



Perna viridis
(mejillón verde)

Foto: Archivo del Proyecto EEI

Perna viridis (mejillón verde)

Alexander Lopeztegui Castillo^{1*} & Miguel Gómez Batista²

¹Centro de Investigaciones Pesqueras, MINAL, La Habana. ²Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos, CITMA, Cienfuegos. *Contacto: sasha@cip.alinet.cu

INTRODUCCIÓN

El mejillón verde *Perna viridis* (Linnaeus 1758), oriundo del Indo-Pacífico (Sidall, 1980; Vakily, 1989), es reportado por primera vez para Cuba en la bahía de Cienfuegos, a mediados de la década 2000' (Fernández-Garcés & Rolán, 2005). Desde entonces ha proliferado tan rápidamente en las aguas de esta bahía que ha llegado a constituir un problema económico pues dificulta el funcionamiento de importantes instalaciones como la Central Termoeléctrica Carlos Manuel de Céspedes, en cuyos canales de enfriamiento se asienta y alcanza tan elevadas densidades que impide la adecuada circulación del agua. Aunque se desconoce el mecanismo exacto por el que pudo haber ocurrido la invasión, una de las hipótesis más probables es que su traslado haya sido accidental, en las aguas de lastre de las embarcaciones destinadas al comercio marítimo internacional.

La proliferación de mejillón verde, como la de otros bivalvos filtradores, puede subordinarse a ciclos estacionales característicos de la especie o a la ocurrencia de eventos puntuales como la fertilización de las aguas o mejoras en la disponibilidad de oxígeno disuelto (Rylander & al., 1996; Segnini & al., 1998). El rápido crecimiento del mejillón verde se debe a que es capaz de alcanzar una elevada tasa de filtración de materia orgánica, por lo que su desarrollo se ve favorecido en ambientes enriquecidos desde este punto de vista (Hawkins & al., 1998).

En numerosos países de la región como Trinidad (Agard & Kishore, 1992), Jamaica (Buddo & al., 2003), Venezuela (Rylander & al., 1996) y Estados Unidos (Benson & al., 2001), *P. viridis* constituye ya una especie exótica invasora (Convenio Sobre la Diversidad Biológica, 2002), por lo que su dispersión parece ser rápida y exitosa, existiendo por tanto el riesgo de que otros países del área, e incluso otras áreas de Cuba sean invadidas, ya sea de forma natural o más probablemente por su traslado en embarcaciones venidas de aquellas puertos o países donde se ha reportado ya su presencia. Hasta el momento en que se confecciona este documento, la presencia de esta especie para Cuba ha sido registrada sólo en las bahías de

Cienfuegos (Figura 1) y Mariel, no obstante, otras bahías o sitios del país con actividad portuaria, y todos aquellos espacios marítimos de trasiego de embarcaciones (tanto de cabotaje como de pesca) salidas de lugares invadidos, están bajo riesgo de ser colonizados.

El presente texto pretende integrar los esfuerzos y estandarizar la metodología a aplicar para la detección y monitoreo de la especie *P. viridis* en aguas de la República de Cuba. Esto permitirá obtener resultados comparables (nacional e internacionalmente) que a su vez avalen medidas de control y manejo dirigidas a disminuir el impacto de este mejillón en los ecosistemas marinos del archipiélago cubano y fundamentalmente en sectores tan estratégicos como el económico. Por tales razones, con independencia de las circunstancias en que se ejecute, el muestreo de mejillón verde debe seguir un patrón común y tener los objetivos que seguidamente se definen:

Objetivo general:

Determinar la distribución espacial y las variaciones temporales de la abundancia de *Perna viridis* en Cuba, tanto a escala local como nacional.

Objetivos específicos:

1. Detectar la presencia de mejillón verde (implica activar sistema de vigilancia y alerta temprana).
2. Determinar, mediante una primera evaluación de la abundancia de mejillones, si se está en presencia de una población ya establecida, y en correspondencia proponer medidas de erradicación o manejo.
3. Reevaluar periódicamente la abundancia de mejillones con vistas a determinar la efectividad de las medidas ejecutadas (sólo en caso de poblaciones no establecidas, lo cual implica la aplicación de medidas de erradicación).
4. Monitorear abundancia, distribución y parámetros poblacionales de *P. viridis* (sólo en caso de poblaciones establecidas, lo que implica la aplicación de medidas de manejo y/o aprovechamiento).
5. Monitorear las características generales (físico-químicas e hidrobiológicas) de las aguas en que se desarrollan los mejillones así como la composición de las comunidades biológicas asociadas (sólo en caso de poblaciones establecidas, lo que implica la aplicación de medidas de manejo y/o aprovechamiento).
6. Crear Base de Datos de acceso público.

CARACTERIZACIÓN DE LA ESPECIE

Morfología.

Como su clasificación taxonómica indica, *Perna viridis* es un molusco bivalvo, lo cual significa que presenta dos valvas o conchas. Estas son de similar tamaño, forma elíptica y estrecha en uno de sus extremos; constituidas principalmente de carbonato cálcico. Están fuertemente unidas por una ligadura o bisagra. Su color externo varía de verde a verde-azuloso brillante en los juveniles y a carmelita bronceado menos brillante en los adultos, aunque siempre mantienen un color verde-azuloso contorneando el borde de sus valvas. En su interior mantienen un color nacarado verde-azuloso. La presencia de biso en forma de hilos en el borde de la concha le permite fijarse fuertemente al substrato duro. En su interior contienen una masa suave, embebida en el líquido intravalvar y protegida por el manto, que delimita el volumen interno y se denomina cavidad paleal. Presentan un músculo aductor posterior en forma de riñón, adherido a ambas conchas en su interior, que le permite abrir y cerrar estas (Siddall, 1980; Vakily, 1989; Rajagopal & al., 2006; SERTC, 2016) (Figuras 1 y 2).

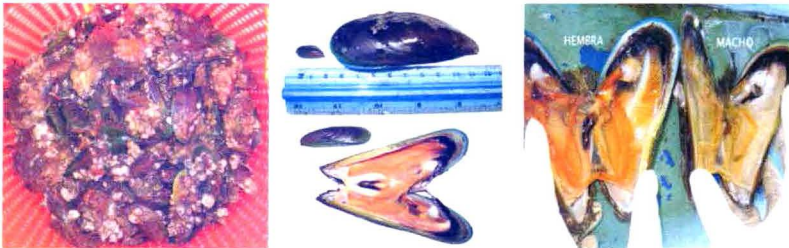


Fig. 1. Mejillón verde *Perna viridis* (recolectado en la bahía de Cienfuegos). Fotos: M. Gómez.



Fig. 2. Mejillón verde *Perna viridis*. (Izquierda: apariencia en la naturaleza, nótese las incrustaciones en la superficie de las valvas y su borde verde. Centro izquierda: apariencia externa de las valvas sin incrustaciones. Centro derecha: apariencia interna del organismo. Derecha: apariencia interna de las valvas, nótese el interior nacarado.

Fotos: M. Gómez.



Alimentación.

Perna viridis es una especie filtradora, su tasa de filtración puede variar desde 0,1 hasta 4 L/h/animal (Wong & Cheung, 2001). Firmemente atados a un sustrato, los mejillones inmóviles atraen el agua con el alimento suspendido mediante acción ciliar a través de su sifón inhalante, alimentándose principalmente de zooplancton, fitoplancton y detritos (Wong & Cheung, 2001). Después de una apropiada clasificación de las partículas por tamaño en las branquias, pasan a la boca para la ingestión y posterior digestión, descargando el agua absorbida por el sifón exhalante (Shin & al., 2002).

Crecimiento.

Tiene un tiempo de vida de tres años aproximadamente (Power, 2004). Los primeros cuatro meses puede llegar a crecer entre 40 – 50 mm de largo (Acosta & al., 2009), con una tasa de crecimiento promedio por mes de 6 – 10 mm, aunque pueden variar su conducta en dependencia de factores ambientales (Power, 2004). Son capaces de sobrepasar estos valores si las condiciones les son favorables. Su crecimiento es concéntrico, marcado por los anillos de su concha y logran alcanzar tallas en la adultez de 80 a 100 mm (SMSFP, 2016). En ocasiones se han reportado tamaños de más de 160 mm (Rajagopal & al., 2006).

Reproducción.

Esta especie presenta sexos separados (dioca), lo que no puede distinguirse por su apariencia externa. Comienza su madurez sexual con tallas entre 15 y 30 mm, alrededor de los dos a tres meses de edad (Siddall, 1980; Vakily, 1989). El tejido gonadal en ambos sexos invade y recubre todo su cuerpo, imprimiéndoles un color anaranjado-rojizo brillante a hembras y blanco - cremoso lechoso a los machos. El desove es de forma sincronizada, expulsando los gametos al agua, donde ocurre la fertilización. Generalmente se producen dos picos reproductivos por año en zonas tropicales, al inicio de la primavera y tarde en el otoño (mayo – septiembre) y uno en zonas subtropicales (Rajagopal & al., 2006) sin embargo la especie tiene la capacidad de reproducirse durante todo el año (SMSFP, 2016). Después de la fertilización, la metamorfosis de las larvas ocurre rápidamente alcanzando el estado denominado veliger, entre las ocho y diez horas, este estado planctónico se caracteriza por la presencia de concha y la membrana ciliar y tiene un periodo de duración entre ocho y doce días por lo que representa el momento de mayor posibilidad de dispersión de la especie antes de que ocurra la fijación a los sustratos duros y la metamorfosis final.



Hábitat.

Generalmente *Perna viridis* habita en ambientes estuarinos, por lo que soporta un amplio rango de salinidad y temperatura. Los valores óptimos para su crecimiento oscilan para la temperatura entre 26 a 32 °C, la salinidad entre 27 a 33 psu y para la concentración de oxígeno disuelto entre 4 y 7 mg/L (Benson & al., 2001; Power, 2004), sin embargo Segnini & al. (1998) reportan valores umbrales de temperatura para la supervivencia de *Perna viridis* que están por debajo de 6 °C y por encima de 37,5 °C, mientras que para el caso de la salinidad McFarland & al. (2013) reporta el cierre de las valvas y la muerte de los mejillones cuando estos son expuestos por más de 120 horas a valores de salinidad por debajo de los 15 psu como límite inferior, el límite superior de supervivencia de 64 psu es reportado por Segnini & al. (1998).

Perna viridis es una especie característica de la fauna en aguas del litoral y el sublitoral, donde constituye a menudo poblaciones densas, favorecidas por las altas concentraciones de plancton y materia orgánica suspendida (Vakily, 1989). Tiene un comportamiento gregario, formando grandes racimos al agruparse unos junto a otros con la ayuda de su bien desarrollado biso (Power, 2004). Los mejillones colonizan las superficies rocosas y las estructuras sumergidas de: madera, hormigón, metal, PVC y otras como sogas, tuberías, boyas, las raíces de los mangles, se establecen exitosamente en las tomas de aguas de plantas industriales por lo que suelen interferir en su funcionamiento (GISD, 2016).

DETECCIÓN Y MONITOREO

Selección del área de estudio.

La presencia de *P. viridis* como especie invasora está usualmente ligada a sitios con altos niveles de eutrofización y tráfico marítimo, como las bahías, a las que se les debe prestar un interés primario en la prospección. Dentro de las bahías, se prospectarán en primer lugar aquellos sitios donde existen mecanismos de succión de agua de mar, como es el caso de los sistemas de enfriamiento de las plantas generadoras de corriente eléctrica. También se priorizarán los muelles, espigones y otros sustratos duros cercanos al sitio de atraque de embarcaciones de travesía nacional o internacional.

Prospección (detección).

La prospección debe dirigirse a aquellas áreas en las que exista mayor disponibilidad de sustratos duros (en los que es más probable la fijación de esta especie), en profundidades de hasta 10 m. Dichos sustratos con frecuencia son metálicos o de hormigón (muelles,

espigones y restos de embarcaciones), aunque también pueden ser de goma, plástico o madera. Si existen áreas de manglar dentro del sitio en estudio, las mismas deben ser visitadas a fin de comprobar la presencia de *P. viridis* en las raíces de los mangles. En caso de que la disponibilidad de recursos y tiempo lo permita, las cuerdas o cadenas que sujetan las boyas y otras estructuras flotantes deben igualmente ser revisadas aun cuando se encuentren en zonas relativamente profundas de la bahía. El muestro para detección no debe ser en extremo detallado (Anexo 1) y deben evitarse retrasos innecesarios y esfuerzos de muestreo sobredimensionados. En estos casos, siempre que se garantice el acceso a más del 50 % de los puntos con sustratos duros disponibles, no será necesario el registro de todos y cada uno de los sitios en los que la especie pudiera aparecer.

Monitoreo.

El monitoreo debe realizarse en todos aquellos sitios en los que se haya reportado presencia de la especie. El área mínima a muestrear no debe ser menor del 20 % del área total disponible en cada sitio.

Descripción del área de estudio (tanto prospección como monitoreo): Deberá realizarse una descripción lo más detallada posible de todas las áreas visitadas durante los muestreos. Se registrarán todas aquellas informaciones que en la opinión del evaluador pudieran contribuir a caracterizar el sitio. No deben faltar:

- Nombre de la bahía (o cualquier otra área estudiada) y fecha del muestreo.
- Localización del sitio exacto del avistamiento (de ser posible con GPS en el sistema de coordenadas geográficas WGS-84 y la unidad de medida en grados decimales).
- Tipo de sustrato en el que se encontró la especie (madera, metal, hormigón, goma, plástico, etc.).
- Estructura a la que ocurre la fijación (canales [de enfriamiento u otros], rejilla o malla, muelle, espigón, flotador o boya, casco de embarcación, pilotes, etc.).
- Profundidad a la que se encontraron los mejillones y condiciones generales del área (medidas *in situ* si es posible o estimadas visualmente aquellas que [como la transparencia o el color del agua] lo permitan).

Variables a medir:

Prospección (detección):



- a) Se registrará en primera instancia la variable nominal "presencia/ausencia".
- b) Si es posible, porque se dispone de los recursos y del tiempo, se deben realizar mediciones de las variables físico-químicas en aquellos sitios visitados aun cuando no se encontrasen mejillones.
- c) La evaluación y reevaluación de la abundancia de mejillones en aquellos sitios en los que se detecte, debe realizarse conforme a lo descrito en el acápite "Monitoreo" que sigue a continuación, no obstante, si fuese posible durante los muestreos prospectivos, se estimará *a priori* la abundancia de especímenes mediante el método que el evaluador entienda más adecuado teniendo en cuenta los recursos de que disponga, la cantidad aparente de mejillones (muchos o pocos), y las condiciones generales del área de trabajo. Esta estimación *a priori* de la abundancia contribuirá a seleccionar el método más factible para determinar luego la densidad de mejillones y dar seguimiento a los pasos que corresponden según se establece en este protocolo.

Monitoreo:

a) El estimador de abundancia utilizado será la densidad, expresada en individuos por metro cuadrado (ind/m^2).

a') Para estimar la densidad de *P. viridis* en superficies cilíndricas, como los pilotes de un muelle, se deben contar los ejemplares en toda el área del pilote. Dicha área se calculará según la fórmula para determinar el área lateral de un cilindro ($A=2\pi r \cdot h$), donde h es la altura del cilindro, que en la práctica sería la profundidad de la columna de agua desde la superficie hasta donde se decida extender el muestreo (máximo 10 m), y $2\pi r$ sería la longitud de la sección transversal del pilote que se mediría *in situ* con una cinta métrica. Se recomienda submuestrear (muestrear sólo una sección de área conocida) si los pilotes son extremadamente grandes o si las densidades son muy elevadas (superiores a 25 mejillones por marco cuadrado-muchos). Luego de determinar la densidad por pilotes debe darse un resultado final en metros cuadrados (ind/m^2) como medida estandarizada, lo que se consigue mediante una "regla de tres" o relación de proporcionalidad entre las mediciones realizadas: $\text{ind}/\text{m}^2 = \text{número de individuos por pilote} / \text{área del pilote (expresada en m}^2)$.

a") En el caso de las raíces de mangle, la densidad se dará por raíces registrando el largo y el diámetro medio de cada raíz.

a''') Para estimar densidad en superficies planas, o que por la gran amplitud del arco de circunferencia del cilindro que constituyen puedan considerarse como tales, debe utilizarse como unidad de muestreo un marco cuadrado de 25 cm de lado ($0,0625 \text{ m}^2$). Los

ejemplares dentro de cada marco serán contados (y extraídos según los requerimientos del muestreo) obteniendo inicialmente valores de densidad ($\text{ind}/0,0625 \text{ m}^2$) que también deberán ser extrapolados a la medida estandarizada (ind/m^2), lo que se consigue mediante una “regla de tres” o relación de proporcionalidad. Se realizará un mínimo de cinco réplicas (marcos) por sitio o punto de muestreo, teniendo en cuenta que todos los marcos deben quedar aproximadamente a la misma profundidad y deben estar situados al azar. Debido a que se ha comprobado que el método del marco cuadrado de 25 cm de lado, puede tanto subestimar como sobreestimar la densidad de mejillones cuando el número de ejemplares es bajo (menos de $9 \text{ ind}/\text{m}^2$ -pocos), se propone en estos casos realizar la estimación en base al área total revisada (número de individuos por área total del pilote, o número de individuos por área total recorrida), y luego extrapolar los resultados a ind/m^2 . En estos casos el sistema de muestro tanto de pilotes como de superficies planas extensas (áreas a recorrer), debe ser acordado por cada grupo de buceo siguiendo las orientaciones de los buzos aseguradores. No obstante, para los pilotes se recomienda al trabajo en parejas (dos buzos por estructura, ambos bajan y suben juntos cambiando los conteos por caras opuestas y una vez en superficie se cambian de estructura). Para los recorridos, si las superficies evaluadas lo permiten, se ubicarán transeptos de banda tan largos como sea necesario para realizar un muestreo representativo. Estos transeptos serán tan anchos (altos) como la profundidad lo permita (no más de 10 m) y se recomienda ubicar un buzo en cada perfil de profundidad (de 1-2 m; de 2-4 m; de 4-6 m; de 6-8 m; y de 8-10 m). La banda que abarca cada buzo puede variar en dependencia de las condiciones de visibilidad pero nunca debe ser mayor de 3 m. Si sólo se cuenta con una pareja para realizar el trabajo, ésta debe recorrer el transepto en un sentido abarcando un perfil de profundidad (el más profundo), luego regresar en sentido contrario abarcando otro rango de profundidades y así hasta completar el muestreo.

b) Durante la actividad de monitoreo deben registrarse en cada sitio de trabajo, la mayor cantidad posible de variables físico-químicas e hidrobiológicas que contribuyan a identificar las condiciones en las que los mejillones proliferan y aquellas que dificultan o imposibilitan su desarrollo. Temperatura, salinidad, turbidez, sólidos en suspensión, oxígeno disuelto, pH, potencial redox, la concentración de fitoplancton y las especies más comunes dentro de éste, el análisis microbiológico, la concentración de nutrientes, y la presencia de hidrocarburos y otros contaminantes en la columna de agua, son algunas de las variables más utilizadas a estos fines y pudieran servir como referencia para la realización de investigaciones al respecto.

c) El monitoreo debe aportar además la información necesaria para realizar el análisis de las variaciones espacio-temporales de la composición por grupos (o por especies si fuese posible) de la fauna asociada a *P. viridis*, esto permitirá inferir el impacto ecológico que esta especie tiene en aquellos ecosistemas en los que se detecte. El análisis de las comunidades de la megafauna, a la cual pertenecen la mayoría de los organismos bioindicadores conocidos, posibilita realizar una evaluación rápida y eficiente del estado de las comunidades biológicas, ya sea en las zonas donde se han establecido los mejillones o en zonas "control" (otras zonas de la bahía aún no colonizadas por estos bivalvos).

c') Deberán determinarse los grupos y/o especies más frecuentes y aquellos que, aunque no con una elevada frecuencia de aparición, debido a su biomasa constituyan una parte importante a la fauna asociada en los sitios o meses en que se presenten. Cuando no se tenga una línea base establecida, o al menos información científica acerca del estado de las comunidades bentónicas previo a la invasión, será imprescindible realizar comparaciones con zonas "control" para inferir cambios en las asociaciones biológicas del bentos de la bahía o área evaluada y atribuirle dichos cambios a la presencia de mejillones.

c") Se calculará un estimado de biomasa por mejillón, tanto en la escala espacial (por sitios) como en la temporal (por meses o periodos de muestreo).

d) La estimación de los parámetros poblacionales incluye la toma de varias medidas morfométricas (talla, peso, tasa de crecimiento) y la determinación de eventos relacionados con la reproducción (talla de primera maduración, ocurrencia de desoves). La selección de otros parámetros a medir una vez establecido este tipo de monitoreo, será responsabilidad del investigador/evaluador y estará de acuerdo a los objetivos del trabajo.

Materiales necesarios:

Comunes a ambos procedimientos (prospección y monitoreo)

- Equipo básico para buceo libre (apnea) y para buceo autónomo (SCUBA). Debido a que los sitios de buceo (con frecuencia bahías) están generalmente cerca de asentamientos poblacionales y presentan por tanto un nivel elevado de contaminación, el equipamiento de buceo (ambas modalidades) no debe dejar de incluir traje, escaupines o medias, gorro, guates y cuchillo. La actividad de buceo deberá regirse invariablemente por todos los protocolos y medidas existentes para la ejecución segura de la misma.

- Tablillas para anotar los datos bajo el agua. Pueden ser de cualquier tamaño o modelo siempre que permitan el registro seguro de la información pertinente. El resultado de los conteos (cada unidad de muestreo) debe anotarse en tablillas durante el buceo e inmediatamente ser transcritos a otras formas de almacenamiento una vez terminado el mismo.
- Cinta métrica de entre 20 y 100 m de largo. En su defecto puede utilizarse una cuerda de longitud conocida y marcada a distancias regulares (cada 1, 2 ó 5 m, por ejemplo). Una vez conocidas las dimensiones de las estructuras en muestreo, si se visitarán cada vez exacta y solamente éstas u otras similares, se podrá prescindir de la cinta métrica. Las cintas métricas se utilizarán para medir las dimensiones (diámetro, largo, ancho, longitud de la sección transversal, etc.) del lugar donde se encuentre habitando la especie: pilotes, estacones, raíces de mangle, entre otros.

Monitoreo

La actividad de monitoreo requerirá además de:

- Bolsas de Malla. Las bolsas estarán destinadas fundamentalmente al almacenamiento y traslado de ejemplares de *P. viridis*, no obstante, podrán ser utilizadas también para las colectas de megafauna siempre que se garantice una “luz de malla” de 4 mm o inferior. Para los muestreos de talla no debe utilizarse una “luz” demasiado grande puesto que los mejillones más pequeños pueden salirse accidentalmente.
- Marco cuadrado de 25 cm x 25 cm. Los marcos pueden ser contruidos de cualquier material poco corrosivo (PVC, aluminio, otros). Serán utilizados para estimar la densidad fundamentalmente en aquellos sitios en que la misma supere los 9 ind/m².
- Las colectas se realizarán manualmente mediante espátulas, cuchillos u otros aditamentos similares que se utilizarán para desprender los ejemplares del sustrato. Para este trabajo se recomienda utilizar guantes pues los propios mejillones y otros organismos de la fauna asociada pudieran ocasionar heridas u otros daños. En el caso de las colectas de megafauna, esta actividad debe realizarse con cuidado y con rapidez a fin de que no se escapen los organismos que no están fijados a las conchas de los mejillones. Una vez desprendidos, los ejemplares deben colocarse en las bolsas para colecta (bolsas de malla). El número de mejillones a coleccionar dependerá de los estudios que se realizarán. La



captura (colecta) puede realizarse de forma independiente o combinada con los muestreos de abundancia, sólo debe tenerse en cuenta que, si se hace combinado, no se debe contar en aquellos sitios en los que se ha producido ya una extracción.

Aspectos generales

Los muestreos (conteos y/o colectas) se realizarán mediante buceo libre (apnea) o autónomo (SCUBA), en dependencia fundamentalmente de la profundidad del sitio y del tiempo estimado de trabajo. Aquellas prospecciones en las que no se detecte la especie, deben repetirse con frecuencia anual según los parámetros poblacionales establecidos para esta especie en otras regiones del Caribe (Rajagopal & *al.*, 2006; McGuire & Stevely, 2009). Cuando la especie sea detectada, se procederá a determinar, en base a las abundancias encontradas, si se ejecutarán medidas de erradicación o si procede una estrategia de manejo y aprovechamiento porque se trata ya de una población establecida. A este respecto deben consultarse los documentos expedidos (informes y publicaciones) en cada una de las áreas de Cuba en las que se ha reportado o estudiado la especie (bahías de Mariel y Cienfuegos). Dado el carácter invasor de la especie con la que se trabaja, las estrategias en principio no deberán estar dirigidas a la “conservación” de ésta sino a mitigar sus impactos y a evitar su propagación, de modo que será acertado y aceptado si consecuentemente sobreviene su extinción. Cada monitoreo de generar un informe con resultados (parciales) que ilustren la evolución del trabajo y/o las tendencias generales de la abundancia de mejillones en el sitio en cuestión.

Sólo en caso de que los órganos de la administración central del Estado Cubano, en pleno acuerdo con el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, autoricen la actividad de cultivo o alguna otra que requiera de la protección de la especie, las estrategias a seguir y las investigaciones correspondientes deben encaminarse en tal sentido. En el caso de poblaciones establecidas, el nivel de detalle y la frecuencia de los muestreos dependerán fundamentalmente de los objetivos particulares de la investigación a la que se inserte el monitoreo. No obstante, será obligatorio realizar al menos dos muestreos en el año, uno en época de lluvia y otro en época de seca. La actividad de monitoreo debe generar siempre la información necesaria para evaluar la efectividad de las medidas de manejo adoptadas.

1-) Teniendo en cuenta que hasta ahora *P. viridis* en las bahías de Cienfuegos y Mariel se ha reportado sólo asociado a sustratos duros, los cuales son en su mayoría de origen antrópico, se propone:

- Durante las prospecciones y monitoreos, priorizar los sustratos duros (muelles, pilotes, barcos hundidos, boyas, etc.) dentro de las bahías u otras zonas a evaluar. Especial atención debe prestársele a aquellos puntos de interés económico (canales industriales, compuertas, filtros, etc.).
- En caso de detección (presencia), avisar a las autoridades correspondientes dando paso a la activación del Sistema de Alerta y Respuesta Rápida de Especies Exóticas, a partir de lo cual deberá procederse a la evaluación de la situación.
- En caso de que se detecten densidades entre 1 y 9 individuos por metro cuadrado (ind/m^2) en al menos un punto dentro del sitio (bahía evaluada), proceder a la extracción inmediata con fines de erradicación, y al establecimiento de un sistema de monitoreo intensificado (muestreo al menos dos veces en el año) en aquella zona o zonas donde se realizó el reporte.
- En caso de que se detecten densidades entre 9 y 25 ind/m^2 en cualquiera de los sitios con disponibilidad de sustrato, o densidades superiores a 25 ind/m^2 en menos del 50 % de estos sitios, proceder a la extracción inmediata intensiva con fines de erradicación, y al establecimiento de un sistema de monitoreo riguroso en toda el área (bahía).
- En caso de que se detecten densidades superiores a 25 ind/m^2 en más del 50 % de los sitios con disponibilidad de sustrato, proceder a la ejecución de extracciones periódicas como medida de control primaria, a la evaluación del establecimiento de otras medidas de control de carácter secundario, y a la evaluación del establecimiento de un sistema de manejo y aprovechamiento de la especie (carácter terciario). Bajo esta situación también será preciso poner en práctica un sistema de monitoreo en toda la bahía (o área de distribución), haciendo énfasis en aquellos sitios de mayor densidad.

2-) Debido a que la extracción manual es uno de los métodos de erradicación más eficaces entre los menos agresivos a la biodiversidad (comunidad biológica circundante), se propone:

- Intentar la erradicación (cuando esta proceda) mediante extracción manual como **primera acción** para eliminar los mejillones de cualquier sitio.



NOTA: La extracción manual puede ser directa tomando uno a uno los ejemplares, esto procede principalmente en el medio natural (es posible el empleo de cuchillos u otros aditamentos menores), o puede ser semi-mecanizada (utilizando palas, camiones u otros similares), esto procede principalmente en sitios de industrialización como los canales de las generadoras de energía, etc.

- Intentar la erradicación (cuando esta proceda) sólo mediante extracción manual si *P. viridis* se encuentra en un área natural, ya sea donde se desarrollan actividades económicas o no.

NOTA: En caso de contarse con otro método de erradicación que no afecte la biodiversidad de la región y zonas aledañas, puede valorarse la puesta en práctica del mismo.

- Intentar la erradicación (cuando esta proceda) mediante métodos alternativos que no dañen el entorno (químicos, térmicos u otros) sólo si *P. viridis* se encuentra en un área no natural donde se desarrollan actividades económicas que pudieran ser afectadas por la proliferación de los mejillones.

NOTA: En sitios no naturales de intensa actividad económica, como en los canales de las generadoras de energía, la erradicación sería siempre la opción más práctica, por lo que deberá intentarse siempre mediante el método menos agresivo a la biodiversidad.

Todas las extracciones realizadas deben ir acompañadas del adecuado tratamiento posterior de los ejemplares (traslado, incineración, estudios de laboratorio, etc.), por lo cual todas las actividades realizadas al respecto deben ser congeniadas primero con la institución certificada para el autorizo de tales actividades. Aun cuando las extracciones se produzcan sólo para lograr la erradicación de la especie, los ejemplares extraídos podrán ser convenientemente utilizados para investigación o aprovechados en alguna variante previamente estudiada y acordada con las autoridades pertinentes.

AGRADECIMIENTOS

A todos los participantes en el “II Taller temático sobre *Perna viridis*”, realizado en Pasacaballos, Cienfuegos, del 6 al 9 de junio de 2012, y a todos los trabajadores implicados de una forma u otra en las investigaciones y/o muestreos que han permitido obtener la



experiencia e información necesarias para confeccionar el presente texto.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

. Acosta, V.; Glem, M.E.; Natera, Y.; Urbano, T.; Himmelman, J.H.; Rey-Mendez, M. & Lodeiros, C. 2009. **Differential growth of the mussels *Perna perna* and *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae) in suspended culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela.** Journal of the World Aquaculture Society. 40: 226-235.

. Agard, J. & Kishore, R. 1992. ***Perna viridis* (Linnaeus, 1758): First records of the Indo-Pacific green mussel (Mollusca: Bivalvia) in the Caribbean.** Caribb. Mar. Stud. 3: 59-60.

. Benson, A.; Marelli, D.C.; Frescher, M.E.; Danforth, J.M. & William, S.J.D. 2001. **Establishment of the green mussel *Perna viridis* (Linnaeus 1758), Mollusca: Mytilidae, on the west coast of Florida.** J. Shellfish Res. 20(1): 21-29.

. Buddo, D.St.A.; Steele, R.D. & D'Oyen, E.R. 2003. **Distribution of the invasive Indo-Pacific green mussel, *Perna viridis*, in Kingston Harbour, Jamaica.** Bull. Mar. Sci. 73: 433-441.

. Convenio Sobre la Diversidad Biológica. 2002. **Conferencia de las partes: Examen y consideración de las opciones de aplicación del artículo 8 h) sobre especies exóticas que amenazan a los ecosistemas, hábitats o especies.** UNEP/CBD/COP/6/18/Add.1/Rev.1

. Fernández-Garcés, R. & Rolán, E. 2005. **Primera cita de *Perna viridis* (L., 1758) (Bivalvia: Mytilidae) en aguas de Cuba.** Noticiario SEM, 43: 79.

. GISD. 2016. Global Invasive Species Database. **Species profile: *Perna viridis*.** URL <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=731> [Acceso: 5 octubre 2016].

. Hawkins, A.J.S.; Smith, R.F.M.; Tan, S.H. & Yasin, Z.B. 1998. **Suspension-feeding behaviour in tropical bivalve molluscs: *Perna viridis*, *Crassostrea belcheri*, *Crassostrea iradelei*, *Saccostrea cucullata* y *Pinctada margarifera*.** Mar. Ecol. Prog. Ser. 166: 173-185.



. McFarland, K.; Donaghy, L. & Volety, A.K. 2013. **Effect of acute salinity changes on hemolymph osmolality and clearance rate of the non-native mussel, *Perna viridis*, and the native oyster, *Crassostrea virginica*, in Southwest Florida.** *Aquatic Invasions*. 8: 299-310.

. McGuire, M. & Stevely, J. 2009. **Invasive species of Florida's coastal waters: the asian green mussel (*Perna viridis*).** University of Florida, SGEF 175, 4 p.

. Power, A.W. 2004. **First occurrence of the nonindigenous green mussel, *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) in coastal Georgia, United States.** *J. Shellfish Res.* 23: 741-744.

. Rajagopal, S.; Venugopalan, V.P.; van der Velde, G. & Jenner, H.A. 2006. **Greening of the coasts: a review of the *Perna viridis* success story.** *Aquat. Ecol.* 40: 273-297.

. Rylander, J.; Pérez, J. & Gómez, J. 1996. **Status of the green mussel *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) (Mollusca: Mytilidae) in north-eastern Venezuela.** *Caribb. Mar. Stud.* 5: 86-87.

. Segnini, M.; Chunk, K. & Pérez, J. 1998. **Salinity and temperature tolerance of the green and brown mussels *Perna viridis* and *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae).** *Rev. Biol. Trop.* 46(5): 121-125.

. SERTC. 2016. Southeastern Regional Taxonomic Center. **The Asian Green Mussel: Recent Introduction to the South Atlantic Bight.** URL <http://www.dnr.sc.gov/marine/sertc/invasive-inverts.htm> [Acceso: 3 octubre 2016].

. Shin, P.K.S.; Yau, F.N.; Chow, S.H.; Tai, K.K. & Cheung, S.G. 2002. **Responses of the green-lipped mussel *Perna viridis* (L.) to suspended solids.** *Marine Pollution Bulletin.* pp. 157-162.

. Sidall, S. 1980. **A clarification of the genus *Perna* (Mytilidae).** *Bull. Mar. Sci.* 30: 858-870.

. SMSFP. 2016. Smithsonian Marine Station at Fort Pierce. ***Perna viridis*.** URL http://www.sms.si.edu/irlspec/perna_viridis.htm [Acceso: 3 octubre 2016]



. Vakily, J. 1989. **The biology and culture of mussels of the genus *Perna***. ICLARM: Studies and Review 17, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. 63 pp.

. Wong, W.H. & Cheung, S.G. 2001. **Feeding rates and scope for growth of green mussels, *Perna viridis* (L.) and their relationship with food availability in Kat O, Hong Kong**. Aquaculture. 193: 123-137.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla para registro de datos durante la prospección.

Nombre del sitio (bahía, manglar, laguna, etc.)							
Punto con presencia	Nombre	Fecha	Estimación cualitativa de la abundancia (si fuese posible)	Localización GPS (de cada punto con presencia de mejillones)	Tipo de sustrato (metal, madera, hormigón, etc.)	Estructura a la que se fijan los mejillones (goma, pilotes, boyas, etc.)	Observaciones (condiciones generales, cuantitativas si pudieron medirse)
Sitio 1							
Sitio 2							
...							
...							
Sitio n							