
PROPIEDADES TÓXICAS DE ALGUNAS ALGAS MARINAS

GRACIELA DE LARA-ISASSI
Departamento de Hidrobiología.
Universidad Autónoma
Metropolitana-Iztapalapa.
Apartado Postal 55-535. México, D.F.,
09340

RESUMEN

Se colectaron 28 especies algales en tres localidades: en el Arrecife del Istmo, Santa Catalina, California, en Puerto Peñasco, Sonora y en Mazatlán, Sinaloa; México, para tener representantes de zona templada, subtropical y tropical. Los objetivos de este estudio fueron: mostrar que algunas sustancias de origen algal son tóxicas a peces y determinar si existe una relación entre la toxicidad y la latitud de la zona de colecta. Se prepararon extractos alcohólicos de las especies colectadas y se probó su toxicidad, usando ejemplares de *Carassius auratus* Linnaeus (carpa dorada), como animal de laboratorio. El comportamiento de los peces, como respuesta a la presencia de los extractos, osciló entre reacciones de adaptación hasta la muerte. Sólo tres especies tuvieron efectos letales en los peces; catorce especies fueron medianamente tóxicas y once no tuvieron efectos tóxicos. Debido a la falta de información relacionada con la toxicidad de las macroalgas marinas y con los resultados obtenidos en este estudio, no es posible establecer una explicación biológica o ecológica a la presencia de sustancias tóxicas en las algas marinas.

ABSTRACT

Twenty eight species of marine algae were collected in three different localities at the Isthmus reef, Santa Catalina Island, California; in Puerto Peñasco, Sonora and Mazatlan, Sinaloa; Mexico, in order to have representatives of warm temperate, subtropical and tropical regions. The purposes of this research were: to show that certain substances of algal origin are toxic to fishes and to determine if a relationship exists between the presence of toxic substances and the area of collection. Alcoholic extracts were prepared and tested for toxicity using *Carassius auratus* Linnaeus (goldfish), as the test animal. The behaviour of the fish, as a response to the presence of the extracts ranged from initial adaptative response to death. Only three species had lethal effects in the fish, fourteen were weakly toxic and eleven were non-toxic. Because of the lack of information concerning toxic marine plants, and with the results obtained in this work, it is not yet possible to suggest an ecological or biological explanation for the occurrence of toxic substances in marine algae.

INTRODUCCIÓN

El estudio de la toxicidad de organismos marinos se ha enfocado principalmente a organismos animales (Bakus 1968, 1969 y 1981; Ruggieri, 1976; Green, 1977; Bakus y Kawaguchi, 1984; Bakus *et al.*, 1986), las macroalgas, a pesar de su gran diversidad y abundancia, han recibido poca atención en este aspecto.

Por muchos años, las investigaciones sobre toxicidad de algas han estado enfocadas al estudio del fitoplancton dulceacuícola y marino, en este último se encuentran las microalgas causantes de las mareas rojas y que sirven como alimento a peces, moluscos y otros invertebrados que, cuando son ingeridos, causan intoxicaciones de diversa índole a los organismos que los consumen (Sommer y Meyer, 1937; Metcaf *et al.* 1947; Halstead y Bunker, 1954, 1954b; Shilo, 1967; Halstead 1985 entre otros).

Desde hace algunos años, se ha estudiado también la toxicidad algal en relación con enfermedades del ganado causadas al beber agua contaminada con cianofitas (Fitch *et al.* 1934; Steyn 1943; Shelubsky, 1951).

Los estudios de toxicidad algal, desde un punto de vista ecológico, datan de hace 40 años Dawson *et al.* (1955); Kinsbury (1964), Doty y Aguilar-Santos (1966); Aguilar-Santos y Doty (1968). Entre los trabajos que se refieren a los mecanismos de defensa que las algas han desarrollado en respuesta a la herbivoría, específicamente a la producción de metabolitos secundarios que causan mal sabor y/o efectos tóxicos, como defensa "química" hacia los depredadores tenemos los de: Paine y Vadas (1969); Fenical (1975); Vadas (1979); Gerwick y Fenical (1981); Norris y Fenical (1982). Entre los estudios más recientes están los de Gerwick y Fenical (1981); Norris y Fenical (1982); Russell (1984); quienes reportaron que muchas especies de los géneros *Caulerpa* y *Halimeda* son

ictiotóxicas; Freitas y Marsiglio en 1986, encontraron que algunos cangrejos con neurotoxinas se alimentan de algas de los géneros *Hypnea*, *Jania* y *Polysiphonia*; Hashimoto y Konosu en 1978, reportaron haber encontrado restos de estas algas en cangrejos con toxinas paralizantes; Yasumoto *et al.* (1983), encontraron que *Jania* sp. es la fuente de las neurotoxinas mencionadas.

Este trabajo se realizó para demostrar que algunas sustancias de origen algal son tóxicas para algunos animales, particularmente peces, así como para determinar si existe una relación entre la toxicidad algal y la latitud de la zona de colecta, y de esta forma poder evaluar en las algas la hipótesis establecida por Bakus (1969) para invertebrados, la cual dice que "la toxicidad ha surgido como un mecanismo químico de defensa en contra de los depredadores y que es mayor en latitudes tropicales y arrecifes de coral".

Para tratar de probar la hipótesis anteriormente mencionada, se colectaron ejemplares en tres diferentes localidades: 1) en el Arrecife del Istmo, en la Isla de Santa Catalina, California; 2) en Puerto Peñasco, Sonora y 3) en Mazatlán, Sinaloa.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las especies algales usadas en este estudio fueron: *Codium fragile* (Suringar) Hariot, *Dyctyopteris undulata* Holmes, *Dictyota flabellata* (Collins) Setchell y Gardner, *Egregia laevigata* Setchell, *Eisenia arborea* Areschoug, *Gelidium purpurascens* Gardner, *Gigartina armata* (Gardner) Dawson, *Halidrys dioica* Gardner, *Hesperophycus harveyanus* (Decaisne) Setchell y Gardner, *Laurencia pacifica* Kylin, *Macrocystis pyrifera* (Linnaeus) C. Agardh, *Pelvetia fastigata* (J. Agardh) De Toni, *Sargassum palmeri* Grunow, y *Zonaria farlowii* Setchell y Gardner; recolectadas en el arrecife del istmo, Isla de Santa Catalina, de las cuales una pertenece a la División Chlorophyta, nueve a la División Phaeophyta y cuatro a la División Rhodophyta. *Padina durvillaei* Bory, *Sargassum acinacifolium* Setchell y Gardner, *Sargassum camouii* Dawson, *Sargassum herphorhizum* Setchell y Gardner, y *Spyridia filamentosa* (Wulfen) Harvey; colectadas en Puerto Peñasco, Sonora, de las cuales cuatro pertenecen a la División Phaeophyta y una a la División Rhodophyta. *Colpomenia ramosa* Taylor, *Colpomenia sinuosa* (Roth) Derbes y Solier, *Chaetomorpha antenina* Bory Kutzing, *Enteromorpha* sp., *Gelidiopsis tenuis* Setchell y Gardner, *Grateloupia prolongata* J. Agardh, *Gymnogongrus johnstonii* (Setchell y Gardner) Dawson, *Jania mexicana* Taylor, *Padina durvillaei* Bory, y *Ulva* sp., colectadas en Mazatlán, Sinaloa de las cuales tres pertenecen a la División Chlorophyta, tres a la División Phaeophyta y cuatro a la División Rhodophyta.

Las algas fueron lavadas con agua de mar, congeladas inmediatamente después de la colecta y se mantuvieron en este estado hasta ser procesadas en el laboratorio.

Para efectuar los bioensayos de toxicidad, *Carassius auratus* Linnaeus (carpa dorada), fue usada como animal de laboratorio, ya que no fue posible encontrar un pez marino común a las zonas de colecta que pudiera ser capturado fácilmente y en grandes cantidades; además de haberse demostrado en estudios anteriores que los peces dulceacuícolas responden de manera similar que los peces marinos a la acción de las toxinas (Green, 1977).

Para determinar la toxicidad de las algas colectadas, se prepararon extractos, mezclando 30 gr del alga previamente lavada y limpiada de epifitos, con 150 ml de metanol en una mezcladora automática, se centrifugó la mezcla a 3,400 rpm. por 15 minutos, en algunos casos, cuando no se tenía una buena extracción, se centrifugó nuevamente. Para cada prueba, 12 ml de extracto se evaporaron a sequedad, a temperatura ambiente y posteriormente los cristales se disolvieron con 3 ml de metanol.

Cada prueba se llevó a cabo por quintuplicado, usando para cada una seis cristalizadores de 300 ml, con 200 ml de agua del acuario en donde se encontraban los peces, se agregó 1 ml del extracto a probar; se colocó un pez en cada cristalizador y se observó su comportamiento durante los siguientes 90 minutos, posteriormente, si los peces no morían, se transferían a un acuario con agua limpia y su comportamiento era observado por las siguientes 24 horas.

RESULTADOS

Las reacciones observadas en los peces, como respuesta a la presencia de los extractos algales en el medio, oscilaron entre un corto período de aclimatación hasta la muerte.

De acuerdo a las reacciones observadas en los peces, los extractos fueron clasificados como: no tóxicos (NT), cuando no tenían un efecto significativo en el comportamiento del pez después del período de adaptación; medianamente tóxicos (MT), cuando después del período de aclimatación se presentaron diversas reacciones como: respuesta de escape, reacciones de irritación, hiperventilación, irregularidades en la respiración, pérdida de

equilibrio y contracciones en el cuerpo, normalizando su comportamiento después de un período de recuperación; y tóxicos (T), aquellos extractos que tuvieron efectos letales en los peces.

En las pruebas con los extractos que mostraron ser tóxicos, se observó que tan pronto como el pez entró en contacto con la solución, mostró una respuesta de escape muy severa, acompañada de hiperventilación, este comportamiento continuó, hasta que el animal perdió el equilibrio y sus movimientos se volvieron lentos, la pérdida del equilibrio se hizo más acentuada hasta que el pez perdió la posición habitual de nado, presentando dificultades en su respiración, hasta que ésta cesó totalmente, en algunas ocasiones se presentaron convulsiones y después de unos minutos la muerte.

Sólo los extractos de *Dictyopteris undulata*, *Dictyota flabellata* y *Laurencia pacífica*, fueron tóxicos (T), las tres especies (11%) fueron colectadas en el arrecife del Istmo, en la isla Santa Catalina (zona templada).

Los extractos algales que se clasificaron como medianamente tóxicos (MT), (50%) fueron de: *Eisenia arborea*, *Halidrys dioica*, *Hesperophycus harveyanus*, *Macrocystis pyrifera*, *Pelvetia fastigata*, *Sargassum palmeri*, *Zonaria falowii*, colectadas en el arrecife del Istmo; *Sargassum acinacifolium*, *Sargassum camouii* y *Sargassum herporhizum*, colectadas en Puerto Peñasco, Sonora y *Colpomenia ramosa*, *Gelidiopsis tenuis*, *Grateloupia prolongata* y *Gymnogongrus johnstonii* colectadas en Mazatlán, Sinaloa.

Los extractos de las 11 especies restantes (39%) no fueron tóxicos (NT).

DISCUSIÓN

Las algas usadas en este estudio se dividieron en dos grupos, de acuerdo a su distribución: algas de zona templada, colectadas en el arrecife del Istmo en la Isla Santa Catalina y algas subtropicales y tropicales, colectadas en Puerto Peñasco y Mazatlán.

Algunos de los extractos algales probados fueron tóxicos a los organismos experimentales; este hecho sugiere que puedan ser tóxicos a otros animales o al hombre; sin embargo, con los resultados obtenidos no se tienen datos suficientes, que puedan apoyar la idea de que las algas marinas hayan desarrollado su toxicidad de la misma manera en que lo explica Bakus (1969) en su hipótesis, para algunos animales marinos; sin embargo, las algas marinas han desarrollado varios mecanismos de defensa como respuesta a la herbivoría, (Paine y Vadas 1969, Vadas 1977 y 1979, Lubchenco y Cubitt 1980, Hay 1981), entre los que tenemos: el desarrollo de estructuras resistentes o no digeribles; la producción de metabolitos secundarios, que pueden ser tóxicos o causar un sabor desagradable (Fenical, 1975, Norris y Fenical, 1982).

Los resultados nos muestran que la mayor incidencia de toxicidad ocurrió en las algas colectadas en la zona templada, las 3 especies consideradas como tóxicas (con efectos letales en los peces) pertenecen a ese grupo. El extracto más tóxico, fue el de *Dictyopteris undulata*, causando además dermatitis de contacto en la autora. Esas observaciones, no coinciden con lo mencionado por Bakus (1969), el cual supone un alto nivel de toxicidad en las algas tropicales como respuesta a la presión de los peces herbívoros, sin embargo, un alto porcentaje (50%) de las algas colectadas en la zona tropical, se consideraron como medianamente tóxicas (MT). Las especies de amplia distribución, *Ulva* y *Enteromorpha*, no fueron tóxicas y en algunos países son usadas para el consumo humano.

El alto porcentaje encontrado de algas tropicales medianamente tóxicas, sugiere la presencia de algún mecanismo químico de defensa, que aunque no sea fatal para los peces, si produzca algún malestar o mal sabor, y por tal motivo los peces no se alimenten de ellas.

Los extractos hechos de las especies de *Sargassum*, fueron considerados, por sus efectos, como medianamente tóxicos pero se sabe que en la naturaleza los peces no se alimentan de este género, debido a su textura y a su consistencia dura que hacen difícil el ataque de los herbívoros (Hay 1981) y no al desarrollo de un mecanismo químico de defensa.

Las plantas en general, han desarrollado dos mecanismos adaptativos para protegerse de sus depredadores, estos mecanismos son: a) químicos, produciendo sustancias nocivas y/o tóxicas y b) producción alta y crecimiento rápido, lo que genera suficientes recursos energéticos para reproducirse y perpetuar la especie, así como para ser una fuente suficiente de alimento para los depredadores.

Datos presentados por Bakus en 1969, muestran que el más alto porcentaje de peces herbívoros se encuentra entre los peces tropicales arrecifales, por lo que se asume que existe un alto grado de toxicidad en las algas tropicales como respuesta a la presión ejercida por depredación de peces e invertebrados, sin embargo, los

resultados obtenidos en este estudio sugieren que esa hipótesis es cuestionable, ya que las algas que presentaron mayor grado de toxicidad fueron las colectadas en la zona templada; podría ser que las algas tropicales son altamente productivas y por esta razón no han desarrollado mecanismos tóxicos de defensa. En las zonas templadas, el porcentaje de peces estrictamente herbívoros es muy pequeño, por lo que la presión por depredación que sufren las algas es relativamente baja. Las algas de las zonas templadas, en general, son más grandes (talo esporofito) y más resistentes, en comparación con las algas tropicales, y estas características probablemente les sirven como protección en contra de ciertos depredadores.

El mayor porcentaje de toxicidad se encontró entre las algas de la zona templada, si éstas no están sometidas a altas presiones de depredación, entonces nos podríamos plantear las siguientes preguntas: ¿por qué presentan estas sustancias "tóxicas"?; ¿tienen estas toxinas una función en el alga?; ¿existe una explicación ecológica para la presencia de dichas sustancias?. Parece ser que estos compuestos, como en algunas microalgas (*Gymnodinium*, *Goniaulax*, *Lyngbia*), son un producto de desecho de su metabolismo y posiblemente no tengan un papel ecológico en la planta que los produce; por ejemplo, los peces herbívoros preferentemente consumen algas filamentosas. *Lyngbia*, uno de los componentes más comunes de la dieta de ciertos peces arrecifales (Dawson *et al.*, 1955), tiene propiedades tóxicas que al parecer no tienen efectos directos en los consumidores primarios pero por concentración o acumulación pueden llegar a dar o matar a consumidores de niveles más altos. Puede ser además, que estas sustancias "tóxicas" actúen en contra de invertebrados depredadores y que tengan un efecto mínimo en peces. Una posible forma de aclarar este problema, podría ser haciendo observaciones en el campo, para determinar si las especies algales que están siendo probadas son consumidas por peces y/o invertebrados, y hacer en el laboratorio experimentos, alimentando a estos organismos con las especies algales seleccionadas con el fin de determinar el grado de acumulación de las toxinas en los tejidos y/o estructuras de las especies a prueba.

LITERATURA CITADA

- AGUILAR-SANTOS, G. and M. S. DOTY, 1968. Chemical studies on three species of the marine algae genus *Caulerpa*. In: H.D. Freudenthal (Ed.), *Drugs from the sea*. Marine Technology Society, Washington D.C. 173-176 pp.
- BAKUS, G.J., 1968. Defense mechanism and ecology of some tropical holothurians. *Mar. Biol.*, 2(1): 23-32.
- BAKUS, G.J., 1969. Energetics and feeding in shallow marine waters. *Int Rev. Gen. Esp. Zool.*, 4: 275-369.
- BAKUS, G.J., 1981. Chemical defense mechanisms and fish feeding behavior on the Great Barrier Reef, Australia. *Science*, 211: 497-499.
- BAKUS, G.J. and M. KAWAGUCHI, 1984. Toxins from marine organisms: Studies on antifouling. In: L. Bolis, J. Zadunaisky and R. Gilles (eds.), *Toxins, Drugs and Pollutants in Marine Animals*. pp. 43-46, Springer-Verlag New York.
- BAKUS, G.J., N.M. TARGETT and B. SCHULTE, 1986. Chemical ecology of marine organisms: An overview. *Jour. of Chem. Ecol.*, 12 (5): 951-987.
- DAWSON, E.Y., A.A. ALLEN and B.W. HALSTEAD, 1955. Marine algae from Palmyra Island with special references to the feeding habits and toxicology of reef fishes. *Allan Hancock Found. Occ. Pap. No. 17*: 39.
- DOTY, M. S. and G. AGUILAR-SANTOS, 1966. Caulerpicin a toxic constituent of *Caulerpa* *Nature*, 211: 990.
- FENICAL W., 1975. Halogenation in the Rhodophyta: A Review. *Jour. of Phycol.*, 11: 245-269.
- FITCH, C.P., L.M. BISHOP, W.I. BOYD, R. A. GORTHER, C.F. ROGER and J.E. TILDEN, 1934. Water bloom as a cause of poisoning in domestic animals. *Cornell Vet.*, 24: 30-39.
- FREITAS, J.C. and A.F. MARSIGLIO, 1986. Pharmacological activity of extracts of some marine algae from the Brazilian coast. *Bolm Fisiol. Anim. Univ. S. Paulo*, 10: 69-78.
- GERWICK W.H. and FENICAL W., 1981. Ichthyotoxic and cytotoxic metabolites of the tropical brown alga *Styopodium zonale* (Lamaroux) Papenfus. *J. Org. Chem*, 46: 22-27.
- GREEN, G., 1977. Ecology of toxicity in marine sponges. *Mar. Biol.*, 40: 207-215.
- HALSTEAD, B., 1985. *Poisonous and Venomous Marine Animals of the World*. The Darwin Press, New Jersey, 1325

p.

- HALSTEAD, B.W. and N.C. BUNKER, 1954. A survey of the poisonous fishes of Phoenix Islands. *Copeia*, 1:1-11.
- HALSTEAD, B. and N.C. BUNKER 1954b. A survey of the poisonous fishes of the Johnston Island. *Zoologica*, 39: 61-77.
- HASHIMOTO, Y. and S. KONOSU, 1978. Venoms of Crustacea and Merostomata. *In*: G.V.R Born, O. Richer, A. Farah; H. Herken, A.D. Welch (eds.). Handbook of Experimental Pharmacology, 48:13-39.
- HAY, M.E., 1981. The functional morphology of turf-forming Seaweeds. Persistence in stressful marine habitats. *Ecology*, 62(3): 739-750.
- KINGBURY, J.M., 1964. Poisonous plants of the United States and Canada. Algae. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 60-69 pp.
- LUBCHENCO, J.L and J.E. CUBIT, 1980. Effect of herbivores on heteromorphology in some marine algae. *Ecology*, 61(3): 676-687.
- MEDCAF, J.C., A.H. NEEDLER A.W.H. NEEDLER J. GIBBARD and J. NAUBERT, 1947. Paralytic shellfish poisoning in the Canadian Atlantic coast. *Fish Res. Bd. Canad. Bull.*, 75.
- NORRIS, J.N. and W. FENICAL, 1982. Chemical defense in tropical marine algae. *Smithson. Contrib. Mar. Sci.*, 12: 417-431.
- PAINE, R.T. and R.L. VADAS, 1969. Calorific values of benthic marine algae and their postulated relationship to invertebrate food preference. *Marine Biology* 4: 79-86.
- RUGGIERI, G.D., 1976. Drugs from the sea. *Science*, 194: 491-497.
- RUSSELL, F.E., 1984. Marine toxins and venomous and poisonous marine plants and animals (invertebrates). *Adv. Mar. Bio.*, 21: 59-217.
- SHELUBSKY, M., 1951. Observations on the properties of a toxin produced by *Mycrocystis*. *Proc. Internat. Assoc. Limnol.*, 11: 362-366.
- SHILO, M., 1967. Formation and mode of action of algal toxins. *Bacteriol. Rev.*, 31:180-193.
- SOMMER, H. and K. F. MEYER 1937. Paralytic shellfish poisoning. *Arch. Path*, 24: 560.
- STEYN, D. G., 1943. Poisoning of animals by algae on dams and pans. *Farmig South Africa.*, 18: 489-492, 510.
- VADAS, R. L., 1977. Preferential feeding: An optimisation strategy in sea urchins. *Ecological Monographs*, 47: 337
- VADAS, R. L., 1979. Seaweeds: An Overview-Ecological and Economic Importance. *Experimenta*, 35(4): 429-432.
- YASUMOTO, T., Y. OSHIMA and Y. KOTARI, 1983. Analysis of paralytic shellfish toxins in coral reef crabs and gastropods with the identification of the primary source of toxins. *Toxicon (Suppl. 3)*: 513-516.
9. Trabajo recibido 15, 10, 1992; aceptado 18, 11, 1992