que determinan la presencia de tres frentes sobre el borde de la plataforma y del talud, claramente distinguibles durante el verano, pero no así en los meses de invierno. Es fundamental determinar la ubicación de estas regiones biológicamente productivas, ya que son zonas de importancia económica por las pesquerías presentes, y ecológica por la alta diversidad de seres vivos.

La circulación, transformación y acumulación de energía y materia a través del medio ambiente, los organismos y sus actividades es lo que determina un ecosistema. Debemos recordar que éste no posee un carácter unitario e integrado que cabría esperar de un auténtico sistema. Tradicionalmente se menciona al ecosistema como un nivel superior al de poblaciones y comunidades, y se lo ha distinguido como una categoría en el estudio ecológico. Ningún sistema ecológico puede ser estudiado sin tener en cuenta el ambiente en el que existe, por lo que se debe entender al ecosistema como la comunidad junto a su medio ambiente físico.

Los fenómenos energéticos y materiales dependen de los seres vivos, pero el punto fundamental radica en las relaciones que se establecen entre ellos con su ambiente físico. En consecuencia los límites de un ecosistema o unidad de

naturaleza podrían estar dados por lo que se quiera averiguar de él. Es imposible estudiar el mar argentino en toda su extensión, pero sí se puede explicar la presencia de determinados seres vivos en diferentes ambientes, el flujo de la energía que atraviesa una trama trófica, la circulación de ciertos materiales, el desarrollo de las pesquerías, entre tantos otros temas, que ayudarán a evaluar e intentar disminuir el impacto del hombre en estos ecosistemas.



CAPÍTULO IV

Los límites de las comunidades

Paula M. Silva.

*“Si después de haber examinado la tierra,
examinamos el mar,
veremos que éste contiene seres vivientes
en tan gran número
como la tierra nutre a pocos”
Charles Darwin*

En este capítulo nos toca sumergirnos con los individuos que se encuentran bajo las aguas, representados por organismos vegetales y animales y no faltarán algunos que poseen características propias de las plantas y los animales a la vez. Estos individuos se asocian además formando grandes comunidades denominadas bentos, plancton y necton.

Organismos asociados a los fondos

La primera comunidad en la que ahondaremos, el bentos, está compuesta por los individuos relacionados con el fondo. Dicho de otro modo, organismos que se desplazan muy poco o son directamente sésiles o fijas al sustrato, como es el caso de las esponjas (Poríferos) representados por más de 9000 especies de agua marina. Y, en menor medida, de agua dulce (sólo 150 especies).

Las esponjas se caracterizan por sus cuerpos con orificios que filtran el agua, de donde tomarán su alimento. Habitan nuestro planeta desde hace 600 millones de años. A pesar de su extrema sencillez, su éxito evolutivo viene dado porque la mayoría de las células que componen su cuerpo son *totipotentes*. En otras palabras, células que pueden transformarse en cualquiera de los otros tipos celulares y cumplir los diversos procesos metabólicos necesarios para los individuos. Esto se evidencia, por ejemplo, durante su reproducción sexual. Dada la totipotencialidad de sus células, los espermatozoides se forman a partir de coanocitos, que mediante el proceso de espermatogénesis originan un quiste espermático. Por su parte, los óvulos se forman también a partir de coanocitos o de arqueocitos y se rodean de una capa de células alimentarias o trofocitos. Una vez maduros, los espermatozoides y óvulos son expulsados al exterior a través del sistema acuífero. En el exterior, se produce la fecundación que da lugar a larvas planctónicas.

Otra interesante característica de las esponjas es la organización de un sistema acuífero con cámaras y canales. Los coanocitos son las células especializadas en bombear el agua y capturar las partículas en suspensión gracias al movimiento de sus flagelos que se encuentran anclados en el centro de la coana y que con un movimiento helicoidal favorecen el ingreso del agua por los poros externos del animal, la conducen hacia las cámaras y canales centrales, para finalmente eliminarla por el orificio principal llamado ósculo. A medida que las esponjas crecen, estos sistemas de cámaras y canales se van complejizando, para garantizar la eficiencia de los procesos de incorporación, filtrado y expulsión de agua.

En la zona de Mar del Plata, podemos encontrar una esponja de color amarillo intenso (*Cliona celata*) que forma estructuras discoidales de hasta un metro de diámetro. Esta esponja incrustante degrada suelos blandos (como areniscas) y resistentes conchillas de bivalvos, donde se asienta. Sirve además a muchos invertebrados y diversos peces que utilizan por su estructura porosa como lugar de residencia o refugio. Muchos cangrejos recolectan esponjas que colocan sobre sus caparazones. Se trata de casos de mutualismo. Los cangrejos consiguen camuflaje y las esponjas, un método de desplazamiento.

También las algas forman parte del bentos. Las algas, ya sean "rojas", como el alga *Porphyra* que vive sobre rocas o asociada a mejillines, "verdes" como la "lechuga de mar" (*Ulva lactuca*), conocida por la forma de sus talos o láminas,

Codium fragile con sus talos dicotómicos¹ (que proliferan en los meses de octubre a junio) o un alga con forma de pluma (*Bryopsis plumosa*), agrupada en ramilletes, habitante de zonas bajas de aguas relativamente calmas, todas constituyen una parte importante del ecosistema bentónico. Están presentes en la costa argentina y, como seres autótrofos, son en parte responsables de la productividad primaria. Es decir, la tasa de energía o cantidad de energía almacenada por unidad de tiempo en que la materia orgánica se va formando por fotosíntesis de los ambientes costeros.

Por su arquitectura sirven también de refugio para numerosas especies animales, muchas de las cuales incluso las utilizan como alimento, como es el caso de los *briozoos*, animales que forman colonias y se alimentan básicamente de fitoplancton. Éstos suelen asentarse debajo de rocas que los protegen de la desecación o bien se fijan, preferentemente, a láminas de algas donde proliferan sus colonias. Esta preferencia es lógica ya que priorizan sustratos que garanticen aguas renovadas y gran cantidad de partículas en suspensión. Los *briozoos* traen desventajas a las algas con las que se asocian, ya que está demostrado que reducen la flexibilidad de las láminas, aumentando su fragilidad y posterior pérdida de frondes asimismo se reduce la eficiencia fotosintética de las láminas algales, pero esta situación es compensada por los mismos briozoos, ya que el CO₂ que eliminan sus células, es aprovechado por las algas hospedadoras como fuente de carbono inorgánico para el proceso de fotosíntesis. .

Los factores de luminosidad y adherencia, determinantes para el desarrollo de las plantas, se presentan favorablemente sólo sobre una muy pequeña parte de la superficie del fondo del mar. Es la zona eulitoral la que cumple con estos requisitos. El resto de los vegetales que aparecen en el mar lo hacen principalmente a flote y por lo tanto a merced del flujo de las aguas.

La mayoría de las plantas adheridas lo están a las rocas por lo que se llaman litofíticas, pero están las que lo hacen sobre otras plantas. Se denominan epifíticas. También hay algunas que crecen sobre animales y se llaman epizoicas.

Algunos organismos del bentos que no se desplazan por sí mismos han encontrado la forma de hacerlo, a través de asociaciones con otros organismos como es el caso de la relación simbiótica denominada *foresis*, que básicamente significa "llevar" o "transportar". En esta relación la especie de mayor tamaño

1 Dicotomía: del griego dichótomos, dividido en mitades o cortado en dos partes. En el caso del *Codium*, cada filamento se divide en dos, repetidamente, dándole al individuo esa apariencia arborescente que presenta.

(hospedador) transporta de manera mecánica a la más pequeña, denominada foronte. La especie foronte, se beneficia al ampliar su área de distribución (en forma directa o a través de sus gametas, larvas u otras formas reproductoras) o al aumentar sus posibilidades de alimento por el movimiento en sí mismo. El hospedador no se perjudica debido a que la diferencia de tamaño es tan grande que, el costo energético del transporte del foronte no es significativo. Además debemos recordar que no existe ninguna interacción o dependencia metabólica entre las dos especies.

Si encontramos una anémona con patas y pinzas, se trata de anémonas que viven sobre cangrejos. Otro ejemplo de esta relación lo constituyen los Cirripedios (artrópodos sésiles) que son llevados por las ballenas o las tortugas marinas. Dijimos que los cirripedios viven fijos a un sustrato, pero esto sólo ocurre cuando llegan a su estado adulto, ya que su ciclo biológico contempla estadios de vida libre en forma de larva.

Los cirripedios pueden observarse a simple vista en nuestras costas cuando bajan las mareas, ya que conforman estructuras calcáreas, de forma cónica sobre las rocas. En el vértice poseen una abertura por donde estos animales sacan sus patas con forma de cirros, prolongaciones con las que capturan el plancton del que se alimentan, y en general, pertenecen al género *Balanus*. Un dato puntia-gudo: la especie encontrada por el mismísimo Darwin en Montevideo (*Balanus improvisus*) se encuentra asiduamente en la región de Mar Chiquita.

Animales y vegetales protistas del Plancton

La segunda comunidad que mencionamos es la del plancton², constituida por aquellos animales y plantas unicelulares que flotan en el agua y que por no tener (o tener poco) poder natatorio, se hallan a merced de las corrientes.

Es el caso de un grupo de crustáceos malacostráceos conocidos genérica-

2 La mayor parte de las plantas y animales de esta comunidad son pequeñas y muchos microscópicos. Se incluyen en ella además las larvas y los huevos del bentos y del necton que, por pertenecerle solo de manera temporaria, se denomina en conjunto el meroplancton. Aquellos organismos permanentes, constituyen en cambio, el holoplancton. Denominaremos macroplancton al grupo que forman los animales más grandes de tipos más pequeños que pueden verse a simple vista por tener más de un milímetro; y microplancton, para agrupar a las plantas y animales mayores de 0,076 milímetros pero menores de 1 milímetro. Dejamos la designación de nanoplancton para las plantas, animales y bacterias mayores de 5 micrones y ultraplancton para referirnos a los organismos del más pequeño tamaño.

mente como krill (*Euphausiacea*) parecidos externamente a los camarones, de 3 a 5 cm de longitud y muy abundantes en todas las aguas que circundan el continente austral.

El krill es el alimento fundamental de especies como los mysticetos, (ballenas con barbas). Una fisura en la cadena alimenticia, de la cual el krill forma parte, podría tener consecuencias catastróficas en términos ecológicos, pues constituye uno de los eslabones más importantes de la red trófica del mar (Siegel, 1995).

Recordemos que el plancton se divide también según su naturaleza en fitoplancton y el zooplancton. El fitoplancton está constituido por organismos vegetales que se desarrollan en las aguas costeras del mar con luz solar y sales minerales abundantes (aguas de hasta 30 m de profundidad). Estos organismos elaboran su alimento por fotosíntesis y producen el 50 por ciento del oxígeno molecular necesario para la vida terrestre. A su vez, constituyen el alimento del plancton animal o zooplancton, que incluye grupos animales muy diferentes, como protistas zoomastigóforos, larvas de animales más grandes, gusanos, equinodermos, moluscos o crustáceos, y otros artrópodos acuáticos, así como formas adultas de pequeño tamaño de crustáceos, rotíferos y fases juveniles de peces (alevines). Retomando entonces, el fitoplancton está compuesto principalmente por diatomeas y dinoflagelados, dentro de los cuales hay una extraordinaria cantidad de formas.

Los dinoflagelados son organismos microscópicos y unicelulares que pueden estar cubiertos con placas o tecas. Presentan dos flagelos que ayudan en su desplazamiento. Se multiplican por fisión simple o mitosis y algunos son luminiscentes.

Uno de los fenómenos naturales más asombrosos de los océanos es el de la bioluminiscencia, o sea la capacidad de producir luz que tienen ciertos organismos. La bioluminiscencia se debe a la interacción de dos sustancias de origen proteico: la luciferina y la luciferasa. Estas proteínas, al reaccionar entre sí en presencia de oxígeno, originan una luz fría, pues no produce calor.

En nuestros mares, la mayoría de los fenómenos de luminiscencia los produce un organismo unicelular de forma casi esférica (*Noctiluca scintillans*) que carece de las placas de blindaje que poseen los otros tipos de dinoflagelados. Tiene un citoplasma principalmente incoloro, por lo que la presencia de simbiontes fotosintéticos puede causar que su citoplasma se torne de color rosado o de color verde.

Poco se sabe aún sobre la utilidad de la luminiscencia en los organismos marinos, pero pueden apuntarse varias funciones como, el reconocimiento de la pa-

reja, la utilización de apéndices luminosos como cebos para la captura de presas o el uso de la luz para advertir de la presencia de sustancias tóxicas a posibles depredadores. Muchos organismos pluricelulares también son capaces de producir luz a través de unas complejas estructuras llamadas fotóforos, compuestas por lentes, capas reflectantes, pantallas pigmentadas y células fotógenas. La luminiscencia en ciertos cefalópodos y peces puede deberse también a la acción de bacterias luminosas que viven en simbiosis con el animal. En el interior de los fotóforos, estas bacterias sustituirían a las células fotógenas que producen la luz.

Otras representantes planctónicas son las diatomeas. Estas muñequitas de cristal son algas microscópicas, unicelulares, compuestas en un 60 por ciento de sílice (SiO_2), que forma el caparazón llamado frústulo que recubre y protege a la célula, dándole dureza y resistencia. El frústulo se compone de dos mitades que encajan entre sí, llamadas tecas, la superior (epiteca) es siempre mayor y envuelve parcialmente a la inferior (hipoteca). Cada teca está formada por una valva (respectivamente epi- e hipovalva) y un cíngulo (epi- e hipocíngulo). En la valva se desarrollan toda una serie de ornamentaciones que permiten la identificación taxonómica. Longitudinalmente, en muchas especies la valva está atravesada por un delgado surco llamado rafe, que atraviesa la teca hasta el protoplasto.

La locomoción de las células es posible gracias a la hendidura del rafe, ya que bajo ella se halla un orgánulo en forma de cinta, formado por fibrillas, que puede contraerse rítmicamente. Este orgánulo provoca la secreción en los poros terminales de una sustancia adhesiva que se desplaza a través de la hendidura. Perpendiculares al rafe, se encuentran varias series de líneas de perforaciones llamadas areolas, la sucesión de éstas en cada línea forma una estría. Uniendo las dos tecas se encuentra la cintura que está formada por una cantidad variable de cópulas o anillos que envuelven la célula y que poseen el mismo contorno que ésta. El protoplasto ocupa todo el espacio delimitado por la pared celular silíceo. Los productos de su asimilación son aceites, que se acumulan formando gotas que le confieren flotabilidad a las diatomeas planctónicas.

Ahora bien, esta descripción exhaustiva se relaciona con la aplicación de estos organismos al estudio del ambiente. Sabemos que las diatomeas, al formar parte de los productores primarios en los sistemas acuáticos, son altamente sensibles a los cambios en la naturaleza química del medio, en particular a la concentración de nutrientes y a la presencia de contaminantes.

Al estar constantemente en contacto con el agua, las diatomeas reaccionan de forma altamente específica a las alteraciones ambientales de los ecosistemas en los que se desarrollan. Cada una de ellas posee rangos propios de tolerancia

frente a una gran variedad de factores ambientales. Los índices diatomológicos se basan, por lo tanto, en grandes inventarios que tienen simultáneamente en cuenta un gran número de taxones, por lo que su capacidad de diagnóstico de la calidad del agua es comparativamente superior a otros índices bióticos.

Las diatomeas presentan ciclos vitales cortos y homogéneos y, al ser microorganismos unicelulares, se reproducen con rapidez en respuesta a eventuales cambios en las condiciones del medio. La composición de la comunidad de diatomeas en cada punto da cuenta de la calidad biológica del agua durante determinados períodos de tiempo, y no sólo la condición puntual que reflejaría un análisis físico-químico.

Dado que las diatomeas pueden muestrearse en cualquier tramo fluvial, sobre una gran variedad de sustratos tanto naturales como artificiales, con un esfuerzo en tiempo y material mínimos, permiten la acumulación de un número importante de muestras y la creación de ficotecas de referencia para posteriores estudios biológicos o ambientales, así como el seguimiento del estado del agua a largo plazo, relacionando el lugar geográfico, la especie y la cantidad existente.

Al contrario que otros organismos, las diatomeas, más específicamente los frústulos o cubiertas silíceas, sobre los que se basa su taxonomía, son prácticamente inalterables en el tiempo y se pueden recuperar en estado fósil o subfósil de estratos y sedimentos fluviales y lacustres. Esto permite inferir el estado del agua en el pasado, así como la elaboración de modelos y funciones cuantitativas de transferencia para la reconstrucción de paleoambientes a escala geológica.

Ahora, y si es que el mar nos queda lejos, estamos todos invitados a tomar una muestra de alguna pecera cercana principalmente si tiene en sus vidrios restos de material vegetal de color pardo dorado, tomar un microscopio y zambullirnos en la maravillosa morfología de estas majestuosas algas microscópicas. Podremos reconocer la diversidad de sus tecas, morfologías y también hacer un relevamiento de las especies presentes en nuestra zona de residencia y registrar en un período determinado de tiempo, si las especies han variado, si las cantidades en el muestreo se mantienen constantes y asociar estas variables a las condiciones del hábitat relevado.

Recordemos ahora algunas de nuestras zambullidas en el mar ¿Quién no ha sufrido los efectos de una medusa o “aguaviva”? Los Cnidarios son un grupo de animales sencillos, que habitan nuestras aguas y deben su nombre a las células urticantes que poseen: “cnidocitos”. Éstas cumplen funciones defensivas y ayudan en la captura de las presas a los Cnidarios predadores. Los cnidocitos, (llamados cnidoblastos o “cápsulas urticantes”) poseen en su interior un filamento

arrollado o invaginado (como dedo de guante) que pueden disparar al menor estímulo. Existen varias clases de cnidocitos que se clasifican según su función en: *tóxicos*, *adherentes* y *envolventes*. Como su nombre lo indica, los cnidocitos tóxicos inyectan a la presa o al atacante una toxina que puede ser paralizante o urticante. Los cnidocitos adherentes liberan una proteína que hace las veces de pegamento que le permite adherir la presa mientras la toxina hace su efecto. Por fin los cnidocitos envolventes despliegan un larguísimo filamento que, a manera de látigo, sujeta a las pequeñas presas (por lo general plancton) antes de ser llevadas a la “boca” del animal.

Muy pocos son los Cnidarios cuya toxina puede afectar seriamente al ser humano- De todas maneras se debe tomar precauciones al manipular a estos animales y utilizar guantes descartables para evitar el contacto directo (sobre todo si se es alérgico). Recordemos además que aunque la medusa o agua viva, esté muerta, los cnidocitos permanecen vivos varios días.

De acuerdo a su morfología, hábitat y locomoción los Cnidarios se organizan en tres grandes grupos: Hydrozoa, Scyphozoa y Anthozoa. Los primeros son los más primitivos y el único grupo con representantes de agua dulce. Se trata de un pólipo solitario de cuerpo cilíndrico (*Hydra vulgaris*), de pocos milímetros, de color anaranjado con varios tentáculos rodeando su boca que contiene grandes cantidades de cnidocitos para la defensa y alimentación. Se pueden encontrar en la mayoría de los estanques de agua fresca, lagos y arroyos de regiones templadas. La sorprendente capacidad regenerativa de las hidras hace creer que la hidra es una animal que no envejece. Entre los representantes medusoides de este grupo se encuentra “el barco de guerra portugués” (*Physalia*).

Los antozoos pueden ser pequeños pólipos que forman parte de la “roca viva” de los acuarios o los grandes corales “de fuego” del orden *Milleporina*. Se encuentran también corales incrustantes que forman capas sobre las rocas. Todos se alimentan en aguas argentinas.

Los Escifozoos son mayoritariamente medusas. Un caso excepcional lo constituye el género *Casiopea* cuyo modo de vida es muy interesante pues nada como medusa pero se alimenta como pólipo. La medusa sombrilla, medusa luna o medusa platillo (*Aurelia aurita*), una representante de este grupo, tiene un cuerpo circular, en forma de copa, de color transparente o ligeramente azulado o rosado. Su cuerpo o “s sombrilla” está rodeado por cientos de largos y delgados tentáculos filamentosos y urticantes, que capturan y paralizan el zooplancton del que se alimenta. Posee en la parte maciza de su cuerpo cuatro gónadas con forma de herradura dispuestas simétricamente alrededor del centro de la masa corporal, que

sirven para su identificación. En los machos, las gónadas son blancas o amarillas, y en las hembras, rosas o moradas. Esta medusa nada contrayendo su cuerpo con ondulaciones regulares. Se la encuentra, solitaria o en grupos, tanto en alta mar como cerca de la costa. Frecuentemente viaja a la deriva con el plancton, arrastrada por la corriente. A veces es lanzada a tierra en gran número.

Cuando observamos una anémona de mar u otro tipo de pólipo las asociamos a exóticas plantas. Esto mismo les ocurría a los naturalistas de la antigüedad, que llamaron a este grupo de Cnidarios "Antozoos" (del griego Anthos=Flor / Zoon=Animal) o sea: "animales flor". Llegaron incluso a considerarlos un reino "intermedio" entre animales y plantas. Su principal característica es que el celenterón o cavidad gastrovascular está dividida por numerosos septos o tabiques incompletos. Estos producen un considerable aumento de la superficie digestiva, optimizando esta función. Por eso se consideran el más evolucionado de los Cnidarios. Algunos de los ejemplos más conocidos son las gorgonias, similares a abanicos (*Ptilosarcus gurneyi*) o plumas de mar, el "coral azul" del género *Heliopora* y el "coral órgano" o *Tubipora*, con su rojo esqueleto calcáreo. Se destaca una extraña colonia de pólipos de forma arriñonada (*Renilla*), con individuos de color blanquecino que poseen una ligera luminiscencia. Este género es muy abundante en el Golfo San Jorge (provincia de Santa Cruz).

Menos conocidos pero no menos interesantes son los representantes del Phylum Ctenophora, "portadores de peines" representados por menos de 100 especies, que se encuentran distribuidos en todos los mares, especialmente en aguas cálidas. Deben su nombre a las ocho filas de láminas con forma de peine que usan para la locomoción. Los nombres comunes para los ctenóforos son «nueces de mar» y «medusas con peines». Éstos no tienen cnidocitos como los Cnidarios, salvo una especie *Haeckelia rubra*, (en honor de Ernst Haeckel, biólogo y filósofo alemán) que lleva nematocistos en ciertas regiones de sus tentáculos. Se alimentan de los Cnidarios (pólipos y medusas). Son animales nadadores, de vida libre, excepto unas pocas formas reptantes y sésiles. Pese a su capacidad de nado, viven generalmente en la superficie del agua, aunque a veces se encuentran a considerable profundidad, donde quedan a merced de las mareas y de las fuertes corrientes.

Habitualmente se escapan de las tormentas nadando hacia abajo. Se desplazan con sus peines (o paletas natatorias) para propulsarse hacia delante. Los cuerpos frágiles y transparentes de los ctenóforos se ven con facilidad por la noche cuando emiten luz ya que son bioluminiscentes³.

El desplazamiento de organismos

Si de organismos que nadan activamente se trata, el necton presenta una exquisita variedad de seres vivos que comparten el mismo hábitat. Una enorme cantidad de especies e individuos, establecen complejas relaciones y asociaciones. Se encuentran representados por individuos muy pequeños hasta los más grandes, los cetáceos. Consideraremos a aquellos que viven inmersos en las aguas y también a los que dependen de estos espejos mojados para su sustento. A los que soportan fluctuaciones en la salinidad o la temperatura, se los denomina eurihalinos o euritermos, mientras que los que no resisten estos cambios se denominan estenohalinos y estenotermos. Es en función de estas tolerancias (y otros factores) que se encuentran distribuidos en el gran charco del planeta Tierra.

En honor a la importancia que tuvieron en la medicina, mencionaremos en primer término a las sanguijuelas. Estos hirudíneos que poseen un cuerpo segmentado y dividido por regiones, se encuentran principalmente en agua dulce (también hay algunas sanguijuelas marinas).

Destacaremos a la *Hirudo medicinalis*. La terapia con sanguijuelas ha sido útil y segura para aliviar la congestión venosa en tejidos comprometidos y evitar la necrosis tisular irreversible en cirugías reconstructivas debido a su capacidad para drenar el exceso de fluidos en los tejidos a través de mordeduras resistentes a la formación de coágulos. Pero la terapia medicinal con *H. medicinalis* no está exenta de riesgos debido a que estos individuos en su intestino son portadores de bacterias (*Aeromonas hydrophila*), con las cuales tienen una relación simbiótica ya que éstas proveen enzimas proteolíticas para digerir la sangre. La incidencia exacta de las infecciones asociadas a la terapia con sanguijuelas es difícil de de-

3 Observados en el trabajo de campo realizado en el contexto de la investigación conjunta del Proyecto Hippocampus (Brasil), a cargo de la Dra. Rosana Silveira, y el Museo de Ciencias Naturales del ISFD 35 (Argentina) representado por Héctor Méndez, Dante Tegli y Paula Silva, con el fin de determinar la existencia de caballos marinos (Hippocampus) en el estuario. <http://youtu.be/ZZCRDmVxkUI>

terminar y van desde celulitis o un absceso local hasta pérdidas extensas de piel y complicaciones como sepsis y meningitis.

Si de crustáceos se trata, podemos incluir cirripedios, copépodos, anfípodos, cumáceos, isópodos, eufausiáceos (dieta exclusiva de ballenas antárticas) y decápodos, representados por numerosas especies de cangrejos, langostas y camarones. Son un grupo de gran importancia dada su distribución, abundancia y variedad, calculadas en 52000 especies .

¿Los crustáceos poseen en general, una “envoltura externa” de mayor o menor dureza, denominada caparazón o exoesqueleto. Decimos «en general» porque una excepción a esta regla lo representan las llamadas pulgas de agua (*Daphnia pulex*) de pequeño tamaño (hasta menos de un milímetro) que poseen una envoltura débil. Algunas veces las pulgas de agua pueden ser usadas en ciertos ambientes para probar los efectos de toxinas en el ecosistema, como especies indicadoras, particularmente útiles en el área, debido a su corto ciclo de vida y capacidades reproductivas. Al ser sus órganos internos prácticamente translúcidos, son fáciles de estudiar especímenes vivos y apreciar los efectos de la temperatura en estos organismos ectotérmicos. Entre estos efectos están las alteraciones de su metabolismo.

En cambio en otros grupos, como las centollas, langostas de mar o cangrejos poseen un exoesqueleto muy resistente debido a la quitina que presentan en sus envolturas.

En cuanto al hábitat, los crustáceos pueden encontrarse tanto en la tierra como en el agua, los acuáticos pueden ser dulceacuícolas (*Aegla platense*) o marinos como el cangrejo del fango (*Neohelice granulata*, antes *Chasmagnathus granulata*) de cuerpo marrón y grandes pinzas rosadas, con las que construye cuevas en el barro y entre las plantas de la orilla. Se lo encuentra en un sustrato limoso-arcilloso (fango) que es cubierto y descubierto con la fluctuación del agua según la variación de las mareas, dando lugar al típico cangrejal.

En el estuario de Bahía Blanca o en el de Mar chiquita, podemos encontrar al cangrejo violinista (*Uca uruguayensis*). Los machos de esta especie tienen una pinza mucho más grande que la otra, de aquí proviene su nombre. Se encuentra en el sector más alejado del agua, sobre un sustrato limoso-arenoso poco húmedo y bien consolidado. Es común verlos en época estival asomar de pequeños orificios en la arena.

El crecimiento de los crustáceos se produce a saltos. Cambian periódicamente su exoesqueleto. Este proceso de muda es interesantísimo: al mismo tiempo que el animal deja su “ropa chica” aumenta de tamaño de forma considerable, a

tal punto que si uno puede observar este proceso con animales en cautiverio o si encontrase un animal y su reciente muda, dudaría que fuese del crustáceo en cuestión. Las mudas son más frecuentes en individuos juveniles. Al llegar a estado adulto lo hacen de manera menos frecuente o su muda cesa definitivamente.

En la región de Mar Chiquita habita también un crustáceo en relación estrecha con los arrecifes que construye el poliqueto invasor, (*Ficopomatus enigmaticus*), entre cuyos “bochones” encuentra alimento y refugio. Se trata de un representante de los anfípodos (*Monocorophium insidiosum*), grupo que no posee caparazón como los anteriores, y su cuerpo está completamente comprimido lateralmente. Este anfípodo construye tubos de lodo y detritos en las gramíneas, generalmente en aguas salobres poco profundas submareales, tales como lagunas, canales y ríos. Se lo encuentra asociado también a diversas algas (como *Ulva rigida*, y *Polysiphonia sp.*). En la zona de Santa Clara, es posible encontrar diversos anfípodos (como *Caprella equilibra*, *Caprella dilatata* y *Melita palmata*). Bastará con recorrer las escolleras, buscar entre las rocas manojos de algas y con mucha paciencia observar la vida que vive en la vida.

Es el turno de los Oniscoideos y sus familiares, es decir de los Isópodos. Estos crustáceos dominaron todos los hábitats. El más conocido es el bicho bolita (*Armadillidium vulgare*), un Oniscoideo colonizador, que hace del ambiente terrestre su lugar. Se procuran lugares húmedos donde pueden proteger su “gota de vida”, es decir, de agua, para continuar respirando. Es que todos los isópodos respiran por branquias y estos virtuosos afortunados de la selección natural que han colonizado nuestras casas y jardines, no son la excepción a la regla. Actualmente se han registrado más de 4000 especies de Isópodos, pero se cree que hay cientos o miles de especies aún no descritas.

Camarones y langostinos, son crustáceos decápodos de nuestro mar. El alto valor comercial de algunas especies, convierten al langostino (*Pleoticus muelleri*) y al camarón estilete (*Artemesia longinaris*) en dos de los más buscados en los muelles marplatenses. Éstos, además de ser consumidos como alimentos por los seres humanos, también son alimento preferencial de peces y otros crustáceos de gran tamaño.

Anomuros designa cangrejos que poseen cola corta y blanda y Braquiuros, a los de colas duras, denominados “verdaderos cangrejos”. Entre los anomuros, se destaca el llamado cangrejo ermitaño. Este decápodo anomuro vive normalmente metido en conchillas de caracoles abandonadas en las playas. Introduce su abdomen blando y se apropia del lugar. Suele ocupar cuanto objeto encuentre y garantiza su protección y comodidad para el desplazamiento. Tienen desde es-

casos centímetros a 20 centímetros de longitud en las profundidades. Dentro del grupo de usurpadores solitarios podemos nombrar a *Loxopagurus loxochelis* y a *Pagurus exilis*.

Volviendo a los que llamamos verdaderos cangrejos, estos individuos de cola corta (Brachy = corta / Uro = cola) suelen estar en zonas de intermareal, donde pasan mucho tiempo bajo piedras o algas del lugar durante la bajamar. También los hemos visto construyendo cuevas profundas que abren y cierra periódicamente. Dentro de los cangrejos de las rocas encontramos a uno, con un caparazón casi hexagonal, rugoso y con dientes laterales (*Cyrtograpsus angulatus*). Si bien abunda en la laguna Mar chiquita, se extiende ampliamente desde Río de Janeiro hasta la Provincia de Santa Cruz.

Sobre moluscos y bivalvos

Otro numeroso grupo son los moluscos, con más de 100 mil especies, los cuales se distribuyen en todos los charcos de agua, sean dulces o salados.

Entre los caracoles de agua dulce y de gran importancia tenemos a los del género *Biomphalaria* que con solo 18 mm de diámetro proliferan en aguas quietas y lagunas. Este caracol es pequeño y marrón, lo que lo hace algo difícil de encontrar. Son agentes de propagación de una peligrosa enfermedad parasitaria denominada esquistosomiasis (o "Enfermedad de las Represas"). El parásito es de origen africano y se cree que llegó a América traído por los esclavos. Si bien los caracoles *Biomphalaria* son nativos de América, fortuitamente resultaron ser convenientes huéspedes para uno de los estadios de vida del parásito africano. Se convierten así en agentes de propagación de la enfermedad.

En los últimos años la enfermedad se ha extendido al sur de Brasil a causa de las numerosas represas que se han construido en las cuencas fluviales de la región. Las aguas quietas de estos nuevos y enormes lagos como Yacyretá, han causado un gran incremento en las poblaciones de caracoles de este género, aumentando las posibilidades de infección y expandiendo las zonas afectadas. Así es que la enfermedad ya se ha detectado en el norte de Argentina. Se han reportado casos en la provincia de Corrientes. La eventual llegada a la zona platense sería un serio problema, ya que científicos han demostrado en laboratorio que, al menos una de las especies de *Biomphalaria* que viven en la región del Río de la Plata, también podría actuar como posible hospedador del parásito.

La mayoría de las especies de caracoles prefieren aguas lentas con suaves corrientes y tan solo unas pocas se han adaptado a ríos con fuertes corrientes.

Otro caracol habitual en acuarios es *Physa*, de menor tamaño, ya que no supera los dos centímetros, con su conchilla romboidal, color caramelo, camina sobre la parte interna de la película de agua de las peceras y charcos de agua dulce, como desafiando la tensión superficial.

Entre representantes marinos contamos con caracoles, almejas, pulpos y calamares, ostras y babosas marinas. La malacología es la rama de la ciencia que estudia a los moluscos. Incluyendo su taxonomía, ecología, paleontología y evolución. Los conocimientos de la malacología se usan en aplicaciones médicas, veterinarias y agrarias. La malacología contribuye al conocimiento y estudio de la biodiversidad, por medio de inventarios de ejemplares de moluscos y el estudio de los mismos. Estos estudios pueden utilizarse en análisis del impacto ambiental, ya que los moluscos pueden utilizar como bioindicadores de las condiciones físicas químicas y biológicas del medio, y por lo tanto permiten la detección de factores disruptores de su equilibrio. La malacología también está asociada con el estudio de diversos fenómenos de simbiosis y parasitismo, ya que muchos mariscos y peces utilizados para la alimentación humana pueden ser hospedadores o vectores de otros organismos⁴.

En una expedición paleontológica del Museo de Ciencias Naturales del IFD 35 de la provincia de Buenos Aires⁵, en busca de evidencias de ingresiones marinas, encontramos restos de conchillas de moluscos marinos en sedimentos marinos pero... ¡a 350 km de la costa!

Tapizando las rocas de la zona costera con un manto violáceo, un mejillín (*Brachidontes rodriguezii*) recubre las rocas a las que se adhiere mediante filamentos secretados por una glándula especial en la base del pie. Se caracteriza por ser el individuo dominante de la zona. Puede alcanzar una densidad de casi 170.000 individuos por metro cuadrado. Este dominó eterno además sirve de sustrato para las algas y otros organismos que se asocian al mejillinar.

La pequeña lapa pulmonada *Siphonaria lessoni*, que habita desde Santa Catarina (Brasil) hasta Tierra del Fuego (Argentina), puede ser encontrada en las

4 La malacología ha inspirado hobbies que se han transformado en parte de sus vidas, como le sucede al integrante de Les Luthiers, Carlos Nuñez Cortes. El destacado coleccionista de caracoles y autor de Cien caracoles argentinos, (lectura recomendada para disfrutar en las playas), posee una colección personal de 4000 caracoles marinos!

5 Expedición paleontológica del Museo de Ciencias Naturales del ISFD35, en busca de evidencias de ingresiones marinas en la provincia de Buenos Aires (Argentina) <http://youtu.be/jLNGoYZ2PKE>

rocas de Mar del Plata. *S. lessoni* pertenece al intermareal superior. Las rocas a las que se encuentra asociada la pequeña lapa, quedarán sumergidas durante las pleamares, momento en el cual la lapa saciará sus requerimientos alimenticios. Cuando las rocas quedan al desnudo, y como respuesta a la desecación, la insolación y las temperaturas extremas, las lapas presentan un comportamiento gregario, razón por la cual las encontramos amontonadas en grietas y fisuras de las rocas durante la bajamar.

El caracol trompo o *Tegula patagonica*, con su conchilla resistente, tan característica de la especie, habita nuestras costas. Este gasterópodo intermareal se alimenta de algas y pequeños animales (juveniles de bivalvos). Si estamos atentos nos encontraremos con bivalvos excavadores en las playas arenosas.



Figura 4.1

- 1- *Aequipecten tehuelchus*
- 2- *Amarilladesma mactroides*
- 3- *Crepidula aculeata*
- 4- *Ostrea equestris*
- 5- *Amiantis purpurata*
- 6- *Pitar rostratus*
- 7- *Donax hanleyanus*
- 8- *Mactra isabelleana*
- 9- *Tagelus plebeius*
- 10- *Brachidontes rodriguezii*
- 11- *Glycymeris longior*
- 12- *Tegula patagónica*
- 13- *Plicatula gibbosa*
- 14- *Siphonaria lessoni*
- 15- *Buccinanops globulosus*
- 16- *Buccinanops cochlidium*
- 17- *Olivancillaria urceus*

Fuente: Adaptado de Boschi, E y Cousseau, M.B. La vida entre mareas: vegetales y animales de las costas de Mar del Plata, Argentina. INIDEP,2004.

Cuando el mar no es tan azul

En el estudio de las comunidades y biocenosis, hay dos aspectos relevantes. Uno es el ecológico, y el otro, es estrictamente biológico. Este último, y en el que nos centraremos, concierne a los factores naturales que integran y caracterizan la unidad del lugar, sea residencia ecológica o biotopo. Este aspecto ecológico obliga a investigar el grado de fidelidad de los organismos respecto de los factores o condiciones del medio en el que se encuentran. Llamamos fidelidad ecológica (Sarmiento, 2001) al grado de restricción de una especie a una situación en particular. Cuando una especie tiene una fuerte preferencia por una comunidad o se restringe siempre a ella posee fidelidad ecológica. Esto a su vez determina y establece diferentes categorías: indiferentes (especies sin fidelidad), accidentales (especies que se encuentran en ese ecosistema casualmente), accesorias (especies que pueden o no estar presentes sin comprometer al sistema), electivas (especies que eligen estar allí por estaciones o temporadas), preferentes (especies de fidelidad que prefieren el sitio a pesar de que podrían sobrevivir en otros) y exclusivas (especies con la fidelidad más alta y únicas de ese sistema de forma permanente).

Es entonces que el conocimiento de las correlaciones entre los elementos vivos de la comunidad y el grado de fidelidad ecológica a las condiciones del biotopo, permiten reconocer y determinar las distintas asociaciones. Entender qué ocurre en un ecosistema, el estudio de la diversidad y abundancia de especies, las relaciones que se establecen con ecosistemas circundantes, el espacio que ocupan determinados organismos, la consecuente identificación de hábitats, la proliferación y reducción de especies (o su desaparición) como así también las relaciones de predación, simbiosis, mutualismo, competencia (entre otras), nos ayudará a comprender el tenue equilibrio de las profundidades.

A veces el mar sorprende con extraños colores. Cuando la concentración del plancton en el agua es muy alta (millones de microorganismos por litro), se altera su aspecto y se evidencian diversas tonalidades. ¿Por qué nos interesa el estudio de las proliferaciones fitoplanctónicas? Es que sus efectos sobre el ecosistema incluyen la incidencia sobre otros organismos, tanto del fitoplancton como del zooplancton y a su vez del hombre. Un desarrollo desmedido y repentino de la población de fitoplancton trae asociado un desequilibrio. Es este desequilibrio el que, frente a la vieja idea de un mar como sistema homogéneo, nos obliga ahora a pensar en un sistema dinámico y en permanente cambio.

Estas alocromías o *extraños colores*, son el resultado de la confluencia de circunstancias diversas. Calma o ausencia de vientos que produzcan la mezcla del agua superficial con aguas profundas, la transparencia y penetración de la luz, la estratificación de la temperatura, las condiciones de salinidad (más elevada de lo normal) y una mayor concentración de CO_2 y O_2 disuelto, favorecen las proliferaciones fitoplanctónicas. Estas variaciones de diversos colores habitualmente se distribuyen en aguas costeras, en forma de franjas, estrías o manchas, que no superan normalmente pocos metros de espesor, aunque se pueden extender por cientos de kilómetros.

La teoría endosimbiótica postula que organelas como los plastos y las mitocondrias, habrían tenido su origen en organismos procariontes que después de ser englobados por otro microorganismo, habrían establecido una relación de endosimbiosis entre ambos. Esta teoría fue popularizada por Lynn Margulis en 1967, con el nombre de *Endosimbiosis en serie*. En la actualidad, se acepta que las mitocondrias y los cloroplastos de los eucariontes procedan de la endosimbiosis. Evidencias de esto es el hecho que el tamaño de las mitocondrias es similar al tamaño de algunas bacterias y la presencia en las mitocondria y los cloroplastos de un ADN bicatenario circular cerrado covalentemente, al igual que los procariontes, mientras que el núcleo eucariota posee varios cromosomas bicatenarios lineales. Además estas organelas (mitocondrias y cloroplastos) están rodeadas por una doble membrana, lo que concuerda con la idea de la fagocitosis. La membrana interna sería la membrana plasmática originaria de la bacteria, mientras que la membrana externa correspondería a aquella porción que la habría englobado en una vesícula.

Pero retomando el tema, ¿cómo interpretar estas descoloraciones y que significado tienen? ¿Cómo saber si existe relación entre las mareas rojas y las intoxicaciones? ¿Hay «*mareas rojas*» tóxica y toxicidad sin discoloraciones perceptibles? Mediante la caracterización de los responsables “coloristas” como los denominan, recorreremos la ruta de las toxinas, desde el agua hasta el hombre.

Los cambios espontáneos en el color del agua debido a la abundancia inusual de microorganismos del plancton, comúnmente llamadas “mareas rojas” no siempre se relacionan con intoxicaciones, ya que la toxicidad depende de la especie de microorganismo en cuestión. Estos organismos pueden afectar a otros invertebrados, peces, moluscos y bivalvos. La ingesta, por parte del humano, de alguno de estos individuos es lo que termina afectándolo. Como dijimos también existen proliferaciones fitoplanctónicas que no se registran como marea roja porque no alcanzan a modificar la coloración del agua de manera importante, o

simplemente carecen de pigmentos y no son fotosintéticos, pero que tienen las mismas consecuencias que las “mareas rojas” que colorean el agua.

Bajo ciertas condiciones ambientales, una o más especies se pueden reproducir con gran rapidez, alcanzar cifras poblacionales muy elevadas y predominar sobre el resto de los organismos. A este fenómeno se lo conoce como “floración” y si esta floración se da muy cerca de la superficie puede causar una descoloración, que tendrá tonalidades rojizas, amarillentas, azules, marrones o verdosas, según el tipo de pigmento que presenten los organismos que se reproducen. Es el caso de la floración de *Asterionella japonica*, una diatomea de forma estrellada, (vulgarmente llamada “yodo” y utilizada como “bronceador”) que se observa como espuma amarillada en las rompientes, durante los veranos, en las costas bonaerenses.

También son frecuentes las alocromías o floraciones en cuerpos de aguas continentales, principalmente en aquellos que tienen circulación reducida o nula, como charcas permanentes, lagos y lagunas. En ambientes continentales los organismos que provocan estas discoloraciones son básicamente las algas azules o cianofíceas, y las algas verdes o clorofíceas, como las euglenas y diatomeas. Un caso para destacar es la coloración rosácea de las lagunas de la provincia de Santa Cruz, ocasionada por la floración de un alga unicelular biflagelada (*Chlamydomonas sanguinea*).

A nivel mundial, se ha confirmado que un 7por ciento de las especies de organismos que componen el fitoplancton del océano producen proliferaciones súbitas . Este es el caso de organismos como las cianobacterias, diatomeas y dinoflagelados.

Los dinoflagelados, son un extenso grupo de protistas flagelados (del griego *dinos*= girar y del latín, *flagellum* = látigo). Estos microorganismos son unicelulares (aunque pueden formar colonias) y forman parte del fitoplancton marino o de agua dulce. Su tamaño fluctúa entre 20 y 500µm, por lo que se les ubica dentro del microplancton (aunque algunos como los del género *Noctiluca* puede alcanzar hasta 2mm de diámetro).

Pueden ser divididos en dos grandes grupos diferenciados por la presencia o ausencia de placas en su anfiema, por lo que se les denomina “tecados” o “atecados” respectivamente. Se denomina anfiema a la cubierta celular compleja que presentan estos organismos, integrada por vesículas planas llamadas alveolos. En algunas especies, éstas se apoyan en placas de celulosa entrelazadas que componen una especie de armadura la cual se denomina teca. Las células sin armadura o «desnudas» tienden a ser frágiles y a deformarse fácilmente, mientras

que la pared celular de los dinoflagelados armados es más rígida e inflexible. La teca o cobertura de la pared celular exhibe diversas formas en la morfología externa dependiendo de la especie. De los dos flagelos que presentan, uno de ellos rodea la célula transversalmente, se denomina flagelo transversal y le permite un movimiento giratorio distintivo del cual proviene su nombre, el otro localizado en el lado posterior de forma longitudinal, funciona como timón y es responsable de su movimiento vertical, éste se denomina flagelo longitudinal. En muchas especies estos flagelos se alojan en ranuras denominadas, *cíngulo* en el caso de la transversal y *sulcus*, la longitudinal.

Protistas letales

La mortalidad de los animales ectotermos o endotermos no siempre se debe a los tóxicos sino que el número superabundante de microorganismos puede causar asfixia por taponamiento de las branquias y directamente por consumo de todo el oxígeno disuelto.

La gravedad de las intoxicaciones varía con el tipo de tóxico, la concentración del mismo en los vectores (invertebrados y peces) y una posible resistencia adquirida a las diversas toxinas. Las más importantes de las toxinas son la paralizante, la brevetoxina, la ciguatérica y la diarreica. La intoxicación con la toxina ciguatera se caracteriza por una combinación de síntomas neurológicos y digestivos. Esta toxina llega al hombre mediante el consumo de caracoles, cangrejos y peces que se alimenten de los organismos productores del tóxico. Un representante responsable de esta toxina es un dinoflagelado tecado (*Gambierdiscus toxicus*).

En el caso de toxinas diarreicas están asociadas a dinoflagelados del género *Dinophysis* y en el Mar Argentino se registran datos relacionados con las especies *D. acuminata* y *D. fortii*. La toxina se concentra en moluscos (vieiras, mejillones y almejas) y de allí sigue su camino hasta el hombre. Los efectos de esta intoxicación no son letales, merman transcurridos dos o tres días y son más bien de tipo digestivo. Causan náuseas, vómitos, fuertes dolores de vientre y diarreas. Los síntomas neurológicos no son de importancia en este tipo de toxinas.

La TPM o toxina paralizante de moluscos, es la que merece mayor respeto. Los géneros productores de esta toxina son: *Gymnodinium*, *Pyrodinium* y *Alexandrium*. Del género *Gymnodinium*, sólo una especie es la productora de este tóxico. Se trata de *G. catenatum*, la particularidad de estos individuos es que se presentan unidos unos a otros formando "cadenas". Se han encontrado (aunque como casos aislados) en aguas de la provincia de Buenos Aires. Mientras que las especies del

género *Pyrodinium*, se extienden en aguas cálidas, las del género *Alexandrium* colonizan cuanto espacio pueden, presentando una amplia distribución geográfica en aguas cálidas y templadas. *A. fundyense* y *A. catenella* son sólo dos de los tantos representantes que posee este género.

Las diatomeas, con sus variadas formas y diseños exquisitos, eran hasta el momento las mimadas del plancton, inofensivas en lo que de intoxicaciones se trata. Actualmente se han encontrado relaciones entre estas esmeriladas algas y toxinas letales. Las pocas especies relacionadas con las toxinas pertenecen al género *Pseudonitzschia*. Se las encuentra en aguas argentinas aunque no se han detectado hasta el momento intoxicaciones en humanos. Sí en los organismos que se alimentan de diatomeas (aves que se alimentan de peces que a su vez se han alimentado de estas algas unicelulares) que pueden llegar a morir.

Los síntomas que evidenciarían la presencia del ácido domoico en los seres humanos son las náuseas, vómitos, dolores fuertes de vientre, diarreas sanguinolentas seguidas ocasionalmente de trastornos neurológicos como el vértigo, confusión mental, debilidad y/o somnolencia. La eliminación de la toxina es rápida.

Debemos destacar que de las características de estos individuos y el tipo de toxina que producen, es la TPM la más importante por su frecuencia y alta toxicidad. Es el toxico marino más potente. El consumo de moluscos bivalvos con TPM produce un efecto anestésico y de parálisis en la región del tórax, causando la muerte en menos de media hora. Es por ello que deben tomarse estrictas medidas preventivas y para el caso, el SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Animal) realiza controles toxicológicos, tomando muestras de moluscos en diversos puntos del litoral argentino y se utilizan ratones de laboratorio para medir la toxicidad presente o no en las muestras de moluscos. Los resultados se expresan en UR (Unidad Ratón) o en equivalentes a microgramos de una toxina patrón.

En los casos que las toxinas sobrepasen los niveles determinados, el SENASA establece una veda para la pesca comercial y la venta de moluscos en las zonas de incumbencia (Sar, et. al., 2010) y deben garantizarse estas instrucciones para evitar intoxicaciones masivas o riesgos mayores.

Historia de una invasión

¿Qué sucede cuando se introduce una especie en un ecosistema donde no se encontraba de forma natural? ¿Son los ecosistemas flexibles y capaces de sobrelevar el cambio, o puede una nueva llegada tener repercusiones de gran impacto

y provocar un daño permanente? ¿Se perderá algo especial para siempre?

En los últimos tiempos el deterioro y los cambios de los ecosistemas acuáticos han evidenciado alteraciones a escala global y regional. En algunos casos estos cambios favorecen más a las especies alóctonas⁶ que a las autóctonas.

Cuando se introducen nuevas especies en un ecosistema “en equilibrio” puede ocurrir que ésta sea depredada o eliminada por competencia con alguna especie nativa del ecosistema y desaparezca o que la especie nueva no tenga predadores o competidores, se expanda rápidamente, incremente el tamaño de su población y altere el “equilibrio” preexistente. En este caso el impacto es profundo, ya que la situación repercute en problemas ambientales y económicos importantes y esto es lo que observaremos en los casos que se tratan en este apartado.

Se estima que, de cada diez especies introducidas, sólo una consigue establecerse y naturalizarse, y que, de cada diez especies naturalizadas sólo una se transforma en invasora y en general suelen definirse en función de los daños que causen⁷. Citaremos algunos ejemplos de invasiones y otro de invasores “for export”.

Las montañas, los océanos, los ríos y los desiertos, actuaron de barreras naturales ofreciendo un aislamiento reproductivo que permitió la evolución de especies y ecosistemas únicos y diversos, pero con el desarrollo del comercio y otras actividades como el turismo, estas barreras se han tornado ineficaces. Los barcos son efectivos transportes para seres humanos pero también para plantas, animales y otros organismos que viajan como parte del agua de lastre o bien, adheridos al casco. Como resultado de estos movimientos a través del mundo, numerosas especies han atravesado barreras biogeográficas naturales entre continentes y océanos. Es ésta una de las posibles maneras en las que ha llegado a nuestras costas el anélido poliqueto *Ficopomatus enigmaticus*, en cascos de embarcaciones o en el agua de lastre.

En la laguna costera de Mar Chiquita (Argentina) la presencia de este anélido poliqueto, constructor de arrecifes, ha modificado notoriamente el paisaje del área. Esto ocasiona serias alteraciones ecológicas, ya que las condiciones físicas y

6 Se entiende por especie exótica, introducida o alóctonas a aquella que no es originaria del lugar y que ha sido introducida por el hombre desde otras regiones en forma intencional o accidental (esto incluye semillas, huevos o gametos de dicha especie, que puedan sobrevivir y reproducirse).

7 12 Se entiende por “daño significativo sobre los ecosistemas o sobre la economía” los cambios más rápidos de lo que los ecosistemas nativos pueden tolerar, modificar ciclos de nutrientes, hidrología, régimen de fuego, energía, formar masas de vegetación de una sola especie reemplazando a comunidades de mayor diversidad, “desequilibrar” las relaciones ecológicas causando extinciones, entre otras.

biológicas que presenta este cuerpo de agua son favorables para el asentamiento de la especie. *F. enigmaticus*. Se trata de un poliqueto sésil de 1 a 2 mm de diámetro y de hasta 30 mm de largo que construye tubos calcáreos de color blanco. Puede constituir colonias muy extensas formando arrecifes calcáreos de forma cilíndrica, en sustratos artificiales o naturales. Esto ocasiona cambios geomorfológicos y genera nuevos hábitats (aumentan la heterogeneidad espacial) que favorecen a organismos epifaunales (poliquetos, anfípodos, cangrejos) y por lo tanto la distribución y abundancia de la fauna acompañante.

Cada arrecife de *F. enigmaticus* está formado por cientos de miles de estos gusanos que construyen tubos calcáreos individuales a medida que van creciendo. La forma y el tamaño de estos arrecifes varían según el lugar donde se encuentren, pero en general son circulares cuando se los halla en áreas planas y amplias de la laguna, y semicirculares en las márgenes de canales artificiales y arroyos.

Su velocidad de crecimiento es muy variable y depende de las condiciones ambientales físicas, químicas y biológicas en espacio y tiempo. En promedio, incrementan su diámetro en 8,6 cm por año y normalmente crecen equitativamente en todas direcciones. Los arrecifes más pequeños crecen proporcionalmente más rápido que los de mayor tamaño, y todos muestran un mayor crecimiento en verano que en invierno. Los tamaños máximos observados en la Argentina alcanzan los 7 m de diámetro y 0,5 m de altura .

Esta forma biológica se desarrolla naturalmente en aguas salobres y poco profundas y con baja velocidad de corriente. Para generar un nuevo arrecife, usan la concha de un caracol (*Adelomelon brasiliana*), responsable de las cápsulas con embriones que nadan a merced de la corriente. Estas pequeñas piletas, llamadas "ootecas" son muy comunes en nuestras playas. Es interesante mencionar que este gasterópodo habita en ambientes exclusivamente marinos y por lo tanto no se encuentran adultos viviendo dentro de la laguna. Las conchas utilizadas por los poliquetos provendrían entonces, de los estratos fósiles observados en las márgenes de la laguna que se van erosionando.

Como núcleo natural también pueden utilizar las valvas de la almeja *Tagelus plebeius*, más conocida como "navaja" o "uña de abuela" por su forma rectangular y sus bordes sumamente cortantes, y trozos de otros arrecifes vivos o muertos. Dentro de los núcleos artificiales, *F. enigmaticus* utiliza, entre otros, los pilares de estructuras como puentes o muelles, botellas, latas y ollas enlozadas. Eso prefirieron los *F. enigmaticus* que construyeron sus tubos en la olla que tenemos en

exhibición en una de las vitrinas del ISFD⁸ en el que trabajo, recolectada durante un trabajo de campo, en la laguna, para realizar un relevamiento ambiental de la zona.

Otro caso que requiere nuestra atención y acción es el del alga *Undaria pinnatifida* o "wakame", originaria de Japón, que introducida en Argentina en el año 1992, representa un veloz riesgo en el ecosistema marino: Tan sólo en el Golfo Nuevo (Patagonia norte) logró expandirse impactando negativamente sobre el resto de la biodiversidad a una velocidad de 1,72 km por año. En el 2005, fue registrada en el interior de la Ría Deseado (Santa Cruz, Patagonia austral) y se amplía notablemente su límite de distribución. En esa oportunidad, *U. pinnatifida* se halló colonizando el intermareal inferior y el submareal somero cercano a la Isla Quinta, donde los esporofitos se encontraron fijados al fondo rocoso y a lajas y fragmentos de roca sueltos sobre el fondo de grava y fango. Se trata de una especie altamente invasora que ha sido introducida en diferentes áreas costeras del mundo en forma accidental y también intencional con fines de cultivo. Su alto rango de adaptabilidad la convierte en una competidora sobre las especies nativas y aún no se conocen especies predatoras que puedan controlarla. Impacta no sólo en el ambiente marino sino que en la economía del lugar, en el turismo y hasta en la sociedad. Las alteraciones que estas especies causan en las comunidades ecológicas afectan el funcionamiento y la salud general de los ecosistemas.

Hay otra alga, altamente invasora, recientemente descubierta en los ríos de nuestra Patagonia. Es un alga unicelular (*Didymosphenia geminata*), con una importante capacidad para impactar los ecosistemas acuáticos donde es introducida. Se está expandiendo a escala mundial.

En los últimos años, se ha podido determinar que la llegada de esta especie provoca fuertes declinaciones de algunas especies de fauna nativa y, en particular, de las poblaciones de invertebrados y algunos peces, alterando procesos ecosistémicos. Conocida como "Didymo" o "Moco de roca", es una especie capaz de producir grandes floraciones algales que cubren, con un espesor a veces superior a 20 cm, hasta el 100 por ciento de los sustratos de los ambientes acuáticos, provocando severas alteraciones fisicoquímicas y biológicas en los mismos.

8 Junto a docentes y estudiantes de los profesorado de Ciencias Naturales y Geografía del ISFDyT N°35 Vicente D'Abramo de la provincia de Buenos Aires, realizamos un relevamiento en la zona de la laguna con el fin de evaluar el impacto causado por la especie. Asimismo se recolecto un fragmento de arrecife, con individuos vivos, para su posterior estudio en los laboratorios del Instituto. Hemos realizado un video de la salida con los resultados de la misma. <http://youtu.be/PAXG6vFJdEs>

Especies nativas que han colonizado otras regiones

Hasta aquí casos de invasiones. Ahora presentamos casos donde especies argentinas se comportan como invasoras, como el “Jacinto de agua” o “camalote” (*Eichhornia crassipes*) que además de encontrarse en estado salvaje, se cultiva en jardines de agua y en fuentes.

Es la única especie de su género estrictamente flotante. Habitaba originalmente en las aguas dulces de las regiones cálidas de América del Sur, en las cuencas Amazónica, y del Plata. Originalmente usada como planta ornamental o medicinal, *E. crassipes* se comporta como una de las plantas exóticas invasoras más dañinas del mundo, ya que impide el uso del río por las especies que en él o de él viven. Su crecimiento puede llegar a ser tan abundante que terminan por obstruir los cursos de agua navegables, lo que obliga a limpiarlos de periódicamente y por lo tanto ocasiona un impacto económico.

Los matorrales que flotan en el río se denominan camalotes y sus formaciones son islas flotantes, que con sus raíces entrelazadas, muchas veces arrastran y transportan animales variados como tortugas, culebras, caracoles. De este modo pueden llegar a desarraigar especies nativas emergentes de elevada importancia para la vida silvestre. El tupido dosel que forma en la superficie del agua excluye a las especies nativas sumergidas pues impide que les llegue la luz y disminuye la concentración de oxígeno en el agua con el consiguiente perjuicio a poblaciones de peces.

Otra especie que hemos exportado es un roedor (*Myocastor coypus*) originaria de América del sur (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay, Uruguay). Es un mamífero roedor de unos 60 centímetros de largo (de la punta de la nariz a la base de la cola) y unos 6 o 6,5 kilogramos de peso. Su apariencia general es la de una rata grande, con cuerpo robusto y arqueado. El pelaje superior es más largo y duro, de color castaño rojizo que cubre al inferior, de color grisáceo; el ventral es de color amarillo pálido.

Es una especie estrictamente ligada al medio acuático. Ocupa cursos de aguas, humedales y lagos. De hábitos básicamente nocturnos, el coipú es una especie gregaria que forma colonias integradas por un macho adulto, hembras relacionadas entre sí y sus crías. Escarba madrigueras en las orillas de los cursos de agua y también construye plataformas flotantes con material vegetal. La especie, actualmente establecida en al menos 30 países, fue introducida a partir de finales del siglo XIX, de forma intencional para la explotación de sus pieles. Este roedor es un herbívoro generalista que puede dañar a una amplia gama de plantas. Llega

a causar la extinción local de ciertas especies del género *Nymphaea*, una planta flotante, con hojas sumergidas y flores solitarias, que pueden variar de blancas, a amarillas, rosas, rojas o azules y que sutilmente emergen sobre la superficie de lagos, lagunas y charcas, o arroyos de corriente lenta.

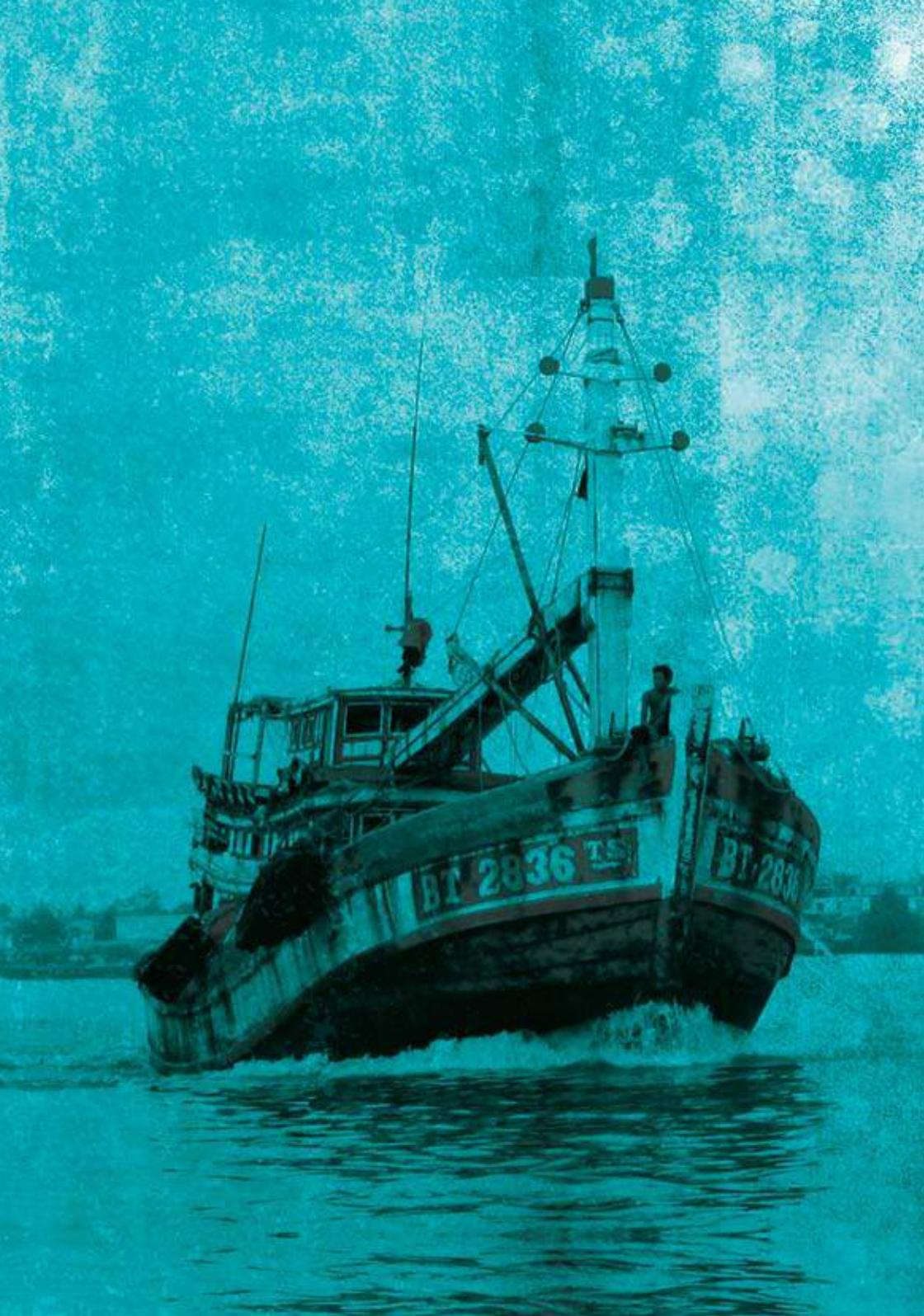
También corre riesgo de extinción por acción del coipú, la totora (*Typha latifolia*) con sus espigas amarronadas y cilíndricas de numerosas flores diminutas que se esparcen con el viento.

En los años 50, amplios parches de vegetación acuática han sido arrasados por el coipú, lo que además redujo notablemente la superficie utilizada por las aves acuáticas para la nidificación, dañando también las zonas de desove de los peces. El coipú impacta afectando y degradando las orillas de los ríos. Amenaza los recursos hídricos, destruyendo las infraestructuras (por ejemplo diques) e incrementando el riesgo de inundaciones. La especie puede también actuar como reservorio y/o vector de agentes patógenos de importancia para la salud humana y animal, tales como la *Fasciola hepatica*⁹.

Existe una increíble variedad de especies que poseen la capacidad, no sólo de moverse a través de un gran número de vías, sino también de establecerse, prosperar y dominar nuevos lugares. Actualmente, las especies exóticas invasoras son la segunda causa de amenaza y extinción de especies, precedida tan sólo por la pérdida de hábitat. Los genes, especies y ecosistemas que conforman la diversidad biológica del planeta son importantes porque su pérdida y degradación disminuye la riqueza del medio natural. No sabemos cómo estimar qué especies son esenciales para el funcionamiento de un ecosistema, cuáles son superfluas y cuáles serán las próximas que prosperarán con los cambios que ocurren en el mundo. Cuando introducimos una especie dentro de un ecosistema, el impacto total no es, generalmente, tangible de forma inmediata.

La invasión de especies puede cambiar hábitats enteros, volviéndolos inhabitables para las poblaciones nativas.

9 La duela del hígado, *Fasciola hepatica* es un platelminto o gusano plano, caracterizado por su forma lanceolada, con dos ventosas, una bucal y otra ventral, y un ciclo biológico con dos generaciones (digeneo) en dos hospedadores, un molusco gasterópodo y un mamífero. Es parásito de los canales biliares y la vesícula biliar de herbívoros y omnívoros, incluido el hombre; es el agente causal de una de las parasitosis más difundidas del ganado, la fascioliasis (o fasciolosis), que es considerada como una de las enfermedades parasitarias más importantes del mundo de los rumiantes domésticos.



CAPITULO V

Impacto ambiental

María Inés Luján Giordano

“Todo es abundante en la naturaleza; pero lamentablemente se ha tirado a destruir, si cabe decirlo así. Por todas partes que se recorra en sus tres reinos: animal, mineral y vegetal, solo se ven las huellas de la desolación, y lo peor es que se continúa con el mismo, o tal vez mayor furor, sin pensar y detenerse a reflexionar sobre la posteridad y que las generaciones venideras llorarán la poca atención que le hemos dado” (Manuel Belgrano, 1810).

En los ríos se han construido represas y diques, como reservorio de fuentes de agua dulce, que se utilizan para diferentes fines como la pesca, el riego, la generación de energía, las actividades recreativas y náuticas y en las industrias. En el siglo XXI, uno de los principales objetivos es proteger las fuentes de agua. En este capítulo analizaremos la acción del hombre (o acción antrópica) en los ecosistemas acuáticos, el impacto ambiental que esa acción produce y las propuestas para minimizarlo.

Según Tello (1998) el agua es un bien común y no puede ponerse precio, sólo adquiere la condición de recurso y tiene precio cuando es apropiada, captada y derivada hacia el sistema socioeconómico. Los recursos se pueden clasificar en naturales: los que obtenemos de la naturaleza (agua, suelo, atmósfera, etc.) o sociales: producidos por la acción del hombre (cultura, arte, etc.). Los primeros, pueden ser renovables o biológicos y no renovables o ambientales. Según Trellez y Quiroz (1995), cuando usamos los recursos que nos brinda la naturaleza se

debe cumplir con tres condiciones: (1) que el elemento exista en la naturaleza y el ser humano lo descubra; (2) que se le dé utilidad o aplicación para satisfacer una necesidad humana; (3) que se desarrolle la tecnología que permita utilizarlo en forma apropiada y racional.

- Los recursos que nos ofrece el agua son:
- la pesca: artesanal, deportiva y comercial
- la energía: mareomotriz, hidroeléctrica, nuclear
- la explotación minera: carbón, petróleo
- los recursos sociales: el turismo.

Los indicadores de la “salud” del agua

El agua potable para consumo, no debe contener agregados. Hoy en día, se ha encontrado contaminación en varios de los reservorios de agua. Para que ésta se pueda consumir se ha legislado la cantidad y limitación de compuestos que un organismo podría tolerar. En América Latina oscila entre 80 y 130 compuestos (Fernández Cirelli y Du Mortier, 2005). En el año 1996, varios países de América Latina, incluida Argentina, firmaron la Declaración de Santa Cruz de la Sierra, donde se determinó la concentración de contaminantes que determinan la calidad del agua, según el uso que se le destine. En 2004, se estableció un anexo sobre la regulación, que evalúa estadísticamente el parámetro estimado (Fernández Cirelli, et al, 2005). En todo el mundo es preocupante la contaminación con tóxicos químicos y nutrientes provenientes de la escorrentía y aguas subterráneas. Según Ouyang (2005), la degradación de la calidad del agua debido a las descargas generadas en terrenos urbanos, rurales y de agricultura, resulta en la alteración de la composición de las especies y la disminución de la salud de la comunidad acuática en el río Paraná (Corrientes, Argentina).

Para identificar el origen de los contaminantes (natural o antrópico) Ruiz Díaz, Flechner, Moresi y Vázquez (2010) evaluaron los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua focalizándose en la materia orgánica biodegradable y relacionándola con la demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días (DBO_5) en el Río Paraná (Corrientes), en distintas estaciones sobre poblaciones de algas. pH, turbidez, conductividad, cloruros, alcalinidad, serie nitrogenada son algunos de los parámetros estudiados. Encontraron que el río cambia favoreciendo el desarrollo de organismos fotosintetizadores como las *Cyanobacteria Microcystis aeruginosa* que causan problemas dérmicos y gastrointestinales sobre el organismo.

Algunos organismos son sensibles a la composición fisicoquímica del agua. Su variación en la concentración en el agua, genera un impacto notorio en la cadena trófica. Como el fitoplancton, se encuentra al inicio de la cadena trófica, las variaciones serán más notorias en sus consumidores. A estos organismos se los conoce con el nombre de bioindicadores. Los peces, el zooplancton y el fitoplancton son muy buenos indicadores de las condiciones en que se encuentra su hábitat.

En los ríos urbanos de Entre Ríos y Mendoza, los macroinvertebrados bentónicos, como los insectos son utilizados como bioindicadores. Éstos, viven en contacto con las sustancias tóxicas de los sedimentos. Otro ejemplo de bioindicadores de contaminación, son los anfípodos (artrópodos), que se encuentran en la cuenca del Río Luján (Buenos Aires). Son consumidores y de ellos se alimentan varias especies de peces.

Hace algunas décadas, en el Lago San Roque (Córdoba), la diversidad de algas alcanzaba las 50 especies. Hoy en día, presenta dos o tres especies dominantes, principalmente cianofitas (*Anabaena spiroides*, *Microcystis aeruginosa*, y la pirrófita *Ceratium hirundinella* (Bonetto, Di Persia, Maglianesi y Corigliano, 1976; Pizzolón, 1999 y Ruibal, et al, 1999). Estas algas cianófitas producen toxinas.

Los ecosistemas lénticos como lagos y lagunas se denominan así porque la tasa de renovación del agua es lenta. Esto se asocia a la circulación de nutrientes y oxígeno, productividad y eutroficación. Esta última ocurre cuando los iones de nitrógeno y fósforo, provocan el crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas, que por su actividad fotosintética y respiratoria, producen cambios fisicoquímicos en el ambiente acuático, con oscilación en la concentración de oxígeno y pH en el día y la noche. También, diferencias de temperaturas entre la superficie y el fondo.

El manejo y uso de fertilizantes y la falta de tratamiento de aguas industriales favorecen la eutroficación (Velásquez, 2011). Cuando ocurre, se observa una coloración verdosa que indica altas densidades poblacionales de microalgas y cianobacterias. La eutroficación es característica de los ríos donde se han construido represas, por ejemplo, el embalse La Quebrada, La Viña, Río Tercero, Piedras Moras (Prosperi, 2002 b).

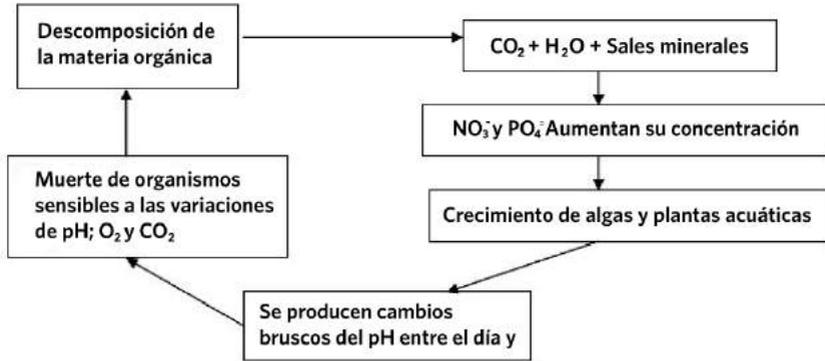


Figura 5.1: Esquema de eutrofización. Extraído de Velásquez, 2011. Ecología. <http://www.scribd.com/doc/75238713/Curso-ecologia-udea>. Consultado 4/8/12

La acción antrópica

Los recursos renovables, tanto en agua continental como marina se están perdiendo, debido a la acción antrópica. Un ejemplo de ello, es la pérdida de la biodiversidad por diferentes motivos como la construcción de centrales térmicas y nucleares, el turismo, entre otras.

Un aspecto importante que lleva al deterioro del ecosistema es la contaminación. Un contaminante es toda sustancia que altera el ecosistema donde se encuentre. Los principales contaminantes del ecosistema acuático son los producidos por la actividad agrícola, ganadera, industrial o doméstica que llegan al agua alterando a los organismos que viven en ella.

Los contaminantes pueden tener origen biológico (bacterias, virus, protozoos, parásitos) o inorgánico (ácidos, sales, metales, fertilizantes, nitratos, fosfatos, aceites, plásticos, pesticidas) y cualquier compuesto radiactivo soluble en agua. Estos últimos pueden tener efectos graves en la salud. La toxicidad de los contaminantes depende de su composición química, concentración y persistencia en el ambiente.

Si bien los metales pesados en su conjunto pueden ser contaminantes del ambiente, cada uno actúa independientemente causando diferentes problemas. Los disueltos en las aguas producen generalmente sofocamiento en los peces, debido a la coagulación de mucoproteínas sobre el epitelio branquial. Esto consti-

tuye un bloqueo del intercambio de gases, la excreción de productos de desecho y la osmorregulación (Jones, 1973).

El mercurio es el más tóxico y no-esencial de los metales pesados. Está ampliamente distribuido en la corteza terrestre y en el medio ambiente acuático. Con su uso extensivo en varias industrias (en la preparación de medicamentos, fungicidas, insecticidas y bactericidas) se incrementó su concentración en los ecosistemas acuáticos. Numerosos estudios demostraron la distribución y acumulación del mercurio en el agua, sedimentos, zooplancton y peces (Pandey, Mohamed y George, 1994). Hirt y Domitrovic (1999) realizaron ensayos de toxicidad con mercurio en peces (*Aequidens portalegrensis*) en la Cuenca del Riachuelo (Corrientes). Los cambios que manifestaron los peces fueron secreción de mucus, cambios en la pigmentación del tegumento, movimientos erráticos y sofocación. En el caso del mercurio al ligarse con un grupo metilo (-CH₃) es degradado en otros compuestos de gran toxicidad.

Los factores ambientales pueden modificar la toxicidad de los contaminantes. La presión, la humedad, la temperatura, el pH, la salinidad, los microorganismos, la materia orgánica, entre otros son factores ambientales que pueden modificar un contaminante. En general, los pesticidas tienen baja persistencia en el ambiente, en cambio el DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano), el PCB (Bifenilo Policlorado, usado como aislante en equipos eléctricos) y endosulfán (insecticida y acaricida) son persistentes y se biomagnifican porque son solubles en grasas y biológicamente activos que se transforman, en este caso, en sustancias nocivas para el organismo. Lajmanovich y Peltzer (2008) estudiaron el efecto de los pesticidas en el Litoral Fluvial (Provincias de Santa Fe y Entre Ríos) detectando la presencia de endosulfán en el 42 por ciento de anfibios anuros (*Leptodactylus ocellatus*, *L. chaquensis*, *Hypsiboas pulchellus*, *Chaunus schneideri*) y reptiles (*Phyllodrias patagoniensis*, *Clelia rustica*, *Hydrodinastes gigas*, *Lystrophis dorbignyi*). Sánchez (2008), realizó estudios en pejerrey, dientudo, sabalito y mojarra (*Odontesthes bonariensis*, *Oligosarcus jenynsii*, *Cyphocharax voga* y *Astyanax fasciatus*, respectivamente), en las lagunas La Brava y La Peregrina ubicadas al Sudeste de la Provincia de Buenos Aires, para determinar la presencia de mercurio, cromo y zinc en estas especies. El mercurio, que potencia la capacidad de bioacumular y biomagnificar los contaminantes, se encontró en los tejidos.

La **bioacumulación** se da cuando el compuesto es asimilado por el organismo y se acumula en los tejidos de su cuerpo. Si el compuesto se extiende a lo largo de la cadena trófica, aumentando su concentración en los predadores, se denomina **biomagnificación**.

La exposición de un organismo a los contaminantes puede ser letal, subletal o nula, según de la toxicidad y la dosis incorporada. Los factores subletales pueden manifestarse a nivel genético, bioquímico, comportamental, fisiológico o en el ciclo de vida. Hirt et. al, (1999), realizaron estudios en peces (*Aequidens portalegrensis*) donde las lesiones branquiales letales fueron primariamente necróticas, hemorrágicas y congestivas y a partir de las 72 horas los órganos aumentan de tamaño (hiperplasia) y también su función (hipertrofia). Los ensayos subletales se realizan para evaluar los efectos tóxicos de los organismos expuestos a agentes contaminantes. En este caso, los ensayos subletales manifestaron que las branquias tenían hiperplasia e hipertrofia epitelial, en los tiempos más prolongados, y en el hígado degeneración vacuolar en los hepatocitos.

El agua y los sedimentos, presentan bacterias y hongos que se encargan de la depuración del agua. Este proceso se denomina biorremediación. Algunos factores como la temperatura, los nutrientes, el pH, concentración de los compuestos, hidrodinámica del río, lago, arroyo, intervienen en esta depuración. Una de las limitaciones de la biorremediación es el vertido de compuestos tóxicos y persistentes en el ecosistema, ya que la depuración ocurre siempre que los compuestos sean biodegradables. Contaminantes inorgánicos como los metales pesados, orgánicos tóxicos persistentes o xenobióticos no pueden ser eliminados por los microorganismos autóctonos (Korol, 2007).

En las zonas costeras bonaerenses los sedimentos acumulan metales pesados. Los moluscos son bioindicadores de contaminación porque se han detectado en tejidos de la almeja amarilla (*Mesodesma mactroides*) cobre, zinc, plomo, cadmio. Los altos niveles de metales pesados producen la mortandad del organismo. El cadmio y el cobre incapacitan a la almeja para enterrarse (Fiori y Cazzaniga, 1999).

Según Thompson y Sanchez de Bock (2007) cuando las concentraciones de metales en bivalvos (almejas, mejillones, entre otros), son elevadas produce un efecto subletal, incapacidad de enterramiento, aunque presenten la capacidad de detoxificar los metales pesados.

En la región continental, la contaminación por metales tiene otras consecuencias además de las descriptas. Puede tener efecto sobre la salud de los individuos que viven en las cercanías de las industrias y de las fuentes de agua que contamina. En el arroyo Cululú, en la Provincia de Santa Fe, los sedimentos del fondo presentan altos valores de Cromo, Plomo y Cadmio. En esta cuenca se vierten los contaminantes provenientes de las industrias del cuero, metalurgia, galvanoplastías, vidriados, espejados, agricultura, lechería, entre otras. La bioacumulación y la biomagnificación ocurren constantemente. En este arroyo, encon-

tramos especies de peces, plancton (fito y zoo) que conviven con altos niveles de cadmio en los sedimentos (Gagneten, 2008).

Desde 1850 se utilizan fertilizantes y pesticidas para mejorar cultivos o eliminar plagas en los campos. El primer fertilizante fue orgánico, compuesto por estiércol, guano y agua. Durante el siglo XIX, comenzó la producción de fertilizantes de origen químico. El primero fue sulfato de amonio. El azufre provenía del humo producido por su quema mezclado con agua y el amonio de las minas de carbón inundadas con agua.

Según Fernández Cirelli et al (2005) el abono elaborado con heces de animales que han recibido algún tipo de tratamiento médico preventivo o de tratamiento, pueden incorporarse en el medio acuático, por acción de las lluvias. Los agroquímicos empleados en los cultivos agrícolas impactan en las cuencas de los ríos y sus afluentes. Los cambios están relacionados con el desarrollo agrícola, industrial y la expansión demográfica en las ciudades cercanas en los ríos.

Las consecuencias de la explotación de recursos

El petróleo crudo, el carbón, el gas son fuentes de energía primaria, que es la que puede aprovecharse como combustible. Las fuentes de energía secundarias son aquellas que necesitan ser transformadas para que puedan ser aprovechadas. Por ejemplo, la electricidad, requiere de una central transformadora de energía que convierte un salto de agua en electricidad. La energía obtenida se utiliza en la iluminación, producción de calor, entre otras.

El consumo de fuentes de energía primarias, en Argentina, corresponde al 90%. De los cuales el 47% corresponde a los hidrocarburos de petróleo, el 43% al gas natural, 6% a la hidroenergía y 2% a la energía nuclear. Otras fuentes de energía, como la eólica, solar, biomasa, entre otras, en conjunto, no alcanzan el 0,1% (De Dico, 2004).

Es sabido que las reservas de hidrocarburos han comenzado a descender. De Dico, (2010) calcula que el petróleo se agotará dentro de 40 años y el gas 60 años. Por este motivo, es necesario planificar la búsqueda de recursos energéticos y la aplicación de tecnología apropiada para ello y en la búsqueda de nuevos yacimientos.

En la década del '70 se construyeron las centrales hidroeléctricas de Itaipú (Brasil-Paraguay), Yacyretá (Argentina-Paraguay), Salto Grande (Argentina-Uruguay) y la planificación de Corpus e Itatí sobre el Río Paraná y Roncador, Garabí y San Pedro sobre el Río Uruguay.

En nuestro país, con la construcción de las represas hidroeléctricas, muchas localidades han sido relocalizadas. La primera ha sido Federación, en la provincia de Entre Ríos, con la construcción de la represa binacional de Salto Grande (Argentina-Uruguay) sobre el Río Uruguay (Catullo, 1992). En la Provincia de Neuquén, durante la construcción de la represa Chocón-Cerros Colorados (1968-1978), sobre los ríos Limay y Neuquén, aumentó la productividad en la provincia en el sector energético. Su población se duplicó. Se establecieron obreros y sus familias en las cercanías del Chocón. En la costa del Golfo Nuevo en Puerto Madryn, se construyó la planta de aluminio ALUAR. En el río Futaleufú, se construyó una represa y una central hidroeléctrica para abastecer esta planta. La represa modificó el paisaje al formarse un lago de 9.200 hectáreas. Al expandirse, requiere del abastecimiento de la central hidroeléctrica de Choele Choel (Río Negro). Las alteraciones ambientales generadas en esta planta, corresponden principalmente a la etapa de construcción, que incide sobre la vegetación.

Hoy en día, en la cuenca del Río Paraná, no está permitido construir represas. En el año 1996, se realizó un plebiscito en la provincia de Misiones en la que el 63 por ciento votó en contra de la construcción de la represa Corpus. El lago que se formaría con la construcción de ésta sería de 760.000 hectáreas, quedarían sumergidas 400.000 hectáreas de islas y bosques insulares. Las consecuencias sobre la biodiversidad y las poblaciones ya establecidas serían muy grandes. Por ejemplo, la pérdida de peces (como dorado, pacú, surubí) de importancia ecológica y económica, el desplazamiento de comunidades nativas Myba Guaraní y la inundación de la selva sobre el Río Paraná. Por otro lado, dicha construcción favorecería el desarrollo de enfermedades como el paludismo, el dengue hemorrágico, fiebre amarilla y cólera ya que por encontrarse en la zona tropical, potenciaría el desarrollo de éstos vectores y sus parásitos (Stancich, 2003).

El 14 de marzo, es el Día Internacional de Lucha contra las Represas y por los Ríos, el Agua y la Vida. Ese día, en 1997, se realizó el primer Encuentro Internacional de Afectados por las Represas, en Curitiba (Brasil). Las poblaciones afectadas y organizaciones de diferentes países intercambiaron experiencias. El desmantelamiento de las represas para restaurar los ríos, es uno de los objetivos del movimiento anti-represas. En 1998, surge la Comisión Mundial de Represas (CMR), para revisar las represas financiadas y apoyadas por agencias internacionales de crédito y cooperación y evitar la construcción de nuevas. Esta comisión está conformada por representantes del movimiento de afectados por represas de Brasil, Venezuela, Senegal, India, Pakistan, Filipinas, Agencias Bilaterales y Multilaterales, Agencias Gubernamentales, ONG's, académicos y la industria y construcción de represas (Stancich, 2003).

En 1998, Argentina sancionó la ley de "Régimen Nacional de Energía Eólica y Solar (Ley N°25.019) que establece la investigación y uso de energías renovables e instalación de las centrales o equipos para prestar servicios públicos.

La extracción petrolera en Argentina comenzó en 1907, en Comodoro Rivadavia. Esta actividad económica, de gran importancia, implica dos sistemas de transporte para el petróleo y sus derivados: por buques o por oleoductos. Cuando el transporte es por buque, las medidas de seguridad son esenciales para evitar los posibles accidentes. Si estos ocurren, se debe planificar las estrategias teniendo en cuenta los conflictos ecológicos que garanticen la viabilidad del ambiente y sus alternativas.

Un derrame de petróleo en el ambiente marino produce transformaciones físicas y químicas y el impacto al alcanzar la costa es agudo. Los efectos ecológicos incluyen la muerte por cubrimiento y asfixia o el envenenamiento de los organismos (especialmente juveniles) por contacto y exposición a tóxicos solubles en agua, la destrucción de las fuentes de alimentos y la disminución de la respuesta inmunológica de mamíferos y aves. Los efectos negativos en los mamíferos marinos se dan a nivel inhalatorio, gastrointestinal, y por contacto con la piel y mucosas (Alonso Farré y López Fernández., 2002). El contacto con petróleo le quita la protección al plumaje de las aves marinas y costeras, exponiéndolos al frío y al agua. En la interfase agua-aire se perturba el intercambio gaseoso de oxígeno-agua.

No solo tenemos que tener en cuenta los accidentes o incidentes sino también la contaminación crónica que se manifiesta todos los años en mayor o menor medida. Dadón, Chiappini y Rodríguez (2002) sostienen que la contaminación por hidrocarburos es permanente en las zonas portuarias como Mar del Plata y Bahía Blanca, donde se registran manchones sobre la arena y el agua, debido al lavado de sentinas mar adentro provenientes de las embarcaciones. Las sentinas recolectan los líquidos aceitosos provenientes de las pérdidas en las tuberías o bombas de la sala de máquinas y luego se vierten al mar.

En la zona costera patagónica los problemas ambientales se asocian con la descarga de efluentes urbanos e industriales, extracción y transporte de petróleo crudo (Gil, Torres, Harvey y Estevez, 2006). La contaminación por metales provenientes de la extracción minera proviene principalmente de una mina en la Bahía San Antonio. Los metales pesados pueden encontrarse en los sedimentos, en material en suspensión y también en organismos vivos. Entre los metales pesados encontramos el mercurio, el plomo, el cadmio y el arsénico, que tienen efectos tóxicos en los organismos y pueden bioacumularse o biomagnificarse.

Recursos Pesqueros y Acuicultura

La pesca es una de las actividades que los integrantes de los pueblos originarios desarrollaban para satisfacer sus necesidades alimenticias. Antiguamente, se realizaba con lanzas, arcos, flechas, tanto en aguas continentales como de mar. La pesca era realizada por los hombres, mientras que la recolección de cangrejos y bivalvos durante la bajamar, la realizaban las mujeres y los niños.

La pesca hoy, sigue siendo un importante recurso para la subsistencia de las poblaciones costeras. Existen distintos tipos: comercial, artesanal, deportiva. En todos los casos, es necesario conocer las normativas vigentes para ello, ya que protegen el estado de los recursos. En primavera y verano, la mayoría de las especies comienzan su período reproductivo, por lo que se determina el período de veda y no se permite la captura de ejemplares. Uno de los problemas es que aún hay que sancionar leyes equiparables a las de otros países que establezcan los posibles volúmenes de captura y su composición, sin poner en riesgo otras especies.

En las últimas décadas, las embarcaciones han aumentado su largo e incluyen sofisticadas infraestructuras para mantener el congelamiento de lo capturado a bordo. Desde 2001, las embarcaciones comerciales deben llevar a bordo un observador que controle la dinámica de la flota pesquera y obtenga información relevante para la toma de decisiones y para la investigación y manejo pesquero.

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, el 95por ciento de la actividad pesquera en Argentina, ocurre en el Mar Argentino, con bancos pesqueros de merluza, anchoas, calamares, lenguado, besugo, abadejos, mejillones, entre otros. El 5por ciento restante, es fluvial y lacustre. El principal puerto pesquero, se encuentra en Mar del Plata. Cuenta con la flota pesquera y la infraestructura terrestre para procesar los productos de esta actividad: fileteado, conserva, fabricación de harina de pescado, obtención de aceite, sistemas de enfriado y congelado, salazón, secado. Gran Buenos Aires es el principal consumidor de estos productos. Otros puertos pesqueros importantes se encuentran en Quequén, Bahía Blanca, Rawson y Puerto Madryn. Las conservas de pescado corresponden al 40por ciento de la pesca obtenida. Las más comercializadas son las de caballa, anchoa, corvina y salmón (García, Jaureguizar y Protogino, 2003).

La producción pesquera se ha mantenido constante en la última década. Las capturas superaron las 1.100.000 toneladas en 1998. Entre 1986 y 1999, comenzó a reducirse la pesca intensiva. Según el Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (I.N.I.De.P.) la sobreexplotación se manifestó con la disminución de la talla en el 43por ciento de la merluza. Otro aspecto preocupante es

la pesca desmesurada de merluza y calamar, que realizan buques extranjeros, al límite de la zona económica exclusiva, llamada "milla 201" (García et al, 2003).

La acuicultura

La acuicultura es el cultivo de especies acuáticas de origen animal y vegetal. Se inicia en China alrededor de año 500 A.C., basada en el cultivo de peces, especialmente, carpa. En Japón, desde el año 750 D.C., se practicó el cultivo de moluscos bivalvos.

En la misma época, en Europa, los romanos realizaban cultivos de ostras recolectando ejemplares de talla pequeña y colocándolas en sitios con agua para favorecer su desarrollo. A partir de la Edad Media comenzó el cultivo de peces. Entre ellos encontramos, la trucha arco iris, marrón y de arroyo. En Francia, en el siglo XIV, comenzaron con la fertilización de ovas de trucha arco iris.

Recién, después de la segunda Guerra Mundial, en Taiwán y Filipinas, comenzaron a cultivarse intensivamente varias especies, utilizando tecnologías avanzadas. A partir de 1960-70 comenzó a expandirse esta técnica a los cultivos de camarón y otros crustáceos. En 1980, comenzó la siembra en mayor densidad de peces y camarones y su expansión a nivel mundial. También, comenzó el cultivo de algas marinas en China y Chile. Hoy en día, se han desarrollado numerosas especies de peces, crustáceos, moluscos y algas de gran valor comercial. En el caso de los peces, los cultivos se realizan en jaulas suspendidas en ambientes naturales o artificiales.

Al inicio del presente siglo, la acuicultura se ha enfrentado a grandes desafíos para producir un mayor volumen de organismos acuáticos de excelente calidad para consumo humano. Esos desafíos implican reducir costos fijos y operativos, aplicar medidas que preserven al medio ambiente para la sociedad en su conjunto (Lucchini y Panné Huidoro, 2008) y solucionar inconvenientes nutricionales y sanitarios, entre otros.

La acuicultura ha crecido a nivel mundial, aproximadamente el 30 por ciento anual, con alrededor de 25 millones de toneladas producidas. Según Lucchini (1998), debería duplicarse para abastecer la demanda total de productos pesqueros.

En Argentina, desde principio del siglo XX, se realizan siembras de salmones y pejerreyes en lagos, embalses y lagunas. A partir de la década del '80, comenzó a expandirse a otras regiones de Argentina, incorporando la producción de especies autóctonas y/o exóticas, de importancia económica, turística, deportiva, según la demanda local o regional.

Según las condiciones climáticas, localización y la calidad del agua, podemos determinar diferentes áreas geográficas de producción acuícola que fueron descritas por Lucchini (1998):

1. Región tropical y subtropical del norte argentino: con prolongadas estaciones de crecimiento, ideales para cultivos de peces tales como tilapia, camarón malayo, ranas, pacú, yacaré, langosta de agua dulce (red claw) y otras especies a investigar y desarrollar.
2. Región cordillerana de aguas frías (clima templado-frío): con gran abundancia de aguas de excelente calidad, adecuada para especies de salmónidos, trucha arco-iris u otra variedad.
3. Región de costas marítimas: aptas para el desarrollo de una serie de cultivos de vegetales /animales, como moluscos bivalvos o univalvos (ostras, vieiras, mejillones, almejas, abalones); peces de alta calidad (lubina, lenguados propios, rodaballo, besugos, truchas u otras especies afines, etc.).

La mayoría de las especies autóctonas deberían ser trabajadas experimentalmente al unísono y las exóticas podrían, en el caso de que el mercado las demandara, desarrollarse en encierro. Para el caso de las autóctonas, podrían adaptarse las tecnologías foráneas existentes.

El 95 por ciento de la producción acuícola en Argentina corresponde a la Trucha Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*). Se cultiva desde 1980, utilizando agua de origen glacial y temperatura ambiente, en el embalse de Alicurá, situado en el Río Limay, entre las provincias de Neuquén y Río Negro. El clima permite que la producción sea de calidad.

Las demás producciones comprenden la rana toro (*Rana catesbeiana*), camarón o langostino de agua dulce (*Macrobrachium rosenbergii*) y especies introducidas como el pez africano conocido como tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en Formosa y la langosta australiana (*Cherax quadricarinatus*). El pacú, en el norte del país, los mejillones (en la costa patagónica) aún se encuentran en la fase comercial-piloto.

A partir de 1986, a 19 km de la capital correntina, se instaló una granja de cultivo de camarón de agua dulce. Actualmente cuenta con 50 ha. de estanques para preengorde y engorde de animales, y con una planta de procesamiento de los camarones producidos y de pescado de río. El camarón producido se vende en Capital Federal, y en las regiones del Noroeste y Noreste del país (Lucchini, 1998).

El consumo de productos pesqueros en el país es bajo y ello es atribuible en parte, a los hábitos alimentarios generales de la población, al desconocimiento de

variedades de especies y de sus preparaciones, temporadas, calidad y precios. La oferta poco diversificada y los altos precios, no hacen atractivo la compra de los mismos (Errazti, Bertolotti y Aubone, 1995).

Capital Federal y Gran Buenos Aires son los principales consumidores de productos de mar. Le siguen Córdoba y Rosario con alrededor del 5 por ciento cada uno (Bertolotti, Errazti y Pagani, 1996).

Las ventajas de la acuicultura son:

- a) La obtención de productos de calidad controlada, con aprovechamiento sustentable y económicamente apto para el productor.
- b) La reproducción de organismos y obtención de la "semilla" para poblar y repoblar los cuerpos de agua para la pesca comercial o deportiva o medio ambiental, por acción antrópica. Para este último, es necesario planificar el manejo de este recurso en lagunas y embalses.

Entre las dificultades encontramos:

- a) La necesidad de realizar estudios previos sobre la producción para que sea rentable. En el Golfo San Matías, (San Antonio Oeste, Río Negro) se realizan cultivos de ostras puelche (*Ostrea puelchana*). En Septiembre de 1996, se produjo la mortandad del 30 por ciento de los cultivos. Se analizaron los ejemplares y se detectó la presencia de un protozoario (*Bonamia*), que afecta la tasa de crecimiento, supervivencia y aspectos reproductivos.
- b) La planificación de las inversiones en la producción con costos fijos en operaciones, procesamiento, envío al mercado, marketing, comercialización.
- c) la consideración de los parámetros climáticos, de suelos, de abastecimiento, de calidad de agua entre otros, como así también los referidos a seguridad.
- d) Los cultivos deben tener un volumen de producción alto, de excelente calidad, cantidad y continuidad para que sean rentables.

La ranicultura es un ejemplo claro que ha sufrido las dificultades previamente mencionadas. El producto final cumple con los requerimientos del Organismo de Sanidad Argentino (SENASA) para salir de la provincia donde se cultiva, pero la faena del producto tiene un costo muy alto para ser afrontado por un solo productor.

En Argentina, la acuicultura aún no se ha desarrollado a gran escala. La UTN y la Universidad Nacional del Comahue, dictan la carrera para formar profesionales

de Técnico en Acuicultura. La maestría en Ecología de Aguas Continentales, de la Universidad del Litoral, incluye un curso referido exclusivamente a la acuicultura.

La Dirección de Acuicultura desarrollo cursos intensivos en 1993, 1995 y 1997, con fondos del Programa de Modernización de los servicios Agropecuarios (PROMSA) y de la Unión Europea, destinados a técnicos de las administraciones provinciales, productores y otros interesados en varias provincias del país (Lucchini, 1998).

El turismo y sus consecuencias

El turismo es una actividad social en la cual se relaciona el individuo con la naturaleza y la cultura de la zona. En el siglo XIX, el turismo costero en Argentina se concentraba en las costas fluviales cerca de la Capital Federal. A fines del mismo siglo, comenzó a extenderse hacia las playas de mar y hoy en día continúa en aumento. En 1874, se origina Mar del Plata, como localidad veraniega, siguiendo el modelo de balnearios europeos. Luego, comenzaron a establecerse nuevas localidades costeras, basadas en este modelo. En 1950, comienza la expansión en infraestructuras de hoteles, residencias vacacionales, comercios, rutas y otras atracciones en las localidades urbanas asociadas a playas.

El turismo es una actividad ambivalente, dado que puede aportar grandes ventajas en el ámbito socioeconómico y cultural, mientras que al mismo tiempo contribuye a la degradación medioambiental y a la pérdida de la identidad local (Guerrero, 2011). El aumento de la población turística ha incrementado las demandas de agua potable. La recarga de los acuíferos es dificultada por la urbanización creciente que facilita la intrusión salina desde la costa (Isla y Villar, 1992).

Cada localidad turística, ha superado diferentes etapas de crecimiento. La primera consiste en establecimientos temporarios, sin edificación. No genera grandes impactos en el ambiente y aprovecha sus recursos. En la segunda etapa, la ocupación urbana es precedida por la ocupación del terreno y la conversión del paisaje. Las especies foráneas reemplazan a las nativas. Estas se mantienen muchas veces en las áreas protegidas. En la tercera etapa, la consolidación. Se caracteriza por el crecimiento urbano, aumento del turismo, el establecimiento de industrias y servicios. En esta etapa aparecen los problemas de contaminación. Entre ellos encontramos, problemas en la erosión de las playas, salinización y/o agotamiento de acuíferos, invasión del agua salada y contaminación bacteriológica (Dadon Chiappini y Rodríguez., 2002).

Veamos cómo influye el turismo en la contaminación bacteriana y la pérdida de biodiversidad. Las bacterias coliformes fecales son los indicadores de contaminación bacteriológica. En agua de mar o salobre son resistentes a la temperatura y su contacto se manifiesta en enfermedades gastrointestinales, respiratorias y dermatológicas. Velasco-Alvarado (1986) demostró que los meses de mayor afluencia turística presentaban mayor abundancia de coliformes en la desembocadura de los ríos y en las dársenas portuarias. Esta concentración es mayor a los límites permitidos para agua de uso recreativo con contacto primario.

En las zonas rurales, la contaminación del suelo y del agua subterránea tiene gran impacto. Los compuestos nitrogenados han aumentado en el agua subterránea y en algunos casos, han afectado las aguas residuales de las áreas urbanas aledañas a la costa. El tratamiento de éstas es insuficiente o inexistente, lo que genera la contaminación de aguas costeras o de campos vecinos. Las escolleras incrementan la persistencia de basura y turbidez concentrando los contaminantes en las playas (Dadon, 2002 poner nombre completo). El incremento de nutrientes nitrogenados vertidos al mar desencadena floraciones de algas planctónicas, fenómeno también conocido como marea roja.

Otra causa de incidencia del turismo sobre los ecosistemas es la pérdida de hábitat y la introducción de especies foráneas que modifican el paisaje, y las relaciones entre especies.

La conservación de las especies acuáticas

Hemos aceptado que los recursos naturales pueden agotarse y su explotación debe tener un desarrollo sustentable, con el objetivo de mantenerlos disponibles en el tiempo, teniendo en cuenta los aspectos económicos, ecológicos y sociales. Ahora, veamos cómo surgió esta idea.

En 1949, se realizó la primera conferencia sobre problemas ambientales en la ciudad de Nueva York, pero se centró principalmente en la falta de alimentos a causa de la guerra. Desde la década del '70, se comenzó la discusión sobre el medio ambiente contextualizada en la situación socioambiental mundial. En la Conferencia sobre el Medio Humano de la O.N.U. en Estocolmo (1972) los países desarrollados y en vías de desarrollo asumieron el problema. Los informes científicos planteaban una situación catastrófica si no se tomaban medidas inmediatamente. El principal objetivo que planteaban era proveer una guía para la acción de los gobiernos "proteger y mejorar el medio humano y remediar y prevenir las desigualdades, por medio de la cooperación internacional, teniendo en cuenta la

importancia particular de permitir a los países en desarrollo evitar la ocurrencia de tales problemas” (ONU, 1971: en Nuñez, 1971) La sustentabilidad política del desarrollo se encuentra estrechamente vinculada al proceso de construcción de la ciudadanía, y busca garantizar la incorporación plena de las personas al proceso de desarrollo (Guimarães, 1994).



Figura 5.2: Áreas marinas Protegidas de Argentina. Extraído de Yorio, 2001. Áreas Marinas Protegidas en la Argentina. Ciencia Hoy. Volumen 11, N°64.

Los Parques Nacionales creados en Argentina, comenzaron a principios del siglo XX, para proteger la flora y la fauna silvestre. En el año 1994, la reforma de la constitución nacional incluye algunos artículos, que plantean como deber preservar el ambiente y recomponerlo en caso de alterar el equilibrio. Algunas provincias también modificaron su constitución.

Para conservar los ecosistemas marinos de las actividades antrópicas que amenazan su conservación se determinaron, en Argentina, 38 áreas marinas protegidas que se localizan desde la Bahía Samborombón hasta Ushuaia, incluyendo Isla de los Estados. Estas áreas alojan aves y mamíferos marinos de gran importancia ecológica.

La Unión Mundial para la Conservación (UICN) considera área marina protegida al “intermareal o submareal con las aguas que lo cubren, su flora y fauna, características históricas y culturales asociadas, reservada por ley u otro mecanismo efectivo para proteger parte o todo el ambiente que incluye”. Muchas Áreas Naturales Protegidas están ubicadas principalmente sobre la costa, donde se reproducen y alojan aves y mamíferos marinos. Algunos de ellos son migratorios, por lo que vivirán parte de su ciclo en las áreas marinas protegidas.

Los peces como las corvinas y merluzas son considerados los de menor riesgo de conservación, pero en primavera y verano, aumenta su riesgo cuando se acercan a la costa a desovar. Allí son capturados ejemplares jóvenes. Para protegerlos en esos meses, existe período de veda. Sin embargo, la mayoría de las áreas marinas protegidas no posee planes de manejo o están desactualizados (Yorio, 2001).

En el ámbito del turismo, a partir de la década del '90, comenzaron a actuar diferentes entidades, que fomentan el turismo y además una actitud responsable con el ambiente, la cultura y las sociedades. En Argentina, una entidad involucrada en este desarrollo es *Compromiso Onashuaga*, con sede en Ushuaia e integrado por Guías de Turismo, In.Fue.tur., Parques Nacionales, Universidad CADIC-CO-NICET, Fundación Patagonia Natural, Prefectura y la Municipalidad de Ushuaia. La misma, surge en el año 2005, como consecuencia de la amenaza a la conservación de la biodiversidad marina en el Canal de Beagle por acción del desarrollo de actividades turísticas en un marco no planificado. *Compromiso Onashuaga* propone acciones que orientan las excursiones de manera que no comprometan el ambiente en el futuro, conserven los recursos naturales, mejoren la calidad del servicio y la experiencia del visitante, en esta región.

A nivel provincial y municipal se ha incorporado la Educación Ambiental en los establecimientos educativos. En 1990, las Universidades Nacionales, comen-

zaron a dictar cursos que posteriormente han sido incorporados a los planes de estudio de los profesorados, licenciaturas, doctorados e ingeniería. También se ha desarrollado experiencias como "Parques Nacionales y Escuelas Interactivas" para escuelas rurales.

Manuel Belgrano, en 1810, manifestaba su preocupación por el medio ambiente en el Suplemento del "Correo de Comercio" donde manifiesta la necesidad de reflexionar sobre el aprovechamiento de los recursos o como él los menciona: los reinos animal, vegetal y mineral. Aconsejó que no deba ser destruido para que las futuras generaciones puedan hacer uso de ellas también.

Casi 200 años después, comenzamos a reconocer esta necesidad y plantear acciones que puedan restablecer este equilibrio ambiental. Esta tarea... recién comienza.



CAPITULO VI

Una propuesta de salida didáctica para estudiar ecosistemas acuáticos

María Sol Carissimo, María Carmen Fonalleras, Paula Mariela Silva.

¿Cómo hacer para que una salida de campo a un ecosistema acuático no se convierta en solo un “día de campo”? ¿Cómo obtener los mejores resultados de una actividad fuera del aula? ¿Qué datos son importantes relevar? ¿Qué instrumental utilizar y cómo?

Este apartado está dirigido a orientar, ampliar y fortalecer la práctica docente en la formación, ya que una salida de campo a un ambiente acuático constituye una situación de enseñanza que pone a los alumnos ante la fuente directa de información, de ejemplos concretos y experiencias individuales únicas. Por su parte, a los docentes les ofrece numerosos recursos para apoyar su práctica áulica, ya que a partir de lo observado registrado y concluido se pueden abordar un gran número de contenidos de áreas tales como Ecología, Biología, Educación Ambiental, Física, Química entre otras.

Así por ejemplo, una visita a la zona intermareal les permitirá descubrir la presencia de organismos tales como algas, anémonas, cangrejos y con suerte algunos pulpos. Mientras que en una charca podrán observar larvas de mosquitos o pulgas de agua y en una laguna podrán reconocer algunos estadios de la metamorfosis de ranas y sapos entre las plantas sumergidas, entre otras tantas de las curiosidades con las que se toparán a cada paso. Durante estas actividades todos los sentidos son estimulados. El olor del mar, la textura del fango en el río o laguna, el ruido de las olas o el canto de las ranas, generan en el alumno una motivación extra, que es muy difícil lograr en el aula.

Los contenidos del área de Ciencias Naturales tienen relación directa con el mundo que transitamos, por esto debemos tomar nuestro entorno como fuente imprescindible a partir de la cual generar nuestra práctica docente.

Así los alumnos lograrán interpretar el funcionamiento del ecosistema visitado, reconocer la biodiversidad de la comunidad y sus características ecológicas (distribución, densidad, comportamiento, hábitat, adaptaciones) y registrar e interpretar la influencia de factores físicos y químicos. Por ejemplo observar el pastoreo de las lapas (moluscos) sobre las algas durante una bajamar, les permitirá acercarse al concepto de relaciones tróficas, como así también a la significación de la herbivoría.

Una salida de campo puede llevarse a cabo en el patio de la escuela (en charcas, canteros, etc.), en sus alrededores (plazas) o ser más ambiciosas y visitar un ecosistema acuático natural. Esta variedad de situaciones permiten contrastar experiencia y conocimiento. Según Brusi (1992) las salidas favorecen la sumersión con el entorno, facilitan el conocimiento del medio local, proporcionan vivencias que permiten analizar diferentes fenómenos, y siempre potencian una actitud de curiosidad, como así también permiten ejercitar procedimientos científicos que no tienen cabida en el aula. Así mismo ayudan a concientizar sobre la problemática natural y social del entorno, y por lo tanto desarrollar actitudes respetuosas y críticas en relación a su uso.

Según Ma. Isabel Cano Martínez y otros (1998) la justificación didáctica del estudio de un ambiente natural se da desde tres perspectivas. En primer lugar, desde la perspectiva de los contenidos educativos donde debe resaltarse la capacidad de la tarea para el aprendizaje de los conceptos ecológicos. El análisis de los ecosistemas concretos logra potenciar el cambio conceptual, Se puede decir que en la construcción de los conceptos ecológicos ha de mediar la experiencia directa con el medio ya que sirve de recurso para poner en evidencia elementos, relaciones y organizaciones poco evidentes para los alumnos en su conocimiento cotidiano, como por ejemplo observar una “lucha” de los mejillines por el espacio físico en el escaso ambiente rocoso del intermareal.

Por otro lado, el estudio de un ecosistema concreto es una tarea en la que necesariamente han de abordarse aprendizajes relacionados con el *cómo* estudiarlo, es decir, con el aprendizaje de procedimientos tales como observación, clasificación, elaboración de guías, gráficos y tablas, elaboración de instrumentos concretos, etc.

Además de todos aquellos otros procedimientos relacionados con la investigación, como la formulación de preguntas e hipótesis de trabajo, el diseño de

experiencias de contraste, la elaboración de conclusiones e informes escritos, etc.

Desde la perspectiva organizativa de la tarea, el estudio de un ecosistema cercano a la escuela ofrece la posibilidad de ir a visitarlo con frecuencia durante el horario normal de clases sin alterar la dinámica de las demás áreas o materias; incluso los estudiantes pueden ir por su cuenta fuera del horario escolar. Además, el hecho de poder ir en diferentes momentos, ofrece la posibilidad de observar interacciones diferentes y cambios significativos en el ecosistema que serán de gran ayuda para la construcción de determinados conceptos.

Desde la perspectiva actitudinal, el estudio de ecosistemas produce un acercamiento afectivo hacia estos espacios. En parques, plazas, jardines, considerados paseos, se puede observar la biodiversidad y otras cuestiones ecológicas. Pero también los estudiantes pueden considerar la gran diversidad biológica, los factores físico-químicos y el entramado de vida que existe incluso en lugares estresados desde el punto de vista ecológico como rechazados desde el afectivo, tales como los basurales.

Es importante que los docentes a través de diferentes estrategias logren que los alumnos interpreten los fenómenos observados en la salida en términos de sistemas, tratando de alejarlos de una mirada aislada. Puede ser a través de planteo de problemas o hipótesis. Por ejemplo qué ocurriría en un ecosistema acuático si aumentara la temperatura del agua, qué pasaría con el O_2 disuelto, qué consecuencias tendría esto para los organismos. Así entenderán que los fenómenos serán parte de los procesos y podrán analizar el aumento de la complejidad a medida que se incorporen nuevos factores causales que ayuden a la explicación del funcionamiento del ambiente, tal como se hace en investigaciones científicas, donde lo relevante no son sólo algunos factores sino el conjunto de relaciones que permiten establecer el equilibrio en el ecosistema.

Retomando el ejemplo del pastoreo de la lapa, debemos lograr, que integren esta relación trófica al ciclo de la materia y flujo de la energía que ocurre en este ecosistema en particular, que esta observación sirva para explicar el funcionamiento del ambiente, y cómo las relaciones permiten el equilibrio de esta porción de naturaleza. Puede ayudar, simular que esta relación no existe y pensar qué ocurriría con los organismos involucrados directamente y con el resto, en definitiva que pasaría con el equilibrio del ecosistema

Al momento de programar un trabajo de campo se deben considerar algunos aspectos que no son menores tales como el tiempo disponible, el costo económico, el conocimiento previo del lugar, para evitar que el proyecto fracase en sus etapas iniciales. También debe estar en íntima relación con los contenidos trabajados en clase que responden al diseño curricular.

El trabajo previo a la salida debe explicitar los objetivos de la salida, la relación con los contenidos, qué cuestiones son las que se abordarán, y una planificación por equipos con pautas claras. En este momento es importante saber cuál es el material necesario, la ubicación geográfica del lugar, el clima y las mareas si correspondiera. También hay que prever la ropa adecuada: calzado que no resbale, una muda de ropa por si se moja, o botas de goma para mayor comodidad. Tener en cuenta estos aspectos evita que los alumnos se frustren por una eventual suspensión total o parcial de la salida. En este primer momento es importante:

- Fundamentar claramente la finalidad de la visita,
- Determinar los objetivos que pueden conseguirse,
- Establecer qué contenidos se van a abordar
- Discutir el itinerario que vaya a seguirse y pautar la elaboración de un plano-guía donde se señalen los edificios, paisajes, monumentos y otros lugares de interés que se crea conveniente observar y analizar,
- Realizar consultas bibliográficas para investigar las características de los fenómenos y/o elementos naturales que se vayan a observar

Los alumnos tienden con frecuencia a entender la observación como un simple acto de mirar. Es importante detenerse un momento para hacerles ver que la observación es más que eso porque supone, además de la utilización de los órganos de los sentidos, ayudados o no por instrumentos, la influencia del conocimiento previo que tengan, así como la necesidad de llevar un orden en la observación. El docente debe lograr que el alumno aprenda a mirar. Es necesario plantear actividades para construir esta competencia. Por ejemplo observar un cangrejo en una charca, no sólo significa registrar su presencia, sino analizar dónde se ubica, si está protegido por algas o en una oquedad de las rocas, si su actitud es defensiva o se está alimentando.

Una forma de trabajar es plantear una problemática que guíe una pequeña investigación, que implique una resolución que requiera de una indagación conceptual y empírica. El problema debe tener una relación directa con los contenidos trabajados en el aula, así les permitirá a los alumnos construir hipótesis y poder contrastarlas a partir de las observaciones, medidas, registros y demás anotaciones que se logren durante la visita. Se puede plantear a los alumnos indagaciones tales como ¿Qué preguntas nos podemos hacer para averiguar cómo es y cómo funciona este ecosistema? Debemos especificar no solo *qué* cosas vamos a observar sino *cómo*, *cuándo*, *dónde* y *con qué* materiales. Esto requiere la elaboración en clase de una guía de observación.

Una salida de campo para visitar una charca o una poza de marea, puede ser planteada a partir de la siguiente cuestión: ¿qué animales y plantas viven en el ambiente? A partir de una discusión inicial y/o una primera visita al ambiente (o muestra de fotos) los alumnos podrán realizar algunas observaciones libres y lograr sistematizarlas y contrastarlas con la hipótesis inicial.

En función de esto se puede reformular el problema y complejizarlo: ¿viven los mismos animales y plantas en las diferentes zonas de la charca o poza de marea?, ¿hay alguna relación entre las características de los vegetales y animales y las de la zona de la charca o poza de marea donde viven? A partir de esta modificación se solicitará a los alumnos que delimiten las diferentes partes del ambiente y sus características. La organización del trabajo por grupos garantiza una asistencia mutua y mayor confianza para realizar la tarea propuesta y concretar las técnicas de observación, el muestreo y recolección de datos. A través de la experiencia personal los grupos pueden estar constituidos según objetivos concretos, tales como:

- Grupo A *ubicación geográfica*, es el que se encarga de construir el plano, el recorrido hasta el lugar, la ubicación cardinal a través del uso de brújula, GPS y/o google earth y la marcación de las estaciones de muestreo. Usarán aparatos sencillos para medir variables atmosféricas tales como presión, humedad relativa, temperatura, influencia de vientos, lluvia, etc. Es importante delimitar la zona a estudiar, ayudándose con cintas métricas y puntos de referencias (rocas, carteles, árboles, etc.), que se representan mediante un esquema en el plano manteniendo la escala.
- Grupo B *muestreos físico-químicos*, es el que se encarga de registrar los parámetros físicos y químicos que se consideren relevantes, tales como temperatura, penetración de la luz, transparencia, color del agua, profundidad, salinidad, entre otros factores.
- Grupo C *relevamiento de organismos*, realizarán un inventario de las especies observadas, se debe indicar su ubicación y clasificación a partir de claves dicotómicas sencillas, las cuales consideran las características de los individuos como pares de proposiciones contrastantes entre sí, es decir que solo se corresponda una con el organismo en cuestión, o atlas que son esquemas de diferentes especies o demás bibliografía necesaria. Si se considera importante extraer algunos organismos o muestras de agua y rotularlas claramente.
- Grupo D *observación de relaciones*, serán responsables de transcribir y dibujar las diferentes relaciones que se establecen entre las distintas poblaciones e individuos.

- Grupo E *Tamaño y densidad de poblaciones*. Identificada la población a muestrear se procede a realizar el conteo uno por uno si son pocos ejemplares, o se realiza un censo a partir de muestreos para estimar la cantidad de individuos en cuestión que habitan el ambiente.
- Grupo F *sustrato*, describirán el tipo, textura y morfología del suelo. Particularidades del fondo: rocoso, arenoso, arcilloso o pedregoso. Si es un terreno liso, con cavidades o restingas. Cómo es su pendiente.

Es importante ajustar las técnicas de observación y registro en todo momento durante la salida. El profesor visitará los diferentes grupos de trabajo corroborando que están realizando la tarea correctamente, como así también asistiéndolos en todo sentido. Muchas veces durante la salida los alumnos se ven sorprendidos por organismos que no esperaban encontrar o relaciones interespecíficas conocidas sólo a través de los libros. Situaciones que debemos aprovechar. Por ejemplo, en alguna salida, nos ha pasado encontrar organismos típicos del infralitoral (zona sumergida del litoral) en el mesolitoral de las costas de Necochea que muy pocas veces quedan expuestos tales como pulpos, ratones de mar (Poliquetos) o peces como el torito (*Bovichthys argentinus*).

De acuerdo al ambiente seleccionado para la visita se debe tener en cuenta las características propias del lugar. Por ejemplo para una visita a la costa del mar se deben conocer los horarios de las mareas. Es conveniente llegar a la costa dos horas antes de la bajamar, y comenzar la tarea desde los niveles más cercanos al mar hacia los más próximos a la playa o acantilado, para tener el tiempo suficiente para trabajar sin mojarse.

La tabla de mareas que se construye a partir de cálculos matemáticos que se basan en la atracción de la luna sobre la tierra es publicada por el Servicio de Hidrografía Naval, dependiente de la Armada Argentina a principio de cada año. Se debe tener en cuenta que por día se producen dos pleamares (subida del agua) y dos bajamares (bajante del agua) Estas pleamares y bajamares que aparecen en la tabla de mareas, pueden ser alteradas por la acción del viento. Fuertes vientos de la costa provocarán que el agua suba más de lo expresado en la tabla. Las tablas indican las horas de pleamar y las de bajamar, como así también la altura de las mismas en metros, por mes y por día.

Es importante que durante la salida los alumnos tengan un tiempo para disfrutar, comer, beber y hasta descansar.

Los datos obtenidos serán analizados y sistematizados y el material recolectado será examinado y estudiado en el aula, para luego compartirlos entre los

diferentes grupos. El trabajo posterior a la salida debe incluir la elaboración de las conclusiones que los estudiantes fueron alcanzando durante la actividad de campo. Es importante enseñar a reflexionar acerca del procedimiento seguido de principio a fin y a revisar el grado de certeza de sus conclusiones. Y a comunicar lo aprendido al resto de sus compañeros. Esta comunicación es una buena ocasión de enseñanza para que los grupos confronten y enriquezcan las ideas propias con las de sus pares y los profesores.

Así se pueden identificar las poblaciones más características de cada zona, su relación con respecto a los parámetros físicos y químicos, su distribución, su densidad y obtener conclusiones sobre el cuestionamiento inicial

Después de la salida, ya en el aula, las actividades estarán centradas en el análisis de los registros que se tomaron, en la observación más detallada del material recolectado, la obtención de conclusiones, la construcción de un informe global. Generar cuestiones tales como: ¿Qué factor ecológico has encontrado como limitante?, ¿Son la luz y la temperatura agentes de distribución de organismos?, ¿Qué hacen los organismos durante la bajamar que permanecen expuestos a la emersión?, ¿Existe algún patrón de distribución de las poblaciones? ¿están agrupados los organismos, dispersos o en relación con otros individuos de otra especie? ¿Existe competencia en el ambiente rocoso? ¿Están superpuestos? permitirán comprender el funcionamiento de un ecosistema. Al analizar otros ambientes más conocidos se podrá establecer paralelos sobre factores limitantes en cada uno, nichos ecológicos, ciclo de la materia, flujo de la energía, entre otras comparaciones. Todas estas cuestiones son medibles en forma cualitativa y/o cuantitativamente.

Rojero (1999) documenta las ideas previas que poseen los alumnos sobre la organización de los ecosistemas. Ha encontrado un tipo de pensamiento en el que no se reconoce, más que someramente, la organización presente en los ecosistemas. Con frecuencia, los alumnos no perciben la existencia de relaciones más allá de la depredación, casi siempre desde la perspectiva del depredador. Así es frecuente, encontrar quien afirma que en un ecosistema acuático la razón de la existencia de las plantas es “para que coman los peces”. En el mejor de los casos, podemos decir que, para la mayor parte de los alumnos, un ecosistema es un lugar donde viven juntos muchos seres vivos, algunos de los cuales se alimentan de otros. Comprender la organización de un ecosistema o, dicho de otra forma, construir una teoría sobre la organización en el nivel de los ecosistemas, parece requerir el estudiante sea capaz de reconocer una serie de hechos tales como:

- La existencia de un conjunto de diferentes seres vivos que, al vivir en el seno

de ese ecosistema, desarrollan funciones que se complementan con las de los otros seres vivos del mismo sistema, dotando a éste de una organización. Como por ejemplo las anémonas (Cnidarios), que parecen flores muy coloridas, que al primer contacto con su presa la capturan ayudándose con sus cnidocistos, y la ingieren. Estas anémonas forman asociaciones con algas, crustáceos, moluscos e incluso peces

- Que el ecosistema tiene su propia dinámica y propiedades, diferentes de las de los organismos que lo conforman, aunque no independientes de ellas. Por ejemplo, el tan conocido mejillín (*Brachidontes rodriguezii*), molusco bivalvo típico de las costas rocosas de la provincia de Buenos Aires, se adhiere fuertemente al sustrato colonizando en forma dominante todo el mediolitoral, (170000 individuos por metro cuadrado). El mejillinar retienen arena y le da albergue a numerosas especies (gusanos poliquetos, nemertinos, crustáceos), que no serían capaces de soportar el embate de las olas y mareas si no tuvieran la protección de la población del mejillín.
- Que la organización del ecosistema existe debido a las interacciones entre los elementos que lo componen y que constituyen un complejo sistema de regulaciones entre ellos, relaciones en las que intervienen tanto elementos vivos como elementos no vivos. Examinando una poza de marea se podrá reconocer la sucesión de organismos que se da en el plano vertical, coincidente con la observada en dirección al mar en sentido horizontal, de acuerdo a la tolerancia que poseen los organismos con respecto a la luz, temperatura, oxígeno, periodos de emersión seguidos por momentos de sumersión. Es así que los organismos que se ubican en la parte superior de la poza, son los mismos que encontramos en la zona alta del litoral (supralitoral).
- Que al desarrollar el conjunto de sus funciones vitales en interacción con los demás elementos, cada población adquiere un complejo papel dentro del ecosistema al que denominamos como nicho ecológico. Tal es el caso de las algas, responsables de la mitad de la producción primaria de materia orgánica del planeta y base de las relaciones tróficas acuáticas. También le dan refugio a muchos organismos (cangrejos, anfípodos e isópodos) a los que durante la bajamar, les proporcionan sombra y humedad.

En nuestra experiencia en salidas a la zona intermareal rocosa de Quequén y Punta Negra en Necochea, los alumnos del profesorado y de secundaria han logrado reconocer, observar y recolectar organismos característicos de cada una de las franjas u horizontes que componen la zona litoral rocosa. Pudieron identificar

“*in situ*” la zonación del litoral analizada previamente y determinaron que el supralitoral y la parte alta del mesolitoral, que ocasionalmente es salpicado por el agua, están habitados por organismos que soportan la emersión total. Tal es el caso de la lapa *Siphonaria sp* o el diente de perro, un crustáceo, (*Balanus sp*) que buscan los huecos de las rocas, por lo que su distribución no constituye una capa continua. También notaron la presencia de algas incrustantes del género *Hildebratia*, que se presentan como una mancha de óxido sobre las rocas.

Siguiendo el recorrido de la transecta demarcada previamente llegaron al mesolitoral en la cual registraron la presencia de poblaciones de organismos que soportan la emersión y la inmersión de acuerdo a las mareas, como el caso del mejillín *Brachidontes rodriguezii*. Este mejillín forma una capa más o menos continua, de menor espesor y de individuos más pequeños, en la franja cercana al piso superior (supralitoral), y más densa y con organismos de mayor tamaño a medida que nos acercamos al infralitoral. Esta capa no siempre es continua. Existen parches en los cuales están ausentes, seguramente arrancados por un fuerte oleaje. Sobre esta capa de mejillines se deposita gran cantidad de sedimentos y sirve de sustrato para otros organismos tales como cangrejos, gusanos poliquetos, algas, pequeños crustáceos como anfípodos e isópodos, lapas, anémonas e incluso algunos mejillones característicos del infralitoral. También reconocieron algas como la lechuga de mar (*Ulva lactuca*), pasto de mar (*Enteromorpha*) entre las de color verde, las rojas *Rodimenia*, *Bociela* y diferentes *corallinas* y las pardas (*Porphyra* y *Laminaria*). En esta franja existen numerosas pozas de marea de diferente tamaño. Algunas, las más grandes tienen aguas permanentes. Los alumnos pudieron concluir que en ellas se dan condiciones similares al infralitoral, ya que los organismos permanecen constantemente sumergidos, pero expuestos a mayor temperatura, mayor salinidad, menor cantidad de oxígeno disuelto debido a la evaporación del agua, principalmente en época de verano.

Por último encontraron la zona submareal o infralitoral determinada por la presencia del alga coralina de color blanco por su calcificación. Observaron que fuertemente adheridos al sustrato, no muy expuestos, aparecen en forma aislada los moluscos quitones que logran una mimetización casi perfecta con su entorno. Pudieron diferenciar el cangrejo de roca (*Cirtoagrapsus angulata*) del cangrejo de arena (*Ovalipe sp*), que tienen sus patas muy diferentes. En el primero son finas, mientras que en el segundo son como palas que utiliza para enterrarse.

En otra zona de las costas de Quequén conocida como Punta Carvallido, se encuentra el desagüe cloacal de Necochea y Quequén sin ningún tipo de tratamiento, por lo que el ecosistema está afectado. Los alumnos del profesorado rea-

lizaron otro tipo de análisis. Identificaron un foco de contaminación a observar el desagüe cloacal, investigado previamente y ubicado en un plano. De lejos reconocieron un número importante de gaviotas que revoloteaban sobre una pequeña área, luego sintieron olor característico, reconocieron cantidad de desperdicios y ya más cerca vieron el desagüe, sobre la rompiente. Alrededor del caño analizaron los diferentes organismos y su abundancia. Informaron que algas verdes como pasto de mar (*Enteromorpha sp*) y lechuga de mar (*Ulva lactuca*), animales como lapas, isópodos y poliquetos, soportan las condiciones imperantes cercanas al caño, mientras que la población de mejillín se va diezmando. Deja espacios sin cubrir a medida que nos acercamos al desagüe hasta desaparecer por completo y dejar el sustrato desnudo. De este modo el sustento a todos los seres vivos que viven en relación con el mejillín (nombre que se le da a la población de mejillines)

¿Qué medir? Y ¿Cómo tomar los datos? ¿Cómo registrarlos?

Ubicación en el espacio y tiempo

Es importante ubicarse espacialmente para lo que se puede marcar el recorrido en un plano el trayecto seguido, desde el punto de partida hasta la zona a explorar. Con la ayuda de una brújula o GPS y la información que nos brinda el *Google earth* se pueden ubicar los puntos cardinales. Se debe consignar fecha, hora de llegada y de partida, y estado del tiempo. Esto será muy útil para recrear el lugar a la vuelta del trabajo.

Dibujar el perfil del ambiente puede servir para marcar los lugares de muestreo o registro de datos (estaciones), como así también trazar transectas, es decir líneas imaginarias que atraviesen la zona a relevar, para registrar todos los individuos que se intercepten. Se establecen desde un punto de partida definido por lo general en el supralitoral, hacia el agua, esto permitirá observar y registrar los cambios poblacionales que se dan en función de las características físico-químicas. La línea transecta debe ser considerada como la máxima reducción de una parcela rectangular.

Penetración de luz

La intensidad y la composición espectral de la luz que penetra la columna de agua tienen un efecto marcado sobre la actividad metabólica que se desarrolla en todo el cuerpo de agua, ya que la calidad y la intensidad lumínica regulan la productividad primaria. Y por lo tanto la distribución de los organismos. Esto es muy claro en una poza de marea donde la distribución de algas en sentido vertical está determinada por la disponibilidad de luz.

La penetración de luz en un cuerpo acuático se mide generalmente determinando el límite de visibilidad en la columna de agua. Con dicha finalidad se utiliza el disco Secchi para estimar la penetración de luz en la columna de agua o más sofisticado un fotómetro sumergible, cuando este equipo está disponible.

El disco Secchi es un simple dispositivo que se puede construir con facilidad, consiste en un disco circular de aproximadamente 20 cm de diámetro dividido en cuatro cuadrantes pintados de forma alterna en blanco y negro. Luego una soga graduada (a través de nudos) es fijada al centro del disco. Se introduce al agua, de ser posible en un lugar con sombra y se determina la profundidad a la que el disco desaparece de nuestra vista. Se retrae el cable lentamente, registrando la profundidad a la que reaparece el disco Secchi. Se calcula el promedio aritmético de las dos lecturas tomadas, asumiendo que el promedio como el límite de visibilidad en la columna de agua.

La profundidad que alcanza la zona fótica (aquella donde se recibe el 1por ciento de la luz incidente) se estima con frecuencia como el doble de la lectura de profundidad obtenida con el disco Secchi. Dicho factor de conversión puede variar dependiendo del cuerpo de agua estudiado, las condiciones del agua y de quién es el observador. Es importante que las lecturas con el disco Secchi se realicen lo más cerca posible de la superficie del agua. Se debe tener en cuenta que las determinaciones de penetración de luz con el disco Secchi son afectadas por los siguientes factores:

- Turbulencia en la superficie del agua
- Reflejo de luz en la superficie del agua
- Momento durante el día cuando se realiza las lecturas. Aunque la transparencia del agua es relativamente independiente de la intensidad de luz en la superficie, las determinaciones con el disco Secchi se tornan erráticas del anochecer al amanecer. Resulta más confiable realizar las determinaciones cerca del mediodía - 10:00 a.m.

- a 2:00 p.m.
- Porcentaje de cobertura de nubes
- Capacidad de visión del observador

En función de esto se recomienda que, al momento de realizar medidas con el disco Secchi, se tome nota de las condiciones climatológicas imperantes y que una sola persona realice todas las medidas. Los datos registrados se volcarán en tablas simples construidas en la preparación de la salida.

Salinidad

La salinidad es un valor muy importante en el ambiente acuático, ya que determina la distribución de los organismos. Conocer dicho dato permite poder establecer una relación con los seres vivos recogidos. Es el resultado de la combinación de las sales disueltas en el agua. Las más importantes en el agua de mar son los cloruros, carbonatos y sulfatos. Para medirla se usa un salinómetro que se basa en la conductividad. A mayor conductividad, el agua presenta mayor cantidad de sales. Los valores de salinidad promedio en las costas de la provincia de Buenos Aires es de 35 partes por mil, menores en las desembocadura de los ríos y mayores en golfos en los meses de verano donde la evaporación es mayor. Un organismo que soporte variaciones de salinidad (eurihalino) puede ser encontrado en estuarios o albuferas como el caso de la corvina rubia, *Micropogonias furnieri*, en la albufera de Mar Chiquita. Mientras que un organismo estenohalino será típico de aguas dulces o aguas saladas exclusivamente, como por ejemplo la trucha criolla o pocha (*Percichthys melanops*) de los lagos cordilleranos o la saraqita (*Ramnogaster arcuata*) típica del mar Argentino.

Temperatura

La temperatura del agua es uno de los factores de distribución de los organismos, puede ser medida en forma manual a través de termómetros convencionales de mercurio o con un termómetro digital. Para aguas superficiales se debe sumergir el termómetro en el agua hasta que se equilibre y tomar la lectura con el bulbo sumergido, para aguas más profundas se recolecta una muestra de agua con una botella de un litro y se registra el valor. Cada dato debe ser registrado junto a n° de estación (lugar de medición) asignado de antemano, la hora del día y la profundidad (ayudados por el disco de Secchi). Si el volumen de agua del

ambiente es bajo (poza de marea, charca, etc.), se debe tener en cuenta la gran variación de temperatura que se da a lo largo del día. Los datos tomados se pueden volcar en una tabla como la que sigue

	Temperatura	Hora	Profundidad	Observaciones
Estación Nº 1				
Estación Nº 2				

Figura 6.1 - Modelo de tabla para relevamiento de datos.

Oxígeno disuelto

Las variaciones de la cantidad de oxígeno disuelto en la columna de agua pueden registrarse con el fin de evaluar en forma indirecta el metabolismo en la columna. Una forma de evaluar esto es a través de botellas claras y oscuras, suspendidas en la columna de agua para medir las variaciones en la cantidad de oxígeno, resultado del metabolismo autotrófico y heterotrófico respectivamente.

Las muestras de agua se colocan en botellas de vidrio. Se cubren con papel de aluminio las que corresponden a las botellas oscuras. Se sumerge las botellas por un periodo de 24 horas, y al recuperarlas se “fija” la cantidad de oxígeno a través del agregado de tres reactivos: sulfato manganoso, yoduro alcalino y ácido sulfúrico. Este procedimiento desprende yodo elemental en proporción a la cantidad de oxígeno disuelto. El agua toma un color café y mientras más oscuro es el color existe más oxígeno. Para cuantificar la cantidad de oxígeno, inmediatamente se titula el agua agregando tiosulfato de sodio, hasta que desaparece el color café. El volumen de tiosulfato utilizado nos indica la concentración de oxígeno en miligramos o mililitros por litro. Esta técnica se denomina método de Winkler.

Una disminución de la concentración de oxígeno en las botellas oscuras, indica la “cantidad” de respiración (metabolismo heterotrófico), mientras que en las botellas claras se señala la “cantidad” neta de fotosíntesis (metabolismo neto autotrófico y heterotrófico). Ambas cantidades dan una estimación de la foto-

síntesis total o producción total de alimento para un periodo de 24 horas, ya que la producción de oxígeno por los autótrofos es directamente proporcional a la fijación de energía luminosa. Para obtener la tasa de fotosíntesis en relación a la superficie (m^2) en la columna de agua, se promedian los valores y se convierten a cantidades de oxígeno por metro cúbico (miligramos por litro es igual a gramos por metro cúbico); la suma de los valores para cada profundidad dan una estimación de la producción total de oxígeno por m^2 de superficie del cuerpo de agua.

Recolección, muestreo y conservación de organismos

La red de plancton es una especie de gran filtro de café de malla muy pequeña para retener los diminutos organismos del plancton. Estas constan de un aro de alambre de 20 cm de diámetro, donde se cose un trozo de tela de aproximadamente 60 cm de largo en forma de cono. En su otro extremo se coloca un frasco de vidrio o plástico para recolectar la muestra.

Para su construcción se corta una manga de la tela en forma de cono truncado, con un borde superior que coincida con el borde del aro de alambre y uno inferior que se pueda fijar a la boca del frasco. Se une el aro de alambre al palo de escoba empleando alambre fino. La muestra retenida por la red depende de la densidad del plancton, velocidad y modo de arrastre y la calidad y edad de los materiales que forman la red. Por esto es difícil predecir exactamente la composición de plancton de un lugar determinado.

La recolección se puede hacer en sentido vertical y así se obtiene el plancton que vive en toda la columna de agua, sin discriminar profundidades. O se puede colocar la red en una especie de trineo y con un mecanismo de cierre para obtener una muestra de una profundidad determinada y que no se contamine con aguas vecinas.

Una vez obtenida la muestra se la rotula. Lo mejor es escribir con lápiz sobre papel manteca y colocarlo dentro del frasco, ya que otro tipo de rúbrica sobre la tapa o el mismo frasco puede llevar a confusión. Se debe consignar fecha, hora, muestro o estación, profundidad y demás datos que se consideren relevantes.

Para conservar las muestras de plancton se las debe colocar en formol al 4por ciento en agua de mar o laguna según corresponda.

Para recolectar peces, crustáceos, moluscos; se utilizan diferentes tipos de redes, y para conservarlos se sigue el mismo procedimiento que para el plancton. Si se desea mantenerlos vivos, se debe contar con baldes o recipientes grandes, como para agitar el agua continuamente para mantenerla aireada.

Es importante destacar que debe existir un objetivo muy preciso para realizar la recolección y no atrapar a los organismos sin ningún sentido. La observación y la descripción de los organismos en su ambiente natural, permite a los alumnos analizar diversidad y la complejidad de variables que interaccionan en su contexto. Se debe potenciar una actitud de curiosidad, pero en el marco del respeto al ambiente, generando una concientización sobre las diferentes problemáticas naturales.

Para estimar el tamaño poblacional (número de individuos) o su densidad (cantidad de organismos en relación a la superficie o volumen que ocupan), es necesario realizar un censo a través de un muestreo, para lo cual si son organismos fijos o de poca movilidad se pueden construir cuadrículas (marcos de madera de 25 cm de lado atravesados con hilos en sentido vertical y horizontal), las cuales se colocaran en forma azarosa sobre el sustrato donde habita la población. Luego se cuenta el número de organismos que quedaron dentro del recuadro, se debe tomar una postura de antemano si se consideran los individuos que queden en el límite. Esta actividad se repite varias veces con el fin de que los datos obtenidos sean representativos.

Luego se calcula el número de organismos por unidad de superficie y así se obtiene la densidad de la muestra, se promedian todos los muestreos y se estima el tamaño poblacional. Teniendo en cuenta la superficie de distribución total se la multiplica por la densidad promedio resultante de los muestreos. Así se obtiene la estimación de la densidad de la población estudiada.

Bibliografía

- Acha, M. y Mianzan, H. (2006, abril- mayo). Oasis en el océano: los frentes costeros del Mar Argentino. *Ciencia Hoy*, 16 (92), 44-56.
- Acha, M. y Mianzan, H. (2003, Febrero-marzo). El estuario del Plata: donde el río se encuentra con el mar. *Ciencia Hoy*, 13 (73), 10-20.
- Alonso Farré, J. M.; López Fernández, A. 2002. Informe preliminar del impacto del vertido del petróleo "Prestige" en tortugas y mamíferos marinos de las aguas Gallegas.
- Sociedad Española de Cetáceos (SEC) y Coordinadora para o Estudio dos Mamíferos Mariños (CEMMA). Vigo, España.
- Anillo Abril, A. y Barrio Alonso, C. (2006, junio). Los principios de la ecología: análisis de la teoría de ecosistemas de Jorgensen y Fath. I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS + I. España.
- Balech, Enrique. (2007). Cambios biológicos del color del agua de mar (mareas rojas o alcromías marinas) e intoxicaciones por consumo de mariscos. EHPQ. MACN. CONICET. Contribuciones del MACN N° 4 ISSN.
- Barsanti, P y Bernasconi (2002). Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas y planificación territorial. Argentina: Universidad Nacional de Mar del Plata, Embajada de Italia y Centro de Geología de costas y del cuaternario.
- Belgrano, M. (1810). Cfr. Suplemento del "Correo de Comercio", Buenos Aires, N°11, pp. 89 a 91
- Bertolotti, M.I.; Errazti, E.; Pagani, A.N. (1996). La comercialización de productos pesqueros. Promoción de consumo de pescado en el mercado interno argentino. *FACES*, 2 (2). Mar del Plata, Argentina. pp. 7-25. ISSN 0328-4050
- Blanco, D. (2012, 24 de mayo). Los Humedales como hábitat de aves acuáticas [en red]. (1999) Disponible en: https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:zjBcnDkgMqsJ:www.unesco.org.uy/ci/fileadmin/ciencias%2520naturales/mab/13.pdf+LOS+HUMEDALES+COMO+HABITAT+de+aves+acuaticas.+blanco&hl=es&gl=ar&pid=bl&srcid=ADGEEsgVB8Rqos6luj13qjS1odmFz8oQgT2RoQWra1Y-A7sMibGOud78w01NzFOiHUG7jBaHPhT93xMz9-00tEb6j_lsfOZT0yefSHvrSE3UOaRhpe3z3zkSG4w4vPcjXHMIYRNEZP3&sig=AHIEtbSH8bdfstzBdeyAWPTOpwaudWGFQ
- Bonetto, A. A., Di Persia, D. H., Maglianesi, R., y Corigliano, M. C., (1976). "Caracteres limnológicos de algunos lagos eutróficos de embalse de la región central de la Argentina". *Ecosur*. 3(5):47-120.
- Bortolus, A. (2009-2010, diciembre-enero). Marismas Patagónicas: las últimas de Sudamérica. ¿Pueden vivir plantas y animales terrestres en lugares regularmente cubiertos y descubiertos por las mareas, y pasar así, la mitad de sus vidas sumergidos en el agua del mar? *Ciencia Hoy*. 19(114), 9-15.
- Boschi, E y Carreto, J. (2007). El mar argentino y sus recursos pesqueros: El ecosistema marino. Mar del Plata: INIDeP.
- Boschi, E y Cousseau, M.B. (2004). La vida entre mareas: vegetales y animales de las costas de Mar del Plata, Argentina. Mar del Plata: INIDEP.
- Brusi, D. (1992) Reflexiones en torno a la didáctica de las salidas de campo en geología. VII Simposio de enseñanza de la geología. Santiago de Compostela. Pág. 363-407.
- Calcagno, J. y Lovrich, G. (2010). El mar. Hizo falta tanta agua para disolver tanta sal. Argentina:

Siglo veintiuno. Colección ciencia que ladra.

- Carranza A. et. al.(2012). Deep water coral reefs from the Uruguayan outer shelf and slope. Estados Unidos. Marine Biodiversity. Marine Biological Association. 42(3), 411 – 414.
- Cano Martínez, M. Isabel M. Ángeles García Delgado, Mercedes Vaca Macedo.(1998) El estudio de un solar: algo más que yerbas y bichos . Alambique. [Versión electrónica]. Revista Alambique 18.
- Casavelos, J. (2009, marzo). Pingüinos en Fuga. Sitio Argentino de Producción Animal, pp. 52-54.
- Catullo, M.R. (1992): "Reconstrucción de la identidad y Proyectos de Gran Escala: Ciudad Nueva Federación, Provincia de Entre Ríos, Argentina", en: Série Antropología, Nº 125, Universidad de Brasilia, Brasilia.
- Chiozza, E. Y Figueira, R. (1981). Atlas total de la República Argentina. Centro Editor de América Latina.
- Dadon, J. R., (2002). El impacto del turismo sobre los recursos naturales costeros en la costa pampeana. En: Zona Costera de la Pampa Argentina (J. R. Dadon y S. D. Matteucci, eds.). Lugar Editorial, Buenos Aires, pp.101-121. ISBN 950-892-140-4
- Dadon, J. R., G. Chiappini y M. C. Rodríguez, (2002). Impactos ambientales del turismo costero en la Provincia de Buenos Aires. Gerencia Ambiental 9(88): 552-560. ISSN 0328-7963
- De Dicco, R.A. (2004). Lineamientos propositivos para una planificación energética orientada al desarrollo de energía en Argentina. Material del Área de Recursos Energéticos y Planificación. IDICSO. Universidad del Salvador. Buenos Aires, Argentina. Material AREP 001
- De Dicco, R.A. (2010). En 2010... ¡Argentina sin energía! Material del Área de Recursos Energéticos y Planificación. IDICSO. Universidad del Salvador. Buenos Aires, Argentina. Material AREP 001. Material de área Nº13.
- Del Pozo, O. M. (2001). El Proceso de Urbanización y degradación ambiental del ecosistema costero. Bahía Blanca. EDIUNS.
- Dirección de Acuicultura. (1997). Estadísticas de Acuicultura. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Buenos aires, Argentina
- Errazti, E.; Bertolotti, M.I.; Aubone, A. (1995). Características del consumo de productos pesqueros en el área urbana de Mar del Plata. FACES, 1 (1). pp. 21-38. ISSN 0328-4050
- Fernández Cirelli, A. y Du Mortier, C. (2012, 10 de junio). Evaluación de la condición del agua para consumo humano en Latinoamérica. [En red]. (2005). Disponible en: <http://www.psa.es/webesp/projects/solarsafewater/curso.php>.
- Fiori, S, Cazzaniga, N. (1999). Mass mortality of the yellow clam, *Mesodesma mactroides* (Bivalvia, Mesodesmatidae) in Monte Hermoso beach, Argentina. Biol. Conserv., 89: 305-309
- Folger, T. (2012). La calma antes de la ola. Revista National Geographic. 30:2.
- Fondo Guaraní de la ciudadanía (2006); Manual de divulgación de apoyo docente; Montevideo, Uruguay.
- Francia, G. (2011, 9 de febrero). La planificación costera no existe. Tres Arroyos: Diario la Voz del Pueblo, pp. 11-12.
- Gagneten, A.M. (2008). Respuestas del zooplancton a la contaminación por cromo en la cuenca del río Salado inferior (Santa Fe, Argentina). Tesis doctoral. Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Litoral.
- García, M., Jaureguizar, A., Protogino, L. (2003). Asociaciones de peces en el Río de la Plata. En FRE-PLATA. Protección Ambiental del Río de la Plata y su Frente Marítimo: Prevención y Control de la Contaminación y Restauración de Hábitats. Proyecto PNUD/GEF/RLA 99/G31, Montevideo,

Uruguay. www.freplata.com.

- Gil, M.N.; Torres, A.; Harvey, M.; Esteves, J.L. (2006). Metales pesados en organismos marinos de la zona costera de la Patagonia argentina continental. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 41(2): 167-176.
- Guerrero, G. (2011). Las dos caras del turismo. El turismo como conservador y destructor del patrimonio turístico Argentina. *Revista de la Red de Expertos Iberoamericanos en Turismo*. Número 8. ISSN: 1989-6700
- Guimarães, R.P. (1994). Desarrollo sustentable: ¿Propuesta alternativa o retórica neoliberal? *Revista Eure*. Mexico. Vol. 20, N°61.
- Hirt LM, Domitrovic HA. (1999). Toxicidad y Respuesta Histopatológica en *Aequidens portalegrensis* (Pisces, Cichlidae) Expuestos a Bicloruro de Mercurio en Ensayos de Toxicidad Aguda y Subletales. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 1999*. Universidad Nacional del Nordeste. pp 4. <http://web.unne.edu.ar/cyt/vererinarias/v-006.pdf>
- Holland, J. (2011). La Gran Barrera de Coral. *Revista National Geographic*. 28:5.
- INFOPESCA. (1997). El mercado del pescado en Buenos Aires, Infopesca, vol. 2 Serie Mercados. 40 pp.
- Isla, F. I.; Villar, M.C. (1992). Ambiente costero. Pacto Ecológico. Universidad Nacional de Mar del Plata – Senado de la Provincia de Buenos Aires, La Plata.
- Jones, J.R.E. 1973. *Fish and river pollution*. Butterworth & Co. (Publishers), London: 203 p.
- Jørgensen, S. y Fath, B. (2004) Application of thermodynamic principles in ecology.
- Korol, S.E. (2007). Biorrecuperación de ecosistemas acuáticos contaminados ¿una misión imposible? *Revista Argentina de Microbiología* 39: 75-76. ISSN 0325-757451.
- Lajmanovich, R.; Peltzer, P.. Plan de monitoreo ambiental para el estudio del impacto de cultivos extensivos de arroz sobre el macrosistema Iberá. Cátedra de Ecotoxicología. Facultad del Litoral-CONICET. Propuesta realizada a solicitud de la Intendencia de Colonia Pellegrini (Corrientes, Argentina) [en red] (2008). Disponible en http://centromandela.com/documentos/Plan_Monitoreo_Ibera_FINAL.pdf
- López, H., Miquelarena, A. y Ponte Gómez, J. (2012, 10 de junio). Biodiversidad y distribución de la Ictiofauna Mesopotámica. [En red]. (2005). Disponible en: https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:QNcipF5MPo8J:www.ambiente.gov.ar/archivos/web/CCB/File/Ictiofauna%2520Mesopotmica.pdf+L%C3%B3pez,+H.,+Biodiversidad+y+distribuci%C3%B3n+de+la+Ictiofauna+Mesopot%C3%A1mica.&hl=es&gl=ar&pid=bl&srcid=ADGEEShwjrXdWoaVnePQtIuMKfEviGcnFWrIQz76ycRaFc9LGoCAJ8tA3rgFSxBTpWlsgf6Br0yYI5xGHnhkd-WAm9IzjBBlrXzEp11Gr_jyRgaNIbCvKtiXasedY-gT7GHKwxn1L2V2&sig=AHIEtbR3gNsyOlyGJ_SlCxBDUeOPzb9qQ
- Lovrich, G.; Thatje, S.; Calcagno, J. y Anger, K. (2007, Jun-jul.). Las centollas colonizan la Antártida. *Ciencia Hoy*. 17(99) 22-33.
- Lovrich, G.A. (1997). La pesquería mixta de las centollas *Lithodes santolla* y *Paralomis granulosa* (Anomura: Lithodidae) en Tierra del Fuego, Argentina. *Investigación Marina, Valparaíso*, 25: 41-57.
- Luchini, L. (1998). Actualidad de la Acuicultura en Argentina. *Revista Aquatic*. [en red]. (1998). Disponible en: <http://www.revistaaquatic.com/>
- Luchini, L.; Panné Huidobro, S. (2008). Perspectivas en acuicultura: nivel mundial, regional y local. Secretaría de Agricultura, ganadería, pesca y alimentos. SAGPyA. Dirección de Acuicultura. Sitio Argentino de Producción Animal.

- Margalef Ramón. (1977). Ecología. Barcelona. Omega.
- Mariani, C. y Pompêo, M. (2008). La calidad del sedimento. San Pablo: Departamento de Ecología, Instituto de Biociencias. Universidad de San Pablo.
- Martinetto, P. (2006); Efectos del cangrejo cavador *Chasmagnathus granulatus* en las interacciones biológicas y el uso del hábitat de cangrejos y peces juveniles. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Mendoza M. (1999, enero-febrero). Las macroalgas marinas bentónicas de la Argentina. *Ciencia Hoy*. 9(50)40-49.
- Núñez, G. (1971). La responsabilidad social corporativa en un marco de desarrollo sostenible. ONU. Principio 13. Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano.
- Odum, E. (1979). Ecología. México: C.E.C.S.A.
- Oldani, N. (1990). Variaciones de la abundancia de peces del Valle del río Paraná (Argentina). *Hidrobiología Tropical* 23(1), 67-76.
- Ouyang, Y. (2005). Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component análisis. *Water Research*, 39: 2621-2635.
- Pandey, A.K.; Mohamed, M.P.; George, K.C. (1994). Histopathological alterations in liver and intestine of *Liza parsia* (Hamilton-Buchanan) in response to mercury toxicity. *J. Adv. Zool.* 15: 18-24.
- Pedrozo F., Alcalder R., Manuel M., (1997). Estado trófico del Lago Nahuel Huapi y estimación preliminar de su posible evolución. Publicación conjunta del CRUB Universidad Nacional del Comahue y del DPA.
- Pepin, R. (2009). Sol, arena y ciencia. España: Océano.
- Perillo, G. y Piccolo, M. C. (2004). ¿Qué es el estuario de Bahía Blanca?. Bahía Blanca: Instituto Argentino de Oceanografía.
- Perillo, G., Melo, W. D., Cuadrado, D. G., Piccolo, M. C.; Hoffmeyer, M.S. y otros. (2004). Ecosistema del Estuario de Bahía Blanca. Argentina: Instituto Argentino de Oceanografía. Argentina.
- Pizzolon, L.; Tracanna, B.; Prosperi, C. and Guerrero, J. (1999). Cyanobacterial blooms in argentinean inland waters. *Lakes and Reservoirs* 4: 101-105.
- Prosperi, C. 2002. Los microorganismos y la evaluación de la calidad de agua. *Revista estrucplan* on line. www.estrucplan.com.ar. Consultado el 4 de abril de 2012
- Prosperi, C; Rodriguez, C; Pierotto, M; Mancini, M; Daga, C; Gonella, M; Rincón, A. (2005). Evaluación de la contaminación y eutroficación de aguas superficiales de la Provincia de Córdoba. *Fac. Ciencias Exactas, Físicas y Naturales - Laboratorio de Hidrobiología. Revista on-line de la Secyt - UNC*. 2:(7): 1-3. www.secyt.unc.edu.ar
- Rojero. Fernando F (1999). Entender la organización. Aspectos didácticos del estudio de los ecosistemas Alambique. [Versión electrónica]. *Revista Alambique* 20
- Ruibal, A. L., Bustamante, A., Granero, M., López, F., Girbal, A., Lammel, E., Simonin, M. E., y Busso, F., (1999). "Estudio de la evolución de la calidad de agua del Embalse del Dique San Roque, Córdoba asociado al desarrollo de floraciones de *Ceratium*". Congreso Argentino de Grandes Presas y Aprovechamiento Hidroeléctrico, San Martín de los Andes, Argentina.
- Ruiz Díaz, J.D.; Fehner, D.C. Moresi, A.L.; Vazquez, F.A. (2010). DBO5 y otros parámetros fisicoquímicos como indicadores de contaminación. Río Paraná, Costa Corrientes Capital, Argentina. *Facena*. 26, pp. 3-14. 3
- SAGPyA. (1996). Consumo de Pescado en el Mercado Argentino. 173 pp.
- SAGyP. (1995). Guía Pesquera Argentina (2ª edición). pp: 42-46.

- Sánchez, E.Y. (2008). Las lagunas profesan el heavy metal. Metales pesados en ambientes acuáticos pampeanos. Espejos en la llanura. Nuestras lagunas en la región pampeana. Capítulo 6.
- Sar, E. et. al. (2010, diciembre). Dinophysis spp. asociadas a detección de toxinas diarreicas (DSTs) en moluscos y a intoxicación diarreica en humanos (Provincia de Buenos Aires, Argentina). Revista de Biología Marina y Oceanografía. 45(3), 451-460.
- Sarmiento, Fausto O. (2001). Diccionario de ecología: paisajes, conservación y desarrollo sustentable para Latinoamérica. Quito: Abya-Yala.
- Siegel, V. y Loeb, V. (2012, junio) (1995, 20 de Julio). Recruitment of Antarctic krill Euphausia superba and possible causes for its variability. [en red]. Disponible en: <http://www.int-res.com/articles/meps/123/m123p045.pdf>
- Skvarca, P. (2002) Importancia de los glaciares del hielo patagónico sur para el desarrollo regional. Presentado en el XV Congreso Geológico Argentino. Calafate, Río Gallegos, Argentina.
- Stanchich, E. (2003). Cuando los ríos se modifican, pierden los pueblos y la diversidad. Taller ecologista. Programa Energía Coalición Ríos Vivos. Rosario, Argentina.
- Strahler, A. N.; Strahler, A. H. (1989) Geografía Física. Barcelona: OMEGA 3ª Edición
- Tortorelli, Ma. Del Carmen (Eds.). (2009). Ríos de Vida. (1ªed.). Ministerio de Educación de la Nación. Buenos Aires, Argentina.
- Tello, E. 1998. La "guerra del agua en Barcelona": Alternativas económico-ecológicas para un desafío socioambiental. Barcelona, España. http://asignatura.us.es/ciberico/archivos_acrobat/zaracomun4tello.pdf Consultado el 1 de noviembre de 2012.
- Thompson, G.A.; Sánchez de Bock, M.F. (2007). Mortandad masiva de Mesodesma mactroides (Bivalva: Mactracea) en el Partido de La costa, Buenos Aires, Argentina, en Septiembre 2004. Atlántica, Rio Grande, 29(2) 115-119.
- Tréllez, E.; Quiroz, C. (1995). Formación Ambiental Participativa. Una propuesta para América Latina. CALEIDOS/ OEA. Lima.
- Vegas Velez, Manuel (1980). Introducción a la ecología del bentos .Uruguay. UNESCO.
- Velasco-Alvarado, J.C. (1986). Estudio bacteriológico en las zonas de Manzanillo y Santiago, Col. durante el período de verano-otoño de 1984. ESCM, México.
- Velásquez, 2011. Ecología <http://www.scribd.com/doc/75238713/Curso-ecologia-udea>. Consultado 4 de agosto de 2012.
- Yorio, P. (2001). Áreas Marinas Protegidas en la Argentina. Ciencia Hoy. Vol. 11, N°64.

Sobre los autores



María Sol Caríssimo, Nació en la provincia de Buenos Aires, en 1981. Estudió Profesorado de Biología y Licenciatura en Enseñanza de la Biología.. Se desempeña como docente en el I.S.F.D. N° 142 de San Andrés de Giles, Provincia de Buenos Aires.



Patricia V. Del Cero, (1975) Egresada de la Universidad Nacional del Sur, como Profesora de Geografía y Licenciada en Geografía. Realizo una especialización en Ordenamiento Territorial. Se desempeña como profesora en el Instituto de formación docente y técnica n° 167 de Tres Arroyos. También es profesora Titular de la Universidad Sudoeste en las cátedras Elementos de Geografía, Geografía de los Recursos Turísticos I y II y Planeamiento;



María del Carmen Fonalleras (1963). Licenciada en Biología (UNMdP), docente de Educación Superior y Nivel Medio. Es profesora en la Escuela Normal Superior José Manuel Estrada, ISFD N° 163 de Necochea, Provincia de Buenos Aires. Ha participado en proyectos de investigación de Biología Marina(CONICET y MACN). Se ha actualizado a través de distintos dispositivos tales como Circuito E: Biología (UNQ), Formador de formadores (UNAM), Educación Ambiental (UNMdP),Red Federal de Formacion Docente Continua (UNCPBA, UNMdP), entre otros.



Paula Mariela Silva (1978). Es profesora de Biología en I.S.F.D. N° 35 de Luis Guillón, Provincia de Buenos Aires y se desempeña como docente de Educación Superior en Biología y Química. Actualmente participa de un convenio binacional con el Laboratorio de acuicultura marinha-labaquac de Brasil, en un proyecto para la conservación de los hipocampos llamado Projeto Hippocampus.



María Inés L. Giordano, es Profesora y Licenciada en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Se desempeña en el ISFD 19, "Almafuerte" de Mar del Plata.

SERIE CUADERNOS DE TRABAJO DOCENTES APRENDIENDO EN RED

El sector de Educación de la Oficina de Montevideo-Representación ante el MERCOSUR implementa sus acciones programáticas a nivel nacional y subregional en el marco del Proyecto Regional de Educación para América Latina y el Caribe (EPT/PRELAC 2007).

Los ministros de Educación de la Región han afirmado que la educación es un bien público y llave para la construcción de un mundo más justo, señalando siete temas centrales en sus recomendaciones (www.unesco.org/Santiago). Esta nueva serie de publicaciones, que hemos titulado Docentes Aprendiendo en Red (DAR) se nutre selectivamente de las recomendaciones referentes al "derecho de las personas a aprender a lo largo de la vida" desde "enfoques educativos para la diversidad, la inclusión y la cohesión social". La serie pretende acercar al docente lector materiales de apoyo educativo, elaborados por algunos de sus pares docentes que han sido participantes activos de proyectos innovadores asistidos por UNESCO.

A nivel nacional, implementar estas recomendaciones potencia una de las funciones de la UNESCO que denominamos "laboratorio de ideas". En ese sentido, la temática de acortar distancias entre las investigaciones universitarias y la formación de docentes en ciencias es uno de nuestros centros de interés programático. Entendemos que trabajar a favor de los educadores de la enseñanza demanda asistir técnicamente en el diseño de proyectores innovadores fundamentalmente en dos aspectos:

a) Requerir y fomentar equipos con profesionales diversos que sean referentes para el tema seleccionado y se encuentren dispuestos a "Aprender juntos" (Delors 1996)

b) Incluir en el diseño instancias colectivas de formación, discusión y planteo de dificultades conceptuales, con el objetivo de estimular aprendizaje y capacidades de producción de materiales escritos por docentes.

Los cuadernos de trabajo "Escritura en Ciencias" en el marco de la serie DAR han sido generados por el Instituto Nacional de Formación Docente del Ministerio de Educación de la Nación Argentina a través de una convocatoria abierta a los Institutos de Formación Docente de gestión pública de todo el país.

Los cuadernos de Escritura en Ciencias se ponen a disposición de formadores y alumnos de la formación docente como materiales de apoyo educativo elaborados por pares que han sido participantes activos como integrantes de equipos de trabajo que llevan adelante de proyectos innovadores asistidos por UNESCO.

El trabajo de los coordinadores ha sido complejo e indispensable para el éxito de este tipo de proyecto. Las contrapartes por países han hecho propio este diseño y ajustado a sus realidades temáticas y de arquitectura (presencial y/o virtual). De esta manera, la temática de Paraguay es "La Escritura en Paraguay", en Argentina "Escritura en Ciencias" y en Uruguay "Celebrando el Año Internacional de la Química". Los coordinadores generales, así como los de Escritura han desarrollado un análisis crítico del proceso y han sabido guiar las intrincadas relaciones generadas cuando se "aprende haciendo" contribuyendo a resolver conflictos y logrando el mejor documento posible. En ese sentido, vaya a todos ellos nuestro agradecimiento.

María Paz Echeverriarza
Profesional del Programa Educación
UNESCO Montevideo



Ejemplar de distribución gratuita. Prohibida su venta.