

PARÁMETROS AMBIENTALES DEL ÁREA DE LA FUTURA RESERVA MARINA DE GANDO-ARINAGA

L. Medina, A. Luque, S. Álvarez, F. Tuya,
J. J. Castro y J. A. Martín

*Dpto. Biología. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
35017 Las Palmas de Gran Canaria. España*

INTRODUCCIÓN

La Viceconsejería de Pesca del Gobierno de Canarias conjuntamente con la Secretaría de Estado de Pesca está desarrollando en el archipiélago canario un programa de creación de Reservas Marinas de Interés Pesquero; existiendo en la actualidad dos creadas, una situada al Norte de Lanzarote y la otra al Suroeste de El Hierro. Está prevista la creación de una tercera en el Este de la isla de Gran Canaria, en la zona de Gando-Arinaga.

El régimen de los vientos en la región canaria está dominado por el sistema de los alisios y de sus variaciones estacionales.

Las aguas superficiales (hasta 150 metros) están muy influenciadas por las condiciones atmosféricas y por la dinámica de la capa de mezcla. Para Gran Canaria se tiene que la línea de convergencia de vientos observada al Sureste de la isla separa un centro de vorticidad ciclónica o positiva al Sur de la línea de convergencia mientras que al Norte de la misma hay un centro de vorticidad anticlónica (Naya, 1967, 1982 y 1983). Estos frentes cambian con el régimen de viento y tienen una gran repercusión en la estructura física de la columna de agua así como desde el punto de vista biológico.

Todos estos factores que modelan el clima general van a definir las características físicas de la zona de la futura reserva marina: régimen de vientos y régimen de corrientes, penetración de la radiación lumínica, factores que, conjuntamente, con los contenidos de nutrientes y la biocenosis van a condicionar la productividad primaria del área a preservar.

En el presente trabajo se exponen el análisis de los factores abióticos del área de la futura Reserva Marina de interés pesquero que se requieren para el conocimiento de la evolución espacio-temporal de los elementos y mecanismos que determinan el funcionamiento de este ecosistema costero. La comprensión del funcionamiento de este ecosistema costero permitirá el establecimiento de criterios de evaluación y el alcance de

los objetivos que lleva implícita su declaración como reserva, los cuales corresponderán a un desarrollo sostenible en el área a reservar.

MATERIAL Y MÉTODOS

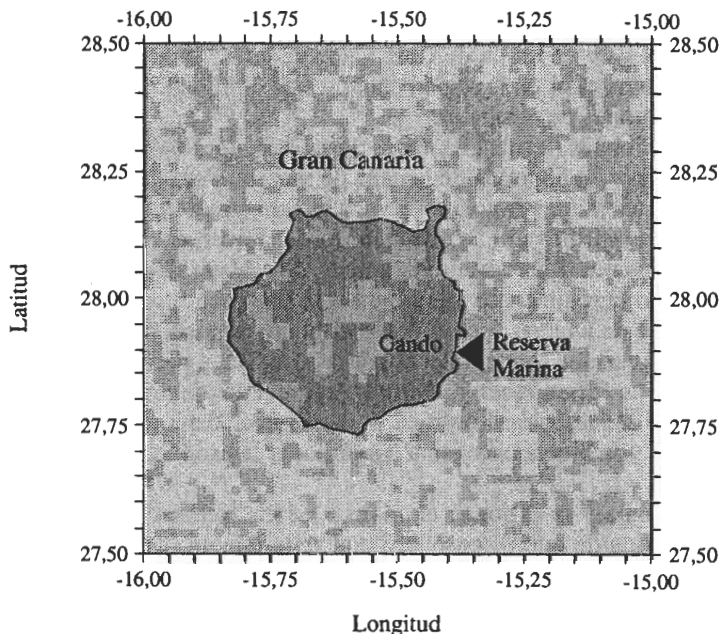
La zona propuesta para la declaración de la Reserva Marina Gando-Arinaga se halla situada al Este de la isla de Gran Canaria (entre las latitudes de $27^{\circ}52'00''$ y $27^{\circ}56'00''$), con un a batimetría inferior a los 50m y con una superficie aproximada de 40 km^2 , la cual delimita la llamada bahía de Gando (Fig. 1).

Se han utilizado los datos de temperatura del aire (décimas de grado centígrado), intensidad del viento ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) registrados en la estación situada en el aeropuerto de Gran Canaria (Gando) suministrados por el Instituto Nacional de Meteorología durante el periodo de 1994/96. Dado que la altitud de la estación de Gando es de 24 m, a partir de las medidas registradas se aplica una relación logarítmica que tiene en cuenta los coeficientes de rozamiento y de rugosidad, y se calcula la velocidad del viento a 10 m lo que permitirá su comparación con otras estaciones meteorológicas.

En el interior de la bahía, se han realizado mediciones de corrientes marinas, durante los meses de Julio/Agosto y Diciembre de 1996/Enero del siguiente año, con la instalación, tanto en superficie (5 m) como próximo al fondo (18m), de correntímetros (mod. SD-6000) con una frecuencia de muestreo cada 10' o mediante cuerpos de deriva

Figura 1

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE LA FUTURA RESERVA DE GANDO-ARINAGA



(flotadores), los cuales fueron lanzados a distintas profundidades y en diferentes puntos del área de estudio.

Se han instalado equipos de medida en continuo con registros de temperatura, salinidad, turbidez entre otros parámetros mediante una sonda multiparamétrica (Water Quality Logger, 3800) y se ha medido la intensidad de la radiación lumínica con un sensor Licor (4 π).

RESULTADOS

La temperatura seca del aire muestra, durante los tres años de este análisis, un rango de variación de los 14,4 a 26,4 °C, la cual incluye incrementos esporádicos que pueden alcanzar los 30°C. Como temperatura media mensual, se tiene las mínimas (16,8 °C) que se presentan en Enero-Febrero y las máximas (24,3 °C) se registran en Julio-Agosto; la diferencia no supera los 7 °C de temperatura entre los meses más fríos y más calurosos del año (fig. 2).

En la misma figura 2 se incluye la variación horaria mensual de la temperatura seca del aire. Se puede establecer dos periodos bien marcados:

- El nocturno, con los registros de las 01 y 07 h, el cual se caracteriza por mostrar las mínimas temperaturas.
- El diurno, con las medidas de las 13 y 18 h, que presenta las temperaturas más elevadas.

En la figura 3 se muestra los valores medios mensuales de la temperatura superficial del agua medida durante el periodo de muestreo en el área, con mínima (18,5 °C) en Febrero y máxima de 24 °C en Octubre. La distribución vertical de la temperatura es bastante homogénea, en general no se supera el grado de temperatura entre las medidas de superficie y las registradas próximas al fondo. La mayor diferencia entre las medidas se presentan a partir de las 12-14 h mientras que son mínimas durante el periodo nocturno, presentando las altas temperaturas un desfase con respecto a la radiación medida en la misma estación de muestreo.

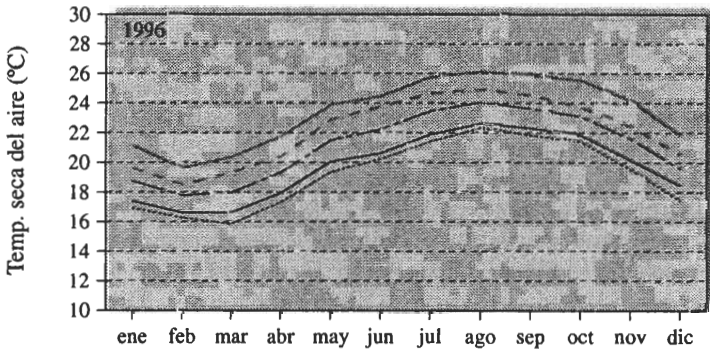
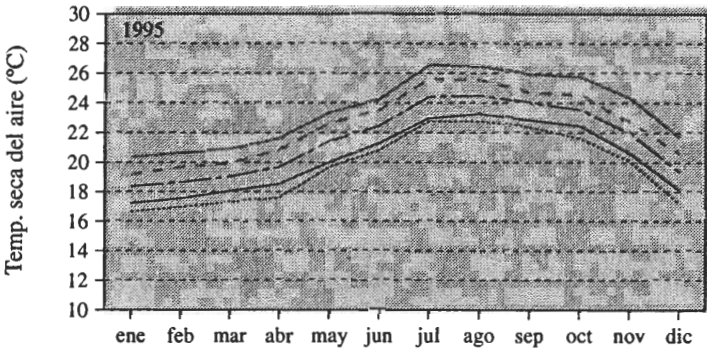
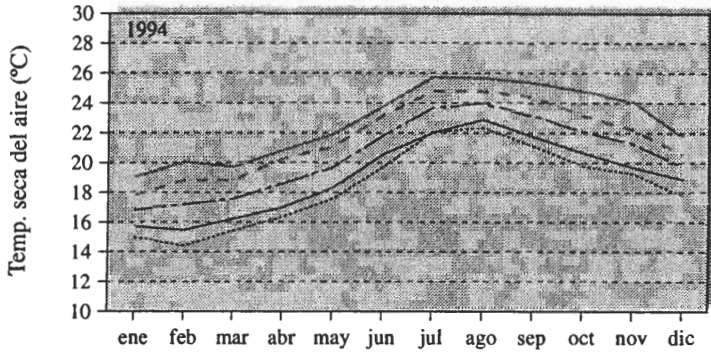
En la figura 4 se pone de manifiesto las posibles variaciones interanuales de la intensidad de viento. El periodo de vientos constantes y relativamente fuertes se extienden desde Junio a Agosto para los tres años donde se registran las máximas intensidades, entre 9,7-10,7 m.s⁻¹ como media mensual y con días en los que se pueden alcanzar hasta los 13,9 m.s⁻¹. En esta época de los alisios, que soplan del N-NE, pueden alcanzar hasta un 100% como frecuencia de incidencia en estas direcciones con intensidades superiores a 9 m.s⁻¹ (entre 65-72 % de las medidas correspondientes al 96) y no se detectaron porcentos de calma.

Las medias mínimas mensuales, de 3-4 m.s⁻¹, corresponden a Noviembre-Diciembre. Se resalta los incrementos en el mes de Marzo (1994) o Mayo (1995). La distribución de la intensidad del viento por registros horarios pone de manifiesto las máximas velocidades que se alcanzan a lo largo del día, hasta 12 m.s⁻¹ en el año 1994 y concretamente en los meses de verano, de acuerdo con su distribución anual. Al mismo tiempo, se resalta cómo la intensidad de viento incrementa a lo largo del día, esto es, desde el amanecer (medida de las 7h) hasta alcanzar los máximos registros de 13 a 18h para finalmente descender. Esta variación diurna puede alcanzar hasta los 4,7 m.s⁻¹.

Las mediciones de corrientes estuvieron dirigidas al conocimiento de la circulación marina en el interior de la Bahía. Para el periodo de muestreo de invierno se registraron

Figura 2

TEMPERATURA SECA MEDIA MENSUAL DEL AIRE (°C) REGISTRADA EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA SITUADA EN EL AEROPUERTO DE GRAN CANARIA (GANDO), MEDIDAS A LAS 01, 07, 13 Y 18 H JUNTO CON LA MEDIA

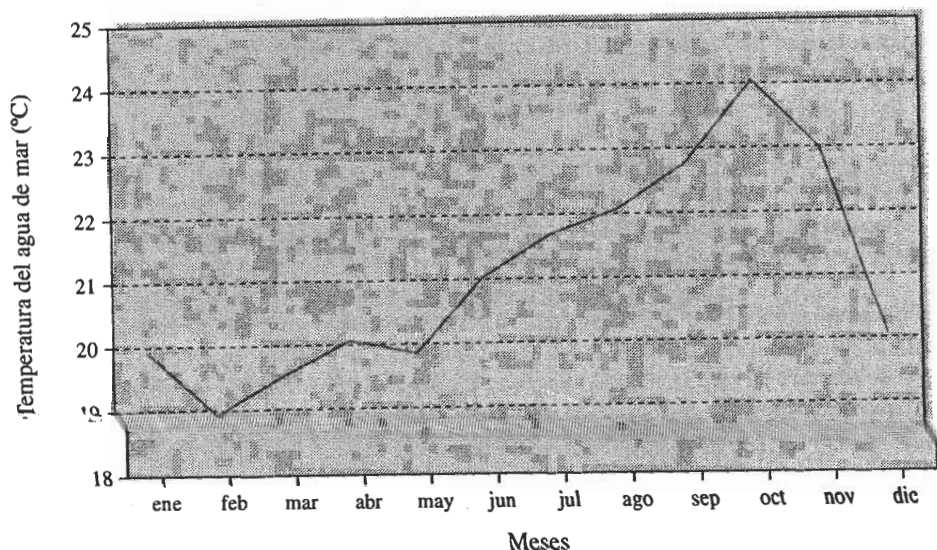


Meses

— 1h 7h ——— 13h - - - 18h - · - Media

Figura 3

MEDIA DE LAS MEDIDAS DE TEMPERATURA SUPERFICIAL
DEL AGUA DE MAR (°C) REGISTRADAS EN LA BAHÍA DE GANDO
DURANTE EL PERIODO DE 1994/96



corrientes débiles, los valores medios en superficie ($5,57 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$) son ligeramente superiores a los registrados en el fondo ($3,99 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$) y las velocidades máximas ($24 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$) se toman en superficie en la dirección predominante de NE y con la profundidad éstas disminuyen ($13 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$) continuando en la misma dirección. La estabilidad del módulo de velocidad de la corriente (30% en superficie y 36% en el fondo) son inferiores al índice de estabilidad del módulo de dirección (83% en ambos casos), lo cual indica que la velocidad tiene un comportamiento periódico estable con un flujo bastante estable en dirección.

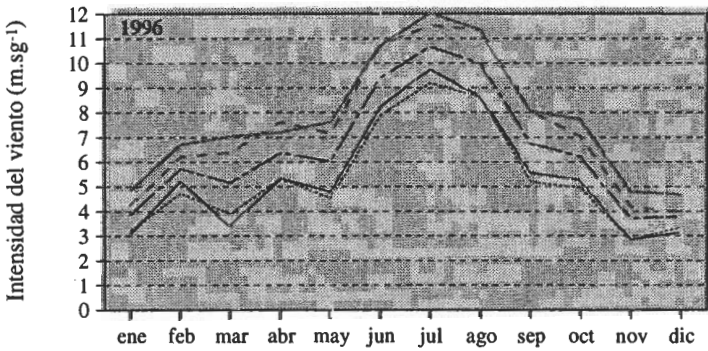
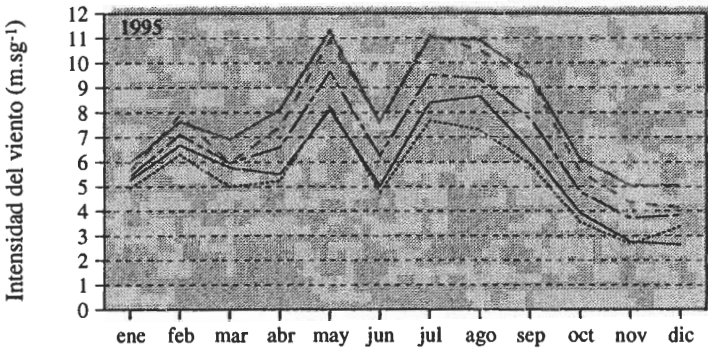
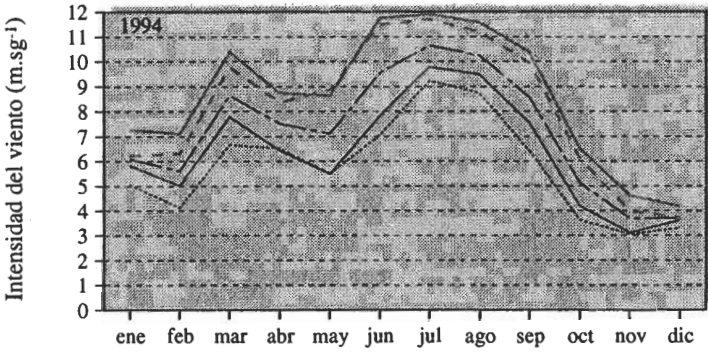
Las direcciones predominantes de la corriente de superficie son de NE con frecuencia del 54% y de E con un 25%, muy similares a las obtenidas en el fondo con frecuencias de 30,6% para NE y 43,5% en E.

Filtradas ambas series (superficie y fondo) con ayuda del filtro Doodson, obtuvimos las series de corriente periódicas y no periódica (residual). La corriente residual coincide con la dirección del transporte general de la corriente total, siendo en superficie NE con velocidades máximas de $7,8 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ y medias de $4,9 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ y para el fondo de dirección E con máximas de $4,8 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ y medias de $3,3 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$.

Los muestreos realizados con cuerpos de deriva en diferentes niveles de profundidad próximo a la Península, se obtienen que a partir de una profundidad aproximada de 8 m hasta el fondo, la circulación de las corrientes se mantienen con un comportamiento estable durante todo el año, siendo la dirección predominante al NE y en menor medida dirección al SW.

Figura 4

INTENSIDAD DEL VIENTO (M.S⁻¹) REGISTRADA EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA SITUADA EN EL AEROPUERTO DE GRAN CANARIA (GANDO), MEDIDAS A LAS 01, 07, 13 Y 18H JUNTO CON LA MEDIA



Meses

— 1h 7h ——— 13h - - - - 18h - - - - Media

Durante Julio y Agosto para la superficie, las velocidades medias obtenidas oscilaron entre 10 y 15 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ y la máxima con 29 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$. De acuerdo a los puntos de muestreos de la Bahía se observaron que los flotadores se orientaban en las direcciones SE al SW, e incluso en las direcciones E y SE en las proximidades de la Península, mientras que la zona media de la Bahía las direcciones fueron en S.

Con las medidas registradas al mediodía (12-14h) a nivel superficial, se tiene una radiación lumínica que oscila desde los 379 $\mu\text{mE}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ en un día nuboso de invierno a los 2 819 $\mu\text{mE}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ en Julio. Para este mismo intervalo horario de registros e independiente de la época del año, se han obtenido unos rangos de variación del orden de 1 200 $\mu\text{mE}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Para los distintos puntos de muestreos en la Bahía, a nivel superficial se han obtenido gradientes inferiores a 200 $\mu\text{mE}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$.

La atenuación de la luz es progresiva con la profundidad; se han obtenido diferentes coeficientes de extinción de acuerdo a los distintos niveles de medida y de puntos de muestreos, alcanzándose para este área el 1% de radiación lumínica incidente a los 38 m en otoño y los 60,8 m en verano.

Tanto espacial como temporalmente, la utilización de un coeficiente de extinción (K_{PAR}) de la radiación incidente del orden de 0,16 reflejaría adecuadamente la disminución de la luz para este área. En la figura 5 correspondiente al mes de Agosto se muestra el perfil de la cantidad de intensidad luminosa registrado a diferentes niveles conjuntamente con el teórico dado por la fórmula de Lambert-Beer.

DISCUSIÓN

Para la zona Este de Gran Canaria, se tiene que la temperatura media anual oscila de los 20,4 °C a los 21,3 °C, con un gradiente inferior a 7 °C entre el mes más cálido y el frío del año. Un gradiente térmico anual de 6,3 se obtiene en el trabajo de Tejedor (1991) para una serie de 10 años de esta misma estación. Estos rangos de amplitud son como consecuencia de la influencia atemperante de la Corriente fría de Canarias sobre la temperatura del aire.

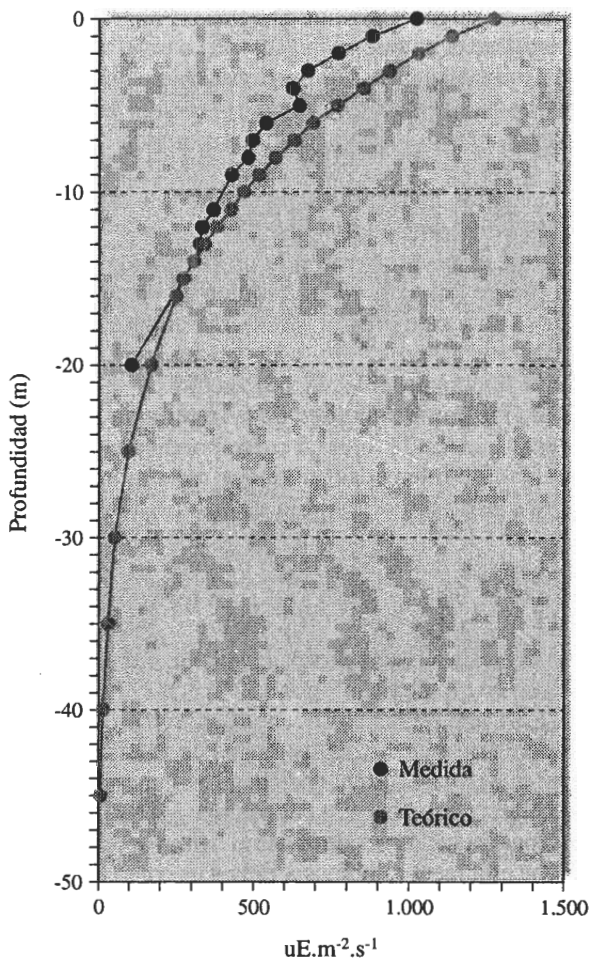
El gradiente térmico diurno, entre las 13h de máximas y las 07h de mínimas, son inferiores a 5,5 °C, correspondiendo a los meses de invierno la mayor diferencia de registro horario. Medina (1995) señala que esta menor diferencia estival es como consecuencia de la cobertura nubosa, de más de un 91% de tipo bajo para el mes de Junio, lo cual disminuye el calentamiento diurno al mismo tiempo que evita las pérdidas nocturnas de calor hacia el espacio.

Las masas de agua que bañan la zona de estudio son de carácter templado, con temperatura que oscilan aproximadamente entre los 18-24 °C, siendo la temperatura media anual de 21 °C. Esta variación anual de la temperatura superficial del agua de mar coincide con los datos expuestos para el área de Gran Canaria de los «Pilots Charts» publicadas para el año 1988 por el Defense Mapping Agency Hydrographic Center (DMAHC) que representan los resultados del estudio estadístico que han sido obtenidos a partir de informaciones de más de un siglo de observaciones, las cuales se actualizan anualmente. El tipo de rangos de temperatura le imprime su característica de agua templada, no sólo a éste área sino a la totalidad del archipiélago canario.

Con el parámetro viento se registran las máximas intensidades en el periodo estival y las mínimas en el invierno, con pulsos en el periodo de Marzo-Mayo. Las medidas de intensidades tomadas a diferentes horas muestran similar distribución a lo largo de los meses. En la variación anual dada por Tejedor (1991) se desprende un pequeño incre-

Figura 5

PERFIL DE LA PENETRACIÓN DE LA RADIACIÓN INCIDENTE
EN EL MAR ($\mu\text{E} \cdot \text{M}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$)



mento en el mes de Marzo. Estos picos de intensidad que se presentan en el periodo primaveral también aparecen recogidos en la distribución anual del trabajo de Medina (1995) que estudia la velocidad del viento para esta área, tanto con medidas «in situ» de la estación meteorológica como con datos de previsión del Centro Europeo de Reading y los extraídos del Atlas de Oberhuber.

El viento para esta área es preferentemente de dirección Norte-Noreste a lo largo del año (García-Melón, 1988; Pérez-Martell, 1988; Tejedor, 1991) y como hemos mencionado anteriormente, con máximas intensidades en el periodo estival.

Las corrientes marinas en la plataforma se originan como consecuencia de la acción del viento y de las mareas, aunque pueden existir otras contribuciones de relativa im-

portancia. Las corrientes así generadas resultan afectadas por la topografía del fondo y configuración de la línea de costa.

En nuestro estudio se obtiene que la energía cinética del movimiento no estacionario (fluctuaciones) para toda la columna de agua fue del 53%, lo que significa que existen fluctuaciones periódicas en el movimiento de las aguas, las cuales son producidas por las mareas. Tejedor (1991) que estudia tres zonas costeras al Este de la isla, señala a las mareas como potencial generador de las corrientes.

Durante el periodo de cuadratura (cuarto menguante y cuarto creciente) las mareas son de menor amplitud y hacen sentir su efecto sobre las velocidades de la corriente que registran menor intensidad; a medida que aumenta la amplitud de la marea en sicigia (luna llena o nueva), aumenta la intensidad de la corriente, incrementando la amplitud entre máximos y mínimos. Observando así los máximos en la bajamar y los mínimos en la pleamar, a nivel superficial como en profundidad.

Al mismo tiempo, si consideramos que la corriente residual no está asociada (o generada) al viento (débil en esta época) ni a la corriente general de Canarias, ya que tienen direcciones contrarias. Tampoco se encuentra asociado al régimen de oleaje, para esta zona de la isla son de dirección predominante del N-NE, estando la Bahía protegida de forma natural por la Península de Gando.

Por lo tanto, suponemos que la circulación en la bahía de Gando durante la época de invierno está influenciada por dos factores: configuración de la línea de costa y las mareas. La corriente residual observada es producto de una compensación hidrodinámica *en la cual influye la línea de costa y la batimetría.*

Para el periodo de fuertes vientos, la corriente en superficie toma la dirección del viento y se dirige al SE-SW. En el fondo las corrientes mantienen el comportamiento en la dirección al NE. En la zona media y sur de la Bahía, las corrientes mantienen una dirección al SE bordeando la línea de costa durante todo el año.

Con respecto a la calidad del agua, expresada ésta por su transparencia tenemos que a medida que la luz va profundizando, se va empobreciendo por la difusión y absorción, en las diferentes longitudes de onda, por las diferentes partículas y moléculas (vivas y no vivas) disueltas y suspendidas en las distintas capas del agua.

La cantidad de luz (PAR) que penetra varía con los tipos de agua (Jerlov, 1976). La zona de Canarias ha sido considerada como de aguas oceánicas tipo II con un K_{PAR} del orden de 0,02-0,03 (Jerlov, 1976) no obstante estos valores están dados para aguas oceánicas y van a variar mucho en aguas costeras. Para esta área, en nuestro estudio damos como valor medio temporal un coeficiente de 0,16 lo cual concuerda con Margalef (1982) que señala que la extinción aumenta al aproximarse a la costa. También debemos de considerar que dicho coeficiente incrementa en relación con la biomasa fitoplanctónica. Morel y Smith (1974) indica que la extinción de la luz es proporcional a la cantidad de fitoplancton lo que implicaría una mayor productividad del área. Como profundidad de compensación (con un 1% de la luz incidente), que varía temporalmente, se alcanzan cotas muy superiores a la batimetría de la bahía en estudio por lo que este parámetro físico y ecológico no es un factor limitante dada las características de la zona, debiéndose considerar otras condiciones ambientales determinantes de la productividad.

Se resalta que en el área de la futura Reserva Marina de Gando-Arinaga, dada su configuración de costa, su orientación al sistema general de vientos, de su batimetría inferior a 50m y de la circulación marina se puede delimitar dos zonas (fig. 6) con las siguientes particularidades:

- La zona Norte, con 1/4 de la superficie de la Reserva Marina, se halla protegida por la península de Gando con una dinámica marina marcada por la estacionalidad de los vientos, por las fluctuaciones periódicas en el movimiento de las aguas causada por las mareas así como la compensación hidrodinámica.
- La zona Central-Sur, de mayor superficie, abierta tanto a la circulación general atmosférica como oceánica, con predominancia de los vientos alisios (N-NE) y de las corrientes que bordeando la línea de costa se dirigen hacia el Sur.

Figura 6

ZONACIÓN DEL ÁREA DE LA FUTURA RESERVA MARINA



AGRADECIMIENTO

Viceconsejería de Pesca del Gobierno de Canarias que ha sufragado este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- DMA (1988): *Pilot chart of the North Atlantic Ocean*, nº 168801. Washington, Enero, Febrero y Marzo.
- DMA (1988): *Pilot chart of the North Atlantic Ocean*, nº 168804. Washington, Abril, Mayo y Junio.
- DMA (1988): *Pilot chart of the North Atlantic Ocean*, nº 168807. Washington, Junio, Julio y Agosto.
- GARCÍA MELON, E. (1988). *Evaluación de la contaminación marina originada por buques en el archipiélago canario. Criterios y medidas de prevención y neutralización*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Canarias, 316 pp.
- JERLOV, N. G. (1976). *Marine Optics*. Elsevier Oceanography Series, nº 14, 231pp.
- MARGALEF, R., 1982. *Ecología*. Omega S.A.: 951 pp.
- MEDINA, L. (1995). *Análisis multidisciplinar del ecosistema costero insular, balance energético, capa de mezcla y modelo biológico*. Tesis Doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria: 330 pp.
- MOREL, A. y SMITH, R. C. (1974). Relation between total quanta and total energy for aquatic photosynthesis. *Limnol. Oceanogr.*, nº 19: 591-600.
- NAYA, A. (1967). La meteorología y la pesca científica. Publicaciones serie A, nº 47. *Instituto Nacional de Meteorología*: 53 pp.
- NAYA, A. (1982). *Intercambios de calor entre el océano y la atmósfera y sus consecuencias pesqueras*. Tesis Doctoral, Uni. Palma de Mallorca: 110 pp.
- NAYA, A. (1983). *Meteorología Superior*. Espasa-Calpe (ed.): 546 pp.
- PÉREZ-MARTELL, E. (1988). *Interacción vientos-corrientes en profundidades reducidas. Un modelo para la costa Este de Gran Canaria*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Canarias: 271 pp..
- TEJEDOR, B. (1991). *Contribución al estudio de los fenómenos dinámicos de interacción atmósfera-océano en la costa oriental de Gran Canaria*. Tesis Doctoral, Univ. de Las Palmas G.C.

RESUMEN

La zona de aguas costeras al Este de Gran Canaria, desde la Península de Gando hasta la Punta de Arinaga, está siendo estudiada de cara a su posible declaración como Reserva Marina de Interés Pesquero. A partir de los datos suministrados por el Instituto Nacional de Meteorología en su estación de Gando (Aeropuerto de Gran Canaria) y los datos propios de medidas de corrientes y penetración de luz describimos los principales parámetros físicos de la zona. La temperatura media del aire oscila de 24,3°C en verano a 16,8°C en invierno. Menor rango de variación se obtiene en la temperatura superficial del agua de mar, con máximas de 24°C en otoño y mínimas de 18,5°C en invierno, lo que le confiere un carácter templado a la zona. El periodo estival está caracterizado por la incidencia de los vientos alisios de dirección predominante del N-NE cuya intensidad puede alcanzar hasta los 13,9 m.s⁻¹. Como consecuencia de la orientación, configuración y topografía de la zona de estudio, se detecta una dinámica marina generada principalmente por la acción del viento y de las mareas, con un comportamiento que orienta las masas de agua en la dirección SE y SW en verano con intensidades que alcanzan hasta los 29 cm.s⁻¹, siendo más débiles con dirección NE y E en invierno. En base a la estacionalidad, se obtienen unas intensidades lumínicas de 379 a 2 819 $\mu\text{mE}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, alcanzándose el 1% de esa intensidad a los 38-61 m de profundidad. La utilización de un coeficiente de extinción del orden del 0,16 refleja adecuadamente la atenuación de la luz con la profundidad. El área de Reserva Marina presenta una distribución asimétrica con una zona Norte protegida del viento en la que se resalta la circulación marina marcada por la compensación hidrodinámica. La zona Central-Sur refleja el patrón del sistema costero expuesto al viento y a la corriente oceánica.

Palabras claves: reserva marina, dinámica marina, factores físicos, Islas Canarias.

ABSTRACT

Environmental parameters of Marine Protected areas: Gando-Arinaga, Gran Canaria

Coastal offshore waters from the East of Gran Canaria (Gando Peninsula to Punta de Arinaga) were analyzed with the scope of declaring the zone as a Marine Protected Area. Meteorological data sets from the National Meteorological Institute, currents patterns measurements and light attenuation profiles were carried out. The average air temperature fluctuates between 27,3 °C in summer and 16,8 °C in winter. Surface water temperature changes from a maximum of 24 °C in fall to a minimum of 18,5 °C in winter. This fact gives the area a temperate environment status.

The summer season is characterized by the trade winds (N-NE main direction) and maximum intensity of 13,9 m s⁻¹. Light intensity oscillates between 379-2 819 $\mu\text{mE}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sg}^{-1}$ depending on the season. Further photic limit (1% of surface light intensity) is reached at 38-61 m deep as a function of the season. Yet a light attenuation coefficient about 0.16 was performed. Because of the marine topography along the area, the marine circulation shows an asymmetric distribution. Wind protected areas along the north of the reserve shows a weak compensation circulation, with an anticyclonic eddy. Despite of this fact, central and southern areas show a coastal wind exposed pattern, which reflects a SW dominant current along the shoreline.

Key words: Marine Protected Areas, Oceanographic parameters, current measurements, light attenuation coefficients, meteorological data, Gran Canaria.