

Clorofila a

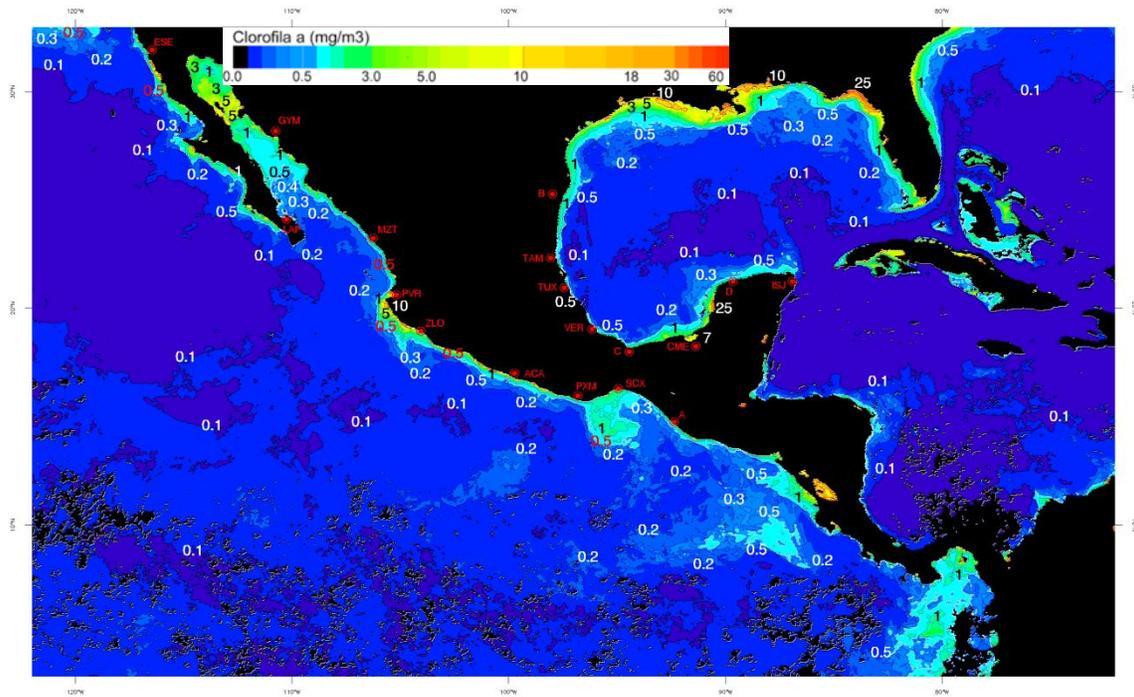


Fig. 1. Concentración de clorofila-a (mg chla/m^3) registrada en marzo. Imágenes MODIS-Aqua. Base de datos GIOVANNI-NASA.

Condiciones generales En el Pacífico Mexicano el contenido de clorofila-a (chla) se registró entre 0.1 mg/m^3 en mar abierto y más de 6 mg/m^3 , en algunas zonas ubicadas al sur de Ensenada, la costa suroccidental de la península de Baja California, la región de las Islas en el Golfo de California así como en el litoral de Jalisco y Guerrero (Fig. 1). Los florecimientos fitoplanctónicos más extensos ocurrieron en la vecindad de las Islas Ángel de la Guarda y Tiburón así como en Bahía de Banderas. Por otro lado, la isolínea de 0.5 mg/m^3 , empleada como base para la descripción de la distribución de la chla, se encontró muy cerca de la costa en la mayor parte del Pacífico excepto en el interior de los golfos de California y Tehuantepec (GT); en el primero de ellos se detectó entre Altata (Sin.) y Loreto (BCS), mientras que la isolínea de 1 mg/m^3 , se observó desde Loreto hasta el centro del Golfo ($28^{\circ}15'N$ - $112^{\circ}5'O$), y desde allí hasta Centroamérica, en tanto que en el GT ambos valores rodearon una estructura semicircular que sugiere la presencia de un florecimiento de fitoplancton, aunque de menores dimensiones que el registrado en febrero. En el Golfo de México, la franja delimitada por la isolínea de 0.5 mg/m^3 fue más ancha en Tamaulipas y Veracruz (donde se prolongó hasta Tuxpan) y desde Coatzacoalcos hasta Isla Mujeres; cabe señalar que en el litoral nororiental mexicana se registraron poco más de 1 mg/m^3 , en tanto que en la de Campeche más de 2 mg/m^3 , en particular en el interior de Laguna de Términos y frente a los Petenes.

En la mayor parte del Pacífico Mexicano la concentración de pigmentos fue menor que la promedio¹, en especial en la costa de Sinaloa y parte de la nayarita, donde las anomalías llegaron hasta -6 mg/m^3 ; por el contrario, en algunas áreas observadas entre Ensenada y San Quintín, al sur de Punta Eugenia, entre el complejo lagunar Bahía Magdalena-Bahía Almejas, la región de las Islas en el Golfo de California, en la costa de Jalisco y Colima, así como en las inmediaciones de la costa guerrerense (con la excepción de Acapulco) se registraron valores que superaron al promedio entre 1 y más de 4 mg/m^3 . En contraste, en casi todo el litoral del Golfo de México hubo un poco menos de chla que en otros años (anomalías: -0.1 a -0.5 mg/m^3), excepto en la desembocadura del río Misisipi, frente a la laguna de Alvarado ($+0.5 \text{ mg/m}^3$), así como entre Coatzacoalcos y Frontera ($+0.5 \text{ mg/m}^3$) y desde la desembocadura del río Usumacinta hasta Puerto Progreso ($+0.1$ a

¹ Periodo de referencia: 2002-2011

+1 mg/m³); en concreto frente a los Petenes. Por otro lado, en el Golfo de Campeche así como en la costa yucateca y el Caribe mexicano hubo muy pocos cambios con respecto al promedio, como se observa en la *figura 2*.

Al comparar las condiciones de este mes con las de febrero, destacó el aumento de la concentración de pigmentos en gran parte de la costa occidental de la península de Baja California, en la región de las Islas en el Golfo de California y en el litoral comprendido desde Bahía de Banderas hasta Chacahua; en particular en las inmediaciones de las Islas Ángel de la Guarda y Tiburón así como entre Puerto Vallarta y Manzanillo. En el resto del Pacífico las diferencias entre ambos meses fueron mínimas, excepto al suroeste de Guaymas y en el sur del GT, donde la chla disminuyó alrededor de 1 mg/m³. En el Golfo de México sólo en la plataforma de Luisiana y el Golfo de Florida se intensificó el contenido de chla, en tanto que en la mayor parte del territorio mexicano los cambios fueron muy pequeños (~0.1 mg/m³) excepto en la vecindad de la costa norte de Tamaulipas, norte y centro de Veracruz, donde fueron más grandes (~1 mg/m³); en Campeche las condiciones fueron contrastantes, ya que mientras que en algunas partes se registraron las disminuciones más pronunciadas (hasta -2 mg/m³), entre Champotón y Los Petenes hubo algunos pequeños incrementos. Por otro lado, en la costa norte de la península yucateca y el Caribe, los cambios fueron imperceptibles.

REGIONES

Región	Pacífico Mexicano
<p>Costa occidental de Baja California</p>	<p>Situación en el mes: En esta región se registraron entre 0.5 y más de 10 mg/m³ de chla y la franja con valores mayores a 0.5 mg/m³ fue ligeramente más ancha que en febrero. Se cuantificaron más de 10 mg/m³ entre Ensenada (ESE) y San Quintín, en tanto que en la costa norte de Bahía Vizcaíno entre 3 y 5 mg/m³; por otro lado, en la bahía de Santa Rosalía, ubicada al sur de Bahía Vizcaíno, hubo menos de 0.5 mg/m³. Entre Guerrero Negro y Todos Santos se observaron más de 5 mg/m³, y desde esta última localidad hasta Los Planes (en el interior del Golfo de California) menos de 0.5 mg/m³. En la costa occidental del estado de Baja California la anchura de la banda donde la abundancia superó 0.5 mg/m³ midió alrededor de 25 km, excepto en el norte de bahía Vizcaíno donde llegó a 50 km, en tanto que desde Guerrero Negro hasta Todos Santos (BCS) fue un poco más estrecha (40 km, en promedio).</p> <p>Comparación con otros años: En gran parte de la costa hubo menos chla que en periodos similares (anomalía: -0.1 a -4 mg/m³), en especial entre San Quintín y Guerrero Negro y en gran parte del Golfo de Ulloa. Por el contrario, en una franja muy estrecha ubicada entre ESE y San Quintín, frente a Guerrero Negro, al sur de Punta Eugenia y entre el complejo lagunar Bahía Magdalena-Bahía Almejas y Todos Santos, fue más abundante (+1 a +8 mg/m³).</p> <p>Comparación con el mes previo: En casi todo el litoral y la plataforma continental aumentaron los pigmentos, en especial entre Tijuana y el norte de la Bahía de Vizcaíno, entre Punta Eugenia y la parte media del Golfo de Ulloa, así como entre el complejo lagunar Bahía Magdalena-Bahía Almejas y Todos Santos. Cabe señalar que si bien en la mayor parte de la región el aumento fue moderado (0.1 a 1 mg/m³), en los alrededores de San Quintín, en el norte de Bahía Vizcaíno, en la bahía de San Cristóbal, ubicada en las coordenadas 27° 30' N-114° 35' O (al sur de Punta Eugenia) y en las coordenadas 25° 15'-111° 20' O, la concentración se elevó hasta en más de 4 mg/m³. Por otro lado, en la zona marina los cambios fueron mínimos (-0.1 a -0.2 mg/m³).</p>
<p>Golfo de California</p>	<p>Situación en el mes: En el interior del Golfo la chla varió entre 0.1 mg/m³, entre San José del Cabo y Mazatlán, y más de 5 mg/m³ en la región de las Islas. La isolínea de 0.5 mg/m³ fue perpendicular a la costa desde Loreto (BCS) y la bahía Lechuguilla, ubicada al oeste de Los Mochis, por lo que se ubicó más al norte que en febrero; en tanto que la de 1 mg/m³ se observó al sur de la zona de las Islas y fue paralela a ambas costas, aunque se estrechó paulatinamente desde Los Mochis (Sin.) hasta Punta Mita (Nay.). En la zona de las Islas hubo más de 7 mg/m³, en especial entre éstas y el territorio continental. En la desembocadura del Golfo (zona costera y marina ubicada frente al sur de Sinaloa y Nayarit) se registraron entre 0.2 mg/m³ y poco más de 1 mg/m³ de clorofila por metro cúbico, aunque la franja donde las concentraciones fueron mayores a 0.5 y 1 mg/m³ varió entre 10 y 20 km de ancho, por lo que fue más estrecha que en el resto de Pacífico mexicano en este mes.</p> <p>Comparación con otros años: En gran parte del cuerpo de agua, la cantidad de chla fue menor al promedio (-0.5 a -6 mg/m³), excepto entre la desembocadura del río Colorado y San Felipe (+0.3 mg/m³) así como en la región de las Islas donde las anomalías (+1 a +4.5 mg/m³) indican que la concentración observada fue casi el doble que el promedio (~3 mg/m³). En gran parte de la costa de Sonora y Sinaloa se detectaron fuertes anomalías negativas (<-6 mg/m³), mismas que fueron más evidentes en la costa que abarca desde Guaymas (GYM) hasta Mazatlán (en la <i>figura 3</i> se presentan en color púrpura). En la zona marina que abarca la desembocadura del Golfo los cambios fueron relativamente pequeños (anomalía: 0 a -1 mg/m³).</p> <p>Comparación con el mes previo: En la zona de las Islas hubo un incremento sustancial de chla (1 a 4 mg/m³), en especial entre Isla Ángel de la Guarda y la península (>6 mg/m³). También hubo un pequeño aumento en la costa comprendida desde GYM hasta Mazatlán. En el centro del Golfo, entre GYM y Loreto, la chla decreció de 0.5 a 1 mg/m³, en tanto que en la desembocadura los cambios fueron insignificantes (<0.15 mg/m³).</p>
<p>Pacífico Central (Jalisco-Colima-Michoacán)</p>	<p>Situación en el mes Desde el interior de Bahía de Banderas hasta Manzanillo se registraron cantidades mucho mayores a 0.5 mg/m³, en una franja que midió poco más de 100 km de ancho. En el interior de la bahía hubo grandes concentraciones, en especial en la costa norte, donde en algunos puntos hubo más de 10 mg/m³. Por otro lado, se observó una estructura de forma triangular, uno de cuyos extremos se extendió desde Cabo Corrientes hasta el Playón de Mismaloya, donde la chla varió entre 3 mg/m³ (en la zona marina) y más de 10 mg/m³ (en la costa), en tanto que entre Teopa (Jal) y Manzanillo se avistó otra forma con características similares; ambas estructuras sugieren que había florecimientos fitoplanctónicos asociados con las surgencias de agua subsuperficial que habitualmente ocurren en la región durante el invierno debidas al patrón estacional del viento. En el litoral sur de Colima y Michoacán la banda donde la chla fue mayor a 0.5 mg/m³, fue más amplia que en otros meses del año, en tanto que en las inmediaciones de la costa hubo más de 5 mg/m³, particularmente al sureste de Coahuayana (frontera entre Colima y Michoacán).</p>

	<p>Comparación con otros años: La cantidad de clorofila en la costa de Jalisco fue mayor a la normal, (anomalías: +0.5 a +5 mg/m³), los valores positivos fueron más notables en las dos estructuras triangulares descritas en el párrafo anterior. En el resto de la región se registraron anomalías positivas (+0.5 a +1 mg/m³) en una franja muy estrecha aledaña al continente, en tanto que en la zona marina inmediata a Bahía Banderas así como en la costa sur de Jalisco y Colima, la cantidad de pigmentos fue menor al promedio (anomalías: -0.1 a -5 mg/m³).</p> <p>Comparación con el mes previo: Este mes la chl fue más abundante que en febrero desde Bahía Banderas (BB) hasta la desembocadura del Balsas, aunque el área cubierta por valores elevados fue más extensa entre la BB y el puerto de Manzanillo (ZLO) que en el resto de la zona de estudio, posiblemente como resultado de la surgencia que se forma durante este periodo y debido a lo cual, esta zona aparece más fría que su entorno en las imágenes de temperatura superficial marina (ver boletín de marzo de 2014). La diferencia entre ambos meses varió entre 0.1 y más de 5 mg/m³. El incremento más acusado se presentó al sur de Cabo Corrientes y entre Teopa (Jal) y Manzanillo (ZLO), en tanto que al sur del puerto el incremento fue menor, excepto en las inmediaciones de Playa Azul y la desembocadura del río Balsas, donde fue de alrededor de 3 mg/m³.</p>
<p>Guerrero-Oaxaca</p>	<p>Situación en el mes: En casi toda la zona costera el contenido de pigmentos fue mayor a 0.5 mg/m³, en una franja que midió entre 40 y 50 km; cabe mencionar que en el norte de esta área se alcanzaron valores mayores a 6 mg/m³ e incluso en algunos puntos se superaron los 10 mg/m³. Entre Acapulco (ACA) y Bahía Dulce, ubicada al sur de la población de Marquelia, se registraron entre 3 y 5 mg/m³, en tanto que desde ahí hasta Chacahua nuevamente se incrementó la chl; en contraste, desde ese cuerpo lagunar hasta Salina Cruz (SCX), las concentraciones máximas fueron de 3 mg/m³.</p> <p>Comparación con otros años: En una banda muy estrecha, aledaña al continente y comprendida entre la desembocadura del Balsas y Acapulco, así como entre la Bahía Dulce y Chacahua, la chl fue más abundante que en otros años (desde 0.5 a más de 5 mg/m³). Por otro lado, entre ACA y Bahía Dulce así como desde Chacahua hasta la frontera con Guatemala, se detectaron cantidades más bajas tanto en la costa (alrededor de -1 mg/m³) como en la zona marina (-0.1 a -1 mg/m³).</p> <p>Comparación con el mes previo: En la franja litoral que se extendió desde la desembocadura del río Balsas y ACA disminuyó la chl (1 a más de 5 mg/m³); por el contrario, entre ACA y la Bahía de Agua Dulce ocurrió lo contrario en una zona que llegó hasta el paralelo 11° 41'N. La forma de esta estructura así como las detectadas en Jalisco y Colima, sugiere que en ese mes en las inmediaciones de la costa predominaron corrientes superficiales de noroeste a sureste.</p>
<p>Golfo de Tehuantepec</p>	<p>Situación en el mes: Desde Puerto Escondido hasta la frontera con Guatemala y por el sur, desde la costa hasta el paralelo 13° 39' N, la concentración varió entre 0.5 y 4 mg/m³. La isolínea de 0.5 mg/m³ rodeó una estructura semicircular que se originó frente a SCX y cuya superficie (55,892.940 km²) fue 3.9 veces menor que la medida en febrero (220,932.427 km²). Por otro lado, entre Puerto Angel y SCX se observó otro polígono limitado por la isolínea de 1 mg/m³, cuya superficie (24,200.648 km²), fue alrededor de 2.6 veces menor que la del mes anterior.</p> <p>Comparación con otros años: La de chl fue menos abundante que en otros periodos similares en todo el Golfo de Tehuantepec, en cantidades variables entre 1 y 2.5 mg/m³; las anomalías negativas fueron más acusadas en la zona central y la occidental.</p> <p>Comparación con el mes previo: En todo el GT se registró una menor cantidad de pigmentos, variable entre 0.1 y 1 mg/m³. El decremento fue más grande en la región central y en la zona marina, quizá porque este mes la surgencia que se forma en este cuerpo de agua fue menos intensa que en febrero.</p>
<p>Costa de Chiapas</p>	<p>Situación en el mes: En este periodo se registró más de 0.5 mg/m³ en una franja muy angosta que midió alrededor de 15 km. Las concentraciones más elevadas (1 a 1.5 mg/m³) se detectaron en el último tercio de la costa chiapaneca.</p> <p>Comparación con otros años: En toda la costa la concentración de pigmentos fue menor que en años previos, aunque la reducción fue menor a 0.5 mg/m³.</p> <p>Comparación con el mes previo: Los cambios fueron pequeños (-0.1 a 0.14 mg/m³) entre febrero y marzo.</p>
<p>Mar abierto</p>	<p>Situación en el mes: La cantidad de clorofila fue muy baja (<0.1 mg/m³), excepto en un área ubicada al suroeste del afloramiento del Golfo de Tehuantepec donde se cuantificaron entre 0.2 y 0.3 mg/m³, así como al sur y suroeste de la península de Nicoya y sobre el Domo de Costa Rica donde se encontró entre 0.2 y 0.5 mg/m³. Por otro lado, al noroeste del paralelo 11° 0' hubo menos a 0.1 miligramos de chl por metro cúbico.</p> <p>Comparación con otros años: El contenido de pigmentos fue inferior al de otros años, en particular en las áreas de influencia de las surgencias de Tehuantepec y el Domo de Costa Rica, donde el contenido fue menor hasta en poco más de 1 mg/m³.</p> <p>Comparación con el mes previo: En toda la zona marina los cambios fueron mínimos, excepto en la región de influencia de la surgencia de Tehuantepec y del Domo de Costa Rica, ya que este mes su extensión fue menor.</p>

Región	Golfo de México y Mar Caribe
Costa de Tamaulipas	<p>Situación en el mes: En este mes, como ocurre habitualmente, las isólinas de 1 y 0.5 mg/m³ fueron paralelas a la línea de costa; sin embargo, mientras que la de 0.5 mg/m³ llegó hasta el norte de Cabo Rojo (Ver), la de 1 mg/m³ solo hasta Tepehuajes (23° 28'N), en la parte media de Tamaulipas. El área donde hubo más de 0.5 mg/m³ fue más ancha en la desembocadura del río Bravo (~45 km) y se estrechó paulatinamente hacia el sur.</p> <p>Comparación con otros años: En toda la costa la cantidad de chl fue menor que la normal, en volúmenes variables desde -3 mg/m³, en la desembocadura del río Bravo, hasta 0.5 y 0.1 mg/m³ en la del río Panuco. En la zona oceánica también se registraron concentraciones inferiores a las promedio, aunque la diferencia fue menor (anomalías: -0.1 a -0.5 mg/m³) que en la costa.</p> <p>Comparación con el mes previo: El contenido de pigmentos disminuyó ligeramente (-0.1 a -0.5 mg/m³) tanto en la franja litoral como en la zona oceánica, excepto entre las desembocaduras de los ríos Soto la Marina y Bravo, donde fue cercano a -1 mg/m³.</p>
Costa de Veracruz	<p>Situación en el mes: La franja bordeada por la isólinea de 0.5 mg/m³ presente en Tamaulipas, se continuó hasta Tecolutla (20° 28'N-96° 53' O) y también se observó frente al litoral comprendido entre Palma Sola y la frontera de Veracruz y Tabasco. En el sur, al contrario de lo detectado en el norte, esa banda se ensanchó paulatinamente, en especial al sur de Coatzacoalcos, hasta alcanzar sus mayores dimensiones en la desembocadura del río Grijalva.</p> <p>Comparación con otros años: En casi toda la costa se registraron menos pigmentos fotosintéticos, aunque las diferencias fueron relativamente pequeñas (0.1 a 0.5 mg/m³), en tanto que frente a la laguna de Alvarado y entre los ríos Coatzacoalcos y Grijalva ocurrió lo contrario, esto es, aumentó un poco la cantidad de chl.</p> <p>Comparación con el mes previo: La chl disminuyó en toda la región entre 0.1 y cerca de 2 mg/m³. Las diferencias más notables se presentaron en la vecindad de la costa comprendida entre Tampico y el puerto de Veracruz.</p>
Golfo de Campeche	<p>Situación en el mes: Se midieron entre 0.2 y 0.5 mg/m³ de chl en casi todo el Golfo. Los valores más grandes se presentaron en las partes sur y este del cuerpo de agua.</p> <p>Comparación con otros años. En los extremos central y occidental de la región marina, las concentraciones fueron muy similares a las promedio. Se detectaron anomalías positivas cerca de la costa de Campeche, aunque el aumento solo fue significativo en Los Petenes y el interior de Laguna de Términos.</p> <p>Comparación con el mes previo: En la mayor parte del Golfo los cambios en abundancia de los pigmentos entre febrero y marzo fueron muy pequeños, en tanto que los más notables ocurrieron en la costa de Campeche.</p>
Costa de Tabasco-Campeche	<p>Situación en el mes: En la frontera de Tabasco con Veracruz, el contenido de chl fue elevado y la franja donde se registraron esos valores fue más extensa en la desembocadura de los ríos Grijalva-Usumacinta (~60 km si se considera la isólinea de 0.5 mg/m³ y 40 km, la de 1 mg/m³) y frente a los Petenes (la isólinea de 0.5 mg/m³ se ubicó a 93 km y a 55 km la de 1 mg/m³). En Laguna de Términos se detectaron entre 5 y 7 mg/m³, mientras que frente a los Petenes más de 10 mg/m³. En esta zona se presentaron las mayores cantidades de pigmentos del Golfo de México.</p> <p>Comparación con otros años: Desde Frontera hasta el extremo noroccidental de la península yucateca se registraron diferencias positivas (+0.5 mg/m³) en una franja que midió alrededor de 60 km en los puntos donde fue más ancha (desembocadura del río Usumacinta) y ~30 km en los más angostos (e.g. Champotón).</p> <p>Comparación con el mes previo: En la mayor parte de la ribera disminuyó la chl, particularmente en las cercanías de la desembocadura del río Grijalva-Usumacinta y así como entre la Isla del Carmen y el sur de los Petenes. Por otro lado, hubo pequeños incrementos en algunas áreas muy pequeñas ubicadas entre Champotón y los Petenes.</p>
Costa norte de Yucatán	<p>Situación en el mes: Frente al extremo occidental, la isólinea de 0.5 mg/m³ se localizó a poco más de 10 km de la línea de costa, mientras que frente a la región central y río Lagartos, ubicado en el extremo oriental, a 50 km. En esta zona se detectó más de 1 mg de clorofila a por metro cúbico en un área muy angosta que se extendió entre Puerto Progreso y el centro de la costa, así como frente a río Lagartos.</p> <p>Comparación con otros años: Se registraron anomalías positivas desde la frontera de Campeche y Yucatán hasta Puerto Progreso (+0.1 a +0.7 mg/m³), pero en el resto del litoral las concentraciones fueron menores al promedio y disminuyeron progresivamente en el último tercio de la costa. Frente a río Lagartos el déficit en la cantidad de chl fue más acusado (-1.5 mg/m³).</p> <p>Comparación con el mes previo: En una franja muy angosta y aledaña a toda la costa norte disminuyó el contenido de pigmentos alrededor de 0.5 mg/m³. Hacia mar abierto se registró un área, coloreada de amarillo claro en la <i>figura 3</i>, donde la chl aumentó entre 0.1 y 0.2 mg/m³.</p>

**Costa de
Quintana Roo**

Situación en el mes: La chla fue escasa ($<0.1 \text{ mg/m}^3$) en toda la zona, excepto en el interior de la bahías de Chetumal, donde se observaron más de 10 mg por metro cúbico.

Comparación con otros años: Los cambios fueron mínimos con respecto a otros periodos similares, excepto en la bahías de Chetumal donde se cuantificaron las diferencias más grandes de este mes con respecto a otros similares ($>1 \text{ mg/m}^3$).

Comparación con el mes previo: Los cambios fueron mínimos, excepto en el interior de la bahía de Chetumal donde se incrementó más de 2 mg/m^3 .

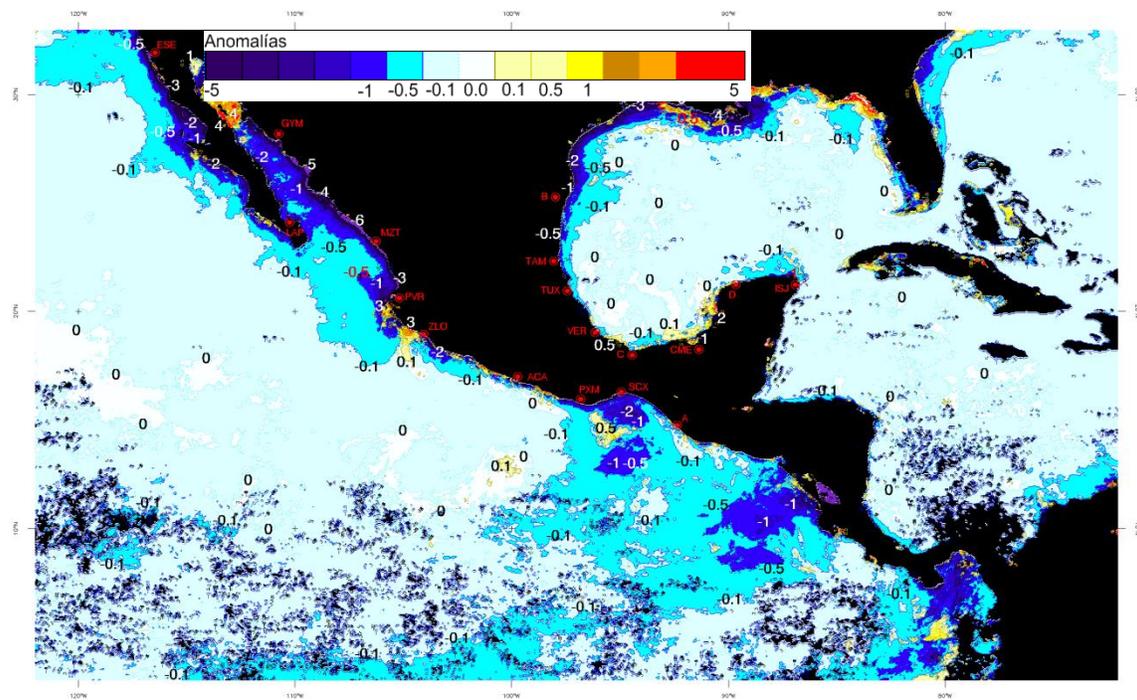


Fig.2.- Anomalías de la clorofila. Marzo 2014. Unidades: mg/m^3 .

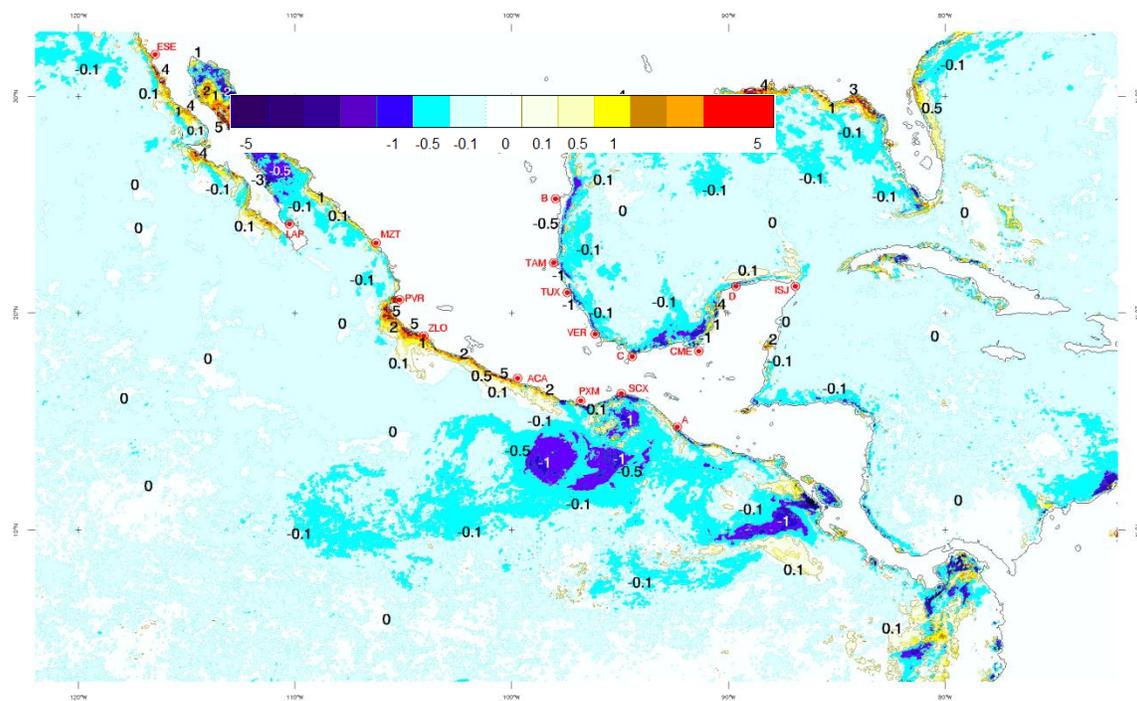


Fig. 3.- Diferencias entre el contenido de chl a entre marzo y febrero de 2014. Unidades: mg/m^3 .