

COLECCIÓN ITSASO N.º 29

# METEOROLOGÍA Y OCEANOGRAFÍA

RAMÓN FISURE LANZA



**EUSKO JAURLARITZA**

NEKAZARITZA, ARRANTZA  
ETA ELIKADURA SAILA



**GOBIERNO VASCO**

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA,  
PESCA Y ALIMENTACIÓN

# METEOROLOGÍA Y OCEANOGRAFÍA

RAMÓN FISURE LANZA

**EUSKO JAURLARITZA**



**GOBIERNO VASCO**

NEKAZARITZA, ARRANTZA  
ETA ELIKADURA SAILA

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA,  
PESCA Y ALIMENTACIÓN

**Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia**

Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco

Vitoria-Gasteiz, 2006

**FISURE LANZA, Ramón**

Meteorología y oceanografía / Ramón Fisure Lanza – 1ª ed. – Vitoria-Gasteiz : Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, 2006

p. ; cm. – (Colección Itsaso ; 29)

ISBN 84-457-2406-1

1. Meteorología. 2. Oceanografía. I. Euskadi. Departamento de Agricultura, Pesca y Alimentación

551.5

551.46

**PUBLICACIONES DE LA COLECCIÓN ITSASO RELACIONADAS CON LOS TÍTULOS NÁUTICOS DE RECREO**

14. P.E.R. Patrón de Embarcación de Recreo (Edición de 1996)
15. Patrón de Yate (Ediciones de 1998 y 2001)
16. P.E.R. (Plan 1997). Patrón de Embarcaciones de Recreo (Edición de 1998)
17. Patrón de Navegación Básica (Ediciones de 1998 y 2002)
19. Patrón de Recreo. Autorización federativa (Ediciones de 1998 y 2002)
20. Capitán de Yate (Ediciones de 1999, 2000 y 2001)
23. P.E.R. Patrón de Embarcaciones de Recreo (Edición de 2000 y 2003)
27. Patrón de Yate. Anexo normativo 2002-2003
28. Ejercicios de navegación costera

---

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Edición:                   | 1.º Enero 2006  |
| Tirada:                    | 1.000 ejemplares  |
| ©                          | Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco<br>Departamento de Agricultura, Pesca y Alimentación   |
| Internet:                  | <a href="http://www.euskadi.net">www.euskadi.net</a>  |
| Edita:                     | Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia<br>Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco<br>Donostia-San Sebastián, 1 - 01010 Vitoria-Gasteiz |
| Fotocomposición:           | Rali, S.A.<br>Particular de Costa, 8-10 - 48010 Bilbao  |
| Impresión:                 | Estudios Gráficos Zure, S.A.<br>Carretera Lutxana-Asua, 24A - Erandio-Goikoa (Bizkaia)  |
| Fotografía de la cubierta: | José Luis Granados  |
| ISBN:                      | 84-457-2406-1   |
| D.L.:                      | BI-175-06   |

## **Agradecimientos**

Agradezco a mis amigos y compañeros Antonio Sánchez Guardamino, José Luis Granados y Pedro de Miguel, por su colaboración prestada, así como a Rafael Ketelhohn, Fredrik Holm, Miguel Ángel Ruiz Peláez, Ramón Baylina y Martín Azpiroz por la cesión de sus fotografías.

# PRÓLOGO

*¿La meteorología? ¡Pero si es muy fácil!* Éste es el título de una obra que hace ya unos años intentó divulgar el conocimiento de esta ciencia que tanto influye en nuestra vida cotidiana.

En la actualidad, inconscientemente, muchísimos actos de nuestra vida están ligados a la evolución del tiempo. La actividad lúdica: un buen fin de semana previsto nos invita a viajar, la previsión de nieve fomenta el esquí y el mal tiempo anunciado nos invita a descansar tranquilamente el fin de semana en nuestras casas. No hablemos ya de las actividades profesionales como la aviación, la navegación marítima, la pesca o la agricultura, que se encuentran íntimamente relacionadas con una previsión acertada del tiempo, a corto plazo en muchos casos, y a largo plazo, en otros.

Hoy en día no hay nadie que no conozca el concepto de cambio climático, tan tergiversado y manipulado en muchas ocasiones, porque todos los meteorólogos y hombres de ciencia saben que el clima ha cambiado, cambia y cambiará con el transcurso de los siglos. Discutible sería si el efecto antrópico acelera o desvirtúa estos procesos naturales, pero ése es un tema que, en la actualidad, científicos y no científicos discuten con pasión.

Este libro de mi buen amigo y compañero de docencia, Ramón Fisure, podría titularse con la frase con la que he iniciado el prólogo, porque es sencillo y asequible a todo aquel que, sin gran preparación científica, sienta interés, o simplemente afición, por el mundo de la meteorología. Como es lógico, va dirigido fundamentalmente al mundo marino, con apartados exclusivos dirigidos a los fenómenos meteorológicos que afectan a los hombres del mar, como pueden ser las nieblas, borrascas y ciclones tan de moda en la actualidad.

Para finalizar, quiero transmitir al autor mi deseo de que, al iniciar una nueva etapa de su vida, siga profundizando en el estudio de la meteorología y climatología marina para que esta obra pueda ser el germen de otros estudios futuros que amplíen el conocimiento de fenómenos atmosféricos de interés para los hombres del mar.

JOSÉ IGNACIO ESPEL

# ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| <b>1. La atmósfera</b> .....   | 15 |
| 1.1. Composición .....   | 17 |
| 1.2. División de la atmósfera .....  | 18 |
| 1.3. Distribución térmica de la atmósfera .....                            | 18 |
| 1.4. División de la atmósfera desde el punto de vista físico/químico ..... | 22 |
| 1.5. División de la atmósfera basada en su composición química .....       | 22 |
| 1.6. División de la atmósfera desde el punto de vista eléctrico .....      | 23 |
| <b>2. Balance térmico de la atmósfera</b> .....                            | 25 |
| 2.1. Temperatura de la atmósfera .....                                     | 27 |
| 2.2. Procesos de transmisión de calor .....                                | 30 |
| 2.3. Calor latente .....   | 30 |
| 2.4. Calentamiento irregular de la atmósfera .....                         | 31 |
| 2.5. Efecto invernadero .....  | 32 |
| <b>3. Temperatura</b> .....  | 35 |
| 3.1. Introducción .....  | 37 |
| 3.2. Historia .....  | 37 |
| 3.3. Teoría cinética .....   | 38 |
| 3.4. Escalas termométricas .....   | 39 |
| 3.5. Escala absoluta .....   | 40 |
| 3.6. Termómetro estándar y temperatura absoluta .....                      | 40 |
| 3.7. Medición de las temperaturas .....                                    | 41 |
| 3.8. Calor específico .....  | 44 |
| 3.9. Superficies y líneas isotermas .....                                  | 44 |
| 3.10. Causas de la irregularidad de las isotermas .....                    | 44 |
| 3.11. Sensación térmica .....  | 46 |
| <b>4. Presión atmosférica</b> .....  | 49 |
| 4.1. Introducción .....  | 51 |
| 4.2. Atmósfera estándar .....  | 52 |
| 4.3. Medida de la presión atmosférica .....                                | 54 |
| 4.4. Instrumentos para medir la presión atmosférica .....                  | 54 |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| 4.5.       | Isobara .....   | 56         |
| 4.6.       | Variación diaria de la presión barométrica ( <i>marea barométrica</i> ) .....   | 57         |
| 4.7.       | Tendencia barométrica .....   | 57         |
| 4.8.       | Amplitud barométrica .....  | 57         |
| 4.9.       | Gradiente horizontal de presión .....   | 57         |
| 4.10.      | Formas isobáricas principales .....   | 58         |
| 4.11.      | Formas isobáricas secundarias .....   | 60         |
| 4.12.      | Distribución de las presiones en la superficie de la tierra .....               | 61         |
| 4.13.      | Presión y vientos de superficie a nivel del mar .....                           | 62         |
| <b>5.</b>  | <b>Humedad</b> .....  | <b>65</b>  |
| 5.1.       | Introducción .....  | 67         |
| 5.2.       | Cambios de estado del agua .....  | 68         |
| 5.3.       | Evaporación y condensación .....  | 68         |
| 5.4.       | Presión del vapor .....   | 70         |
| 5.5.       | Variación diurna y anual de la humedad absoluta y de la relativa .....          | 72         |
| 5.6.       | Instrumentos para medir la humedad .....  | 73         |
| <b>6.</b>  | <b>Nubes, nieblas y visibilidad</b> .....                                       | <b>77</b>  |
| 6.1.       | Nubes .....   | 79         |
| 6.2.       | Nieblas .....   | 92         |
| 6.3.       | Visibilidad .....   | 97         |
| <b>7.</b>  | <b>Precipitaciones</b> .....  | <b>101</b> |
| 7.1.       | Formación de la lluvia .....  | 103        |
| 7.2.       | Clasificación de las precipitaciones .....                                      | 104        |
| 7.3.       | Formas tormentosas .....  | 107        |
| <b>8.</b>  | <b>Fenómenos eléctricos, acústicos y ópticos</b> .....                          | <b>111</b> |
| 8.1.       | Relámpagos, rayos y truenos .....   | 113        |
| 8.2.       | La atmósfera como medio dispersor .....   | 116        |
| <b>9.</b>  | <b>Viento</b> .....   | <b>123</b> |
| 9.1.       | Definición .....  | 125        |
| 9.2.       | Modo de medir el viento (Escala de Beaufort) .....                              | 125        |
| 9.3.       | Componentes que intervienen en su formación .....                               | 128        |
| 9.4.       | Circulación de los vientos en las zonas de altas y bajas presiones .....        | 135        |
| 9.5.       | Cálculo de la velocidad del viento .....  | 137        |
| 9.6.       | Efectos del relieve terrestre en el viento .....                                | 139        |
| <b>10.</b> | <b>Estabilidad</b> .....  | <b>143</b> |
| 10.1.      | Equilibrio .....  | 145        |
| 10.2.      | Estabilidad en la atmósfera .....   | 146        |
| 10.3.      | Criterios para determinar las condiciones de estabilidad de una masa de aire .. | 149        |
| 10.4.      | Diagrama aerológico (Diagrama de Stuve) .....                                   | 156        |
| 10.5.      | Ejercicios .....  | 158        |

|  |     |
|--|-----|
| <b>11. Circulación general atmosférica</b> .....   | 161 |
| 11.1. Esquema de la circulación general atmosférica .....                                  | 163 |
| 11.2. Teoría moderna .....   | 167 |
| 11.3. Alisios .....  | 170 |
| 11.4. Vientos generales del oeste .....  | 171 |
| 11.5. Calmas ecuatoriales .....  | 171 |
| 11.6. Calmas tropicales .....  | 171 |
| 11.7. Vientos polares .....  | 172 |
| 11.8. Monzones .....   | 172 |
| 11.9. Vientos del Mediterráneo .....   | 173 |
| <b>12. Masas de aire</b> .....   | 175 |
| 12.1. Definición y naturaleza .....  | 177 |
| 12.2. Características de las masas de aire .....   | 178 |
| 12.3. Clasificación de las masas de aire .....   | 181 |
| <b>13. Frentes</b> .....   | 183 |
| 13.1. Características de los frentes .....   | 185 |
| 13.2. Clases de frentes .....  | 187 |
| <b>14. Frontogénesis</b> .....   | 191 |
| 14.1. Frontogénesis .....  | 193 |
| 14.2. Borrascas ondulatorias .....   | 195 |
| 14.3. Reglas útiles para realizar un pronóstico .....                                      | 200 |
| <b>15. Relieve del campo isobárico</b> .....   | 203 |
| 15.1. ISOHIPSAS (Topografías absolutas) .....  | 205 |
| 15.2. Influencia de la temperatura y la humedad en el relieve del campo<br>isobárico ..... | 208 |
| 15.3. Topografías relativas .....  | 209 |
| 15.4. Viento térmico .....   | 210 |
| <b>16. Estructura de las borrascas y de los anticiclones</b> .....                         | 213 |
| 16.1. Borrascas frías .....  | 215 |
| 16.2. Borrascas cálidas .....  | 216 |
| 16.3. Anticiclones fríos .....   | 217 |
| 16.4. Anticiclones cálidos .....   | 218 |
| 16.5. Sistemas móviles .....   | 219 |
| <b>17. La superficie de 500 mb</b> .....   | 223 |
| 17.1. La superficie de 500 mb .....  | 225 |
| 17.2. Ondas largas y ondas cortas .....  | 227 |
| 17.3. Ondas cortas y bajas en superficie .....   | 227 |
| 17.4. Conducta de las ondas cortas .....   | 229 |
| 17.5. Formas zonales (Zonal pattern) .....   | 232 |
| 17.6. Formas meridionales (Meridional pattern) .....                                       | 234 |

|  |            |
|--|------------|
| 17.7. Situaciones de bloqueo (Blocking pattern) . . . . .  | 235        |
| 17.8. Bajas cerradas (Cut-off lows) . . . . .  | 236        |
| <b>18. Depresiones no frontales . . . . .</b>  | <b>239</b> |
| 18.1. Clasificación . . . . .  | 241        |
| 18.2. Gota fría (Dana) (Cut-off low) . . . . .   | 241        |
| 18.3. Borrasca térmica . . . . .   | 244        |
| 18.4. Borrasca orográfica . . . . .  | 244        |
| 18.5. Tornado . . . . .  | 245        |
| 18.6. Tromba marina . . . . .  | 246        |
| <b>19. Galernas . . . . .</b>  | <b>247</b> |
| 19.1. Introducción . . . . .   | 249        |
| 19.2. Historia y características . . . . .   | 250        |
| <b>20. Ciclones tropicales . . . . .</b>   | <b>257</b> |
| 20.1. Formación, trayectoria y ciclo de vida . . . . .   | 259        |
| 20.2. Rol de la ITCZ en la generación de ciclones tropicales . . . . .                               | 260        |
| 20.3. Estructura de un ciclón tropical . . . . .   | 266        |
| 20.4. Desarrollo de un ciclón tropical . . . . .   | 268        |
| 20.5. Diferencias básicas entre los ciclones tropicales y las borrascas<br>extratropicales . . . . . | 269        |
| 20.6. Regiones de formación de los ciclones . . . . .  | 270        |
| 20.7. Trayectorias . . . . .   | 270        |
| 20.8. Huracanes de Cabo Verde . . . . .  | 272        |
| 20.9. Nombre de los ciclones . . . . .   | 272        |
| 20.10. Semicírculo manejable y peligroso . . . . .   | 273        |
| 20.11. Escala Saffir-Simpson . . . . .   | 274        |
| 20.12. Determinación del cuadrante en el que se halla el buque . . . . .                             | 274        |
| 20.13. Determinación de la posición relativa del vórtice . . . . .                                   | 274        |
| 20.14. Forma de maniobrar a los ciclones . . . . .   | 275        |
| 20.15. Barco en el cuerpo de un ciclón (Maniobras) . . . . .   | 276        |
| 20.16. Cartas y partes de ciclones . . . . .   | 281        |
| 20.17. Ejercicios . . . . .  | 284        |
| <b>21. Mapas meteorológicos . . . . .</b>  | <b>289</b> |
| 21.1. Mapas de superficie . . . . .  | 291        |
| 21.2. Mapas de olas . . . . .  | 296        |
| 21.3. Mapas de altura . . . . .  | 299        |
| 21.4. Mapas del tiempo significativos . . . . .  | 303        |
| 21.5. Mapas de temperaturas del agua del mar . . . . .   | 306        |
| 21.6. Mapas de hielos . . . . .  | 308        |
| <b>22. Navegación meteorológica . . . . .</b>  | <b>311</b> |
| 22.1. Antecedentes . . . . .   | 313        |
| 22.2. Navegación climatológica (Climatic navigation) . . . . .                                       | 314        |

|  |            |
|--|------------|
| 22.3. Navegación sinóptica (Weather navigation) . . . . .  | 314        |
| 22.4. Navegación meteorológica . . . . .   | 314        |
| 22.5. Pilots Charts . . . . .  | 318        |
| 22.6. Routing Charts . . . . .   | 321        |
| Anexo 1: Navegación meteorológica. Guía del usuario . . . . .  | 325        |
| Anexo 2: Ejemplo real de navegación meteorológica. Análisis después del viaje . .                            | 341        |
| <b>23. Olas</b> . . . . .  | <b>345</b> |
| 23.1. Descripción de las olas . . . . .  | 347        |
| 23.2. Características de las olas . . . . .  | 350        |
| 23.3. Tipos de olas: mar de viento y mar de fondo . . . . .  | 354        |
| 23.4. Cálculo de la altura de las olas . . . . .   | 357        |
| 23.5. Análisis y previsión de la altura de las olas . . . . .  | 359        |
| <b>24. Corrientes marinas</b> . . . . .  | <b>361</b> |
| 24.1. Definición y origen . . . . .  | 363        |
| 24.2. Clasificación de las corrientes . . . . .  | 363        |
| 24.3. Tipos de corrientes . . . . .  | 364        |
| 24.4. Principales corrientes del mundo . . . . .   | 368        |
| <b>25. El Niño (ENSO/ENOS)</b> . . . . .   | <b>383</b> |
| 25.1. El Niño. Oscilación del Sur . . . . .  | 385        |
| 25.2. NAO. La oscilación del Atlántico Norte . . . . .   | 393        |
| <b>26. Hielos</b> . . . . .  | <b>395</b> |
| 26.1. Clasificación y proceso de formación . . . . .   | 397        |
| 26.2. Disposiciones del SOLAS sobre hielos . . . . .   | 401        |
| 26.3. Terminología de hielos . . . . .   | 404        |
| <b>Apéndice 1. Direcciones meteorológicas</b> . . . . .  | <b>413</b> |
| <b>Apéndice 2. Frecuencia y programación horaria de las Estaciones<br/>de Northwood y Hamburgo</b> . . . . . | <b>419</b> |
| <b>Bibliografía</b> . . . . .  | <b>425</b> |