



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL EBRO

2014

SEGUIMIENTO DE LAS POBLACIONES DE CARACOL MANZANA EN EL BAJO EBRO



ÁREA DE CALIDAD DE AGUAS
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



SEGUIMIENTO DE LAS POBLACIONES DE CARACOL MANZANA EN EL BAJO EBRO

PROMOTOR:

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



SERVICIO:

Comisaría de Aguas. Área de Calidad de Aguas

DIRECCIÓN DEL PROYECTO:

Concha Durán Lalaguna

EMPRESA CONSULTORA:

Paleoymás S.L.



EQUIPO DE TRABAJO:

Cristóbal Rubio Millán (Dirección Técnica), José Ramón Arrebola Burgos (Dirección Científica), Ramón Manuel Álvarez Halcón (Coordinación), Gloria Muñoz Camarillo (Facultativo Biólogo), Ismael Sanz Bayon (Técnico Ambiental), Benjamín J. Gómez Moliner María José Madeira (Responsables de análisis moleculares) Julia Guerrero Corellano (Técnico Medioambiental), Antonio Javierre Civera (Técnico Medioambiental), Manuel Silvestre Barrio, Raúl Camacho Hernández y Daniel Pérez Vicente (Equipo actividades subacuáticas)

PRESUPUESTO DE LA ADJUDICACIÓN:

17.927,35 Euros

CONTENIDO:

MEMORIA/ANEJOS/CARTOGRAFÍA/CD

AÑO DE EJECUCIÓN:

2013-2014

FECHA ENTREGA:

Septiembre de 2014

REFERENCIA IMÁGENES PORTADA:

Superior izquierda: Ejemplar de caracol manzana localizado en el río Ebro en Deltebre (Tarragona). Paleomás S.L.

Superior derecha: Prospección de caracol manzana con buzos en el río Ebro en Tortosa (Tarragona). Paleomás S.L.

Inferior izquierda: Puesta de caracol manzana localizada en el río Ebro en Deltebre (Tarragona). Paleomás S.L.

Inferior derecha: El río Ebro en Tortosa (Tarragona). Paleomás S.L.

CITA DEL DOCUMENTO: Confederación Hidrográfica del Ebro (2014). Seguimiento de las poblaciones de caracol manzana en el bajo Ebro, 81 pág. Disponible en PDF en la web: <http://www.chebro.es>

El presente informe pertenece al Dominio Público en cuanto a los Derechos Patrimoniales recogidos por el Convenio de Berna. Sin embargo, se reconocen los Derechos de los Autores y de la Confederación Hidrográfica del Ebro a preservar la integridad del mismo, las alteraciones o la realización de derivados sin la preceptiva autorización administrativa con fines comerciales, o la cita de la fuente original en cuanto a la infracción por plagio o colusión. A los efectos prevenidos, las autorizaciones para uso no científico del contenido deberán solicitarse a la Confederación Hidrográfica del Ebro.

SEGUIMIENTO DE LAS POBLACIONES DE CARACOL MANZANA EN EL BAJO EBRO

La llegada del caracol manzana a los arrozales del Delta del Ebro y su posterior colonización de las zonas cercanas del cauce principal del río Ebro han encendido todas las alertas dada la posibilidad de expansión de la plaga a través del cauce fluvial. Durante la primavera de 2014 se llevó a cabo la inspección del cauce del río Ebro entre el Azud de Xerta y la localidad de Amposta en busca de ejemplares o puestas de caracol manzana. En estas prospecciones se hizo especial hincapié en zonas con presencia anterior constatada de poblaciones de caracol manzana.

POPULATION MONITORING OF APPLE SNAIL IN THE LOWER EBRO RIVER

The arrival of the apple snail to the Ebro delta rice fields and its subsequent colonization of areas close to the main channel of the Ebro River have begun to set off the alarms due to its spread potential throughout the river. During spring of 2014 the channel of the Ebro River was surveyed between Xerta's dam and Tortosa (Tarragona, Spain) looking for individuals and apple snail eggs. In these field surveys a special emphasis was placed on areas with proven previous presence.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	11
1.1. <i>CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CARACOL MANZANA.....</i>	13
1.2. <i>PRESENCIA DEL CARACOL MANZANA EN ESPAÑA: EL DELTA DEL EBRO.....</i>	18
2. OBJETIVOS	26
3. ÁREA DE ESTUDIO	28
4. METODOLOGÍA.....	30
4.1. <i>EQUIPO HUMANO.....</i>	30
4.2. <i>TRABAJOS PREVIOS</i>	31
4.3. <i>TRABAJO DE CAMPO.....</i>	34
4.4. <i>METODOLOGÍA DEL ESTUDIO TAXONÓMICO</i>	40
4.4.1. <i>Muestras objeto del estudio taxonómico.....</i>	40
4.4.2. <i>Estudio morfológico de la concha.....</i>	41
4.4.3. <i>Estudio anatómico del sistema reproductor.....</i>	42
4.4.4. <i>Estudio molecular</i>	43
4.5. <i>ANÁLISIS DE RESULTADOS Y REDACCIÓN DE LA MEMORIA DEL ESTUDIO</i>	44
5. RESULTADOS	46
5.1. <i>RESULTADOS DE LAS PROSPECCIONES EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....</i>	46
5.2. <i>ESTUDIO TAXONÓMICO.....</i>	50
5.2.1. <i>Estudio morfológico de la concha.....</i>	50
5.2.2. <i>Estudio anatómico del sistema reproductor.....</i>	52
5.2.3. <i>Estudio molecular</i>	55
5.2.4. <i>Conclusiones del estudio taxonómico.....</i>	58
5.3. <i>ESTIMACIÓN DE LOS POSIBLES IMPACTOS ECOLÓGICOS, ECONÓMICOS Y SANITARIOS</i>	59
5.4. <i>PROPUESTAS PARA LA PLANIFICACIÓN DE MEDIDAS DE GESTIÓN, CONTROL Y POSIBLE ERRADICACIÓN EN EL RÍO EBRO.....</i>	62
5.4.1. <i>Propuestas consideradas en el Plan de Acción de la Generalitat de Catalunya</i>	62
5.4.2. <i>Propuestas del presente estudio.....</i>	67

5.5. PROPUESTAS PARA LA PLANIFICACIÓN DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN BASADAS EN ACCIONES DE EDUCACIÓN, DIVULGACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN	69
5.6. PROPUESTAS PARA LA PLANIFICACIÓN DE ESTUDIOS CIENTÍFICOS.....	70
5.7. FONDO DOCUMENTAL CIENTÍFICO Y TÉCNICO SOBRE EL CARACOL MANZANA	72
6. CONCLUSIONES GENERALES.....	73
7. AGRADECIMIENTOS.....	75
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.- Autorizaciones de las Administraciones Públicas.	
Anexo 2.- Reportaje fotográfico.	
Anexo 3.- Inspecciones previas en el área de estudio.	
Anexo 4.- Estaciones de muestreo en el área de estudio.	
Anexo 5.- Protocolo de manejo y conservación de caracol manzana (<i>Pomacea</i> sp.)	
Anexo 6.- Fondo documental sobre el caracol manzana: relación de documentos.	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas UTM (Datum ETRS89) de los límites del tramo del río Ebro objeto de estudio general.....	28
Tabla 2: Coordenadas UTM (Datum ETRS89) de los puntos donde se localizó caracol manzana en años anteriores aguas debajo de Tortosa. Entorno a estos puntos se realizaron los muestreos con buzos.	37
Tabla 3: Datos morfométricos de las conchas estudiadas para los caracoles manzana del río Ebro (n=15) y de Ecuador (n=10).....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Competencias ministeriales en el río Ebro.....	22
Figura 2: Competencias de la Generalitat de Catalunya en la gestión de la plaga de caracol manzana. ...	24
Figura 3: Mapa general del área de estudio con sus límites (Fuente: ICC http://www.icc.cat/esl).	29

Figura 4: Ortofoto general del área de estudio con sus límites (Fuente: ICC http://www.icc.cat/esl).	29
Figura 5: Imágenes de la visita nocturna realizada al punto Capítol: caracol manzana saliendo del agua (izquierda) y equipo de Paleoymás durante la visita (derecha).	34
Figura 6: Desinfección de las piraguas y el material utilizado durante las prospecciones de caracol manzana.	35
Figura 7: Desarrollo de las prospecciones con piraguas (izquierda) y vadeando (derecha) en mayo de 2014.	36
Figura 8: Vista de las orillas y de la vegetación de éstas en varios puntos prospectados entre Xerta y Amposta.	36
Figura 9: Mapa con indicación de los puntos en los que en años anteriores se detectó presencia de caracol manzana en Tortosa (Fuente ortofoto: Iberpix).	37
Figura 10: Vista de los transectos prospectados con buzos aguas abajo de Tortosa los días 26 y 27 de mayo de 2014 en la zona de estudio positiva en 2012 y 2013 (Fuente ortofoto: Iberpix).	38
Figura 11: Desarrollo de las prospecciones con buzos de los días 26 y 27 de mayo de 2014.	38
Figura 12: Aplicación del protocolo de conservación de muestras de caracol manzana para el análisis molecular y morfológico de los tejidos.	40
Figura 13: Localización del punto denominado Capítol entre Amposta y Deltebre.	41
Figura 14: Estudio morfológico de la concha de caracol manzana.	42
Figura 15: Dibujo del saco pulmonar y ctenidio de un caracol manzana (Fuente: José Arrébola).	42
Figura 16: Imagen en la que muestra el proceso de análisis de las muestras en el Laboratorio de Biodiversidad.	44
Figura 17: Imágenes de algunas de las zonas prospectadas entre Xerta y Tortosa.	46
Figura 18: Zona prospectada aguas abajo de la localidad de Tortosa en la cual se habían localizado ejemplares de caracol manzana en años anteriores.	47
Figura 19: Estudio morfológico del opérculo de caracol manzana.	52
Figura 20: Estudio anatómico del cuerpo de un caracol manzana.	53

Figura 21: Estudio anatómico del aparato genital de un caracol manzana.	53
Figura 22: Estudio anatómico del aparato genital de un caracol manzana (Fuente: José Arrébola).....	55
Figura 23: Secuencia correspondiente al gen mitocondrial COI que caracteriza a los ejemplares recogidos en el río Ebro.	56
Figura 24: Secuencia correspondiente al gen mitocondrial COI que caracteriza al ejemplar analizado procedente de Ecuador.	57
Figura 25: Secuencia correspondiente al gen nuclear H3 que caracteriza a los ocho ejemplares analizados en este estudio.....	58

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Los alcances y costos de las invasiones biológicas foráneas son globales y de gran calibre (IUCN, 2000). La amenaza para la biodiversidad y los servicios ecosistémicos puede conllevar múltiples contingencias (Costanza *et al.*, 1997; Horgan *et al.*, 2014): afectar gravemente a las especies autóctonas, a la estructura y función del ecosistema, alterar el hábitat invadido, causar depredación y competencia antes inexistente y transmitir enfermedades (EFSA, 2013 y 2014).

Los géneros ampuláridos *Pila* (unas 30 spp) *Pomacea* (unas 50 spp.) y *Marisa* reúnen más de un centenar de especies conocidas con el nombre común de “caracoles manzana” (“Apple snails”), muchas de ellas con un largo historial como especies invasoras (Cowie *et al.*, 2006; Rawllings *et al.*, 2007). Durante años, varias especies conquiliológicamente similares del género *Pomacea* han sido citadas como “*Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822)” o “complejo o grupo *P. canaliculata*” (Cazzaniga, 2002; Cowie *et al.*, 2006; Hayes *et al.*, 2009; EFSA, 2012), siendo así considerada como “una” de las 100 especies invasoras más peligrosas del mundo (Lowe *et al.*, 2000; Lach *et al.*, 2001; Cowie, 2005). Lo cierto es que bajo esa denominación quedó “confundida” la capacidad invasora y dañina de otras especies del género como *P. maculata* (Perry, 1810) (= *Ampullaria insularum* d’Orbigny, 1835) sinonimizadas por Hayes *et al.* (2012), *P. diffusa* Blume, 1957 o *P. scalaris* (d’Orbigny, 1835) que al igual que *P. canaliculata* también habrían sido introducidas en Asia procedentes de Suramérica, y a las cuales se han dedicado un menor número de estudios específicos (Rawllings *et al.*, 2007; Youens y Burks, 2007; Hayes *et al.*, 2008; EFSA, 2012).

Otros factores han contribuido a incrementar la **confusión taxonómica**, como la existencia de errores a la hora de escribir los nombres de las especies de *Pomacea*, el uso genérico e indiscriminado de los mismos nombres comunes (especialmente el de “caracol manzana”) para referir a tantas especies distintas de ampuláridos, la no identificación específica de los caracoles manzana plaga impidiendo interpretar independientemente (por especie concreta) los resultados, la carencia de datos cuantitativos comparables a partir de metodologías equivalentes (Estebenet *et al.*, 2006; Cowie *et al.*, 2006; Youens y Burks, 2007). De hecho, sólo recientemente se ha confirmado que a pesar de su parecido, *P. canaliculata* y *P. maculata* son especies de parentesco alejado en *Pomacea*, cuya taxonomía de nivel alfa también ha quedado aclarada (Rawllings *et al.*, 2007; Hayes *et al.*, 2008; Hayes *et al.*, 2012). La base es una combinación de rasgos morfológicos de los animales adultos, de la puesta, anatómicos y por supuesto moleculares (Rawllings *et al.*, 2007; Matsukura *et al.*, 2008; Hayes *et al.*, 2008, 2009 y

2012). Aun así, es importante tener en cuenta que se han documentado casos demostrados de hibridación entre ellas (Matsukura *et al.*, 2013).

Expuesto el conflictivo punto de partida taxonómico, también es básico disponer de una visión, aunque sea general, sobre la **situación y lucha internacional** contra esta/s especie/s invasora/s. El análisis de los acontecimientos acaecidos tras cada invasión de caracol manzana y las formas de enfrentarse a ella, sólo serán completas bajo esta perspectiva. Así, a nivel mundial las investigaciones están en marcha, las lagunas de conocimiento existen y la plaga dista de estar controlada, siendo los frentes de estudio numerosos (Levin, 2006). A modo de dos simples ejemplos puntuales, los impactos ecosistémicos causados por caracol manzana no han sido resueltos en Florida (USA) (Rawlings *et al.*, 2007) y los costes totales relacionados con el arroz en Filipinas, unos de los países asiáticos más afectados por la plaga, se cifraron en 28-45 millones de \$ hace ya más de 20 años, en 1990 (Naylor, 1996 in Heiler *et al.*, 2008).

Se investiga el **manejo y los tratamientos agrícolas**: el efecto del drenaje de los arrozales durante un cierto periodo tras plantar el arroz y el uso de pesticidas (Wada, 2004; Martin *et al.*, 2012). También el empleo de **agentes biológicos de control** (Wada, 2004), tanto animales (Horn *et al.*, 2008; Martin *et al.*, 2012) como plantas de baja palatabilidad o con sustancias químicas de defensa (Wong *et al.*, 2010). Asimismo, la biología en general (Teo, 2004) o ciertas particularidades del ciclo de vida (Qiu y Kwong, 2009; Tamburi y Martin, 2008; 2011), del efecto de los factores ambientales (Teo, 2004; Saveanu y Martin, 2013), del crecimiento y la alimentación (Lach *et al.*, 2000; Qiu y Kwong, 2009; Wong *et al.*, 2010; Saveanu y Martin, 2013) de la reproducción y la puesta (Lach *et al.*, 2000; Wu *et al.*, 2011).

Estudios realizados

En los países donde se ha detectado el caracol manzana, ha sido común que la plaga generara respuestas iniciales de incertidumbre y de fuertes inversiones económicas en la lucha, sin lograr erradicar definitivamente la plaga. Es, por ejemplo, lo que sucedió en Mobile (Alabama) de acuerdo con lo explicado por Martin *et al.* (2012), donde las mortalidades de caracoles manzana (*P. insularum* = *P. maculata*) llegaron al 75% con sulfato de cobre y alguicidas tóxicos. También en Hawaii se estableció un completo plan estratégico con los mismos propósitos (Levin, 2006). El listado de **métodos de lucha testados** ya es largo: sal, cobre, sulfato de cobre, molusquicidas, compuestos orgánicos, cebos, cribas y sacos, barreras, promoción de su uso gastronómico, temperaturas nocivas, shocks eléctricos, periodos de desecación de los campos, barbechos, métodos de labranza, apertura de zanjas, recolección manual, biocontrol, educación de la población, medidas legislativas, métodos combinados de los

anteriores, etc. (Levin, 2006). Otro ejemplo de estrategias de control, similares a las anteriores son publicadas por Wada (2004) en arrozales de Japón. En 2005, el grupo especialista de especies invasoras de la IUCN calificó de “probablemente no posible” la erradicación de poblaciones establecidas de *P. canaliculata*, relacionando las numerosas medidas que habían sido adoptadas en la lucha contra la plaga, e indicando que ninguna se había mostrado segura, efectiva y económicamente viable.

Colonización del cauce del río Ebro

Tras la colonización de grandes extensiones de arrozales en el Delta del Ebro (Tarragona) desde su detección en agosto de 2009, la especie llegó al cauce principal de dicho río cerca de su desembocadura. Debido al peligro de dispersión del caracol manzana a lo largo de este cauce fluvial, la Confederación Hidrográfica del Ebro ha promovido la realización del presente trabajo cuya finalidad es conocer el alcance de esta invasión en el ámbito del cauce fluvial del Ebro, comprendido entre el azud de Xerta y el inicio del delta en Amposta (Tarragona), así como en un corto tramo fluvial junto al paso de barca de Miravet (Tarragona) en donde recientemente se ha detectado presencia de caracol manzana. De lo que no hay duda es de que el caracol manzana del Ebro es una especie invasora, de gran eficacia colonizadora, de hábitos alimenticios generalistas, sin enemigos naturales, euriterma, resistente y de alta fecundidad. En definitiva, cumple todas las facetas típicas de una plaga: afectación agrícola, ecológica y médico-social. Este trabajo responde a la necesidad de colaboración entre la Confederación Hidrográfica del Ebro y el resto de administraciones competentes, tanto del Gobierno de España como de la Generalitat de Cataluña, implicadas en la gestión de la invasión de caracol manzana.

1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CARACOL MANZANA

La familia Ampullariidae se considera monofilética, surgida en Gondwana, con distribución actual pantropical, compuesta por más de un centenar de especies dulceacuícolas herbívoras genéricamente denominadas “caracoles manzana” y cuya mayor diversidad se encuentra en Sudamérica (Köhler y Glaubrecht, 2006; Hayes *et al.*, 2009). El trabajo de Cowie y Thiengo (2003) cataloga todas las especies conocidas de ampuláridos del continente americano, siendo un buen punto de partida taxonómico para el grupo. Está incluida en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras, regulado por el Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto.

El género *Pomacea* es nativo de Sudamérica neotropical, desde Argentina hasta el sureste de USA y el Caribe (Cowie y Thiengo, 2003). De momento es considerado polifilético (Hayes *et*

al., 2009) y nuevos estudios son necesarios para clarificar las controversias (EFSA, 2012a,b). La confusión taxonómica entre las distintas especies de caracol manzana, y más concretamente entre *P. canaliculata* y *P. maculata*, es consecuencia de poseer una morfología externa general muy conservadora en el grupo, combinada con una elevada plasticidad fenotípica de las especies (Rawlings *et al.*, 2007). A nivel intraespecífico e intrapoblacional dicha plasticidad es resultado de la respuesta ante factores ambientales, barreras geográficas, edad de los individuos, etc., así como a la diferenciación genética (Estebenet y Martin, 2003; Estebenet *et al.*, 2006; EFSA, 2012). El área natural de origen de *P. canaliculata* es el sur de América. CABI (2013) la restringe al Bajo Paraná, Uruguay y la cuenca de La Plata, sin descartar al Alto Paraná y partes del sur de Brasil (Hayes *et al.*, 2008, 2009 y 2012). El área natural de origen de *P. maculata* se encuentra en buena parte de Sudamérica (Hayes *et al.*, 2012), es decir en climas templados de zonas tropicales o subtropicales (Martin *et al.*, 2012).

Impactos generados por el caracol manzana

Los impactos ecológicos, económicos y sanitarios que causan las especies *P. maculata* y *P. canaliculata* son múltiples y de gran magnitud (Rawlings *et al.*, 2007; Horgan *et al.*, 2014; CABI, 2013). **Su efecto dañino consiste en destruir la vegetación acuática nativa, modificando seriamente el hábitat, competir con la fauna autóctona malacológica, a la que desplaza progresivamente y ser vector de varios parásitos, incluyendo *Angiostrongylus cantonensis*** (CABI, 2013). La alarma generada en Europa con su entrada en la Península Ibérica ha quedado de manifiesto en los informes emitidos por la EFSA (European Food Safety Authority).

Aunque inicialmente se persiguió un beneficio económico en Asia a través del aprovechamiento de los caracoles manzana para la alimentación, tras la creación de granjas no se produjo una demanda real del producto, lo que desencadenó el abandono de instalaciones y la consiguiente infestación en distintas zonas (Vázquez-Silva *et al.* 2011). Por el contrario comportó una pérdida económica notable por su afeción a los cultivos del arroz (Teo, 2004); *P. canaliculata* y *P. maculata* se han convertido en una importante plaga de arroz en muchos países del sudeste asiático, Japón, República Dominicana y Hawaii (GISD 2005, 2010).

No hay estimaciones a escala global de pérdidas en el cultivo del arroz por la presencia de *Pomacea sp.* pero resultan notables tanto para los agricultores por pérdidas de gran parte de las cosechas como para la administración a través de la implantación de medidas para su control y erradicación. En Filipinas durante 1990, las pérdidas económicas por los costos para el

control del caracol y los daños en los cultivos, han sido estimados entre los 425 y los 1.200 millones de dólares (Vázquez-Silva et al., 2011).

En Texas los agricultores se enfrentan a costes crecientes de mantenimiento de las barreras en áreas con grandes poblaciones de *P. maculata* debido a la constante proliferación de los caracoles (GISD, 2010). En Estados Unidos se estimó el gasto en pesticidas en 1998 para la lucha contra el caracol manzana en alrededor de 2,4 millones de dólares (NPAG 1998). Desde 1990 Hawaii ha invertido más de 380.000 dólares en el control de la plaga de *Pomacea*, cifra que no ha conseguido detener el aumento dramático ni de su distribución ni de su tamaño poblacional, que ha pasado de ser una plaga en la agricultura a una seria amenaza en los humedales del estado. Se calcula que los agricultores hawaianos tienen unas pérdidas anuales equivalentes al trabajo de unos 32 días (Levin, 2006).

En el Delta del Ebro, en 2011 se contabilizaron 847 hectáreas de campos de cultivo de arroz infestadas correspondientes a 303 propietarios diferentes. **Los gastos generados a la Generalitat de Catalunya por el control de la plaga de *P. maculata* superaron desde el año 2010 a 2012 los 835.000€** y la administración estimó necesarios 952.458€ para su plan de acción en 2012 (Generalitat de Catalunya, 2012). Además, TRAGSA, agricultores y la comunidad de regantes asumió entre 2010 y 2011 un gasto para la lucha del caracol manzana de 435.505€ (Generalitat De Catalunya, 2012). **El Ministerio de Agricultura, alimentación y Medio Ambiente español estimaba haber destinado para contribuir a su erradicación y erradicación más de 1.230.000€ en el período 2011-2013, que se sumaban a 2.645.156,27 € de contribución europea para el mismo periodo.**

En la actualidad, cuatro años después del inicio de la plaga en el Delta del Ebro y tras la implementación de medidas de control y erradicación, continúa siendo necesaria una gran inversión anual para reducir su expansión y la mitigación de daños tanto en los cultivos del delta como en curso del río Ebro.

La inversión destinada al Plan especial de acción para la erradicación y control del caracol manzana de 2014 de la Generalitat de Cataluña se prevé que sea el mayor realizado hasta el momento en el Delta del Ebro dado que incluye un conjunto de actuaciones mucho más extenso y costoso que los realizados hasta el momento.

La introducción de caracoles manzana

Procedentes del Sur de América, los caracoles manzana han sido introducidos en múltiples ocasiones en numerosos países, especialmente de Asia (Cowie, 2005; Wada y Matsukura,

2007; Hayes *et al.*, 2008; Wuet *et al.*, 2011; CABI, 2013; Yang *et al.*, 2013), aunque también a otras áreas del Pacífico (Hawái y Guam) (Cowie, 2005), Norteamérica (EEUU, Canadá), la República Dominicana, Oceanía (Australia, Papúa Nueva Guinea) o África (Egipto y Sudáfrica) (CABI, 2013). **En Europa sólo se conoce en dos localizaciones en España, el curso bajo del río Ebro y desde 2011 en el embalse de Ayagaures, en la isla de Gran Canaria** (MAGRAMA, 2012). Las razones que provocaron las primeras introducciones en Asia en los años 80 (s. XX), se basaron en su potencial **uso como alimento** y producto comercial, a través de su cultivo (acuicultura), algo que finalmente nunca sucedió. La realidad fue que el molusco se escapó del control humano, colonizó diferentes ecosistemas acuáticos y terminó por convertirse en una plaga, especialmente del arroz. Su uso en **acuariofilia** es otra razón que la ha llevado a diferentes países (CABI, 2013). Modelos climáticos aplicados a la potencialidad de expansión de la especie, infieren una alta capacidad de colonización de numerosas áreas no infestadas del mundo (Cowie, 2005), siendo la climatología cálida un aspecto facilitador de la misma (Heiler *et al.*, 2008). Su expansión en Europa fue recientemente motivo de modelizaciones por la EFSA (2013 y 2014).

Biología y ecología general

Debido a la consabida problemática taxonómica, los datos biológicos que se exponen a continuación deben entenderse de forma global, sin poder discernir en muchos casos entre *P. canaliculata* y *P. maculata*. Así, los caracoles manzana poseen un **gran tamaño** que oscila entre 35 y 70-80 mm, hasta incluso alcanzar los 90 mm de altura de la concha (Estebenet y Cazzaniga, 1992 y Wada, 1997, en Cowie *et al.*, 2006). Esta es globosa (redondeada) fina o algo más gruesa, espira con sutura profunda, ombligo presente y patrón de coloración algo variable de dorado oscuro a café claro o marrón (con polimorfismo y dimorfismo sexual) y opérculo delgado en comparación con otras especies próximas (Levin, 2006; Hayes *et al.*, 2012; CABI, 2013). Además presenta **huevos muy característicos de coloración de rosado a naranja intenso**, que la hembra es capaz de poner cada 60-85 días, siendo uno de los motivos de la rápida expansión de la plaga y los daños que origina (Ochoa y García, 2012).

Habitan aguas de ambientes lénticos, humedales, pantanos y de lugares poco profundos y cursos lentos (en ríos más grandes y caudalosos se concentran fundamentalmente en las orillas), **rodeados de grandes macrófitas de las que se alimentan y donde, entre otros lugares siempre emergidos, ponen los huevos. Los arrozales responden ampliamente a todos estos requisitos**, razón por la que los seleccionan preferentemente. **Su actividad es principalmente nocturna**, permaneciendo sumergidos

durante prácticamente todo el día (MAGRAMA, 2012). Presentan respiración tanto branquial como pulmonar, lo que les permite además de vivir dentro del agua salir de ésta (Plaza y Galimany, 2013) para depositar sus puestas.

- **Vías de dispersión**

La diseminación por ríos y canales se produce de forma natural por flotación de los individuos que son arrastrados por el agua, por reptación por la orilla, etc., así como por el hombre de forma manual o mediante el uso de embarcaciones y de maquinaria agrícola.

- **Ciclo vital y reproducción**

Al ser un animal poiquiloterma, pero de alta tolerancia, responde a la relación directa existente entre la temperatura ambiental y del agua, siendo su actividad mayor en meses calurosos (20-30 °C, temperatura del agua) y menor, hasta esconderse y enterrarse, frente a épocas frías, resistiendo incluso heladas ocasionales (Rawlings *et al.*, 2007; Burk *et al.*, 2010; Martin *et al.*, 2012). En consecuencia, en zonas donde las temperaturas son altas y disponen de suficiente alimento, poseen ciclos de vida cortos y varios procesos reproductores (en Asia se reproducen 3 y 4 veces al año), mientras que ante condiciones adversas, poseen períodos de reproducción más largos y limitados a primavera y verano (Gabarda, 2012). Cada puesta puede contener entre 300 y 800 huevos (o más, pues el número varía entre especies y dentro de la misma especie de caracol manzana), que tardan en eclosionar unas dos semanas (Plaza y Galimany, 2013), tiempo que nuevamente varía según las condiciones ambientales. La tasa de reproducción es mínima en otoño e invierno y se incrementa durante la primavera, además, varía con la disponibilidad de alimentos y la temperatura (MAGRAMA, 2012). **En el Delta del Ebro, el periodo reproductivo se inicia en abril-mayo y finaliza en octubre-noviembre**, en función de la temperatura del agua (Plaza y Galimany, 2013).

- **Adaptación al medio**

Se adaptan fácilmente a nuevos ambientes dado que sobreviven ante variaciones de salinidad (0-10‰), pH (3,5-4 a 10-10,5) y épocas de emersión (70 a 308 días según la temperatura) (Byers *et al.*, 2013), así como a temperaturas próximas a 0°C, aunque reducen su actividad por debajo de los 18°C (MAGRAMA, 2012). Pueden vivir en aguas contaminadas y subsisten con bajas concentraciones de oxígeno y períodos secos pudiendo permanecer aletargados cerrando su opérculo en condiciones ambientales adversas (Matthews, 2005).

- Alimentación

Son herbívoros, macrofitófagos generalistas y extremadamente voraces, que a diferencia de la mayoría de moluscos acuáticos, no se alimenta fundamentalmente de algas, sino que consumen macrófitas acuáticas (plantas vasculares), siendo muy generalistas en cuanto a las especies de las que puede alimentarse. Esto les dota de ventajas competitivas en aguas poco profundas o de alta turbidez (Howells *et al.*, 2006; Baker *et al.*, 2010; Burks *et al.*, 2011). Se alimentan triturando, raspando o cogiendo el alimento, siendo la trituración el mecanismo principal (Saveanu y Martin, 2013). Burks *et al.* (2011) demuestran que en EEUU es capaz de alimentarse de plantas nativas y exóticas, con las cuales frecuentemente comparten distribución.

Por otra parte, *P. maculata* ha sido calificado de **depredador oportunista de otros caracoles acuáticos**, sus huevos y otros invertebrados (Wood *et al.* 2006; Kwong *et al.* 2009 Hayes *et al.* 2012).

1.2. PRESENCIA DEL CARACOL MANZANA EN ESPAÑA: EL DELTA DEL EBRO

Hasta la fecha han sido localizadas dos especies de caracol manzana en España: *Pomacea maculata* y *Pomacea canaliculata*, en el río Ebro (año 2009), y en Gran Canaria (año 2011) respectivamente (MAGRAMA, 2012). La presencia de estas dos especies de *Pomacea* en territorio de las Islas Canarias y de la Península Ibérica suponen las primeras citas de este grupo de gasterópodos en Europa (Generalitat de Catalunya, 2013; 2014). Además, la presencia de *P. maculata* en el Delta del Ebro supone la primera constatación de la naturalización de cualquier representante de este género en Europa (Plaza y Galimany, 2013).

La especie presente en el Delta del Ebro ha sido identificada como *Pomacea insularum*, denominada actualmente *P. maculata* (Generalitat de Catalunya, 2014; EFSA, 2014). Sin embargo, inicialmente fue atribuida (*c.f.*) a *P. canaliculata* (López *et al.*, 2009) y ya posteriormente nombrada como *P. insularum* (López *et al.*, 2010). Como se ha mencionado ***insularum* es sinónimo de *maculata***, tal y como aparece ya denominada en el trabajo de Plaza y Galimany (2013) del delta del Ebro. Además Andree y López (2013), aplicando técnicas moleculares, identifican un ejemplar de la primera entre varios de la segunda en el Delta del Ebro. Otros países experimentaron previamente la dificultad de identificación de la especie concreta que causaba la plaga (entre *canaliculata* y *maculata*, principalmente) (Wada, 1997 en Estebenet *et al.*, 2006; EFSA, 2012) debido a los múltiples orígenes de los caracoles invasores y a la comentada variabilidad morfológica y ecofisiológica (Estebenet *et al.*, 2006). La confusión entre especies es natural, dada su semejanza genética y anatómico-morfológica, así como su

variabilidad intrínseca, además su hibridación parece más que probable (Generalitat de Catalunya, 2014), aunque todavía no ha podido ser bien determinada. Finalmente, la posibilidad de que la invasión se deba realmente a híbridos entre esas especies también es posible (López, com. pers.), pues ya ha sucedido en otros lugares (Matsukura *et al.*, 2013). Por lo tanto, **es necesario confirmar la especie existente en el Ebro empleando datos morfológicos, anatómicos y moleculares.**

La complejidad explicada también se ha plasmado con la primera cita europea de caracol manzana detectada en el delta del Ebro durante el año 2009, que fue inicialmente atribuida (*c.f.*) a *P. canaliculata* (López *et al.*, 2009) y posteriormente nombrada como *P. insularum* (López *et al.*, 2010). Como se ha mencionado ***insularum* es sinónimo de *maculata***, tal y como aparece ya denominada en el trabajo de Plaza y Galimany (2013) del delta del Ebro. Además Andree y López (2013), aplicando técnicas moleculares, identifican un ejemplar de la primera entre varios de la segunda en el Delta del Ebro. Otros países experimentaron previamente la dificultad de identificación de la especie concreta que causaba la plaga (entre *canaliculata* y *maculata*, principalmente) (Wada, 1997 en Estebenet *et al.*, 2006; EFSA, 2012) debido a los múltiples orígenes de los caracoles invasores y a la comentada variabilidad morfológica y ecofisiológica (Estebenet *et al.*, 2006). Finalmente, la posibilidad de que la invasión se deba realmente a híbridos entre esas especies también es posible (López, com. pers.), pues ya ha sucedido en otros lugares (Matsukura *et al.*, 2013). Por lo tanto, **es necesario confirmar la especie existente en el Ebro empleando datos morfológicos, anatómicos y moleculares.**

Causa de su introducción y expansión en el Delta del Ebro

La introducción del caracol manzana en el Delta del Ebro se sospecha que se produjo a partir de un escape de individuos de caracol manzana provenientes de un centro de acuicultura situado en la zona, cuyo comercio también se ha relacionado con la aparición de estos moluscos en el embalse de Ayagaures en la isla de Gran Canaria, si bien la responsabilidad de la empresa de acuicultura no ha sido hasta el momento demostrada en sede judicial (Pérez Pons, 2013).

Su dispersión desde los focos de introducción originales a las zonas próximas se cree que ha podido producirse por el uso de maquinaria agrícola usada previamente en arrozales infectados, por el propio movimiento activo de los caracoles (reptación) o a través de las corrientes de agua (dispersión pasiva por flotación) de las acequias y canales. Las principales vías de dispersión del caracol manzana en el Delta del Ebro son los arrozales y las extensas redes de irrigación y drenaje que discurren entre ellos (MAGRAMA, 2012; Plaza y Galimany, 2013; Generalitat de Catalunya, 2013). En los últimos años se han detectados focos de caracol manzana, cuyo origen

es presumiblemente intencionado, en acequias y campos de cultivo de arroz, o bien debido a negligencias por parte de algún pescador que los ha usado indebidamente como cebo de pesca.

La presencia de caracol manzana en el Delta del Ebro fue detectada por primera vez en el año 2009 en varios canales de drenaje del hemidelta izquierdo del Delta del Ebro. Cuatro años después del descubrimiento de la plaga y tras la implantación de medidas de control y erradicación, la extensión ocupada por ésta, a pesar de haber sido drásticamente restringida en cuanto a su potencialidad invasora, no ha dejado de crecer.

El problema de la introducción del caracol manzana en el delta del Ebro ha dejado de ser de ámbito local dadas las posibilidades de expansión de la especie hacia otras áreas, en especial arroceras, tanto de España como de Europa (Generalitat de Catalunya, 2014).

El curso de la invasión ha seguido una expansión geográfica a un ritmo ralentizado por la implementación de medidas, pero sostenido, ocupando casi la totalidad del hemidelta norte, extendiéndose a tramos crecientes del eje fluvial, y ha colonizado, aunque no de forma natural, varios puntos del hemidelta sur (Generalitat de Catalunya, 2014).

La alarma creada tras la aparición de *Pomacea sp.* en el delta del Ebro está justificada si atendemos a los efectos que produce esta especie, tanto sobre los cultivos, como desde el punto de vista ecológico dado su herbivorismo, la depredación y la competencia trófica y espacial que puede producir sobre otras especies (López *et al.*, 2009).

Debido a su gran potencial invasor, en caso de no ser controlado en el Delta podría causar graves perjuicios a otras áreas arroceras de España u otros países europeos (Plaza y Galimany, 2013). En ese sentido, de acuerdo al modelo de dinámica poblacional de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), *Pomacea sp.* posee la capacidad de establecerse potencialmente en humedales del sur de Europa (incluyendo España, el sur de Francia, Italia y Grecia) y los Balcanes hasta latitudes del río Danubio (EFSA, 2013 y 2014).

Marco legal

La Generalitat de Cataluña, a través del Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca, Alimentación y Medio Natural, está llevando a cabo la gestión del caracol manzana en el ámbito territorial del Delta del Ebro en el marco del “Plan d’Acció contra el cargol poma (*Pomacea insularum*) al Delta del’Ebre” (2013) y “Pla especial d’acció per a l’eradicació i control del cargol poma (*Pomacea sp.*)” (2014), con el siguiente referente normativo específico en vigor:

- ✓ Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras (BOE nº 185, de 03/08/2013).

- ✓ Orden ARM/2090/2011, de 22 de julio, por la que se establecen medidas provisionales de protección frente al caracol manzana *Pomacea insularum* y *Pomacea canaliculata* (BOE nº 179, de 27/07/2011), modificado por Orden ARM/2294/2011, de 19 de agosto (BOE 202, de 23/08/2011).
- ✓ Decisión de la Comisión 2012/697/UE, de 8 de noviembre de 2012, relativa a las medidas para evitar la introducción en la Unión y la propagación en el interior de la misma del género *Pomacea* (Perry) (DOEU L311, de 10/11/2012).
- ✓ Orden AAR/404/2010, de 27 de julio, por la que se declara oficialmente la existencia de un foco del caracol manzana (*Pomacea* sp.) en el hemidelta izquierdo del Delta de l'Ebre (DOGC nº 5682, de 30/07/2010), modificada por la Orden AAM/63/2013, de 16 de abril (DOGC nº 6361, de 23/04/2013).
- ✓ Resolución AAM/2434/2012, de 31 de octubre, por la que se fija como medida de control del caracol manzana (*Pomacea* sp.) el tratamiento con agua de mar en determinadas zonas del hemidelta izquierdo del Delta de l'Ebre (DOGC nº 6254, de 15/11/2012).
- ✓ Resolución AAM/1455/2012, de 16 de julio, por la que se fijan las medidas a llevar a cabo para el control del caracol manzana (*Pomacea* sp.) en el hemidelta izquierda del Delta de l'Ebre. (DOGC nº 6175, de 20/07/2012).
- ✓ Resolución AAM/2519/2011, de 10 de octubre, por la que se fijan las medidas a llevar a cabo para el control del caracol manzana (*Pomacea* sp.) en el hemidelta izquierdo del Delta de l'Ebre (DOGC nº 5994, de 28/10/2011).
- ✓ Resolución AAR/3749/2010, de 18 de noviembre, por la cual se establecen medidas de control del foco de la plaga del caracol manzana (*Pomacea* sp.) en el hemidelta izquierdo del Delta de l'Ebre. (DOGC nº 5763, de 25/11/2010).

Ámbito legal

El presente trabajo se centra en el ámbito de la gestión del Dominio Público Hidráulico, de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas, del que es competente la Confederación Hidrográfica del Ebro como organismo autónomo adscrito a la Dirección General del Agua del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, si bien el área de estudio se extiende, aguas abajo del puente del Estado en Tortosa, por la ribera asociada al Dominio Público Marítimo Terrestre, de acuerdo con lo establecido en la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, cuya gestión es competencia de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar del

MAGRAMA, excepto la navegabilidad que lo es de la Dirección General de la Marina Mercante del Ministerio de Fomento como se establece en el Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante. En la figura 1, se esquematiza a modo de resumen, las competencias en el río Ebro. Se indica como el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Confederación Hidrográfica del Ebro tiene competencias hasta Tortosa, concretamente hasta el puente del Mil·lenari, en todos los aspectos incluida la navegación. Este espacio es el llamado Dominio Público Hidráulico. Desde el citado puente hasta la desembocadura las competencias en el río son del Ministerio de Fomento, Dirección General de Marina Mercante, este espacio es el llamado Dominio Público Marítimo-Terrestre.



Figura 1: Competencias ministeriales en el río Ebro

En este ámbito fluvial tiene también sus competencias la Agencia Catalana del Agua, adscrita al Departamento de Territorio y Sostenibilidad de la Generalitat de Cataluña.

Por su parte, la gestión del caracol manzana como plaga en materia de sanidad vegetal está coordinada por la Dirección General de Sanidad de la Producción Agraria del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA, 2013), a la cual consulta el Comité Permanente de la Cadena Alimentaria y de Sanidad Animal de la Comisión Europea - *Standing Committee on the Food Chain and Animal Health*- (SCFCAH), mientras que la Oficina Alimentaria y Veterinaria de la Comisión Europea -*Food and Veterinary Office*- (FVO) asegura la eficacia de los sistemas de control y evalúa la observancia de las normas de la Unión Europea, siendo su principal labor efectuar inspecciones en los Estados miembros y en terceros países que exportan a la Unión Europea. La Decisión de la Comisión 2012/697/UE, de 8 de noviembre de 2012, es la primera norma que establece medidas para evitar la introducción y propagación

del caracol manzana (género *Pomacea*) en la Unión Europea, en cuyo artículo 4 se establecen las inspecciones y notificaciones relativas al caracol manzana.

A su vez, el problema del caracol manzana es evaluado por el Panel sobre Sanidad Vegetal de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria –*European Food Safety Authority Panel on Plant Health*- (EFSA PLH), que ya ha emitido cuatro informes motivados por la presencia del caracol manzana en el delta del Ebro (EFSA PLH, 2012a,b, 2013 y 2014), cuyas previsiones son contundentes acerca del grave riesgo de extensión de esta plaga por el arco mediterráneo europeo.

De este modo, se deben aplicar las medidas de protección en materia de sanidad vegetal de conformidad con lo dispuesto en el artículo 7.1.a) de la Ley 43/2002, de 20 de noviembre, de sanidad vegetal y en el artículo 16.2 del Real Decreto 58/2005, de 21 de enero, por el que se adoptan medidas de protección contra la introducción y difusión en el territorio nacional y de la Comunidad Europea de organismos nocivos para los vegetales o productos vegetales, así como para la exportación y tránsito hacia países terceros, que incorpora a la legislación española la Directiva 2000/29/CE del Consejo, de 8 de mayo de 2000.

La Generalitat de Cataluña gestiona la plaga del caracol manzana desarrollando sus competencias en materia de sanidad vegetal y dispone de normas propias a tal efecto, a través de las cuales se está regulando de modo expreso la plaga del caracol manzana como ya se ha citado. Esta labor se efectúa sin perjuicio de las competencias autonómicas en materia de gestión de las especies exóticas invasoras, como la vigilancia del medio natural que realiza el Cuerpo de Agentes Rurales y la expedición de autorizaciones administrativas por las excepciones que contiene la legislación vigente, que desarrolla el Servicio de Biodiversidad y Protección de los Animales, Dirección General del Medio Natural y Biodiversidad, Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca, Alimentación y Medio Natural de la Generalitat de Cataluña. Los trabajos en materia de caracol manzana en el entorno del delta del Ebro, los realiza y supervisa la empresa Forestal Catalana S.A., sociedad mercantil con participación mayoritaria de la Generalitat de Catalunya. En la figura 2 se esquematizan las competencias de la Generalitat de Catalunya en la gestión y manejo de la plaga de caracol manzana.

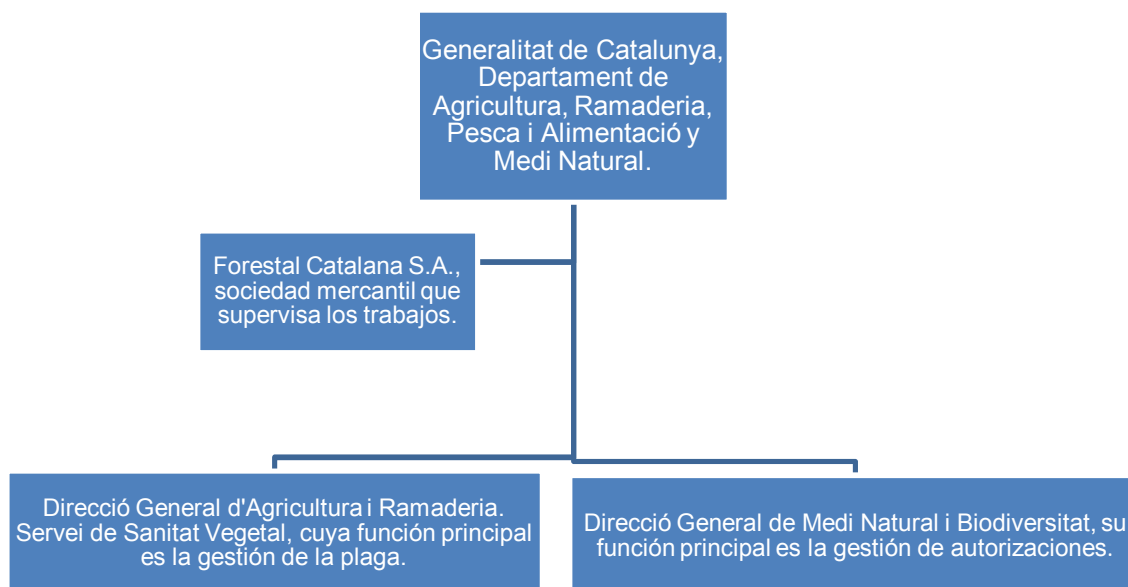


Figura 2: Competencias de la Generalitat de Catalunya en la gestión de la plaga de caracol manzana.

En la vigilancia ambiental también interviene el Servicio de Protección de la Naturaleza (SEPRONA) de la Guardia Civil.

Acciones desarrolladas contra el caracol manzana

Desde que se detectará la presencia del caracol manzana en el Delta del Ebro en agosto de 2009, la Generalitat de Cataluña ha puesto en marcha diversos mecanismos de lucha contra este molusco exótico invasor y con el paso del tiempo se han ido intensificando los esfuerzos realizados.

- ✓ En 2009 únicamente se realizaron prospecciones y muestreos.
- ✓ En 2010 en los arrozales se puso en marcha el secado invernal y se aplicaron protocolos de higiene en maquinaria agrícola
- ✓ En 2011 se realizó el secado invernal en arrozales y la inundación con agua salada procedente del mar (invierno de 2011/12 se trataron 238 ha de arrozales con agua de mar), se realizaron tratamientos con saponinas (417 ha), se colocaron trampas con cebo y se aplicó molusquicida (4311 bloques en 104 arrozales). Por otro lado, se salinizaron los canales de irrigación y desagües (en el invierno de 2010/11 se trataron así 12 km de desagües con agua

de mar) y, también en la red de drenaje se realizaron campañas de recogida manual de caracol manzana (230234 caracoles y 319127 racimos de huevos en los desagües), de recogida mecanizada (38,5 km de acequias), y se instalaron barreras (805 actuaciones de instalación o modificación de tomas de agua o desagües en los arrozales e instalación de 456 mallas a la entrada de los mismos). En el caso del río se procedió a la recogida manual de ejemplares (109112 caracoles adultos y 193790 racimos de huevos) y al desbroce de la vegetación de las orillas (10 km). Además se continuaron aplicando protocolos de higiene en maquinaria agrícola, se demarcaron las zonas infestadas y se realizaron inspecciones y supervisiones intensivas.

✓ En 2012 se siguió con el secado invernal en los arrozales, la inundación con agua de mar (en el invierno de 2012/13 se trataron 650 ha), los tratamientos químicos (845 Ha tratadas con saponinas), el uso de atrayentes alimenticios (con helícida), la colocación de barreras físicas (tubos, arquetas, mallas, trampas), la recogida manual de individuos y puestas y la colocación de trampas con cebo y molusquicida (20930 bloques colocados en 226 parcelas de arroz). Supervisión intensiva de la zona infestada (4450 ha de arrozales). En la red de drenaje del delta se llevaron a cabo la inundación con agua de mar (tratados 20 km en el invierno de 2012/13), tratamientos químicos (75 km de acequias tratadas con saponinas), destrucción mecanizada de puestas (40 km de acequias), recogida manual de individuos o puestas (fueron suprimidos 219673 caracoles y 49308 puestas), obra civil y barreras físicas (compuertas, modificaciones, saltos; en 2012 cien actuaciones cambiando tomas de agua o desagües de los arrozales e instalando 100 mallas a la entrada de arrozales). En el río se acondicionaron desagües, se realizaron tareas de desbroce (10 km de orilla) y de recogida manual de individuos y puestas (38137 caracoles adultos y 65186 racimos de huevos). En la zona tampón ante el hallazgo de ejemplares se procedió al cierre de todas las acequias, intensificación de la investigación en todos los elementos de la red de drenaje potencialmente infestados, tratamientos con saponinas y refuerzo de las campañas de concienciación dirigidas a todas las partes interesadas. En total, se desecaron 975 km de acequias, y 13000 puntos de entrada de agua en estos campos se inspeccionaron para detectar y eliminar caracoles y racimos de huevos. Además, se continuó con la ejecución del protocolo de higiene de maquinaria y se realizaron inspecciones en maquinaria y embarcaciones, control de vehículos en carretera y control de cebos de pescadores.

✓ En 2013 en los arrozales se continuo con las medidas adoptadas en 2012 igual que en la red de drenaje donde además, se aplicó un nuevo tratamiento de eliminación mecanizado, por **succión al vacío** y separación de los adultos de las acequias. Con este método se

eliminaron así 60000 caracoles adultos. En el río se continuó con la recogida manual de individuos y puestas, recogida nocturna manual, acondicionamiento de desagües y desbroce, además, se instalaron barreras flotantes en los puntos de Capítol y Barques, y se elaboró un plan específico para la conservación de la fauna protegida vulnerable a las medidas de erradicación del caracol manzana. Por otro lado, se siguió con los protocolos y acciones relativos a la maquinaria agrícola y pescadores. Además, se realizó un seguimiento intensivo de la especie en la zona demarcada, muestreos periódicos en el río Ebro y prospecciones visuales. También se analizó la dinámica de invasión, se realizaron estudios del riesgo de propagación mediante las embarcaciones, y se informó a agricultores sobre buenas prácticas. Por último, se realizaron estudios sobre la biología básica de la plaga en el delta y sobre la respuesta de las especies protegidas a los tratamientos de erradicación aplicados.

✓ En 2014 se ha dado continuidad a los trabajos realizados en años anteriores tanto en arrozales como en la red de drenaje del delta. Además, se tiene previsto poner en marcha diversas actuaciones enfocadas tanto al control como a la erradicación de la plaga en el río Ebro y en los arrozales.

Estas acciones de la Generalitat de Cataluña, adoptadas en coordinación con la Dirección General de Sanidad de la Producción Agraria del MAGRAMA y comunicadas a la Comisión Europea, se han implementado a partir de 2013 con la participación de la Confederación Hidrográfica del Ebro en sucesivas reuniones de trabajo, diversas acciones de gestión (desembalses, materiales educativos, etc.) y la realización del presente trabajo.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es detectar y evaluar la presencia del caracol manzana (*Ampullariidae*) en el cauce principal del río Ebro. El área de estudio comprende el tramo de río entre el Azud de Xerta y el puente de la carretera nacional N-340 en Amposta (Tarragona). Se ha prospectado dicho área de estudio para determinar la presencia de ejemplares jóvenes y adultos, vivos o muertos, y puestas de huevos de la especie. A su vez, se ha tratado de conocer aquellos lugares donde su presencia ya había sido detectada con anterioridad y era preciso comprobar si se ha consolidado, o bien si se encuentra en donde no se ha detectado todavía.

El propósito de este trabajo es que la CHE conozca la presencia en el río Ebro, en su caso, de esta especie exótica invasora, así como determinar su abundancia relativa, caracterizar sus hábitats y detectar las vías de dispersión o entrada al curso fluvial. Y, en función de los resultados obtenidos, poder planificar las medidas oportunas de gestión, control y

posible erradicación en el río Ebro, con especial incidencia en las áreas infestadas y más vulnerables.

Son objetivos específicos del presente estudio:

Determinar el área de distribución y abundancia relativa del caracol manzana en el tramo fluvial comprendido entre el azud de Xerta y el inicio del delta en Amposta (Tarragona).

Caracterizar los hábitats infestados o potenciales en el tramo fluvial.

Detectar las vías de expansión y/o de entrada al curso fluvial en el tramo.

Realizar una primera estimación de los posibles impactos: a) Ecológicos: sobre el ecosistema fluvial y la biodiversidad; b) Económicos: sobre los cultivos e infraestructuras hidráulicas ribereñas y c) Sanitarios: sobre la salud humana de las poblaciones próximas al río.

Formular propuestas para la planificación de medidas de gestión, control y posible erradicación en el río Ebro, con especial incidencia en las áreas infestadas y/o más vulnerables, en cada caso.

Formular propuestas para la planificación de medidas de prevención basadas en acciones de educación, divulgación y sensibilización dirigidas a los colectivos sociales perjudicados y susceptibles de propiciar la introducción o expansión del caracol manzana en la Demarcación Hidrográfica del Ebro.

Formular propuestas para la planificación de estudios científicos enfocados a las necesidades de gestión, control y erradicación del caracol manzana en la Demarcación Hidrográfica del Ebro.

Disponer de un fondo documental científico y técnico sobre el caracol manzana (Ampullariidae), especializado y actualizado.

3. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende un tramo continuo del cauce principal del río Ebro en la provincia de Tarragona entre los puntos de coordenadas UTM (Datum ETRS89; huso 31) que aparecen en la Tabla 1.

Tabla 1: Coordenadas UTM (Datum ETRS89) de los límites del tramo del río Ebro objeto de estudio general.

Tramo fluvial que comprende el área de estudio general							
Límite superior				Límite inferior			
Orilla izquierda		Orilla derecha		Orilla izquierda		Orilla derecha	
x	y	x	y	x	y	x	y
289119	4532890	289021	4532831	296559	4509466	296438	4509204

El límite superior de dicho tramo fluvial se sitúa aguas abajo del azud de Xerta, junto a los canales izquierdo y derecho, y el límite inferior se encuentra al entrar en el delta del Ebro junto al viaducto de la A-7. Este tramo tiene un recorrido fluvial de unos 30 km, con unos 7 m de desnivel y transcurre por los términos municipales de Xerta, Tivenys, Aldover, Bitem, Tortosa, L'Aldea y Amposta, todos ellos en la provincia de Tarragona (Comunidad Autónoma de Cataluña).

De acuerdo con las prescripciones técnicas de la Confederación Hidrográfica del Ebro, con las autorizaciones preceptivas de las Administraciones Públicas competentes (véase el anexo 1), los trabajos encomendados se han realizado en el ámbito del Dominio Público Hidráulico y en parte del Dominio Público Marítimo Terrestre (véase los anexos 2, 3 y 4), cuyos terrenos son de titularidad pública.

La prospección comprende tanto las zonas lóxicas como las lénticas provistas de vegetación acuática que se encuentren dentro del cauce principal del río Ebro en el área de estudio. No se incluyen en las tareas de prospección los canales, acequias y humedales adyacentes al cauce principal del río Ebro, aunque sí se han tenido en cuenta cuando se trataba de desagües en el río provenientes de áreas afectadas por la presencia del caracol manzana.

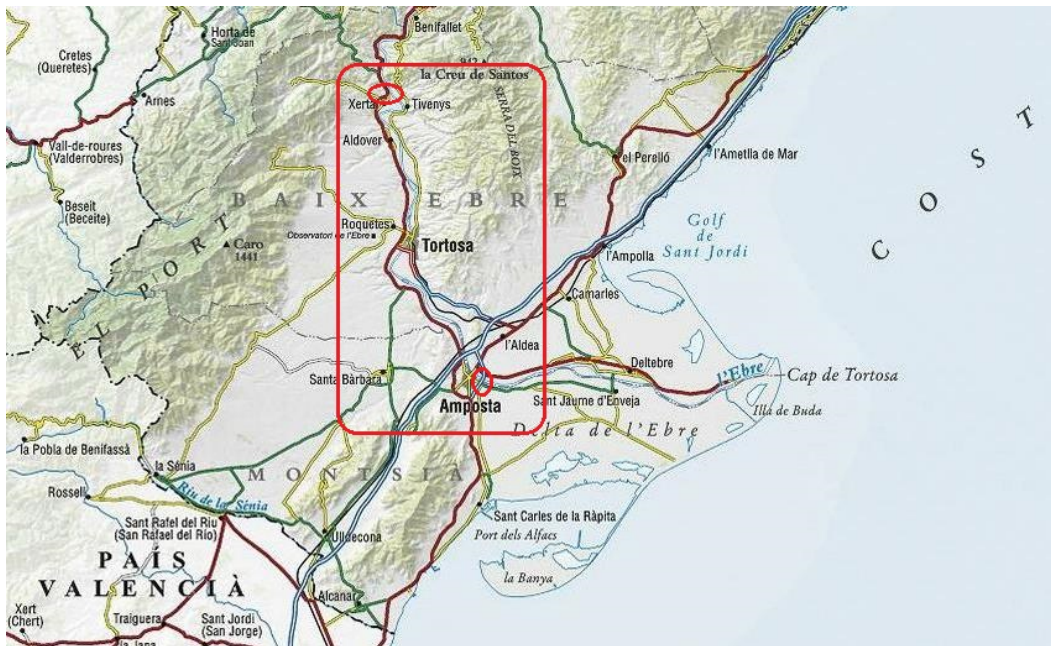


Figura 3: Mapa general del área de estudio con sus límites (Fuente: ICC <http://www.icc.cat/es/>).



Figura 4: Ortofoto general del área de estudio con sus límites (Fuente: ICC <http://www.icc.cat/es/>).

4. METODOLOGÍA

4.1. EQUIPO HUMANO

El equipo multidisciplinar de GesMollusca (Paleoymás y Heligemas) integra a personal técnico competente y cualificado, con experiencia en la realización de estudios y trabajos de prospección de moluscos. A continuación se indican los miembros y funciones del equipo de trabajo:

- **Director técnico**: D. Cristóbal Rubio Millán. Licenciado en Geología. Administrador de Paleoymás (Director del Departamento de Consultoría y Obras). Experto en Evaluación de Impacto Ambiental.
- **Director científico**: D. José Ramón Arrébola Burgos. Doctor en Biología. Profesor de Biología en la Universidad de Sevilla y Gerente de Heligemas. Experto en gasterópodos exóticos invasores.
- **Coordinador**: D. Ramón Manuel Álvarez Halcón. Licenciado en Filosofía y DEA en “Propiedades públicas y medio ambiente”. Experto en Derecho ambiental y moluscos exóticos invasores.
- **Facultativo Biólogo**: Dra. Gloria Muñoz Camarillo. Doctora en Ecología y Licenciada en Biología. Máster en Ecología de ecosistemas continentales. Experta en ecología de poblaciones dulceacuícolas incluyendo especies exóticas invasoras.
- **Técnico ambiental**: D. Ismael Sanz Bayón. Técnico en Producción Agropecuaria. Experto en ecosistemas fluviales, educación y voluntariado ambiental, naturalista e investigador.
- **Responsables de análisis moleculares**:
 - Benjamín J. Gómez Moliner. Catedrático de Zoología de la Universidad del País Vasco UPV/EHU. Investigador principal del Grupo de Investigación “Sistemática, Biogeografía y Dinámica de Poblaciones”
 - María José Madeira García. Doctora en Biología por la Universidad del País Vasco UPV/EHU. Personal Investigador Contratado. Responsable del Laboratorio de Biología Molecular del Grupo de Investigación “Sistemática, Biogeografía y Dinámica de Poblaciones”. Experta en el estudio de moluscos de agua dulce.
- **Apoyo técnico**: Antonio Javierre Civera y Julia Guerrero Corellano. Estudiantes del último curso del Grado en Ciencias Ambientales de la Universidad de Zaragoza.

- **Equipo de actividades subacuáticas:** Se contó con la participación de los siguientes buzos experimentados en tareas de muestreo de moluscos en sistemas acuáticos continentales y pertenecientes a la empresa NAOS Consultoría Territorial, S.L.:
 - D. Manuel Silvestre Barrio.
 - D. Daniel Pérez Vicente.
 - D. Raúl Camacho Hernández.

4.2. TRABAJOS PREVIOS

En primer lugar se ha realizado un análisis exhaustivo de la bibliografía científica y documentación técnica especializada relativa al caracol manzana (*Ampullariidae*), haciendo especial hincapié en el género *Pomacea* y en concreto de la que cita la especie *Pomacea insularum* y *Pomacea maculata*. Dicha búsqueda bibliográfica incluye los informes disponibles de las prospecciones ya realizadas en el área de estudio y el delta del Ebro. Se ha recopilado y revisado la documentación pertinente empleando recursos propios de Paleomás. Se ha solicitado la información que posee tanto la Confederación Hidrográfica del Ebro como el Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca, Alimentación y Medio Natural de la Generalitat de Cataluña.

Como ya se ha indicado anteriormente en el presente informe, **el caracol manzana está incluido en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras, regulado mediante el Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, con la denominación de la familia Ampullariidae.** Según establece el artículo 61.3 de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, “la inclusión en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras conlleva la prohibición genérica de posesión, transporte, tráfico y comercio de ejemplares vivos o muertos, de sus restos o propágulos, incluyendo el comercio exterior. Esta prohibición podrá quedar sin efecto, previa autorización administrativa, cuando sea necesario por razones de investigación, salud o seguridad de las personas”.

La realización del trabajo de campo y de laboratorio, prevista para la consecución del objetivo principal y de los objetivos específicos, requiere la captura de un número indeterminado de caracoles manzana (ejemplares jóvenes y adultos, vivos o muertos, y sus puestas de huevos), variable en función de su presencia en el área de estudio a prospectar y el estudio de su abundancia relativa, y lo suficientemente representativa para el estudio taxonómico morfo-anatómico y molecular en laboratorio. Parte de las muestras ha sido necesario retenerlas para

su estudio en laboratorio y el resto han sido sacrificadas de acuerdo con lo establecido en la normativa vigente.

Por lo tanto, este proyecto ha requerido la autorización administrativa del Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca, Alimentación y Medio Natural de la Generalitat de Cataluña, que se solicitó con fecha de 22 de noviembre de 2013 y se ha expedido con fecha de 4 de diciembre de 2013. Junto con la solicitud de dicha autorización se remitió la Memoria Descriptiva del Proyecto. Posteriormente, con fecha 24 de marzo de 2014, se solicitó una renovación de la autorización que fue expedida con fecha 14 de mayo de 2014. En este caso, para solicitar la renovación de la autorización se remitió un informe preliminar, con las acciones realizadas hasta la fecha de solicitud, al correspondiente departamento de la Generalitat de Cataluña. En el Anexo 1 del presente informe se incluye la “autorización especial para la captura científica, de gestión o educativa” concedida por el Servicio de Biodiversidad y Protección de los Animales de la Generalitat de Cataluña, en la que constan los términos de la actividad autorizada, las condiciones generales y las condiciones particulares, así como las disposiciones afectadas del ordenamiento jurídico de Cataluña, así como su renovación.

La metodología de prospección en el río Ebro requiere del empleo de embarcaciones, en concreto piraguas. Para ello, se ha obtenido por un lado el documento de remisión de declaración responsable de navegación y flotación expedido por la Confederación Hidrográfica del Ebro, organismo de cuenca adscrito a la Dirección General del Agua del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente que es competente en la materia aguas arriba del puente del Estado en Tortosa (Tarragona), y por otro lado se ha obtenido la autorización del Distrito Marítimo de Sant Carles de la Ràpita, Capitanía Marítima de Tarragona, adscrito a la Dirección General de la Marina Mercante del Ministerio de Fomento que es competente en la materia aguas abajo del puente del Estado en Tortosa (Tarragona), por ser Dominio Público Marítimo Terrestre. Dichas autorizaciones fueron renovadas en 2014 para poder concluir los trabajos. Estas autorizaciones se incluyen en el Anexo 1 del presente informe.

Además de estas autorizaciones preceptivas para el trabajo de prospección en el área de estudio, la empresa Paleoymás SL ha requerido otras de ámbito autonómico para la posesión y transporte de las muestras de cara a su estudio taxonómico en Zaragoza, Sevilla y Vitoria. Estas autorizaciones aparecen en el Anexo 1 junto con la solicitud de muestras de caracol manzana a la Comunidad Autónoma de Canarias para la realización de un estudio comparativo de las muestras, si bien a la fecha de entrega del presente informe todavía no se han recibido dichas muestras, cuyo estudio queda pendiente a su recepción.

Para planificar el trabajo de campo se realizó un estudio previo del área de estudio con la ayuda de cartografía, ortofotos y batimetrías disponibles. A partir de este estudio se determinaron las estaciones de muestreo a prospectar para detectar la presencia de caracol manzana, en función de criterios científicos y de la experiencia acumulada (Anexo 4).

Además, como parte de este trabajo de planificación se llevaron a cabo una serie de prospecciones encaminadas a conocer la biología y ecología del caracol manzana en puntos infectados del río, a reconocer las zonas infectadas dentro del área de estudio y a buscar zonas de acceso al río. En el marco de este trabajo, se llevaron a cabo dos reconocimientos previos del área de estudio.

En el primero, efectuado el día 20 de noviembre de 2013, se procedió a comprobar in situ los puntos de acceso al río para embarcaciones y a realizar una inspección desde las orillas al objeto de valorar los criterios de selección de las estaciones de muestreo.

En el segundo, realizado el día 10 de diciembre, ya en posesión de las autorizaciones ambientales citadas, se realizó en Amposta (Tarragona) una breve reunión técnica con el personal técnico del Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca, Alimentación y Medio Natural de la Generalitat de Cataluña, responsable de la gestión del caracol manzana en delta del Ebro y su entorno. Atendiendo las recomendaciones de dicho personal, acto seguido se realizaron **4 inspecciones previas en el río Ebro y zonas aledañas** (Anexo 3):

- 1ª Inspección de la margen derecha del río Ebro en Sant Jaume d'Enveja y de la margen izquierda en Deltebre.
- 2ª Inspección de las márgenes izquierda y derecha del río Ebro aguas abajo del puente del Mil·lenari en Tortosa.
- 3ª Inspección de las acequias de los campos de cultivo de arroz en la margen derecha del río Ebro en Tortosa (carretera de Tortosa a Amposta).
- 4ª Inspección de margen derecha del río Ebro en Tortosa en el punto de desagüe de las acequias inspeccionadas.

Las inspecciones 1ª y 3ª corresponden a zonas fuera del área de estudio propiamente dicho de este trabajo, que se limita al curso fluvial. La 1ª se realizó con el fin de comprobar si es posible detectar caracol manzana (ejemplares vivos o muertos, jóvenes o adultos, y sus puestas de huevos) en un tramo de río donde se conocía la presencia de núcleos estables y observar las dificultades de prospectar en esta época del año (comprobar la seguridad y la eficacia de las labores de prospección en el cauce fluvial), así como comprobar en qué tipo de sustratos fluviales (naturales y/o artificiales) se encuentran los caracoles manzana. La 3ª solo para

comprobar si existe conexión directa (desagüe) entre las acequias que dan servicio a campos de cultivo de arroz afectados por el caracol manzana en Tortosa y el río Ebro, y verificar su presencia.

Además, ya en primavera de 2014, se realizó una visita nocturna al punto denominado Capítol (ver Fig. 5) para observar el comportamiento de los individuos de caracol manzana ya que es una especie de hábitos nocturnos. Los caracoles manzana presentan respiración tanto branquial como pulmonar, lo que les permite además de vivir dentro del agua salir de ésta para depositar sus características puestas de un color rosa-rojizo brillante. **La puesta de huevos suele realizarse por la noche y por tanto es la franja horaria en la cual es más fácil ver individuos de la especie** (Kwong et al., 2009; Plaza y Galimany, 2013).



Figura 5: Imágenes de la visita nocturna realizada al punto Capítol: caracol manzana saliendo del agua (izquierda) y equipo de Paleoymás durante la visita (derecha).

Previamente a la realización de las prospecciones se comunicó con suficiente antelación, tanto a la CHE y como a la Generalitat de Catalunya, las fechas concretas de dichas prospección. Tal y como se estableció en la reunión realizada en marzo de 2014 en la sede de la CHE, las prospecciones se realizaron cuando las condiciones ambientales eran las adecuadas para observar una mayor actividad de la especie determinada por la presencia de puestas de huevos en las zonas del Ebro infectadas.

4.3. TRABAJO DE CAMPO

La prospección se centró en determinar en los márgenes del cauce principal del río Ebro dentro del tramo de estudio comprendido entre las localidades tarraconenses de Xerta y Amposta la presencia/ausencia:

1. de **especímenes de caracol manzana** jóvenes o adultos, vivos o muertos
2. **puestas de huevos** de caracol manzana

- de otros moluscos exóticos invasores, tales como *Dreissena polymorpha* (mejillón cebra) y *Corbicula fluminea* (almeja asiática)

Dada la presencia de estas y otras especies exóticas invasoras y con el fin de evitar su dispersión, el material e instrumental técnico empleado en contacto con el agua se sometió a los protocolos de desinfección y otras medidas de prevención recomendadas por la Confederación Hidrográfica del Ebro y la Generalitat de Cataluña.



Figura 6: Desinfección de las piraguas y el material utilizado durante las prospecciones de caracol manzana.

Para determinar la presencia de caracol manzana en el área de estudio se realizó una inspección exhaustiva de las orillas fluviales a lo largo de todo el tramo de estudio. Dicha inspección fue realizada con dos piraguas individuales ocupadas cada una por un miembro del equipo técnico de Paleoymás entre el 14 y el 23 de mayo de 2014.

Aunque se seleccionaron estaciones de muestreo (ver Anexo 4), se inspeccionó la totalidad de las márgenes del río, así como las zonas centrales donde la vegetación acuática resultó ser más abundante. Sin embargo, la intensidad de muestreo fue mayor en dichas estaciones de muestreo por ser zonas potencialmente más propicias para la presencia de caracol manzana.

Además, se intensificó el muestreo en las zonas donde se observó la existencia de vertidos de retorno de aguas de acequias y canales.

Aunque la mayor parte de la prospección se realizó desde piragua, en las zonas con escasa profundidad (< 1 m), se pudo realizar vadeando el río al tacto y mediante el empleo de batiscopios (mirafondos) e instrumental adecuado para la recolección de caracol manzana.



Figura 7: Desarrollo de las prospecciones con piraguas (izquierda) y vadeando (derecha) en mayo de 2014.



Figura 8: Vista de las orillas y de la vegetación de éstas en varios puntos prospectados entre Xerta y Amposta.

Debido a la presencia constada por la Generalitat de Cataluña de caracol manzana en varios puntos aguas abajo de Tortosa se procedió a inspeccionar esta zona más exhaustivamente con la ayuda de dos buzos experimentados.

La localización exacta de los citados puntos se muestra en el siguiente mapa y sus coordenadas UTM (Datum ETRS89) en la tabla a continuación.

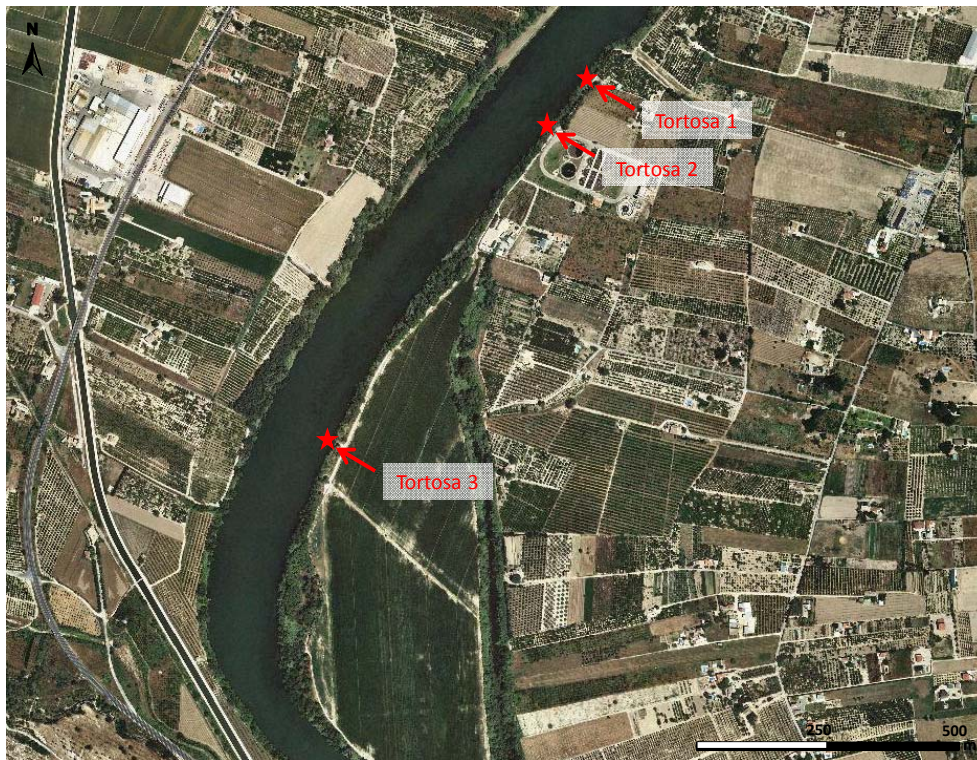


Figura 9: Mapa con indicación de los puntos en los que en años anteriores se detectó presencia de caracol manzana en Tortosa (Fuente ortofoto: Iberpix).

Tabla 2: Coordenadas UTM (Datum ETRS89) de los puntos donde se localizó caracol manzana en años anteriores aguas debajo de Tortosa. Entorno a estos puntos se realizaron los muestreos con buzos.

Punto	Huso	UTM X	UTM Y
Tortosa 1	31T	289812	4519336
Tortosa 2	31T	289750	4519248
Tortosa 3	31T	289328	4518634

Los buzos realizaron las citadas prospecciones recorriendo una serie de transectos paralelos a la orilla (Fig. 10) guiados desde la superficie por otro miembro del equipo. El muestreo con buzos se realizó los días 26 y 27 de mayo de 2014.

Varias personas del equipo se ocuparon de mantener la seguridad del equipo de buzos en todo momento y de controlar el proceso desde el exterior. Ambos buzos realizaron el trabajo subacuático palpando el lecho fluvial en contacto con la vegetación acuática, reconociendo al tacto y visualmente el tipo de sustrato y tomando muestras de sedimentos y si hubiera sido el caso de caracol manzana, aunque no se hallaron en esta ocasión, transmitiendo todos los datos

a otra persona del equipo en el exterior que se encarga de la recepción de las muestras de moluscos y sedimentos obtenidas para su identificación y estudio “in situ”. Las prospecciones con buzos se realizaron siguiendo una serie de transectos paralelos a la orilla que fueron recorridos simultáneamente por los dos buzos. En cada transecto se realizaron un total 4 pasadas.

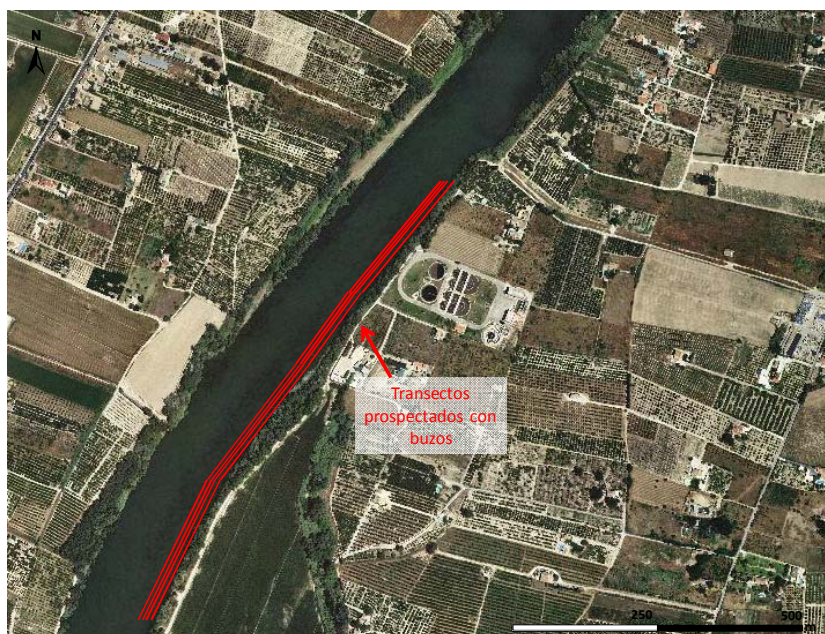


Figura 10: Vista de los transectos prospectados con buzos aguas abajo de Tortosa los días 26 y 27 de mayo de 2014 en la zona de estudio positiva en 2012 y 2013 (Fuente ortofoto: Iberpix).



Figura 11: Desarrollo de las prospecciones con buzos de los días 26 y 27 de mayo de 2014.

A continuación se indican las tareas a realizar tras la detección de una población de caracol manzana, de acuerdo con lo previsto en “Protocolo de manejo y conservación de caracol manzana (*Pomacea* sp.)” (ver anexo 5), elaborado por Paleoymás SL, bajo la dirección científica

del Dr. D. José R. Arrébola Burgos (Universidad de Sevilla) y la ejecución de la Dra. D. Gloria Muñoz Camarillo (Paleoymás SL), aplicando para estas muestras únicamente los puntos I.- “Recogida de muestras en su medio” y II.- “Manejo de muestras para darles muerte *in situ* evitando su transporte en vivo”:

- ✓ Identificación “in situ” de los ejemplares de caracol manzana a nivel de género.
- ✓ Recuento de los individuos de caracol manzana para estimar la abundancia relativa.
- ✓ Medición y obtención de fotografías de los ejemplares más representativos.
- ✓ Selección de 5 ejemplares de caracol manzana para su estudio molecular y morfológico.
- ✓ Puesta en práctica del protocolo de conservación de muestras.
- ✓ Fotografiado del hábitat.
- ✓ Georreferenciación de la población, indicando en cada caso las coordenadas UTM (Datum ETRS89).
- ✓ Obtención de datos sobre el caudal del río y parámetros físico-químicos del agua, así como la composición del sustrato y otros datos ecológicos para caracterizar los requerimientos ecológicos propios del caracol manzana.

Los especímenes de caracol manzana vivos se manipularon el tiempo indispensable para su captura, medición, fotografiado y retirada autorizada. Los especímenes retirados del medio natural no se devolvieron, en ningún caso, a éste. El manejo de los individuos vivos de caracol manzana se realizó con especial precaución para evitar infecciones, para ello se utilizaron guantes desechables y desinfectante tópico.

Los ejemplares seleccionados para su estudio en laboratorio fueron procesados para su conservación siguiendo el citado protocolo desarrollado por los expertos del equipo. Posteriormente, las muestras conservadas muertas fueron enviadas a los correspondientes laboratorios especializados para su determinación taxonómica mediante análisis molecular y morfológico, como se indica en el punto VI del Protocolo (ver anexo 5).

El Protocolo que consta en el anexo 5 del presente informe incluye otros puntos que el equipo experto de Paleoymás SL no ha aplicado dado que se redactaron para la obtención de muestras vivas cuyo manejo y conservación sería efectuado por técnicos del Gobierno de Canarias: III.- “Manejo de muestras vivas durante el transporte al laboratorio”, IV.- “Procesamiento en el laboratorio de las muestras transportadas vivas” y V.- “Conservación de ejemplares transportados vivos al laboratorio”, tras lo cual sería de aplicación el punto VI.- “Remisión de

muestras conservadas a los laboratorios para estudio taxonómico”. No obstante, la recepción de las muestras de Canarias está pendiente, si bien ya está autorizada (ver anexo 1).

Se determinó la necesidad de avisar de modo inmediato, a las autoridades ambientales competentes de la CHE y de la Generalitat de Cataluña, a través de la supervisión facultativa de la CHE, cualquier hallazgo relevante o novedad sobre la presencia de caracol manzana en el área de estudio.

Los ejemplares de conchas vacías de caracol manzana obtenidas se han conservado aparte con la referencia de su localización geográfica (georreferenciación) y se encuentran a disposición de Paleoymás de acuerdo con la autorización ambiental correspondiente.

4.4. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO TAXONÓMICO

4.4.1. Muestras objeto del estudio taxonómico

Como se ha explicado, el objetivo fundamental del estudio taxonómico era identificar la especie de caracol manzana presente en el área de estudio, empleando para ello todos los rasgos posibles con significado taxonómico, de acuerdo con la bibliografía especializada actual. Dado que no se encontró ningún ejemplar en el área de estudio, se recogieron individuos adultos aguas abajo, en L’Aldea, Deltebre y SantJaume d’Enveja. Concretamente se capturaron 6 ejemplares de caracol manzana adulto en el punto del río Ebro denominado Capítol (26/05/2014), situado en la margen izquierda del río Ebro, entre las localidades de Deltebre y Amposta, donde además se realizó una visita nocturna para observar el comportamiento de estos moluscos, habitualmente más activos en esta fase del día. Asimismo, previamente se habían recogido 9 individuos en un canal de riego en la localidad de L’Aldea (01/04/2014), con el objeto de que sirvieran de apoyo a las observaciones taxonómicas.



Figura 12: Aplicación del protocolo de conservación de muestras de caracol manzana para el análisis molecular y morfológico de los tejidos.

Al conjunto de ejemplares, se les aplicó el protocolo de conservación (punto II del anexo 5) antes de realizar los correspondientes estudios morfológicos, anatómicos y moleculares. Para

cada uno de los 6 ejemplares de Capítol, tras su relajación en agua a 4°C, se extrajo un trozo del pie musculoso conservándolo de forma individualizada en alcohol puro al 96% (Anexo 5) para el estudio molecular. A todos los individuos (Capítol y L'Aldea) se les practicó además un corte a lo largo de la sutura de la concha, dado que el sellado de la abertura con el opérculo podría llegar a evitar la entrada en las partes más profundas del alcohol de 70° empleado. Cada animal al completo, con la excepción del trozo de pie cortado para el estudio molecular, se transportó al Dpto. Zoología de la Facultad de Biología de la Universidad de Sevilla (morfología y anatomía), mientras que los fragmentos de pie se enviaron al Dpto. de Zoología y Biología celular animal de la Facultad de Farmacia de la Universidad del País Vasco en Vitoria (estudio molecular) para su estudio en el Laboratorio de Biodiversidad del Centro de Investigación y Estudios Avanzados Lucio Lascaray.



Figura 13: Localización del punto denominado Capítol entre Amposta y Deltebre

4.4.2. Estudio morfológico de la concha

En el Dpto. de Zoología de la Facultad de Biología de la Universidad de Sevilla, se fotografiaron, midieron y estudiaron las conchas recogidas. Se utilizó una cámara fotográfica Nikon D70s y un microscopio estereoscópico Leica MZ95. Se emplearon los 15 ejemplares antes mencionados con las dos procedencias (9 de L'Aldea y 6 de Capítol) que además se compararon con 10 ejemplares de Ecuador, donados por D. José Luis Escandón, Inspector Fitosanitario de la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (Agrocalidad)

del El Guabito, Salitre (Guayas) (16/01/2014). En este país, los caracoles manzana, identificados entonces como *P. canaliculata*, invadieron los campos de arroz hace ya más de una década.

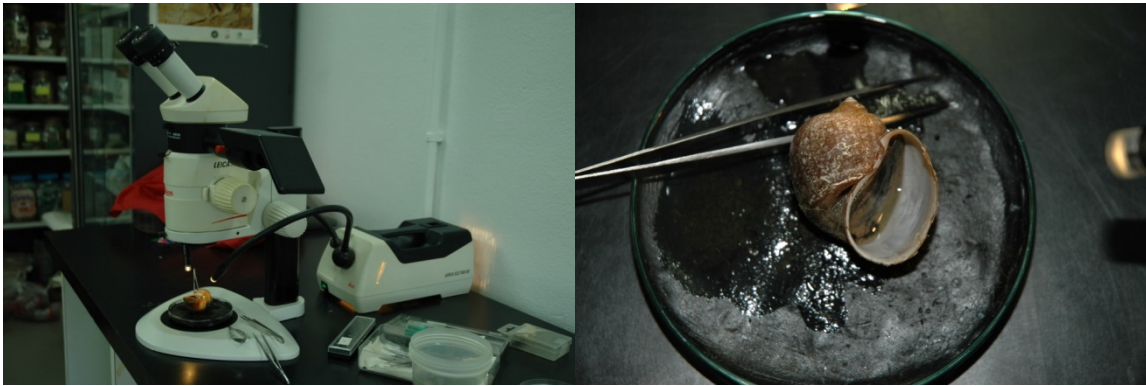


Figura 14: Estudio morfológico de la concha de caracol manzana.

4.4.3. Estudio anatómico del sistema reproductor

Para el estudio anatómico se ha empleado un microscopio estereoscópico Leica MZ95, una cámara clara Wild Typ 308700, pinzas de punta fina, tijeras oftalmológicas y alfileres entomológicos. Para la disección el animal se disponía sobre el fondo negro de parafina de una placa de petri, con la “nuca” de la cabeza hacia el observador. Se practicaba un corte en la región latero-dorsal derecha, tras el manto, prosiguiéndose con una incisión contorneando el saco pulmonar y el ctenidio, levantado el corte para dejar ver el aparato genital (líneas discontinuas en la Fig. 15).

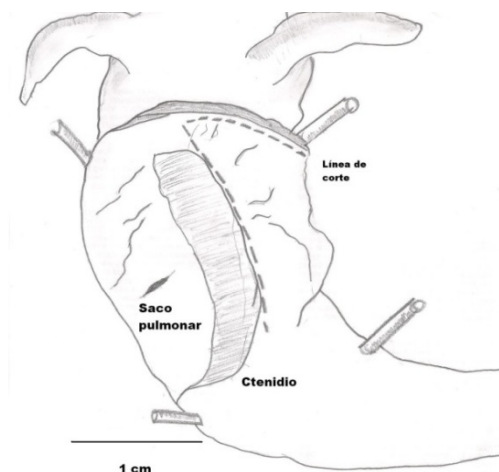


Figura 15: Dibujo del saco pulmonar y ctenidio de un caracol manzana (Fuente: José Arrébola).

4.4.4. Estudio molecular

EXTRACCIÓN DE ADN

Las muestras de tejido enviadas al Laboratorio de Biodiversidad del Centro de Investigación y Estudios Avanzados Lucio Lascaray fueron conservadas a -20°C hasta su análisis. La extracción del ADN se realizó utilizando el kit comercial DNAeasy® de Qiagen, especialmente diseñado para la extracción y purificación de ADN de tejido animal y siguiendo las instrucciones del fabricante. El éxito y la calidad de la extracción se comprobó mediante la migración electroforética del producto extraído en geles de agarosa al 0.7%.

AMPLIFICACIÓN DEL ADN

Para establecer la especie a la que pertenecen los ejemplares del género *Pomacea* recolectados se procedió al análisis del gen mitocondrial Citocromo C Oxidasa subunidad 1 (COI). Se trata de una región del ADN mitocondrial que está siendo utilizada como “Bar code” (Código de barras molecular) estándar para casi todos los grupos animales ya que es un gen muy efectivo en los estudios de identificación a nivel de especie. Este marcador ya ha sido testado con anterioridad en diferentes trabajos sobre el género *Pomacea*, donde se ha demostrado su efectividad en la identificación de sus diferentes especies (Hayes *et al.*, 2009). También se ha analizado el gen nuclear Histona 3 (H3), uno de los marcadores nucleares empleados en estudios previos para la detección de ejemplares híbridos entre especies del género *Pomacea* (Hayes *et al.*, 2009).

La amplificación de los 677 pb (pares de bases) del gen mitocondrial COI (Folmer *et al.* 1994) y los 374 pb del gen nuclear H3 (Colgan *et al.*, 1998) se efectuó, en ambos casos, siguiendo las indicaciones detalladas en el trabajo de Hayes *et al.* (2009). El volumen de reacción empleado fue de 25 µl al que se añadió solución 10x Buffer, 2,5 mM de MgCl₂, 0,2mM de dNTPs, 150ng de cada cebador, 1,5 unidades de Taq-polimerasa, 100-200 ng de ADN genómico y agua hasta completar el volumen total. Las PCRs se llevaron a cabo en un termociclador BIO-RAD T100 Thermal Cycler siguiendo un protocolo de 94 °C durante 5 min, 35 ciclos (94 °C-30 seg, 53 °C-60 °C-30 seg, 72 °C-45 seg) y 72 °C durante 2 min. El éxito de la amplificación de ambos marcadores se comprobó mediante la migración electroforética del producto amplificado en geles de agarosa al 1.5%.

La limpieza y purificación del producto amplificado se realizó según el método combinado de la fosfatasa alcalina y la exonucleasa I (ExoSAP-IT®) desarrollado por Amersham Biosciences, para eliminar los cebadores y el exceso de deoxinucleótidos que puedan interferir en la reacción

de secuenciación posterior. La secuenciación se llevó a cabo en un secuenciador automático capilar (ABI PRISM® 3100 GeneticAnalyzer), utilizando un kit comercial de secuenciación y siguiendo el protocolo aconsejado por la casa comercial (ABI PRISM™ dRhodamineTerminaterCycleSequencingReadyReaction Kit; Applied Biosystems División, Perkin-Elmer Cetus, Emeryville, CA, USA). Finalmente, las secuencias fueron visualizadas y comprobadas mediante el programa ChromasPro ver.1.32 (TechnelysiumPtyLtd).



Figura 16: Imagen en la que muestra el proceso de análisis de las muestras en el Laboratorio de Biodiversidad.

4.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y REDACCIÓN DE LA MEMORIA DEL ESTUDIO

Tras la realización de las prospecciones planificadas, se procedió al análisis e interpretación de los resultados obtenidos durante el desarrollo de las mismas. Toda la información obtenida durante las labores de prospección y el posterior tratamiento de datos se ha plasmado en el punto 5 del presente informe. El análisis e interpretación de los datos incluye la confección de cartografía temática, en la cual queda reflejada la distribución y composición de cada una de las poblaciones localizadas en el área de estudio (ver anexo 4).

Asimismo, junto con los resultados del trabajo de campo efectuado, se incluye la siguiente información:

- La estimación de los posibles impactos: a) Ecológicos: sobre el ecosistema fluvial y la biodiversidad; b) Económicos: sobre los cultivos e infraestructuras hidráulicas ribereñas y c) Sanitarios: sobre la salud humana de las poblaciones próximas al río.
- Propuestas para la planificación de medidas de gestión, control y posible erradicación en el río Ebro, con especial incidencia en las áreas infestadas y/o más vulnerables, en cada caso.
- Propuestas para la planificación de medidas de prevención basadas en acciones de educación, divulgación y sensibilización dirigidas a los colectivos sociales perjudicados y susceptibles de propiciar la introducción o expansión del caracol manzana en la Demarcación Hidrográfica del Ebro.
- Propuestas para la planificación de estudios científicos enfocados a las necesidades de gestión, control y erradicación del caracol manzana en la Demarcación Hidrográfica del Ebro.

Finalmente, se ha dispuesto de un fondo documental científico y técnico sobre el caracol manzana (Ampullariidae), especializado y actualizado, que se entrega con el presente informe a la CHE (ver anexo 6).

5. RESULTADOS

5.1. RESULTADOS DE LAS PROSPECCIONES EN EL ÁREA DE ESTUDIO

A lo largo del tramo del río Ebro entre el azud de Xerta y Amposta se prospectaron ambos márgenes del río así como las orillas de las islas presentes en el cauce. Se hizo especial hincapié en aquellas zonas con abundante vegetación y cuyas características las hacen adecuadas para el establecimiento de poblaciones de caracol manzana. Durante dichas prospecciones realizadas para detectar la presencia de caracol manzana en el tramo del río Ebro comprendido entre el azud de Xerta y el puente de la carretera N-340 en Amposta (Tarragona) **no se detectó ningún ejemplar vivo o muerto ni puestas de huevos de la especie.**



Figura 17: Imágenes de algunas de las zonas prospectadas entre Xerta y Tortosa.

Durante las labores de prospección se realizó, además, una inspección exhaustiva de los puntos en los cuales se habían localizado ejemplares de caracol manzana vivos en años anteriores aguas abajo del Puente del Mil-lenari en Tortosa. Se trata de una zona con abundantes embarcaderos y zonas de acceso en las cuales se sitúan habitualmente

pescadores. Estas prospecciones extraordinarias fueron realizadas con buzos experimentados. Los resultados de estas prospecciones, al igual que las del resto de márgenes del Ebro dentro del área de estudio, fueron negativas para la presencia de caracol manzana.



Figura 18: Zona prospectada aguas abajo de la localidad de Tortosa en la cual se habían localizado ejemplares de caracol manzana en años anteriores.

Durante las prospecciones realizadas en el marco de este trabajo, el equipo de Paleoymás se ha fijado en las comunidades presentes dentro de la zona de muestreo, especialmente en las poblaciones de bivalvos tanto autóctonos como invasores. A lo largo del tramo de estudio se han localizado numerosos restos de náyades autóctonas pertenecientes a las especies *Unio mancus*, *Anodonta anatina*, *Margaritifera auricularia* y *Potomida littoralis*, siendo los de esta última especie los más abundantes. Sin embargo, no se ha localizado ningún ejemplar vivo de ninguna de estas tres especies de bivalvo autóctonas. También se observó la presencia de un gran número de ejemplares de la especie *Melanopsis tricarinata* en el tramo entre Xerta y Tortosa.

Por el contrario se han localizado abundantes ejemplares vivos y restos de almeja asiática (*Corbicula fluminea*). También se ha detectado la presencia de ejemplares vivos y muertos de mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*).

Hábitat del caracol manzana en el bajo Ebro

Considerando todas estas características generales de los caracoles manzana en relación con su biología y hábitat, podemos determinar que el cauce del curso bajo del río Ebro es un ecosistema fluvial viable para su propagación a partir de ejemplares procedentes del Delta del Ebro. Entre otros aspectos, la baja profundidad de las orillas, la mayor turbidez y la elevada densidad de macrófitos (fuente de alimento y, junto a otros elementos, sostén para la puesta), lo hacen posible. Como ya se ha indicado, la introducción del caracol manzana en el Delta del Ebro

se inició en las acequias y los canales que riegan los arrozales, donde finalmente se ha establecido. Desde aquí, la posibilidad de que se extienda aguas arriba por el cauce fluvial, donde existe un hábitat y unos factores ecológicos que lo permitiría, es una realidad.

Es importante tener en cuenta que, debido a que durante el transcurso de las prospecciones no se han localizado ejemplares de caracol manzana dentro del área de estudio, en el presente trabajo no se han analizado de forma exhaustiva la selección y preferencia de hábitat del caracol manzana en el área de estudio, y mucho menos su ecología. Esto no significa que estos aspectos carezcan de importancia, muy al contrario se consideran imprescindibles para la gestión integral de la plaga.

El equipo de trabajo sí recabó información de varios focos de introducción del caracol manzana en el área de estudio (curso del río Ebro en el término municipal de Tortosa), tal y como se ha indicado a lo largo de este informe. Se trata sólo de datos cuantitativos (número de ejemplares) obtenidos en lugares concretos del río Ebro en el año 2012 y observados en 2013, tras las prospecciones realizadas bajo la dirección del personal técnico de la Generalitat de Catalunya que gestiona el control de esta invasión biológica. Aunque constituyen una referencia fundamental, apenas permiten extraer conclusiones ecológicas de carácter científico, si acaso establecer algunas hipótesis de la causa de su introducción y erradicación (en 2014 no se han encontrado caracoles manzana en esos mismos lugares).

Además, se obtuvo información de los diversos puntos fuera del área de estudio con presencia de caracol manzana (ver apartado 4.2 *Trabajos previos*).

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados y por las razones explicadas, no se han obtenido conclusiones científicas determinantes sobre el tipo de hábitat y parámetros ecológicos del caracol manzana en el cauce principal del río Ebro, tampoco en otras áreas fluviales concretas, más allá de las previsiones de la EFSA. La realidad es que se desconoce de forma precisa ambos aspectos como producto de estudios diseñados expresamente. La adaptación del caracol manzana a los recursos alimentarios disponibles (tipo y preferencias sobre las distintas especies de macrófitos y variedad de restos orgánicos que pueden consumir), a las distintas zonas fluviales del Ebro (por ejemplo, al régimen hidrológico y geodinámico del río), a las variaciones estacionales y climáticas, a los cambios y alteraciones antropogénicas que inciden en los caudales hídricos y la calidad de las aguas del Ebro, a como interacciona con otras especies, a posibles depredadores, etc., requieren investigaciones. Y todo ello relacionado con el “life history” de la especie en el río Ebro y como inciden en las distintas fases del ciclo de vida,

incluida la puesta (aérea). Recalamos nuevamente que una gestión integral de la plaga requeriría implementar este tipo de estudios específicos en el área afectada.

Por ejemplo, en el caso de los 3 focos de caracol manzana que fueron detectados en 2012 y en 2013 en la margen izquierda del río Ebro en el término municipal de Tortosa (aguas abajo del puente del Mil·lenari), pero no en 2014, no se dispone de estudios científicos suficientes para explicar lo ocurrido. Si efectivamente no existen caracoles manzana en esa zona, es decir, si no se vuelven a detectar a corto plazo en esa misma zona, la hipótesis más razonable de su no presencia es que las labores de control sistemático y consiguiente extracción exhaustiva en 2012, aunque no del todo en 2013, sí han podido contribuir de modo decisivo a su erradicación en 2014 en un medio sometido a una dinámica fluvial con variaciones anuales de caudal (aumentos y descensos del nivel del agua, arrastres con las avenidas, etc.) que impedirían la supervivencia y proliferación de estos focos poblacionales, y en especial de sus puestas de huevos aéreas.

Lo cierto es que el caracol manzana puede alimentarse y sobrevivir en el cauce del río Ebro (aguas abajo de Amposta), con más dificultades aguas arriba (Tortosa y otros posibles focos), alimentándose de macrófitos fluviales y de ciertos restos orgánicos presentes, preferiblemente, en las orillas y sus proximidades. Cabe esperar que el éxito de una nueva introducción en el río, esto es, su adaptación al medio fluvial y reclutamiento anual, dependerá de circunstancias antrópicas (intencionadas o por negligencia, de modo masivo o puntual, etc.), incluidas las vías de propagación (embarcaciones, dispersión natural propia o a través de la dinámica fluvial, otros animales, etc.), pero también de los parámetros físico-químicos y biológicos bajo los que tenga lugar (disposición de alimento, momento del año, condiciones ambientales, etc.).

En definitiva, aunque son muchos los factores que pueden determinar el éxito o fracaso de nuevos focos de introducción en el río Ebro, falta considerar más amplia y seriamente los estudios científicos in situ. Cuando se detecta un nuevo foco, los gestores proceden a su recogida manual lo antes posible, como es obvio, para evitar su propagación. Sin embargo, este tipo de estudios sí serían posibles (“desafortunadamente”), en el tramo fluvial aguas abajo de Amposta, donde la población está consolidada y es más estable, a pesar de los esfuerzos por eliminarla.

5.2. ESTUDIO TAXONÓMICO

5.2.1. Estudio morfológico de la concha

De acuerdo con Hayes *et al.* (2012), las especies *P. maculata* y *P. canaliculata* sólo se distinguen a nivel de la concha por la presencia de un “shoulder” o elevación que se produce en cada vuelta respecto a la anterior en la zona de la sutura, lo que conlleva que ésta sea más angulosa y profunda en *P. maculata*, y más redondeada y menos profunda en *P. canaliculata*. También serían diferentes en base a la pigmentación del labio interno paleal de *P. maculata*, si bien a veces está ausente o es débil. Por lo tanto, la distinción por caracteres de la concha es complicada y no siempre consistente entre ambas especies (Cowie *et al.*, 2006) tal y como se había aducido previamente.

No es objetivo del presente estudio efectuar un detallado análisis morfométrico (que hubiera requerido la captura de un número mucho mayor de ejemplares en distintas localidades de muestreo), sino emplear los rasgos que permitan su identificación. Aun así, se han anotado datos numéricos y realizado una descripción general de la concha para posibles comparaciones. Esta es globosa, de pared más bien gruesa, color de verdoso oscuro (L'Aldea) a marrón oscuro o rojizo sobre las que destacan manchas amarillentas (Capítol). Superficie globalmente lisa y líneas de crecimiento visibles. Llama la atención que la superficie de varios ejemplares de Capítol aparezca muy deteriorada por la presencia de múltiples perforaciones pequeñas que en algún caso se unen formando pequeños surcos con cierta profundidad, hasta llegar incluso a horadar completamente las capas que componen la concha.

La siguiente Tabla recoge el número de vueltas y las medidas de diámetro y altura de la concha y de la altura del opérculo (en mm) de los ejemplares del Río Ebro y de Ecuador.

Tabla 3: Datos morfométricos de las conchas estudiadas para los caracoles manzana del río Ebro (n=15) y de Ecuador (n=10)

RIO EBRO						ECUADOR				
		Nº vueltas	diámetro	altura	altura opérculo		Nº vueltas	diámetro	altura	altura opérculo
L'Aldea	1	5 1/4	34,02	41,82	32,07	1	4 1/2	23,48	26,14	15,59
L'Aldea	2	5	39,64	42,63	32,16	2	4 3/4	23,22	25,78	15,97
L'Aldea	3	5	43,18	53,12	37,53	3	4 1/4	21,58	24,45	13,76
L'Aldea	4	5	48,1	54,18	42,61	4	4 1/2	23,32	26,79	16,35
L'Aldea	5	5	40,36	47,1	35,48	5	4 3/4	23,77	28,48	17,4

RIO EBRO						ECUADOR				
		Nº vueltas	diámetro	altura	altura opérculo		Nº vueltas	diámetro	altura	altura opérculo
L'Aldea	6	4 3/4	30,22	33,12	24,14	6	4 1/2	22,27	26,19	15,61
L'Aldea	7	5	35,78	41,02	32	7	4 1/2	22,43	26,14	15,34
L'Aldea	8	5	33,76	38,2	26,69	8	4	19,15	23,86	14,33
L'Aldea	9	5	31,6	38,7	26,7	9	4 1/4	21,27	23,15	14,94
Capítol I	10	5	40,12	48,43	33,38	10	4 1/4	21,43	24,35	15,66
Capítol II	11	5	38,23	41,2	31,35					
Capítol III	12	4	35,78	41,88	27,34					
Capítol IV	13	4 1/2	40,59	48,09	31,56					
Capító IV	14	4 1/2	42,09	50,95	32,35					
Capítol VI	15	4 3/4	39,64	42,37	31,4					

El diámetro de los animales del Ebro osciló entre 30 y 43 mm, la altura de 33 a 54 mm y la longitud máxima del opérculo de 24 a 42 mm. Los ejemplares ecuatorianos son de dimensiones más reducidas, buena parte de ellos inmaduros, de ahí que no tenga sentido comparar esos guarismos, pero sí las proporciones. Las relaciones entre altura y anchura de la concha no presentan diferencias significativas entre los caracoles con ambos orígenes, pero la proporción entre la altura de la concha y la del opérculo arroja un valor medio de 0,72 mm en los del Ebro y de 0,61 mm en los de Ecuador, siendo las diferencias significativas entre ambos grupos (Test de Wilcox, $W = 147,5$; $p\text{-value} = 0,0000633$, $p < 0,001$; $n = 25$).

El número de vueltas observado fue de 4 ½ a 5 en los caracoles del Ebro, frente a las 4 a 4 ¾ de los ecuatorianos, pero como se ha explicado no son medidas útiles para contrastar. Por el contrario, aunque en ambos casos se observa un crecimiento rápido en tamaño de las vueltas, la sutura que las separa es profunda y angulosa o acanalada ("channeled") originando un hombro (shoulder) en cada vuelta respecto a la anterior en los del Ebro, frente a esa misma estructura, redondeada y menos profunda o angulosa de los caracoles manzana de Ecuador.

No se distinguió pigmentación alguna para el labio paleal interno, pero sí bandas espirales verdosas y discontinuas que apenas destacan sobre el fondo también verdoso (L'Aldea), y bandas más oscuras de tonalidad rojizo-marrón oscuro que sí destacan sobre el fondo pardo de la concha (Capítol). Altura de la espira baja y variable. Ombligo estrecho y moderadamente profundo. Abertura grande de anchura variable, generalmente ovoide. Ápice subelevado aunque

en ocasiones apenas sobresale sobre la vuelta más próxima. Se ha detectado dimorfismo sexual intrapoblacional que afecta a las dimensiones, la forma de la abertura (es más ancha en las hembras que en los machos) y al opérculo.

El opérculo es córneo, de grosor uniforme, inflexible (se parte fácilmente al doblarlo), marrón oscuro y sella herméticamente la abertura. En el caso de los ejemplares ecuatorianos, el opérculo se diferencia de los anteriores por ser más flexible (se puede doblar sin que se parta) y adelgazarse hacia el borde parietal. El dimorfismo sexual radica en que es de forma uniformemente cóncavo en las hembras y cóncavo en su núcleo y convirtiéndose en convexo hacia los márgenes en los machos. Posee un núcleo excéntrico, desplazado hacia el borde columelar, con líneas concéntricas de crecimiento. La superficie interna es lisa, con una cicatriz ovoide cerca del borde columelar. La altura de los opérculos de todos los ejemplares (ecuatorianos y del Ebro) aparecen en la Tabla 5. En este sentido se ha seguido la recomendación de Youens y Burks (2007), basada en medir los opérculos de *canaliculata* y *maculata* (= *insularum*) como medida homogénea entre investigadores.



Figura 19: Estudio morfológico del opérculo de caracol manzana.

5.2.2. Estudio anatómico del sistema reproductor

El saco pulmonar es voluminoso y ocupa la cuarta o quinta parte del centro-izquierdo del techo del manto, que se abre a través de un pequeño pneumostoma localizado cerca del margen central anterior. El osfradio se encuentra en el techo del manto, anterior al pulmón, justo

posterior a la base del sifón, es alargado oval. El ctenidio es largo, curvo y se extiende desde cerca del margen del manto, a lo largo del borde del pulmón, al pericardio en la parte final de la cavidad del manto izquierda. La papila penial está situada justo detrás del borde del manto por encima del tentáculo cefálico derecho. El techo del manto derecho está ocupado por el intestino y los gonoductos paleales.



Figura 20: Estudio anatómico del cuerpo de un caracol manzana.



Figura 21: Estudio anatómico del aparato genital de un caracol manzana.

El testículo rodea a la glándula digestiva a lo largo de las tres vueltas apicales y sus numerosos conductos deferentes se fusionan en dos brazos principales que terminan en el estrecho espermoviducto. Este se abre en la vesícula seminal la cual, tras un pequeño estrechamiento (a veces poco visible), se conecta con la próstata, de color crema y más o menos cilíndrica. Esta se continúa anteriormente a lo largo del lado derecho de la cavidad del manto y como una masa compacta de células glandulares. El extremo anterior de la próstata conecta con un engrosado y muscular bulbo del pene, que reúne una porción posterior de pene enroscado (figura de la derecha). La pared del bulbo del pene se adelgaza anteriormente, formando un pene cuya bolsa se abre a un canal medio a lo largo de la superficie dorsal de la vaina penial retraída. La vaina penial posee una base bastante amplia, es larga, recta, muy musculosa y va adelgazándose distalmente (Fig. 22).

Posee dos glándulas accesorias sobre la superficie dorsal y una sobre la superficie ventral. El borde izquierdo de la vaina se superpone sobre el margen derecho a lo largo del canal medio. El canal medio que empieza en la base y se continúa dos tercios de la longitud de la vaina, terminando bien avanzada la glándula apical. La glándula apical ocupa la parte final distal de la superficie dorsal de la vaina. Sin glándula media de la vaina, glándula basal sobre la superficie dorsal de la base de la vaina localizada en la derecha del canal y extendiéndose en él, con superficie comparativamente lisa. Glándula basal ventral de superficie lisa. Dado que no se han apreciado dos tejidos glandulares distintivos en la glándula apical de la vaina penial (característico de *P. canaliculata*), y sí la presencia de una glándula penial basal en lugar de una glándula penial media, los ejemplares del río Ebro responden a los rasgos expuestos por Hayes *et al.* (2012) como característicos de *P. maculata* y que los diferencia a este nivel de *P. canaliculata*. No se ofrece la descripción del sistema reproductor de las hembras pues no es distintivo entre ambas especies y por lo tanto no aporta respecto al objetivo marcado para el estudio taxonómico. En todo caso, se puede consultar en los trabajos de Cowie *et al.* (2006) y Hayes *et al.* (2012).

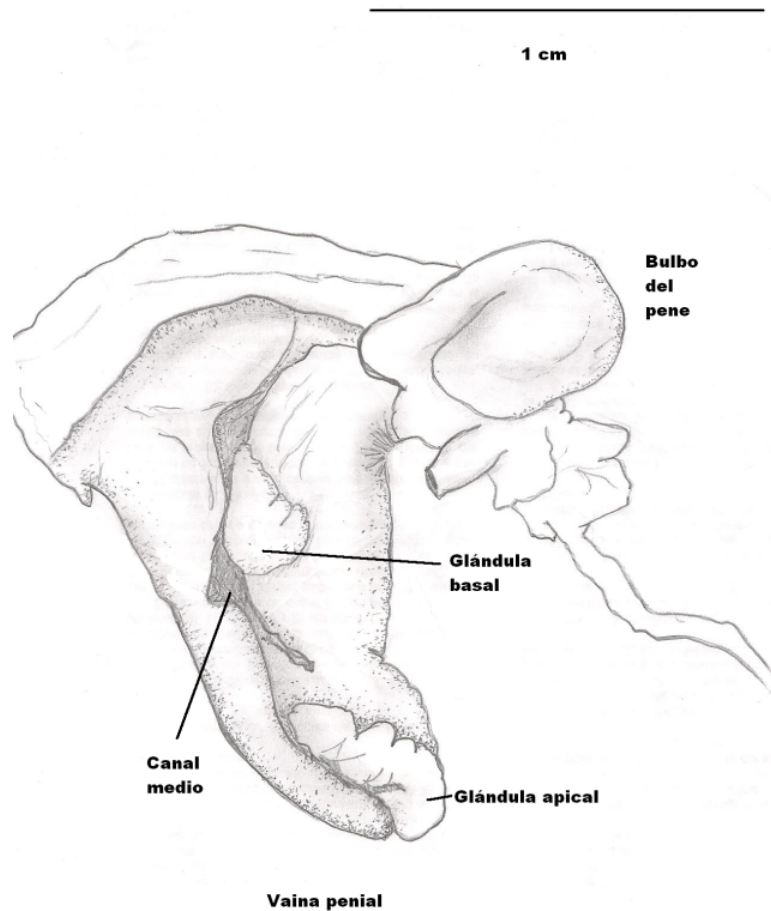


Figura 22: Estudio anatómico del aparato genital de un caracol manzana (Fuente: José Arrébola).

5.2.3. Estudio molecular

Todas las secuencias obtenidas fueron comparadas con las secuencias publicadas en la base de datos GenBank® con el fin de determinar la especie a la que pertenece cada una de las muestras analizadas. GenBank es la base de datos de secuencias genéticas del NIH (National Institutes of Health de Estados Unidos), donde se recoge la información de las secuencias genéticas producidas en laboratorios de todo el mundo y procedentes de más de 100.000 organismos distintos.

Las siete muestras procedentes del río Ebro comparten un mismo haplotipo para el gen mitocondrial COI y diferente al obtenido para la muestra procedente de Ecuador. Comparando estas secuencias con las depositadas en la base de datos Genbank, se observa que el haplotipo obtenido para los ejemplares del Ebro es exactamente el mismo que el obtenido para los

ejemplares de la especie *P. maculata* recogidos en este mismo río y analizados en trabajos previos realizados en los años 2009 y 2010 (nº acceso GenBank GU133206 y GU236489, respectivamente) (Andree *et al.*, 2010). Además, este mismo haplotipo ha sido también detectado en ejemplares de la especie *P. maculata* (citada como tal o como *P. insularum*) recogidos en ríos de Nueva Zelanda (HQ908057) y Estados Unidos (EF515026). Estos resultados certifican que la especie a la que pertenecen los siete ejemplares del río Ebro analizados en este trabajo es *P. maculata*.

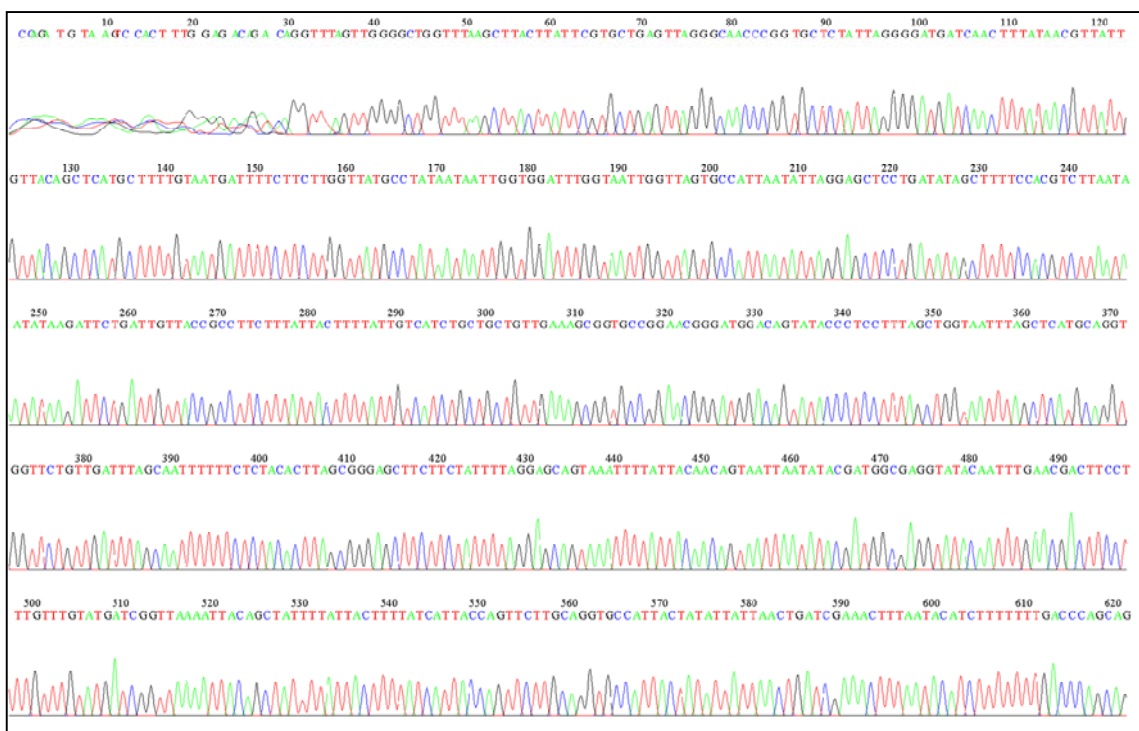


Figura 23: Secuencia correspondiente al gen mitocondrial COI que caracteriza a los ejemplares recogidos en el río Ebro.

El ejemplar procedente de Ecuador presenta un haplotipo diferente a los ejemplares recogidos en el río Ebro. Comparando el haplotipo obtenido con los publicados en el GenBank, la muestra analizada pertenece a la especie *P. canaliculata*. La secuencia coincide con haplotipos detectados en diferentes cuencas por ejemplo de Estados Unidos (Rawlings *et al.*, 2007; Nº acceso EF514961) y Japón (Nº acceso AB433769).

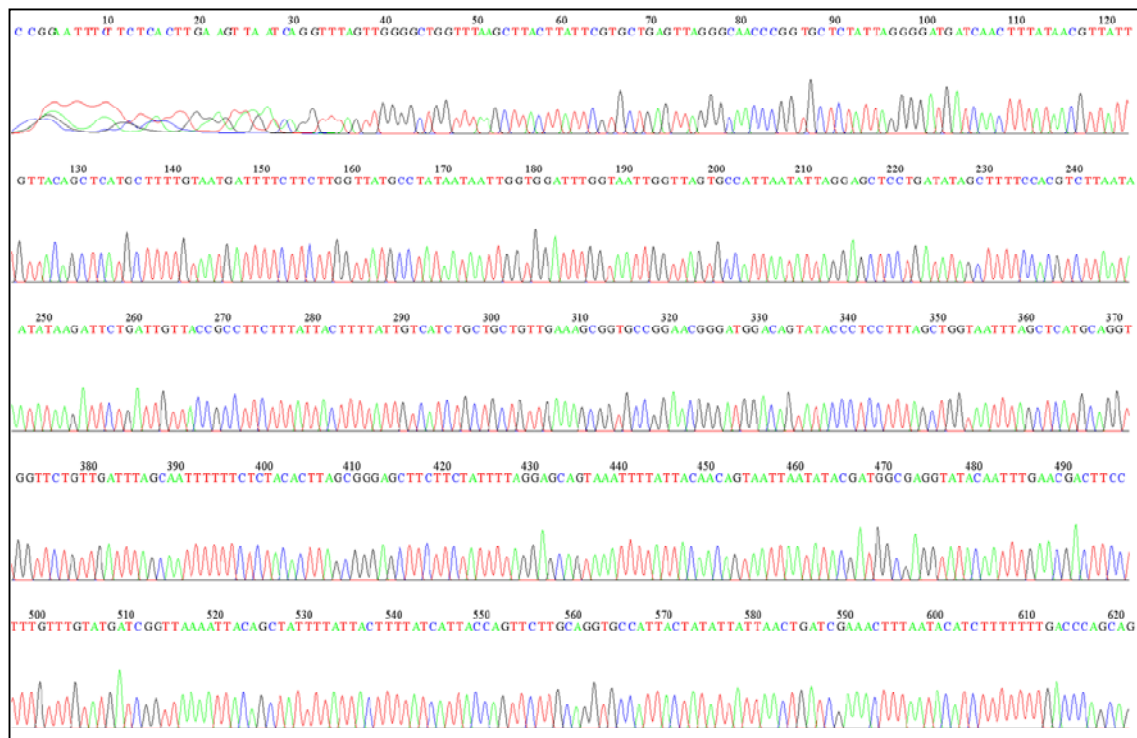


Figura 24: Secuencia correspondiente al gen mitocondrial COI que caracteriza al ejemplar analizado procedente de Ecuador.

Los resultados obtenidos para el gen nuclear Histona 3(H3) muestran que los ocho ejemplares (7 del río Ebro y 1 de Ecuador) comparten un mismo haplotipo. En la base de datos Genbank este haplotipo caracteriza a diferentes ejemplares de la especie *P. canaliculata* (Hayes *et al.*, 2009) (Nº acceso FJ710384). El mencionado haplotipo no ha sido hasta el momento identificado en las poblaciones de *P. maculata* en las que se ha analizado este gen nuclear, que por otro lado son escasas. Por tanto, la presencia de este haplotipo en la población de *P. maculata* del río Ebro podría apuntar a la presencia de un evento de hibridación entre ejemplares de la especie *P. maculata* y *P. canaliculata* en el río Ebro. Sin embargo, creemos que en realidad este gen nuclear no presenta suficiente polimorfismo como para poder diferenciar a los ejemplares de ambas especies en nuestra área de estudio. La diferencia entre el haplotipo obtenido y otros haplotipos publicados para la especie *P. maculata* es tan solo de una base nucleotídica. Observando los datos publicados en la base de datos GenBank, también se comprueban diferencias de una única base entre haplotipos publicados para diferentes ejemplares coespecíficos de la especie *P. canaliculata* o de *P. maculata*. Por ello consideramos que la información obtenida a través del análisis del gen H3 es aún insuficiente como para certificar un evento de hibridación en el área de estudio, o que los ejemplares procedan de una población ya hibridada en sus orígenes. Además cabe destacar que los haplotipos publicados

corresponden, en algunos casos, a estudios realizados en zonas de contacto entre ambas especies y en los que sí se conoce la existencia de hibridación. Sería conveniente analizar otro gen nuclear con mayor polimorfismo y, si es posible, analizar también un mayor número de ejemplares de ambas especies con el fin de poder establecer haplotipos diagnóstico entre ambas especies. Ello permitiría tener una fiabilidad mayor a la hora de identificar ejemplares híbridos. Este análisis ya está siendo planificado.

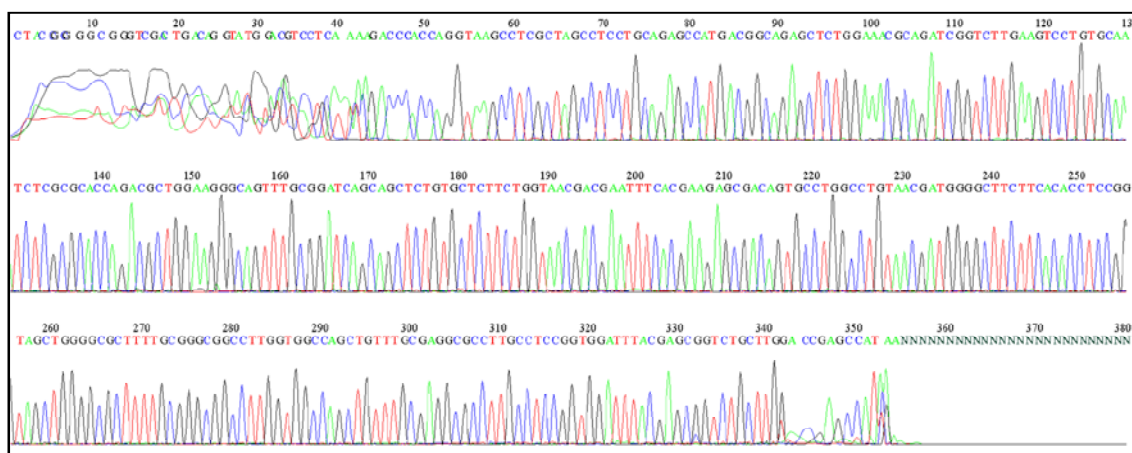


Figura 25: Secuencia correspondiente al gen nuclear H3 que caracteriza a los ocho ejemplares analizados en este estudio.

5.2.4. Conclusiones del estudio taxonómico

En conclusión, los siguientes caracteres taxonómicos confirman la identificación como *P. maculata* (= *P. insularum*) de los ejemplares de caracol manzana del río Ebro, así como que los caracoles manzana de Ecuador corresponden a la especie cogenérica *P. canaliculata*.

- Estudio morfológico de la concha: sutura profunda y angulosa o acanalada (“channeled”) originando un hombro o “elevación” (shoulder) propio de *P. maculata*, frente a esos mismos rasgos (redondeada y menos profunda y angulosa, sin ese hombro) en *P. canaliculata* de Ecuador. Con los ejemplares estudiados, se ha hallado diferencia significativa en la relación “altura de la concha/altura del opérculo” entre *P. maculata* (Ebro) y *P. canaliculata* (Ecuador) siendo algo mayor en el primer caso (0,72 frente 0,61 mm).

- Estudio anatómico del sistema reproductor: ausencia de dos tejidos glandulares distintivos en la glándula apical de la vaina penial y presencia de una glándula penial basal en lugar de una glándula penial media en los ejemplares del Ebro y que son característicos de *P. maculata*.

- Estudio molecular: el haplotipo obtenido para los ejemplares del Ebro corresponde a la especie *P. maculata*. Por el contrario, el haplotipo del ejemplar procedente de Ecuador es diferente y pertenece a la especie *P. canaliculata*. De momento no se puede afirmar ni negar que exista hibridación en los ejemplares del río Ebro, estando a la espera de los resultados que ofrezca un nuevo gen nuclear más polimórfico.

5.3. ESTIMACIÓN DE LOS POSIBLES IMPACTOS ECOLÓGICOS, ECONÓMICOS Y SANITARIOS

Como se ha indicado en la introducción del presente informe, son conocidos los fuertes impactos ecológicos, económicos y sanitarios que han causado los caracoles manzana a escala internacional, sobre todo cuando no se han adoptado medidas rápidas y eficaces de gestión desde los primeros días de su detección. Una vez producida la introducción, si no se erradican de modo inmediato, la expansión de estos moluscos va incrementado los daños causados y es a partir de entonces cuando se pueden cuantificar con exactitud, como es el caso de las zonas afectadas en el Delta del Ebro y su entorno próximo, cuyo análisis está llevando a cabo la Generalitat de Catalunya (2012, 2013 y 2014).

Actualmente, en el curso del río Ebro sólo se conoce la presencia del caracol manzana aguas abajo del viaducto de la N-340 en Amposta (Tarragona). Los focos detectados entre 2012 y 2013 en diversos campos de cultivo de arroz, situados aguas arriba de ese punto, han sido erradicados sin aparente afectación al ecosistema fluvial; mientras que los focos detectados en la margen izquierda del río Ebro en Tortosa (Tarragona), en esos mismos años, han resultado negativos en las prospecciones realizadas por Paleoymás en 2014.

En cualquier caso, podemos prever que la expansión de esta especie en el río Ebro, aguas arriba de Amposta, es muy probable a corto o medio plazo, de manera que conviene tener en cuenta una primera estimación de los posibles impactos ecológicos, económicos y sanitarios en el cauce fluvial. Para ello, disponemos de las últimas previsiones de la EFSA (2013 y 2014), que se refieren a la posible expansión del caracol manzana por todo el arco mediterráneo a corto plazo (5 años) y a largo plazo (30 años). Aun con todo, lo que se pretende valorar en este punto son únicamente los elementos principales a considerar, en cuanto a impactos se refieren en el medio fluvial, que ya se han citado en la introducción de modo general y sobre los que a continuación se expone una síntesis.

El interés social que ha suscitado la invasión del caracol manzana en el Delta del Ebro, expresado en los medios de comunicación en los últimos años, es debido sobre todo a los graves daños que esta especie causa a los cultivos de arroz, de los cuales se alimentan y de los

que depende parte de la economía de esta zona. En ello incide el estatus de “plaga de cuarentena” que la normativa de sanidad vegetal otorga a esta especie.

La preocupación social por su expansión aguas arriba de Amposta guarda igualmente estrecha relación con la economía agrícola del Delta del Ebro y su entorno próximo por el hecho de que consolidaría su invasión en dicha zona. La propia presencia continua de poblaciones de caracol manzana en el Delta del Ebro implica un serio riesgo de dispersión no sólo en toda la Demarcación Hidrográfica del Ebro, sino al resto de la Península Ibérica, resto de Europa y el arco mediterráneo a medio o largo plazo (el campo del potencial establecimiento de este molusco exótico invasor comprende los humedales del sur de Europa y los Balcanes hasta la latitud del río Danubio), según la EFSA (2014).

En este contexto, donde predomina el interés agroeconómico, el impacto ecológico y el sanitario del caracol manzana parece haber quedado en un segundo plano ante la opinión pública, si bien los daños en los cultivos de arroz y la propia gestión del caracol manzana, descrita en la introducción de este informe, tienen efectos colaterales sobre la calidad de las aguas y la conservación de la biodiversidad autóctona en el Delta del Ebro, así como el riesgo de transmisión de parásitos que causen enfermedades a la población humana y animal en general.

Por todo ello, la expansión del caracol manzana en el curso del río Ebro, aguas arriba de Amposta, supondría un gran impacto económico y ecológico para el Delta del Ebro y su entorno. Pero también, para el ecosistema fluvial del bajo Ebro, que centra aquí nuestro objeto de estudio. En este sentido, cabe recordar que **la proliferación del caracol manzana en el Delta del Ebro se ha producido fundamentalmente a través de la red de acequias y canales, llegando de esa manera al propio río, siendo el medio fluvial un ecosistema más vulnerable y complejo de gestionar. Asimismo, la expansión del caracol manzana aguas arriba de Amposta no se produce de modo rápido de forma natural, sino que en ella más bien interviene el transporte de especímenes por el hombre, ya sea a través de la navegación fluvial o el uso como cebo de pesca vivo, e incluso de modo deliberado,** incurriendo en acciones que podrían llegar a estar tipificadas como delito en el artículo 333 del Código Penal.

En los citados informes de la EFSA, elaborados por el panel de expertos siguiendo un modelo de dinámica de poblaciones de caracol manzana (considerando similares los efectos de *P. maculata* y *P. canaliculata*), se han evaluado por separado los impactos sobre (a) las características de los ecosistemas, (b) los servicios del ecosistema y (c) los componentes de la

biodiversidad. Además, se han considerado diversos factores clave para la expansión del caracol manzana desde el Delta del Ebro a otras zonas, que ha llevado a la consideración de dos escenarios diferentes para este caso: 1) una evaluación a corto plazo, de 5 años después del establecimiento de la plaga, cuya principal influencia sería la resistencia del ecosistema; y 2) una evaluación a largo plazo, de 30 años después del establecimiento, cuya principal influencia sería la capacidad de recuperación del ecosistema.

La EFSA ha estimado los efectos de la resistencia, capacidad de recuperación y de gestión en la dinámica de la población de caracoles en el corto (5 años) y largo plazo (30 años).

En cuanto a los servicios de los ecosistemas, se ha estimado un riesgo moderado para los recursos genéticos, la regulación del clima, la regulación de plagas y enfermedades y la polinización, tanto a corto como a largo plazo. Para la alimentación, el riesgo se evaluó como moderado a corto plazo y mayor a largo plazo. Para la regulación de las aguas y de la erosión, el riesgo fue evaluado como importante tanto a corto como a largo plazo. Para las aguas continentales, el riesgo se evaluó como masivo en ambos plazos. Y para el ciclo de nutrientes, la fotosíntesis y la producción primaria de los macrófitos, el riesgo se evaluó como masivo a corto plazo y como importante a largo plazo.

Por componentes de la biodiversidad, los riesgos para la diversidad genética y la diversidad de especies nativas se estimó como importante, tanto a corto como a largo plazo. El riesgo para los hábitats autóctonos se evaluó masivo a corto plazo y mayor a largo plazo. Y para las especies en peligro de extinción y los hábitats de alto valor de conservación, el riesgo se determinó como masivo, tanto a corto como a largo plazo.

No obstante, estas estimaciones de la EFSA necesitan ser mejoradas en sucesivos estudios atendiendo a los rasgos y características concretos de los ecosistemas, servicios de los ecosistemas y los componentes de la biodiversidad susceptibles de ser afectados, lo que implica un mejor conocimiento de los impactos ecológicos sobre la Red Natura 2000. Por otro lado, será preciso mejorar el conocimiento científico sobre las diferencias biológicas y ecológicas de *P. maculata* y *P. canaliculata*. Y, finalmente, tendrá que considerarse el efecto positivo de la gestión del caracol manzana en España, cuyo coste económico también deberá sumarse al impacto económico total.

Estas estimaciones son de gran valor para asumir la necesidad de implementar las medidas de gestión, control y posible erradicación del caracol manzana en el río Ebro, reforzando los planes llevados a cabo en el Delta del Ebro, así como medidas de prevención basadas en

acciones de educación, divulgación y sensibilización, como también la planificación de estudios científicos.

5.4. PROPUESTAS PARA LA PLANIFICACIÓN DE MEDIDAS DE GESTIÓN, CONTROL Y POSIBLE ERRADICACIÓN EN EL RÍO EBRO

Como se ha expuesto en el punto anterior, para hacer frente a la invasión del caracol manzana es necesario implementar las medidas adecuadas de gestión, control y erradicación en el río Ebro, reforzando los planes llevados a cabo en el Delta del Ebro (Generalitat de Catalunya, 2012, 2013 y 2014), con especial incidencia en las áreas infestadas y/o más vulnerables.

En primer lugar, es importante destacar la necesidad de incrementar la colaboración y la coordinación interadministrativa, para aunar esfuerzos y aumentar tanto la eficacia como la eficiencia en tiempos de crisis económica. El reparto competencial, ya expuesto en la introducción del presente informe, es un hecho ineludible y debe ser en todo caso respetado, pero sin menoscabo de la capacidad de los gestores para planificar conjuntamente medidas de gestión, control y posible erradicación. Sobre todo cuando las medidas que planifican unos, afectan a todos a corto, medio y largo plazo.

5.4.1. Propuestas consideradas en el Plan de Acción de la Generalitat de Catalunya

Es importante tener en cuenta que, debido al ámbito territorial en que se ha detectado el caracol manzana, es la Generalitat de Cataluña la que está liderando la planificación integral de las medidas de gestión, control y posible erradicación en toda la zona afectada del Delta del Ebro y su entorno fluvial próximo. Los **planes elaborados entre 2012 y 2014 por la Generalitat de Cataluña** son la referencia fundamental para establecer propuestas en el presente informe, si bien aquí nos centraremos en el medio fluvial por ser éste nuestra área de estudio.

El **plan de acción** contra el caracol manzana en el Delta del Ebro de 2013, constituyó un **documento fundamental de referencia para el cumplimiento de las medidas necesarias para la erradicación del caracol manzana que exige la Comisión Europea** en las zonas demarcadas, de acuerdo con el artículo 5 de la Decisión de la Comisión 2012/697/UE, de 8 de noviembre de 2012, que también afecta a los cursos de agua infestados.

Entre los **objetivos del punto 2 del referido plan de acción**, en relación con el río se establece: **controlar y erradicar el organismo en áreas naturales** (río Ebro y lagunas) que actúan como reservorios de la especie que facilitan la re-invasión y son una vía de diseminación a nuevas áreas. A este respecto, **conviene matizar que los focos iniciales de caracol**

manzana no estaban en el río, sino en los arrozales y acequias, a través de los cuales ha llegado al río Ebro, siendo éste el medio perjudicado desde aquellos. No obstante, en la medida en que se consiga erradicar el caracol manzana de esos focos iniciales, pero se mantenga en determinadas zonas del río o se introduzca de cualquier otra forma en el cauce fluvial, no se habrá conseguido el objetivo de erradicar esta plaga en las zonas demarcadas y no desaparecerá el riesgo de expansión.

Entre las acciones oficiales contra la plaga, en relación con el río, en el punto 4 de este plan de acción se prevén las siguientes específicas:

4.1.- Medidas de seguimiento intensivo:

- Realización de muestreos periódicos en el río Ebro para analizar la dinámica de invasión de la especie. Estos muestreos se realizarán a partir de recuentos exhaustivos (censos) de la densidad de puestas en las márgenes del río.
- Analizar el riesgo de propagación del caracol manzana mediante las embarcaciones.

4.2.- Medidas de erradicación:

- Tratamientos físicos:
 - Instalación de barreras flotantes en el río Ebro y en los desagües de “Capítol” y “Barques” para frenar su dispersión.
 - Construcción de barreras en las márgenes del río Ebro para evitar la dispersión del caracol manzana aguas arriba.
- Recolección nocturna de adultos de caracol en reproducción en el río Ebro y los desagües “Capítol” y “Barques”.
- Limpieza de la vegetación acuática, destrucción de postes y eliminación de la vegetación emergente de las márgenes del río Ebro.

Lo cierto es que estas medidas de seguimiento intensivo y de erradicación, o bien no se han podido llevar a cabo, o bien no han resultado eficaces para eliminar el caracol manzana en el tramo de río afectado desde Amposta hasta su desembocadura. No obstante, sí han resultado de momento eficaces en los focos puntuales de presencia de caracol manzana en el río Ebro aguas abajo del puente del Mil·lenari en Tortosa, tal y como se ha comprobado en las prospecciones realizadas por Paleoymás durante el desarrollo de este trabajo.

En el plan de acción de 2014, en concreto en el punto 3.2.2, se considera que la situación de la plaga en el eje del río Ebro y su previsible evolución futura es el “aspecto más preocupante en relación con las posibilidades de erradicación futura del organismo nocivo”. Para la Generalitat

de Cataluña, “los planes ejecutados en el río Ebro han conseguido minimizar las invasiones del hemidelta sur a través de la capacidad natural de diseminación de la especie, pero la extensión e intensidad de la plaga en el eje fluvial no ha dejado de crecer”, lo cual “se ha traducido en un incremento de su presencia aguas arriba a lo largo del eje fluvial, así como la aparición de un núcleo fuera del ámbito fluvial, cuya evolución debe ser controlada por impedir el fracaso de las metodologías de erradicación” (Generalitat de Catalunya, 2014).

Este plan de 2014, incide sobre todo en la necesidad de regular dos actividades muy ligadas al uso del río Ebro: la navegación fluvial y la pesca deportiva, ambas vectores de dispersión del caracol manzana. Esta especie se propaga a través de las embarcaciones dado que es frecuente la presencia de puestas en embarcaciones encalladas en los márgenes del río, las cuales son resistentes y su período de maduración (entre 10-20 días), con lo cual “el riesgo de diseminación por esta vía podría alcanzar, de hecho, cualquier espacio fluvial europeo” (Generalitat de Catalunya, 2014).

De acuerdo con dicho plan en el presente informe se propone la implementación de las siguientes medidas:

1. **Regulación de la navegación fluvial en el río Ebro** atendiendo a la presencia del caracol manzana en el curso fluvial del bajo Ebro, de modo restrictivo.

Recientemente la Confederación Hidrográfica del Ebro ha puesto en marcha esta medida, dentro de sus competencias, mediante el confinamiento de las embarcaciones que naveguen en zonas infectadas por caracol manzana. En el BOE del 25 de agosto de 2014 aparece el **Anuncio de la Confederación Hidrográfica del Ebro relativo a modificación de las normas de navegación para evitar la dispersión del caracol manzana**. En dicho anuncio se indica que “las embarcaciones que naveguen en una zona afectada por la presencia de *Pomacea* sp. (caracol manzana) o considerada de riesgo de presencia de caracol manzana no puedan navegar en ningún otro tramo de río ni embalse de la cuenca del Ebro”.

2. En cuanto a la pesca deportiva, que no es competencia de la CHE pero requiere el uso del Dominio Público Hidráulico (o, en su caso, del Dominio Público Marítimo Terrestre), se propone que su gestión sea acordada de forma coordinada con todas las Administraciones con competencias en el medio fluvial.
3. Una de las propuestas más defendidas y requeridas por la Generalitat de Cataluña, entre las acciones de contención del punto 3.2.2.1 del Plan de 2014, es la instalación de barreras para evitar la progresión del caracol manzana aguas arriba del núcleo peri-urbano

de Amposta. La solución propuesta consiste en “una modificación de las actuales barreras eléctricas implementadas en los canales deltaicos”, “un dispositivo que se sitúa en el cauce del río, en ambos márgenes, extendiéndose hasta la cuña salina presente a la altura de la ciudad de Amposta” (Generalitat de Catalunya, 2014). Según las autoridades de Cataluña, “este dispositivo no interfiere la dinámica hidráulica del río ya que ocupa solo el fondo de la cama, y debe estar dotado de sensores que garanticen su estado óptimo de funcionamiento, así como de mecanismos de limpieza automatizados que eviten la deposición de materiales sobre estructura” (Generalitat de Catalunya, 2014).

4. Otra medida de contención, en este caso para evitar la invasión natural del hemidelta derecho (sur), son “las barreras implementadas hasta el momento”, que han sido muy efectivas al haber “evitado una invasión masiva del delta derecho”. Estas barreras consisten en las siguientes soluciones constructivas:

- Elevación de las salidas de canales de drenaje en el río.
- Instalación de barreras eléctricas.
- Modificación de estructuras de contacto delta-río (tubos sumergidos, arquetas de arrozales, etc.).

Este tipo de medidas inciden en la zona ya afectada del río Ebro aguas abajo de Amposta, en donde además es preciso la contención en las estaciones de bombeo de agua desde el río hacia el delta. Así, en el ámbito fluvial actualmente invadido por la especie hay tres estaciones de bombeo la actuación de las cuales sería prioritaria para la Generalitat de Cataluña, como se cita a continuación del Plan de 2014:

- Bombeo del riego del Canalet en Deltebre. Este riego ha sido invadido por el caracol manzana. Aunque riega huertas urbanas en el municipio de Deltebre, también es una fuente de invasión del resto del hemidelta izquierdo.
- Bombeo del riego de Sant Jaume d'Enveja. En toda actuación sobre el curso exigirá la limpieza de la maquinaria según el Protocolo establecido.
- La estación de bombeo riega también huertas urbanas en el municipio de Santiago, situado en el delta derecho. El riesgo de invasión a través del riego es inminente. Ya se ha procedido en algunos casos eliminación de invasiones naturales (aunque escasas) a causa de entradas desde el río Ebro.
- Otros bombeos presentes en el río. Se trata de riegos particulares, y posibles usos del agua no regulados, que deberían ser solucionados con urgencia. Se ha

empezado a actuar y en algunos casos (riego de Balada) el propietario ha renunciado a regar durante esta temporada.

5. Otras propuestas de la Generalitat de Catalunya que deben ser tenidas en cuenta en el Dominio Público Marítimo Terrestre son el “control intensivo y efectivo de los riesgos de expansión a través de la navegación fluvial” y la “contención y medidas para evitar la invasión de las lagunas litorales conectadas al río Ebro”.

En el punto 3.2.2.2 del Plan de 2014, la Generalitat de Catalunya propone los siguientes tratamientos de erradicación del caracol manzana en el río Ebro:

- 1) Captura manual de ejemplares adultos y eliminación de las puestas.
- 2) Eliminación de vegetación de ribera de escaso valor natural.
- 3) Desarrollo de nuevos métodos en el río Ebro. En concreto, se propone el siguiente: “evitar las puestas mediante el impregnado de la interfase agua-aire de los bordes fluviales con productos repelentes que eviten la deposición de las puestas aéreas a las riberas. Este método, puede desarrollarse por aspersión intermitente de agua salada, bombeada desde el centro del río donde se encuentra la cuña salina o imprimación directa con productos repelentes” (Generalitat de Catalunya, 2014). También se proponen otros métodos, como el trampeo masivo, la succión y la aspersión salina de superficies.

Todas estas propuestas son valoradas positivamente en el presente informe, si bien algunas de ellas tienen un carácter experimental cuyos efectos sobre el ecosistema fluvial y la biodiversidad convendrá estudiar previamente.

En cuanto a la propuesta de instalación de una barrera eléctrica a la altura de la localidad de Amposta, se trata de una medida cuya eficacia depende de factores externos imponderables, tales como la introducción antropogénica (intencionada o no) de caracoles manzana en el río Ebro o en acequias que viertan aguas arriba del lugar de colocación. Esta barrera eléctrica sería útil para evitar el avance natural del caracol manzana aguas arriba de Amposta. Por ello, a la vista del proyecto técnico y de su presupuesto, convendrá sopesar la viabilidad económica de su diseño, ensayo, construcción y mantenimiento. En este sentido, hay que tener en cuenta que una infraestructura de este tipo podría ser inútil ante una eventual propagación antropogénica del caracol manzana aguas arriba, hechos que de por sí ya se están produciendo.

5.4.2. **Propuestas del presente estudio**

Además de todo lo anterior, el equipo redactor del presente informe propone a la CHE que en el ámbito del Dominio Público Hidráulico, aguas arriba del puente del Estado en Tortosa (Tarragona), y aguas abajo si lo determinan las autoridades competentes en coordinación con la CHE, se consideren las siguientes propuestas:

1. **Inspecciones puntuales** del tramo fluvial del Ebro aguas abajo de la presa de Flix, desde la orilla mediante el uso de piragua y vadeando el río, en zonas previamente determinadas por su vulnerabilidad y susceptibilidad a la invasión del caracol manzana. Estas inspecciones deberían llevarse a cabo por personal técnico adecuadamente equipado y formado, de modo regular y con una programación previa.
2. **Captura manual** en prospecciones exhaustivas de áreas fluviales aguas abajo de la presa de Flix, mediante el uso de piraguas y equipo de actividades subacuáticas, en las que se haya detectado la presencia de caracol manzana y/o de sus puestas. Estas prospecciones deberían llevarse a cabo por personal técnico adecuadamente equipado y formado, con capacidad para intervenir cuando se precise y de forma eficaz. Según la normativa de la Unión Europea, las prospecciones en estas zonas declaradas deben ser continuas durante 4 años consecutivos desde que se consideren erradicadas, para asegurar esto último.

Estas inspecciones puntuales y prospecciones exhaustivas también deben realizarse en cualquier masa de agua de la Demarcación Hidrográfica del Ebro si se considerase necesario, en función de la posible expansión del caracol manzana.

3. **Control exhaustivo de las masas de agua** del Dominio Público en los que desaguan las acequias o canales con los que se riegan los campos con cultivos de arroz en toda la Demarcación Hidrográfica del Ebro, en coordinación con las CCAA.
4. **Delimitación física de las zonas infestadas por caracol manzana** en el dominio público fluvial (marítimo-terrestre e hidráulico) mediante la creación de “**áreas fluviales de amortiguamiento**” situadas en el punto inferior y superior de las orillas de un tramo de río infestado. El objetivo es facilitar una gestión progresiva, más exhaustiva y eficaz, de la población invasora en las zonas infestadas, disminuyendo su intensidad o incluso erradicándola si es posible. Se pueden delimitar “áreas fluviales de amortiguamiento” tanto en zonas infestadas de manera estable en el tiempo, para ir acotando físicamente su gestión, como si se trata de un foco reciente no erradicado, que requiere ser aislado lo antes posible. Con ello se pretende disponer de áreas

aisladas, a modo de “cortafuegos”, en zonas infestadas para el control más eficaz de éstas, su seguimiento continuo y/o la erradicación efectiva del caracol manzana, en las que además se podrán llevar a cabo estudios científicos sobre la biología y ecología de sus poblaciones con más facilidades de acceso durante el día y la noche. Se propone que las “áreas fluviales de amortiguamiento” tengan las siguientes características básicas:

- Se situarán a ambas orillas de un tramo de río infestado por caracol manzana.
- Se posicionarán paralelas a la orilla fluvial, ocupando toda la zona de movilidad principal del caracol manzana en el estiaje.
- Se dispondrán en:
 - o Unos 20 m de longitud de orilla no infestada a partir del límite superior inmediato al tramo de orilla infestada.
 - o Unos 50 m de longitud de orilla no infestada a partir del límite inferior inmediato al tramo de orilla infestada.
- Los metros de longitud en la orilla podrán variar en función de las características físicas del área fluvial (tales como su relieve, hidrodinámica, valores ecológicos del entorno, etc.) y la eficacia que se pretende obtener, evitando afecciones negativas a la fauna y flora amenazada.
- Se eliminará la vegetación de ribera y los macrófitos, en la medida de lo posible, sustituyéndolos por sustratos artificiales fijos que permitan un fácil acceso y observación de la orilla y, a su vez, que impidan el enterramiento u ocultación de los caracoles manzana.
- Se colocarán dispositivos de barrera sencillos (mallas, tubos, arquetas, trampas, etc.) como los ya utilizados en los cultivos de arroz, acequias y canales en el delta del Ebro, diseñados para evitar que el caracol manzana avance de forma natural o el flujo de agua.
- Cuando se trate de un límite inferior se colocará un espigón para frenar la deriva del caracol manzana por el flujo del agua desde la zona infestada.
- Se someterán a una vigilancia intensiva y a un control periódico por parte de las autoridades ambientales.
- Estarán debidamente señalizadas. Se prohibirá el acceso a las mismas para actividades de pesca y navegación. Se podrá limitar su acceso a toda persona no autorizada en caso de necesidad por razones de investigación o de gestión.

5. Colocar señales y carteles indicando su presencia en las áreas más transitadas por las personas y que permiten el acceso a las orillas del río en tramos infestados.

5.5. PROPUESTAS PARA LA PLANIFICACIÓN DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN BASADAS EN ACCIONES DE EDUCACIÓN, DIVULGACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN

Experiencias previas demuestran que la información pública y la concienciación de la población minimiza de forma considerable el riesgo de introducción de especies exóticas invasoras y minimiza su expansión (Martin *et al.*, 2012). A lo largo de los años la CHE ha implementado diversas medidas de prevención basadas en acciones de educación, divulgación y sensibilización dirigidas tanto a los diferentes colectivos afectados o implicados en la expansión de las especies exóticas como a la población general.

El caracol manzana se considera una especie lo suficientemente dañina, con un amplio espectro de impactos, como para incentivar una línea específica de acciones y medidas de prevención similares a las que ya existen para el mejillón cebra, a desarrollar en el marco del Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Ebro. Se propone por tanto la puesta en marcha de este tipo de medidas por considerarlas las más eficaces para evitar la introducción o expansión de la especie. De este modo se puede evitar la introducción por desconocimiento de determinados colectivos, como son los pescadores, usuarios de embarcaciones fluviales, agricultores, etc., así como por la población en general.

A continuación se enumeran algunas actuaciones divulgativas destinadas a la lucha contra el caracol manzana, en muchas de las cuales la CHE tiene una amplia experiencia con el mejillón cebra y otras especies exóticas invasoras:

- Elaboración de elementos de cartelería informativa orientada a asociaciones de regantes, clubes de pesca, empresas de deportes de aventura, tiendas de mascotas, acuarios, centros destinados al turismo, etc... con el objetivo de alertar de los riesgos que conllevan las sueltas en el medio natural, aclarar las distintas vías de dispersión de caracol manzana y la responsabilidad de propietarios, empresarios y usuarios en la gestión de esta problemática.
- Redacción y difusión de guías informativas, documentos explicativos o webs específicas orientando e indicando brevemente las medidas preventivas o actuaciones de lucha que se estén llevando a cabo de forma que en caso de una posible detección de individuos o puestas, un particular sepa a quien debe dirigirse para solucionar sus dudas.

- Elaboración de folletos divulgativos, carteles, pegatinas, etc. destinados a la sociedad general para concienciar sobre la responsabilidad compartida en el problema planteado por la invasión del caracol manzana.
- Realización de jornadas de formación e información para los usuarios potencialmente afectados o afectables en colaboración con sus asociaciones.
- Campañas de concienciación en centros escolares con diseño y edición de material adecuado tanto para el profesorado como para las distintas edades de estudiantes, así como formación específica para centros y educadores ambientales que puedan contribuir a la difusión de la información.

5.6. PROPUESTAS PARA LA PLANIFICACIÓN DE ESTUDIOS CIENTÍFICOS

Antes de efectuar cualquier propuesta de medida a aplicar contra la plaga de caracol manzana en el Ebro, es imprescindible disponer de una perspectiva global/mundial certera sobre la misma. Y en este sentido, la primera noción que se debe aceptar es que no se trata de un problema nacional, sino de un grave dilema internacional, como la propia EFSA (2012a, b, 2013 y 2014) se ha encargado de explicitar. Por este motivo, se debería fomentar la investigación científica especializada en España sobre la problemática suscitada, para disponer de expertos a la vez que interlocutores válidos, tanto con las autoridades en la materia de la Unión Europea, como con la ciencia internacional que lleva varias décadas investigando sobre el tema. Esto permitiría la integración de España en un marco de cooperación internacional de lucha contra esta plaga y así poder fomentar el intercambio de información entre los científicos nacionales e internacionales y las agencias de gestión, no sólo sobre la especie exótica, sino sobre los métodos de control.

Como se ha expuesto, uno de los aspectos que más ha contribuido a enturbiar y complicar los estudios y actuaciones efectuadas a nivel mundial sobre las plagas provocadas por caracoles manzana, ha sido la confusión taxonómica existente. Al no identificar correctamente la especie del género *Pomacea* causante de la invasión, los datos que emanaron de las investigaciones biológicas y de los tratamientos de lucha aplicados, no siempre sirvieron para caracterizar y conocer las particularidades de cada especie y sus respuestas. No obstante, saber qué especie de caracol manzana está involucrada en un episodio de invasión es imprescindible para ir progresivamente disponiendo de un mayor volumen de datos que permitan relacionarlos y compararlos con la información disponible en otros lugares, incluidas las poblaciones de naturales, lo que facilitaría comprender mejor las tolerancias, los rangos de

distribución no nativos y los posible impactos (Rawllings *et al.*, 2007). A pesar de que frecuentemente no se ha actuado de esta forma, es el camino más corto, a nivel mundial, para conseguir soluciones reales que combatan y eliminen la plaga sea debida a *P. maculata*, a *P. canaliculata*, a otras especies o a híbridos de algunas de ellas (como bien destaca EFSA, 2012).

La interpretación de las plagas ocasionadas por parte de agencias gestoras, agricultores, agentes de control, etc., fallan repetidas veces al ignorar esencialmente el hecho de que son especies diferentes con distintas ecología, comportamiento y amenazas..., con lo que requieren medidas de control específicas (Cowie *et al.*, 2006). La propia EFSA (2012a,b, 2013 y 2014) recalca que no se conoce bien si los impactos producidos por las distintas especies de caracoles manzanas invasores difieren o no. Más aun, debido a la alarma y la urgencia, en muchos casos las medidas adoptadas se restringen a actuaciones de choque contra la plaga, obviando invertir el tiempo y la financiación necesaria para conocer las implicaciones e información biológica básica de los animales que la causan, con lo que se pierde una parte importante del feed-back necesario para diseñar nuevas acciones.

La clarificación de la identificación de las especies permitiría, además, interpretar y asesorar de forma más acertada la distribución e introducciones históricas provocadas por las especies plaga de *Pomacea*, así como elaborar una fotografía del tiempo y patrón de las invasiones diferente a la que refleja el complejo “canaliculata” (Rawllings *et al.*, 2007). Finalmente,

- En 2012, EFSA recomendó regular todas las especies de caracol manzana, además de *maculata* y *canaliculata* basándose en las dificultades taxonómicas existentes para diferenciarlas, el desconocimiento sobre sus biología y ecologías y en no poder prever con certeza el potencial dañino que como plaga podría ocasionar cualquiera de ellas, al ser especies que comparten hábitos alimenticios fundamentales. Mientras que no se clarifique la sistemática, taxonomía y biología de estas especies es lo más recomendable, añaden.
- La cuestión, justificada en líneas anteriores, es que es importante confirmar cuál es la especie (o las especies) presentes en el Ebro, para relacionar las medidas y conocimientos que se van generando con la especie concreta de que se trate, y contrastarlas con esa misma información procedente de otros lugares y especies (así lo advirtió EFSA, 2012).
- El seguimiento detallado de los aspectos biológicos que caracterizan la invasión de estas especies es muy importante pues puede cambiar tras haberse producido el establecimiento de la especie tras dicha invasión (EFSA, 2012 y 2014).

De este modo, la gestión de las plagas e impactos que ocasionan o pueden ocasionar, podrá llegar a ser integral y seguramente más efectiva si se basa en sus distintas peculiaridades

biológicas (por ejemplo, sus “life histories”) y de distribución geográfica. A pesar de esta evidencia, incluso en estudios recientes esta diferenciación no se ha realizado convenientemente, contribuyendo a enturbiar aun más la situación (Hayes *et al.*, 2012).

En consecuencia, se debe aumentar el esfuerzo en investigación y conocimiento, es imprescindible para generar una base de datos sobre distribución, biología, características invasoras, impactos, detección, erradicación, control, relaciones con la biodiversidad malacológica nativa... compartida con otros países (IUCN, 2000; Cowie, 2002; Correoso, 2011). Esta información se relaciona con cualquier tipo de actuación que se quiera implantar en contra de la plaga.

Sin duda una línea a potenciar, incluso internacionalmente (Barnes *et al.*, 2008), es un mayor conocimiento sobre la biología de *P. canaliculata* y de Pomacea en general (“natural history”, dinámica poblacional, selección de hábitats, etología, fecundidad, alimentación...). Algunos aspectos ya se conocen (Estoy *et al.*, 2002; Heiler *et al.*, 2008; Horn *et al.*, 2008; Wu *et al.*, 2011), pero para otros se siguen necesitando investigaciones, especialistas y técnicas modernas, incluidas las moleculares (Dong *et al.*, 2011; Matsukura *et al.*, 2013).

Los impactos ecológico-ambientales de *P. canaliculata* han sido detallados por diferentes autores en muchas partes del mundo (i.e. Carlsson *et al.*, 2004). Además de ser conscientes de ello, sería conveniente monitorear y controlar de este tipo de acciones en lugares estratégicamente seleccionados.

5.7. FONDO DOCUMENTAL CIENTÍFICO Y TÉCNICO SOBRE EL CARACOL MANZANA

En el anexo 6 se relacionan los elementos que componen el fondo documental científico y técnico sobre el caracol manzana (Ampullariidae), especializado y actualizado, que se entrega a la CHE en un CD.

6. CONCLUSIONES GENERALES

Tras la realización de todos los trabajos plasmados en el presente informe se puede concluir que en general al término de dichos trabajos el cauce principal del río Ebro entre el puente de la carretera N-340 en Amposta y el Azud de Xerta estaba libre de caracol manzana. Si bien hay que tener en cuenta que es posible que sea colonizado en un futuro próximo dada la cercanía de zonas infectadas aguas abajo de dicho tramo (Deltebre) así como los antecedentes de focos puntuales aparecidos aguas arriba de la zona infectada (Tortosa).

Aunque no se detectaron indicios de caracol manzana en el foco localizado por los responsables de la Generalitat de Catalunya aguas abajo de Tortosa, no debe descartarse que vuelva a surgir dicha población. Por ello es importante mantener la vigilancia en dicha zona.

La presencia aislada de caracol manzana en el río Ebro en Tortosa se interpreta que es debida a la suelta de ejemplares por parte del hombre de forma intencionada o accidental tras la manipulación de ejemplares de la especie o de sus puestas. La hipótesis que se ha sopesado más es la introducción por parte de pescadores.

La aparición de focos de caracol manzana en zonas bastante distantes de la zona infectada, como es Tortosa, requieren de la realización de una serie de trabajos urgentes para evitar la dispersión de esta especie a otros tramos del río ya sea aguas abajo o aguas arriba.

Para evitar la dispersión de la plaga a lo largo del cauce del río Ebro y erradicar los focos que pudieran surgir se considera necesario realizar las siguientes actuaciones:

- En el caso de detectarse **nuevos focos** es imprescindible realizar una **actuación temprana sobre la población** localizada inspeccionándose los alrededores en busca de puestas para su retirada y realizando una **recolección manual intensiva de adultos durante varias jornadas hasta la eliminación total de dicha población**.
- **Realización sistemática de prospecciones hasta que no se observen restos directos de caracol manzana ni de sus puestas durante un periodo de al menos 1 año.**
- Paralelamente hay que prospectar las márgenes del río, ya que puede darse el caso de hallar más focos como el de Tortosa o el localizado en el río Ebro pero fuera del área de estudio en junio de 2014 en la localidad de Miravet (Tarragona). Además, puede ocurrir que parte de las poblaciones de dichos focos se hayan dispersado aguas abajo. Por ello, y haciendo especial referencia al caso de Miravet, se propone

realizar un primer muestreo de las márgenes del río Ebro entre el meandro de Flix y el azud de Xerta, así como muestreos posteriores de control entre Flix y Amposta.

- Se debe mantener la alerta extrema en el río e informar de cualquier indicio de restos de esta especie. Además, se deberían impartir cursos de formación específica sobre el caracol manzana a los Agentes Rurales de Cataluña, así como a los Agentes de Protección de la Naturaleza de Aragón de la zona de los embalses de Mequinzenza y Ribarroja y de zonas cercanas a cultivos de arroz.
- En cualquier caso, antes de empezar a trabajar hay que marcar las líneas de trabajo y es necesario que haya una buena coordinación de todas las instituciones implicadas para lograr hacer un trabajo eficiente. Es aconsejable realizar un protocolo de actuación de tal manera que se indiquen los pasos a desarrollar cuando se dé un caso como este.

Tras los últimos muestreos realizados en Tortosa, en los cuales no se detectaron indicios de la especie, no se deben dar por finalizados los trabajos si no que se debe realizar un seguimiento continuado de la zona. En caso de no volverse a detectar ejemplares se podrá concluir que ambas poblaciones han sido erradicadas.

A la vista de los resultados obtenidos y las características de la especie, en general para el control de la invasión de caracol manzana en el cauce del río Ebro se deberán realizar inspecciones regulares en las orillas del río intensificándose estas en la zona más cercana al foco de Deltebre y en los posibles focos que pudieran surgir con posterioridad como el de Tortosa.

Del estudio taxonómico de las muestras de caracol manzana recogidas en el bajo Ebro se concluye que los caracteres taxonómicos confirman la identificación como *P. maculata* (= *P. insularum*) de los ejemplares de caracol manzana del río Ebro, así como que los caracoles manzana de Ecuador corresponden a la especie cogenérica *P. canaliculata*. De momento no se puede afirmar ni negar que exista hibridación en los ejemplares del río Ebro, estando a la espera de los resultados que ofrezca un nuevo gen nuclear más polimórfico. El estudio de muestras de caracol manzana procedentes de Gran Canaria podría aportar información complementaria en este sentido.

7. AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer la colaboración e interés demostrado durante las labores de realización de este estudio a Miquel Àngel López Robles (Forestal Catalana), al Cuerpo de Agentes Rurales de la Generalitat de Cataluña y a la Agencia Catalana del Agua.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andree, K.B., López, V., Altaba, C. y López, M.A. 2010. First Report of the Invasive Apple Snail (*Pomacea insularum*) in Europe (North Western Mediterranean). *Tentacle*, 18: 26-28.
- Andree, K.B. y López, M.A. 2013. Species identification from achieved snail shells via genetic analysis: a method for DNA extraction from empty shells. *Molluscan Research*, 33(1): 1-5.
- Baker, P., Zimmanck, F. y Baker, S.M. 2010. Feeding rates of an introduced freshwater gastropod *Pomacea insularum* on native and non indigenous aquatic plants in Florida. *Journal of molluscan studies*, 76: 138-143
- Barnes, M.A., Fordham, R.K. y Burks, R.L. 2008. Fecundity of the exotic apple snail, *Pomacea insularum*. *J.N. Am. Benthol. Soc.*, 27(3): 738-745.
- Burks, R.L., Hensley, S.A. y Kyle, C.H. 2011. Quite the appetite: juvenile island apple snails (*Pomacea insularum*) survive consuming only exotic invasive plants. *Journal of molluscan studies*, 77: 423-428.
- Burks, R.L., Kyle, C.H. y Trawick, M.K. 2010. Pink eggs and snails: field oviposition patterns of an invasive snail, *Pomacea insularum*, indicate a preference for an invasive macrophyte. *Hydrobiologia*, 646: 243-251.
- Byers, J. E., McDowell, W., Dodd, S., Haynie, R., Pintor, L. y Wilde, S. 2013. Climate and pH predict the potential range of the invasive apple snail (*Pomacea insularum*) in the southeastern United States. *PLoS ONE*, 8(2): e56812.
- CABI. 2013. *Pomacea canaliculata* (golden apple snail). In: *Invasive Species Compendium*. <<http://www.cabi.org/isc/?compid=5ydsid=68490yloadmodule=datasheetypage=481ysite=144>>. [Última modificación: 20/09/2013].
- Carlsson, N.O.L, Brönkmark, Ch. y Hansson, L.-A.. 2004. Invading herbivory: the golden apple snail alters ecosystem functioning in Asian wetlands. *Ecology*, 85(6): 1575-1580.
- Cazzanigga. 2002. Old species and new concepts in the taxonomy of *Pomacea* (Gastropoda: Ampullariidae) *BIOCELL*, 26(1): 71- 81. <http://www.cricyt.edu.ar/biocell/vol/pdf/26/08.pdf>

- Colgan, D.J., McLauchlan, A., Wilson, G.D.F., Livingston, S., Macaranas, J., Edgecombe, G.D., Cassis, G. y Gray, M.R. 1998. Molecular phylogenetics of the Arthropoda: relationships based on histone H3 and U2 snRNA DNA sequences. *Aust J Zool.*, 46: 419–437.
- Costanza, R., et al. 1997. The value of the worlds ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253–260.
- Correoso, M. 2011. Moluscos plagas en Ecuador, un breve balance. <http://www.landsnails.info/>.
<http://landsnailEcuador.blogspot.com/>
- Cowie, R. H. 2002. Apple snails (Ampullariidae) as agricultural pests: their biology, impacts, and management. 145–192 in G. M. Barker (editor). *Molluscs as crop pests*. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Cowie, R. 2005. *Pomacea canaliculata* (Mollusc). In Global InvasiveSpeciesDatabase de ISSG de la IUCN Species Survival Comission. Consultado el 12.12.2013. <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=135yfr=1yysts=sssylang=EN>.
- Cowie, R.H., Hayes, K.A. y Thiengo, S.C. 2006. What are apple snails? Confused taxonomy and some preliminary resolution. Pages 3–24 in R. C. Joshi y L.S. Sebastian (editors). *Global advances in ecology and management of Golden Apple Snails*. Philippine Rice Research Institute, Nueva Ecija, Philippines.
- Cowie, R.H. y Thiengo, S.C. 2003. The apple snails of the Americas (Mollusca: Gastropoda: Ampullariidae: *Asolene*, *Felipponea*, *Marisa*, *Pomacea*, *Pomella*): a nomenclatural and type catalog. *Malacologia*, 45: 41–100.
- Dong, S., Shentu, X., Pan, Y., Bai, X., Yu, X. y Wang, H. 2011. Evaluation of genetic diversity in the golden apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck), from different geographical populations in China by inter simple sequence repeat (ISSR). *African Journal of Biotechnology*, 10(10): 1777-1783.
- EFSA Panel on Plant Health (PLH). 2012a. Scientific Opinion on the evaluation of the pest risk analysis on *Pomacea insularum*, the island apple snail, prepared by the Spanish Ministry of Environment and Rural and Marine Affairs. *EFSA Journal*, 10(1): 2552. 57 pp. doi:10.2903/j.efsa.2012.2552. <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2552.htm>
- EFSA Panel on Plant Health (PLH). 2012b. Statement on the identity of apple snails. *EFSA Journal*, 10(4): 2645. 11 pp. doi:10.2903/j.efsa.2012.2645. <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2645.htm>.

- EFSA Panel on Plant Health (PLH). 2013. Assessment of the potential establishment of the apple snail in the EU. EFSA Journal, 11(12): 3487. 50 pp. doi:10.2903/j.efsa.2013.3487. <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/3487.htm>.
- EFSA Panel on Plant Health (PLH), 2014. Scientific Opinion on the environmental risk assessment of the apple snail for the EU. EFSA Journal 2014; 12(4): 3641, 97 pp. doi:10.2903/j.efsa.2014.3641. <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/3641.htm>
- Estebenet, A.L. y Martín, P.R. 2003. Shell interpopulation variation and its origin in *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae) from southern Pampas, Argentina. Journal of Molluscan Studies, 69: 301–310.
- Estebenet, A.L., Martín, P.R. y Burela, S. 2006. Conchological variation in *Pomacea canaliculata* and other South American Ampullariidae (Caenogastropoda, Architaenioglossa). Biocell, 30: 329–335.
- Estoy, G.F., Yusa, Y., Wada, T., Sakurai, H. y Tsuchida, K. 2002. Size and age at first copulation and spawning of the apple snail, *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae). Appl. Entomol. Zool., 37(1): 199-205.
- Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R. y Vrijenhoek, R. 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. Mol Mar Biol Biotechnol, 3(5): 294-9.
- Gabarda, A. 2012. *Pomacea insularum* [En línea] Invasiber, 2012. <http://invasiber.org/fitxa_detalls.php?taxonomic=6&id_fitxa=136> [Consulta: 2 de junio de 2014]
- Generalitat de Catalunya. 2013. Pla d' acció contra el cargol (*Pomacea insularum*) al delta de L'Ebre 2013. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. 5 pp.
- Generalitat de Catalunya. 2014. Pla especial d' acció per a l'eradicació del cargol poma (*Pomacea* sp). Area demarcada del "Delta de L'Ebre" (Provincia de Tarragona). Comunitat Autònoma de Catalunya 2014. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. 46 pp.
- GISD, Global Invasive Species Database, 2005. *Pomacea canaliculata*. Disponible en: (<http://www.issg.org/database/>) [Consulta: 5 de junio de 2014].

- Hayes, K.A., Cowie, R.H. y Thiengo, S.C. 2009. A global phylogeny of apple snails: Gondwanan origin, generic relationships and the influence of outgroup choice (Caenogastropoda: Ampullariidae). *Biol. J. Linn. Soc. Lond.*, 98(1), 61-76.
- Hayes, K.A., Cowie, R.H., Thiengo, S.C. y Strong, E.E. 2012. Comparing apples with apples: clarifying the identities of two highly invasive neotropical Ampullariidae (Caenogastropoda). *Zool. J. Linn. Soc.*, 166, 723-753.
- Hayes, K.A., Joshi, R., Thiengo, S.C. y Cowie, R.H. 2008. Out of South America: multiple origins of non native apple snails in Asia. *Diversity and Distrib.*, 14: 701-712.
- Heiler, K.C.M., vonOheim, P.V., Ekschmitt, K. y Ch. Albrecht. 2008. *Mollusca*, 26(1): 73-81.
- Horgan, F.G., Stuart, A.M. y Kudavidanage, E.P. 2014. Impact of invasive apple snails on the functioning and services of natural and managed wetlands. *Acta Oecologica*, 54(2014): 90-100.
- Horn, K.C.; Johnson, D.S.; Boles, K.M., Moore, A.; Siemann, E. y Gabler, C.A. 2008. Factors Affecting Hatching Success of Golden Apple Snail Eggs: Effects of Water Immersion and Cannibalism. *Wetlands*, 28(2): 544-549.
- Howells, R.G., Burlakova, L.E., Karatayev, A.Y., Marfurt, R.K. y Burks, R.L. 2006. Native and introduced Ampullariidae in North America: History, status and ecology. *Global advances in ecology and management of golden apple snails*. 41 pp.
- IUCN. 2000. Guía para la prevención de pérdidas de diversidad biológica ocasionadas por especies exóticas invasoras. <http://data.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/Rep-2000-052-Es.pdf>
- Köhler, F. y Glaubrecht, M. 2006. The Types of Ampullariidae Gray, 1824 (Mollusca, Gastropoda) in the Malacological Collection of the Natural History Museum, Berlin: an annotated catalogue with lectotype designations. *Mitt. Mus. Nat.kd. Berl., Zool. Reihe*, 82(1): 198-215.
- Kwong, K.L., R.K.Y. Chan y Qiu, J.W. 2009. The potential of invasive snail *Pomacea canaliculata* as a predator of various life-stages of five species of freshwater snails. *Malacologia*, 51(2): 343-356.
- Lach, L., Britton, D.K., Rundell, R.J. y Cowie, R.H. 2000. Food preference and reproductive plasticity in an invasive freshwater snail. *Biological Invasions*, 2: 279-288.
- Levin, P. 2006. Statewide strategic control plan for apple snail (*Pomacea canaliculata*) in Hawai'i. The hawai'i land restoration Institute. 182 pp.

- López, M.A., Lòpez, V., Alàs, J. y Martínez, D. 2009: Anàlisi de la presència i distribució del caragol poma (*Pomacea* sp.) al Delta de l'Ebre. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Generalitat de Catalunya. 51 pp.
- López, M.A., Altaba, C.R., Andree, K.B. y V. López. 2010. First invasion of the Apple snail *Pomacea insularum* in Europe. *Tentacle*, 18: 26-28.
- Lowe S, Browne M, Boudjelas S y De Poorter M. 2000. 100 of the World's Worst Invasive Alien Species A selection from the Global Invasive Species Database. Published by The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN), 12 pp.
- Lv, S., Zhang, Y., Liu, H., Hu, L., Liu, Q., Guo, Y., Steinmann, P., Hu, W. y Zhou, X. 2013. Phylogenetic evidence for multiple and secondary introductions of invasive snails: *Pomacea* species in the People's Republic of China. *Diversity Distrib*, 19: 147–156.
- MAGRAMA. 2012. Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras, Fam. Ampullariidae. <http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies-amenazadas/Fam._Ampullariidae_2013_tcm7-307134.pdf> [Consulta: 15 de julio de 2014].
- Martin, C.H., Bayha, K.M. y Valentine, J.F. 2012. Establishment of the invasive Island Apple Snail *Pomacea insularum* (Gastropoda: Ampullariidae) and eradication efforts in Mobile, Alabama, USA. *Gulf of Mexico Science*, 1-2: 30-38.
- Matsukura, K., Okuda, M., Cazzaniga, N.J. y Wada, T. 2013. Genetic exchange between two freshwater apple snails, *Pomacea canaliculata* and *Pomacea maculata* invading East and Southeast Asia. *Biological Invasions*, 15: 2039–2048.
- Matthews, S. 2005. El programa Mundial sobre Especies Invasoras. Secretaría GISP: 80 pp.
- NPAG data. 1998. *Pomacea canaliculata*, golden apple snail. Disponible en: [<http://www.pestalert.org/storage/Molamppc598.pdf>] [Consulta: 4 de junio de 2014].
- Ochoa, L y García, J. 2012. Determinación de la actividad molusquicida de dos extractos vegetales sobre Caracol manzana (*Pomacea canaliculata*) y su impacto en la diversidad de artrópodos. Tesis de grado ingeniero Agrícola y biológico. Guayaquil. Ecuador. 77 pp. URI: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/21123>.
- Oscóz J, Tomás P y Durán C. 2010. Review and new records of non-indigenous freshwater invertebrates in the Ebro River basin (Northeast Spain) *Aquatic Invasions*, 5(3): 263-284.

- Pérez Pons, M. 2013. Archivada la causa contra la empresa que propagó el caracol manzana en el Ebro. El País, 26/10/2013. http://ccaa.elpais.com/ccaa/2013/10/25/catalunya/1382729239_084539.html [Consulta: 15 de julio de 2014].
- Plaza T y Galimany G. 2013. El caracol manzana, una nueva plaga del cultivo del arroz. *VidaRURAL*, 370: 50-56.
- Qui, J.W. y Kwong, K.L. 2009. Effects of macrophytes on feeding and life-history traits of the invasive apple snail *Pomacea canaliculata*. *Freshwater Biology*, 54: 1720-1730.
- Rawlings, T.A., Hayes, K.A., Cowie, R.H. y Collins, T.M. 2007. The identity, distribution, and impacts of non-native apple snails in the continental United States. *BMCE vol. Biol.* 7, 97.
- Saveanu, L. y Martín P.R. 2013. Pedal surface collecting as an alternative feeding mechanism of the invasive snail *Pomacea canaliculata* (Caenogastropida: Ampullariidae). *Journal of Molluscan Studies*, 79: 11-18.
- Tamburi, N.E. y Martin, P.R. 2008. Reactions norms of size and age at maturity of *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae) under a gradient of food deprivation. *Journal of Molluscan Studies*, 75: 19-26.
- Tamburi, N.E. y Martin, P.R. 2011. Effects of food availability on reproductive output, offspring quality and reproductive efficiency in the apple snail *Pomacea canaliculata*. *Biols. Invasions*, 13: 2351-2360.
- Teo, S.S. 2004. Biology of the golden snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822), with emphasis on responses to certain environmental condition in Sabah, Malaysia *Molluscan Research*, 24:139-148.
- Vázquez-Silva, G.; Castro-Barrera, T.; Castro-Mejía, J. y Mendoza-Martínez, G.D. 2011. Los caracoles del género *Pomacea* (Perry, 1810) y su importancia ecológica y socioeconómica. *Contactos*. 81: 28-33.
- Wada, T. y Matsukura, K. 2007. Seasonal changes in cold hardiness of the invasive freshwater apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullariidae). *Malacología*, 49(2): 383-392.
- Wada, T. 2004. Strategies for Controlling the Apple Snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullariidae) in Japanese Direct-Sown Paddy Fields. *JARQ* 38 (2): 75-80.

- Wong, P.K., Liang, Y., Liu, N.Y. y Qiu, J.W. 2010. Palatability of macrophytes to the invasive freshwater snail *Pomacea canaliculata*: differential effects of multiple plant traits. *Freshwater biology*, 55: 2023-2031.
- Wood, T.S., Anurakpongsatorn, P., Chaichana, R., Mahujchariyawong, J. y Satapanajaru, T. 2006. Heavy predation on freshwater bryozoans by the golden apple snail, *Pomacea canaliculata* Lamarck, 1822 (Ampullariidae). *The Natural History Journal of Chulalongkorn University* 6(1): 31-36.
- Wu, J.Y. Wu, Y.T., Li, M.C., Chiu, Y.W., Liu, M.Y. y Liu, L.L. 2011. Reproduction and juvenile growth of the invasive apple snails *Pomacea canaliculata* and *P. scalaris* (Gastropoda: Ampullariidae) in Taiwan. *Zoological Studies*, 50(1): 61-68.
- Yang, T.B, Wu, Z.D. y Lun, Z.R. 2013. The Apple Snail *Pomacea canaliculata*, a Novel Vector of the Rat Lungworm, *Angiostrongylus cantonensis*: its Introduction, Spread, and Control in China. *Hawai'i Journal of Medicine y Public Health*, 72(6-2): 23-25.
- Youens, A.K. y Burks, R.L. 2007. Comparing apple snails with oranges: the need to standardize measuring techniques when studying *Pomacea*. *Aquatic Ecology*, 42: 679-684.

ANEXO 1. AUTORIZACIONES DE LAS ADMINISTRACIONES PÚBLICAS

El presente anexo contiene la siguiente documentación:

- 1) Autorización especial para la captura científica de *Pomacea* sp., *Corbicula fluminea* y *Dreissena polymorpha*. Expedido por la Generalitat de Catalunya y con vigencia hasta el 30 de abril de 2014. Valido para las comarcas de Baix Ebre y Montsía.
- 2) Renovación de la autorización especial para la captura científica de *Pomacea* sp., *Corbicula fluminea* y *Dreissena polymorpha*. Expedido por la Generalitat de Catalunya y con vigencia hasta el 31 de julio de 2014. Valido para las comarcas de Baix Ebre y Montsía.
- 3) Responsable navegación y flotación hasta el 27 de enero de 2014.
- 4) Responsable navegación y flotación hasta el 15 de mayo de 2014.
- 5) Autorización del uso declarado de embarcaciones en el río Ebro hasta el 27 de enero de 2014. Expedido por la Capitanía Marítima de Tarragona.
- 6) Renovación de la autorización del uso declarado de embarcaciones en el río Ebro hasta el 31 de mayo de 2014. Expedido por la Capitanía Marítima de Tarragona.
- 7) Autorización del Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno Vasco para la posesión y el transporte de muestras de caracol manzana para su depósito y estudio en el laboratorio de Zoología del Departamento de Zoología y Biología Celular Animal (Facultad de Farmacia) de la UPV/EHU.
- 8) Autorización del Instituto Aragonés de Gestión Ambiental para la posesión y el transporte de muestras de caracol manzana (*Ampullariidae: Pomacea spp*) muertas, para su estudio taxonómico en laboratorio.
- 9) Posesión y transporte de muestras muertas de caracol manzana para su estudio taxonómico y uso educativo en el laboratorio de malacología de la Universidad de Sevilla (Consejería de Medio Ambiente y Ordenamiento del Territorio de la Junta de Andalucía).
- 10) Autorización de la Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias para el uso de especies exóticas invasoras en la comunidad autónoma de Canarias para su estudio taxonómico.

ANEXO 2. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

01. AZUD DE XERTA	2
02. XERTA – ALDOVER.....	3
03. ALDOVER – TORTOSA	4
04. TORTOSA – CAMPREDÒ.....	5
05. CAMPREDÒ – AMPOSTA	6
06. TORTOSA BUZOS	7
07. DELTEBRE – SANT JAUME D'ENVEJA.....	8
08. ARROZALES TORTOSA	9
09. CAPITOL.....	10

01. AZUD DE XERTA



Límite superior del tramo del río Ebro incluido en el área de estudio a) Vista de la estación eléctrica y el desvío de agua al canal de la Derecha en el Azud de Xerta; b) vista del azud de Xerta desde la margen derecha del río; c), d) y e) vista del canal de la Derecha del Ebro aguas abajo del azud de Xerta; f) vista del río Ebro aguas abajo del azud de Xerta.

02. XERTA – ALDOVER

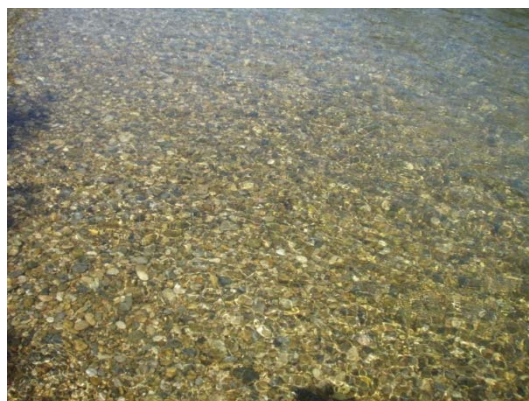


Desarrollo de las prospecciones realizadas por el equipo técnico de Paleoymás en el tramo del Ebro entre Xerta y Aldover a) imagen del río Ebro a su paso por la localidad de Xerta b) inicio de las prospecciones con piragua en el embarcadero de Xerta; c) detalle de elementos de la orilla del río susceptibles de albergar puestas de caracol manzana durante la prospección con piragua; d) imagen del Ebro entre Xerta y Aldover; e) desembarco de piraguas en el embarcadero de Aldover; f) vista general del Ebro en Aldover y vegetación en la margen derecha.

03. ALDOVER – TORTOSA



Utilización de embarcaciones para los trabajos de prospección en los márgenes del curso fluvial del río Ebro.



Inspección del lecho fluvial del Ebro para la identificación de individuos de caracol manzana.

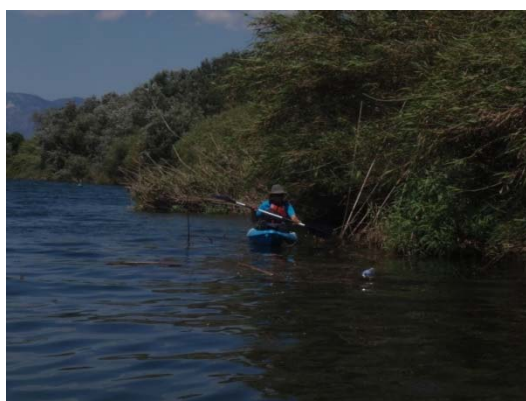


Realización de prospecciones en zonas con escasa profundidad (< 1 m) vadeando el río.

04. TORTOSA – CAMPREDÒ



Inspección exhaustiva para la detección de puestas de caracol manzana en la vegetación y otras superficies de la orilla de ambos márgenes fluviales en Tortosa. En la imagen de la izquierda se puede ver el puente del Millenari y en la derecha una zona con vegetación herbácea propicia para la presencia del caracol manzana.

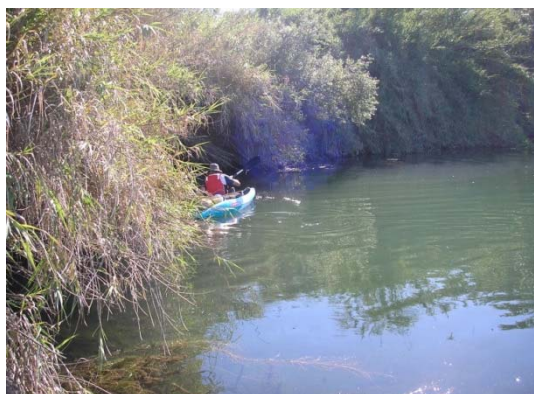


Inspección exhaustiva para la detección de puestas de caracol manzana en la vegetación y otras superficies de la orilla de ambos márgenes fluviales aguas debajo de Tortosa.



Zonas del tramo estudiado propicios para presencia del caracol manzana. En la imagen de la izquierda un tramo con abundante presencia de macrófitos y en la izquierda uno libre de ellos.

05. CAMPREDÒ – AMPOSTA



Inspección mediante la utilización de embarcaciones ligeras en tramos con difícil acceso.



Revisión de salidas de agua al cauce principal del río Ebro.



Prospección con piraguas de diferentes puntos del cauce aguas abajo de Tortosa. En la imagen de la izquierda se aprecia abundante vegetación acuática y en la izquierda vegetación arbórea con raíces expuestas.

06. TORTOSA BUZOS



Desarrollo de las prospecciones subacuáticas del lecho fluvial desarrollada por buzos cualificados los días 26 y 27 de mayo de 2014 en Tortosa. Estas prospecciones tuvieron lugar en la zona en la cual la Generalitat había detectado caracol manzana con anterioridad. Los buzos fueron asistidos por un técnico en piragua.

07. DELTEBRE – SANT JAUME D'ENVEJA



Puestas de caracol manzana en la vegetación y otros soportes (embarcaderos) en las orillas del río Ebro en Deltebre y Sant Jaume d'Enveja (Tarragona).



*Hembra de caracol manzana (*Pomacea* sp.) localizada en el río Ebro en Deltebre en Junio de 2014. El ejemplar salía del agua para realizar la puesta de huevos cuando fue localizado.*

08. ARROZALES TORTOSA



Cultivos de arroz y canalizaciones de agua tratados con saponinas y otros fitosanitarios en Tortosa (Tarragona) para la erradicación del caracol manzana.



Barreras físicas instaladas en entradas de agua y desagües de arrozales para el control y contención de la expansión de Pomacea sp. en Tortosa (Tarragona).

09. CAPITOL



a) Puestas de *Pomacea* sp. en las inmediaciones del punto del río Ebro denominado Capítol (26/05/2014) situado en la margen izquierda del río Ebro entre las localidades de Deltebre y Amosta ; b, c y d) Aplicación del protocolo de conservación de muestras.

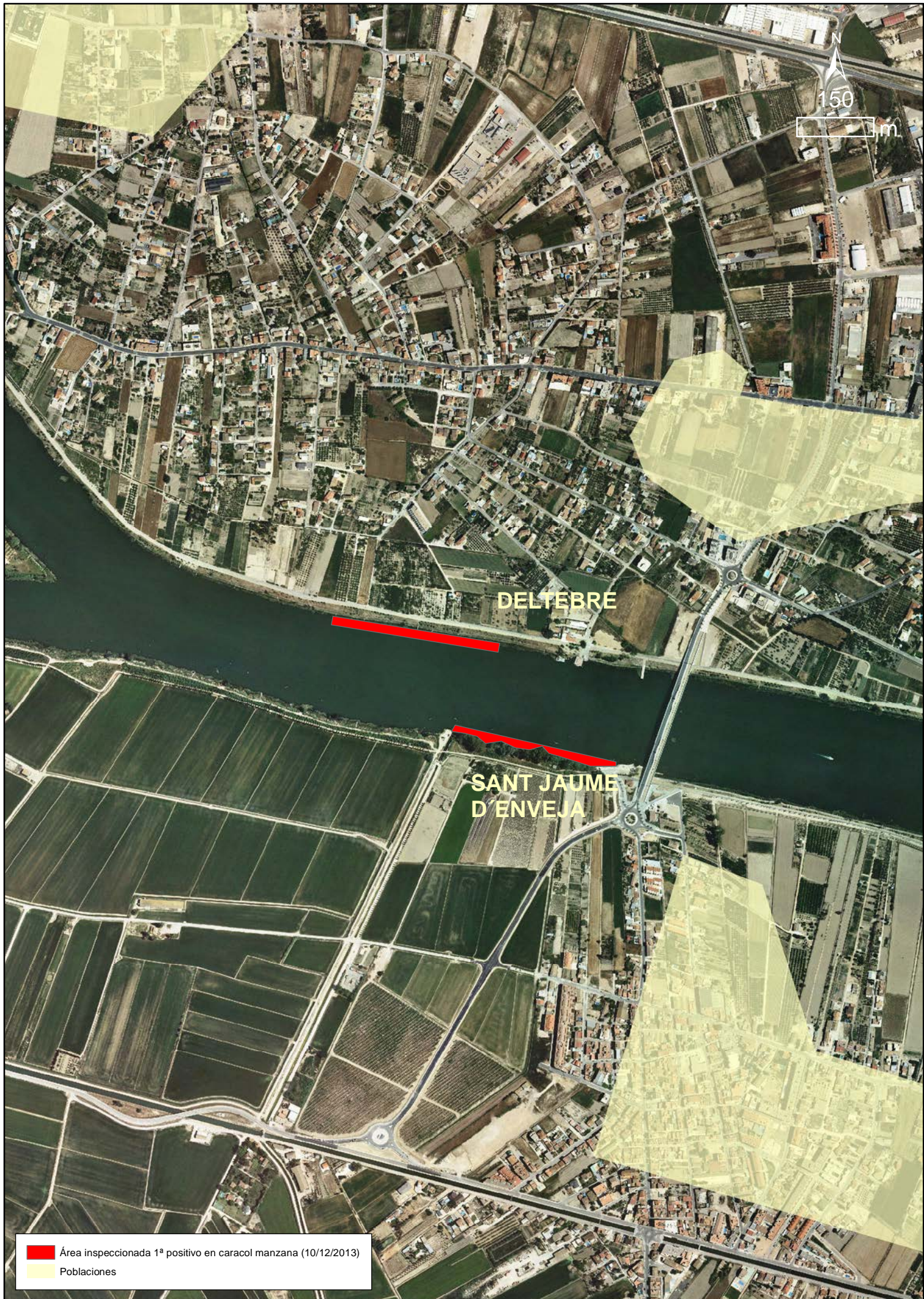


Visita nocturna: e) ejemplar de caracol manzana saliendo del agua para ovopositar, f) equipo de *Paleomyas* identificando individuos de caracol manzana.

ANEXO 3. INSPECCIONES PREVIAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

El presente anexo contiene la siguiente cartografía:

- 1) Mapa de la primera zona inspeccionada
- 2) Mapa de la segunda zona inspeccionada
- 3) Mapa de la tercera y cuarta zonas inspeccionadas



■ Área inspeccionada 1ª positivo en caracol manzana (10/12/2013)
■ Poblaciones

Proyecto:
 Seguimiento de las poblaciones de
 caracol manzana en el bajo Ebro

18/07/2014

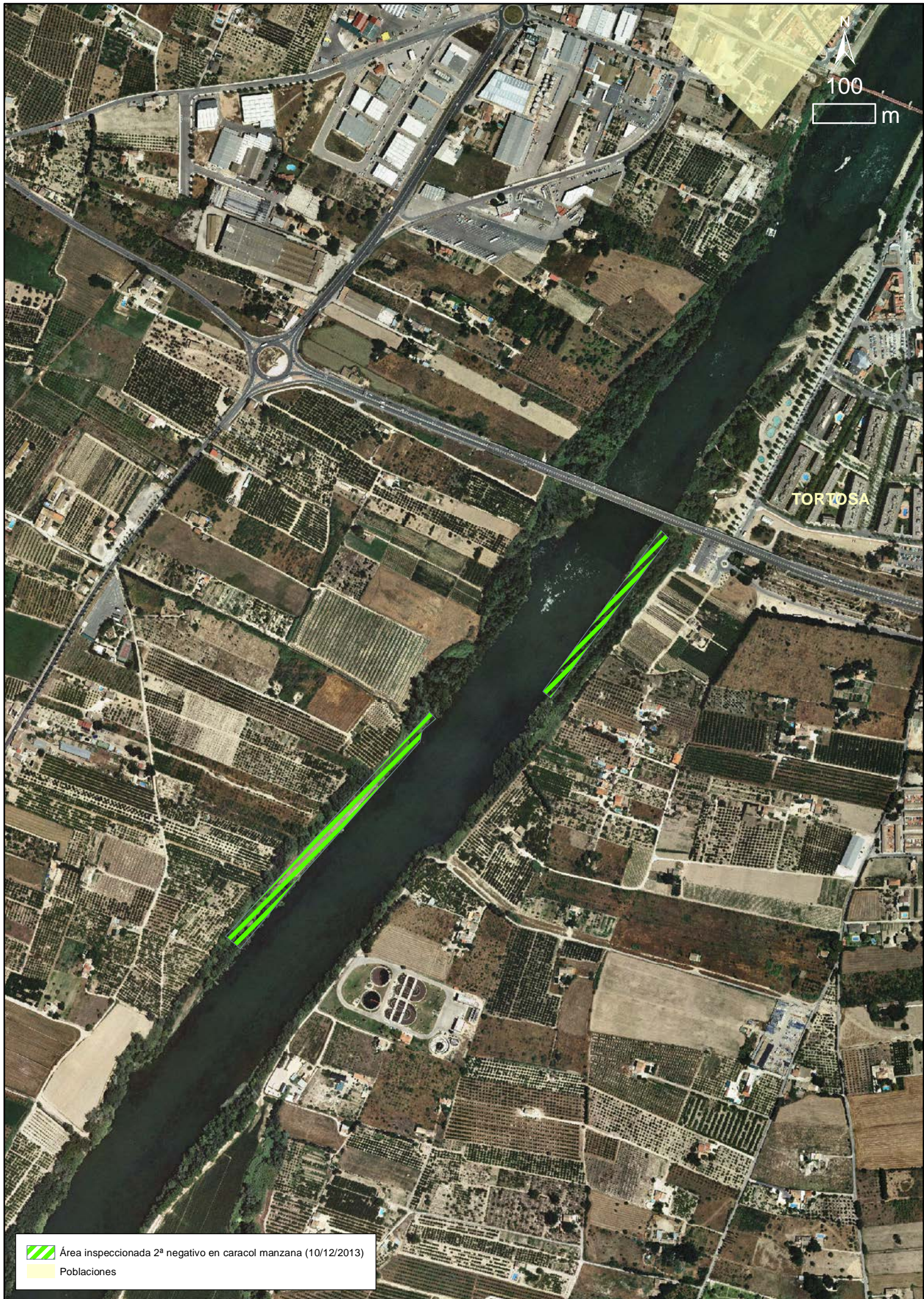
Fuente ortofoto:
 IGN (Ortofoto PNOA)



Escala:
 En el mapa

Autor:


www.paleomas.com

Promovido por:

 Área inspeccionada 2ª negativo en caracol manzana (10/12/2013)
 Poblaciones

Proyecto:
 Seguimiento de las poblaciones de
 caracol manzana en el bajo Ebro

18/07/2014

Fuente ortofoto:
 IGN (Ortofoto PNOA)

Escala:
 En el mapa

Autor:


Promovido por:
 GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE CONFEDERACIÓN HEMODIÁLICA DEL Ebro



Proyecto:
 Seguimiento de las poblaciones de
 caracol manzana en el bajo Ebro

18/07/2014

Fuente ortofoto:
 IGN (Ortofoto PNOA)

Escala:
 En el mapa

Autor:


www.paleoymás.com

Promovido por:



ANEXO 4. ESTACIONES DE MUESTREO EN EL ÁREA DE ESTUDIO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. CARTOGRAFÍA CORRESPONDIENTE A LA PLANIFICACIÓN PREVIA	3
▪ Mapa general del área de estudio (Xerta-Amposta)	4
▪ Mapa del área de estudio (Xerta-Amposta) con todas las estaciones de muestreo y accesos.	5
▪ Mapa detalle de las estaciones de muestreo: AM_01, AM_02 y AM_03.....	6
▪ Mapa detalle de las estaciones de muestreo: AM_04, AM_05 y AM_06.....	7
▪ Mapa detalle de las estaciones de muestreo: AM_07.....	8
▪ Mapa detalle de las estaciones de muestreo: AM_08 y AM_09.	9
▪ Mapa detalle de las estaciones de muestreo: AM_10, AM_11, AM_12 y AM_13	10
▪ Mapa detalle de las estaciones de muestreo: AM_14 y AM_15	11
▪ Mapa detalle de las estaciones de muestreo: AM_16 y AM_17	12
▪ Mapa detalle de las estaciones de muestreo: AM_18 y AM_19.	13
2. CARTOGRAFÍA CORRESPONDIENTE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....	14
▪ Mapa del área de estudio (Xerta-Amposta) con los resultados de todas las estaciones de muestreo.	15



1. Cartografía correspondiente a la planificación previa



Proyecto:
Seguimiento de las poblaciones de
caracol manzana en el bajo Ebro

18/07/2014

Fuente:
IGN (Ortofoto PNOA)

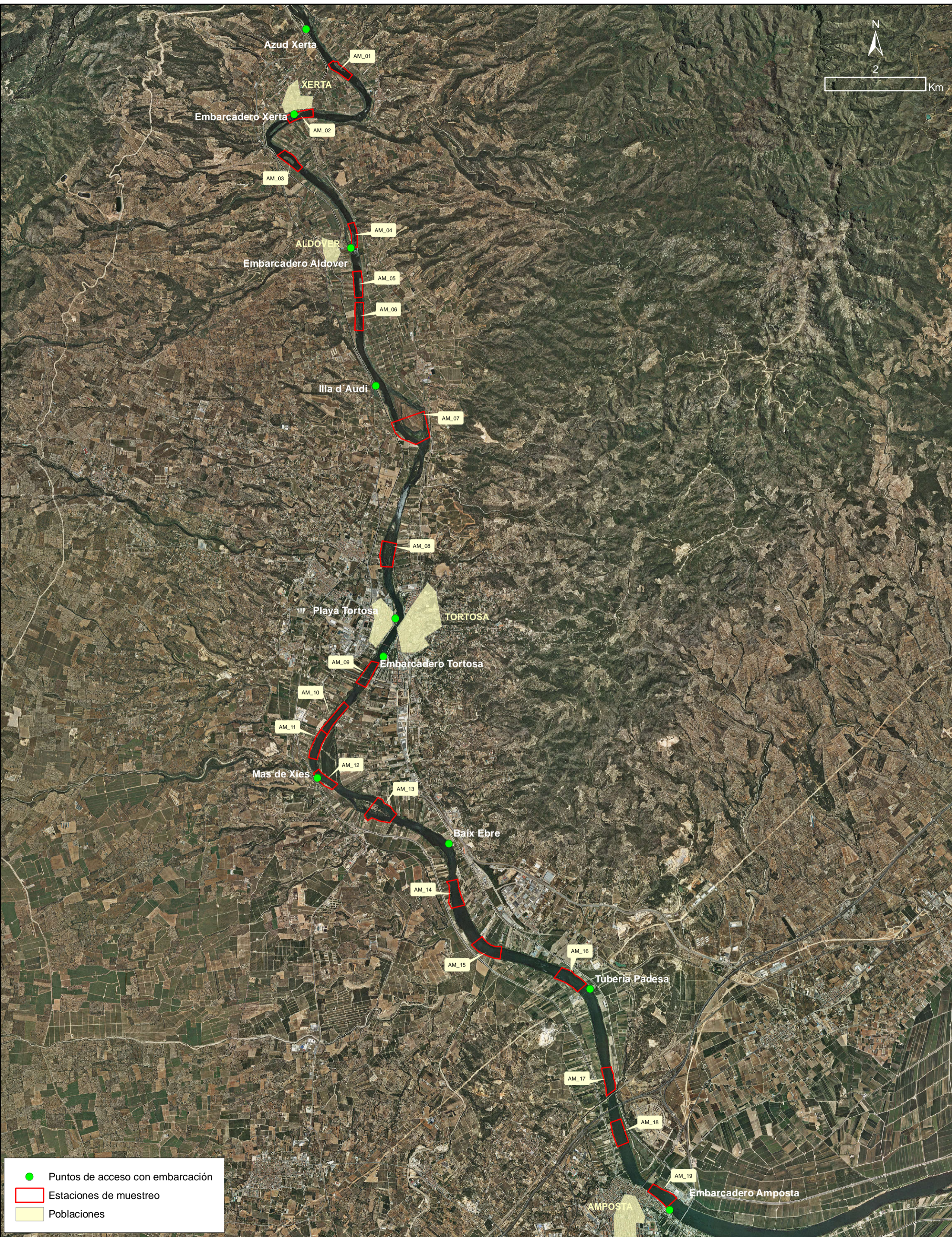
Escala:
En el mapa

Autor:


www.paleoymas.com

Promovido por:





Proyecto:
Seguimiento de las poblaciones de caracol manzana en el bajo Ebro

18/07/2014

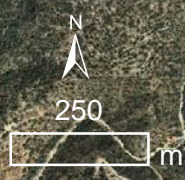
Fuente:
IGN (Ortofoto PNOA)

Escala:
En el mapa

Autor:


www.paleoymas.com

Promovido por:

Azud Xerta

AM_01

XERTA

Embarcadero Xerta

AM_02

AM_03

- Puntos de acceso con embarcación
- Estaciones de muestreo
- Poblaciones

Proyecto:
Seguimiento de las poblaciones de
caracol manzana en el bajo Ebro

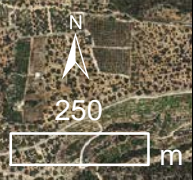
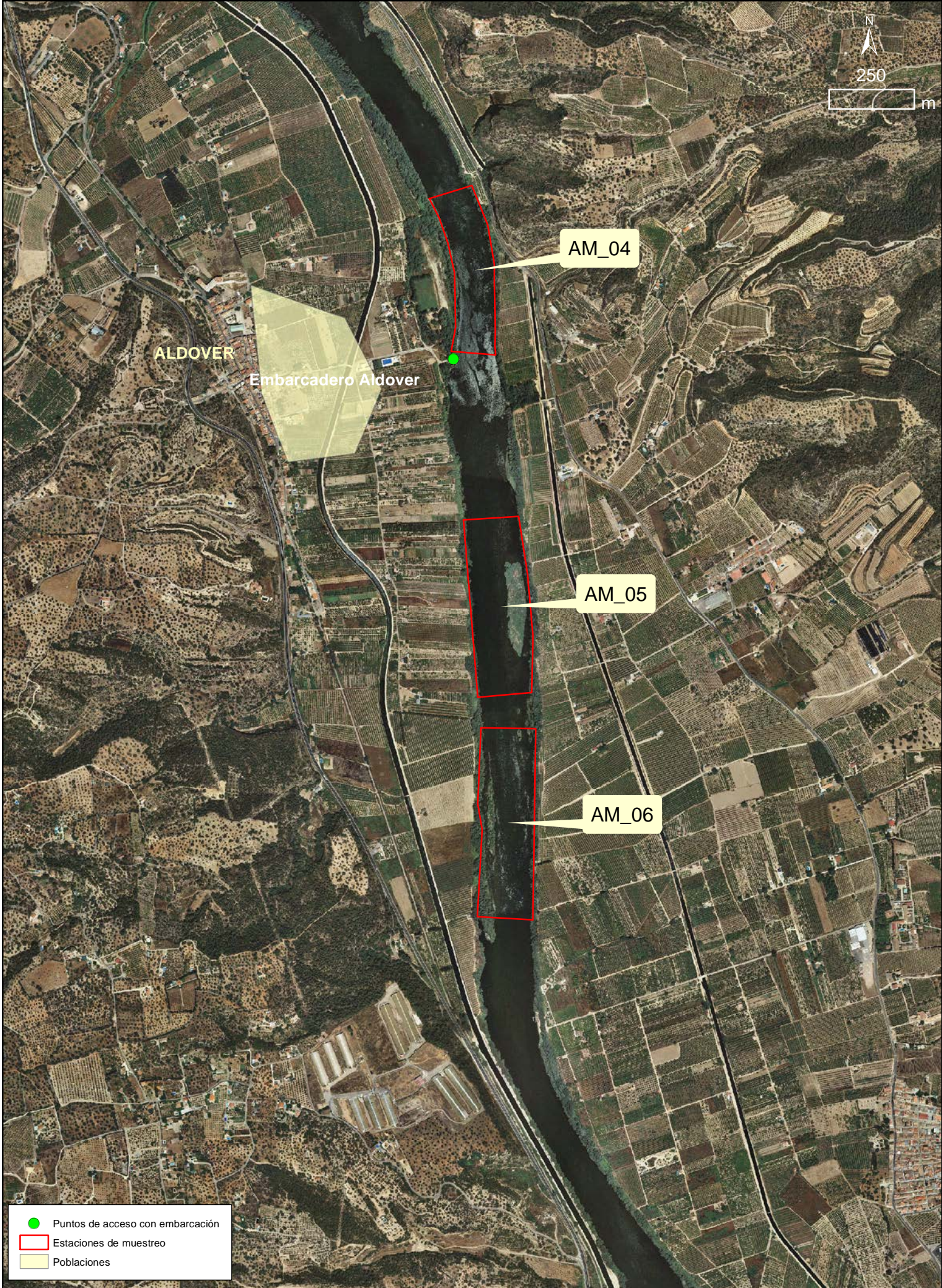
18/07/2014

Fuente:
IGN (Ortofoto PNOA)

Escala:
En el mapa

Autor:
 paleoymás
www.paleoymas.com

Promovido por:
 GOBIERNO DE ESPAÑA
 MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
 CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



ALDOVER

Embarcadero Aldover

AM_04

AM_05

AM_06

- Puntos de acceso con embarcación
- Estaciones de muestreo
- Poblaciones

Proyecto:
Seguimiento de las poblaciones de
caracol manzana en el bajo Ebro

18/07/2014

Fuente:
IGN (Ortofoto PNOA)

Escala:
En el mapa

Autor:
 paleoymás

Promovido por:



N
250
m

Illa d'Audi

AM_07

- Puntos de acceso con embarcación
- Estaciones de muestreo
- Poblaciones

Proyecto:
Seguimiento de las poblaciones de
caracol manzana en el bajo Ebro

18/07/2014

Fuente:
IGN (Ortofoto PNOA)

Escala:
En el mapa

Autor:
 paleoymás
www.paleoymas.com

Promovido por:
 GOBIERNO DE ESPAÑA
 MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
 CONFEDERACIÓN ESPAÑOLA DE AGRICULTORES DEL EBRO



Proyecto:
Seguimiento de las poblaciones de
caracol manzana en el bajo Ebro

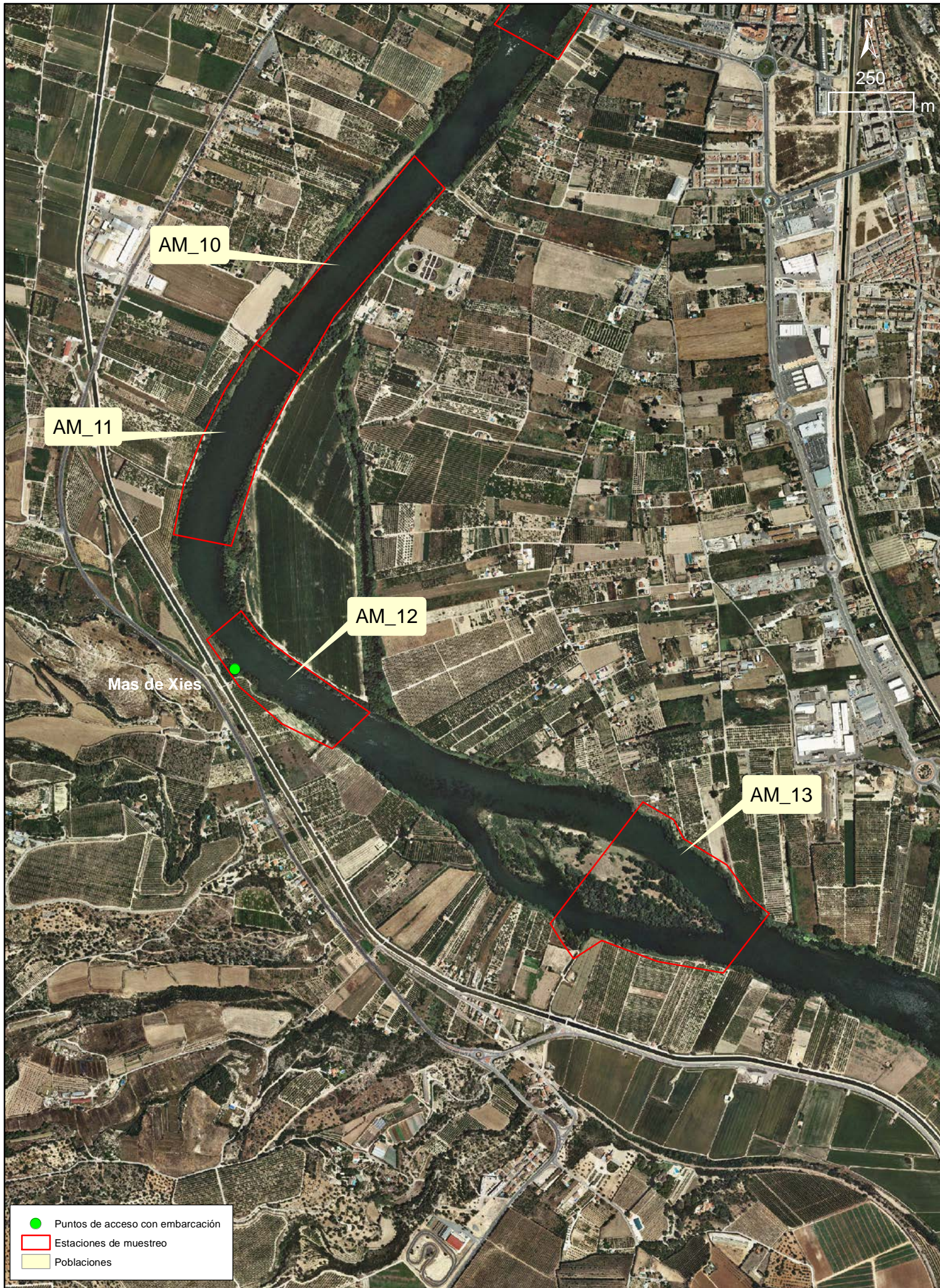
18/07/2014

Fuente:
IGN (Ortofoto PNOA)

Escala:
En el mapa

Autor:


Promovido por:

- Puntos de acceso con embarcación
- Estaciones de muestreo
- Poblaciones

Proyecto:
Seguimiento de las poblaciones de
caracol manzana en el bajo Ebro

18/07/2014

Fuente:
IGN (Ortofoto PNOA)

Escala:
En el mapa

Autor:


Promovido por:




250 m

Baix Ebre

AM_14

AM_15

- Puntos de acceso con embarcación
- Estaciones de muestreo
- Poblaciones

Proyecto:
Seguimiento de las poblaciones de
caracol manzana en el bajo Ebro

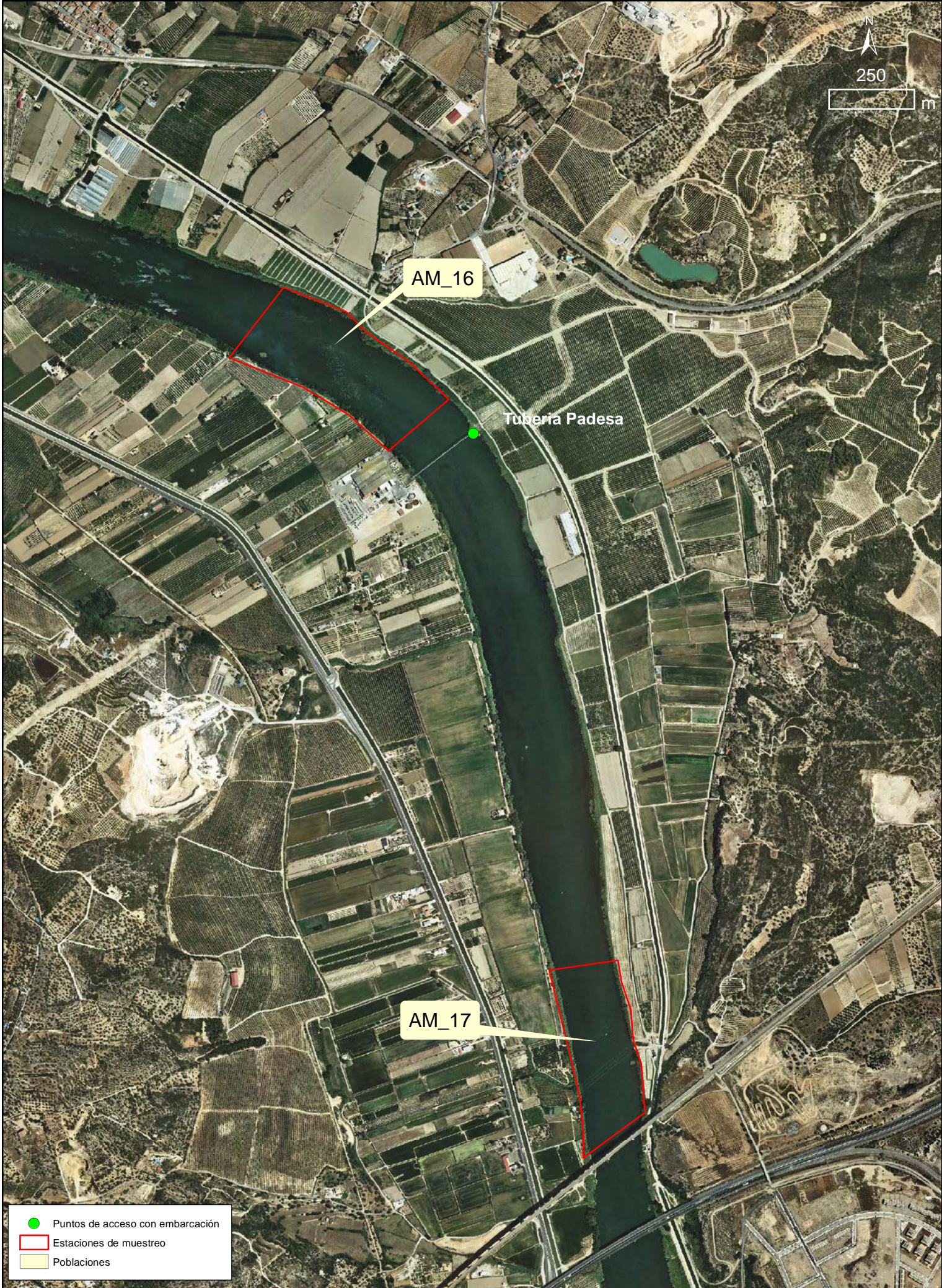
18/07/2014

Fuente:
IGN (Ortofoto PNOA)

Escala:
En el mapa

Autor:


Promovido por:

- Puntos de acceso con embarcación
- Estaciones de muestreo
- Poblaciones

Proyecto:
 Seguimiento de las poblaciones de
 caracol manzana en el bajo Ebro

18/07/2014

Fuente:
 IGN (Ortofoto PNOA)

Escala:
 En el mapa

Autor:


Promovido por:




Proyecto:
Seguimiento de las poblaciones de
caracol manzana en el bajo Ebro

18/07/2014

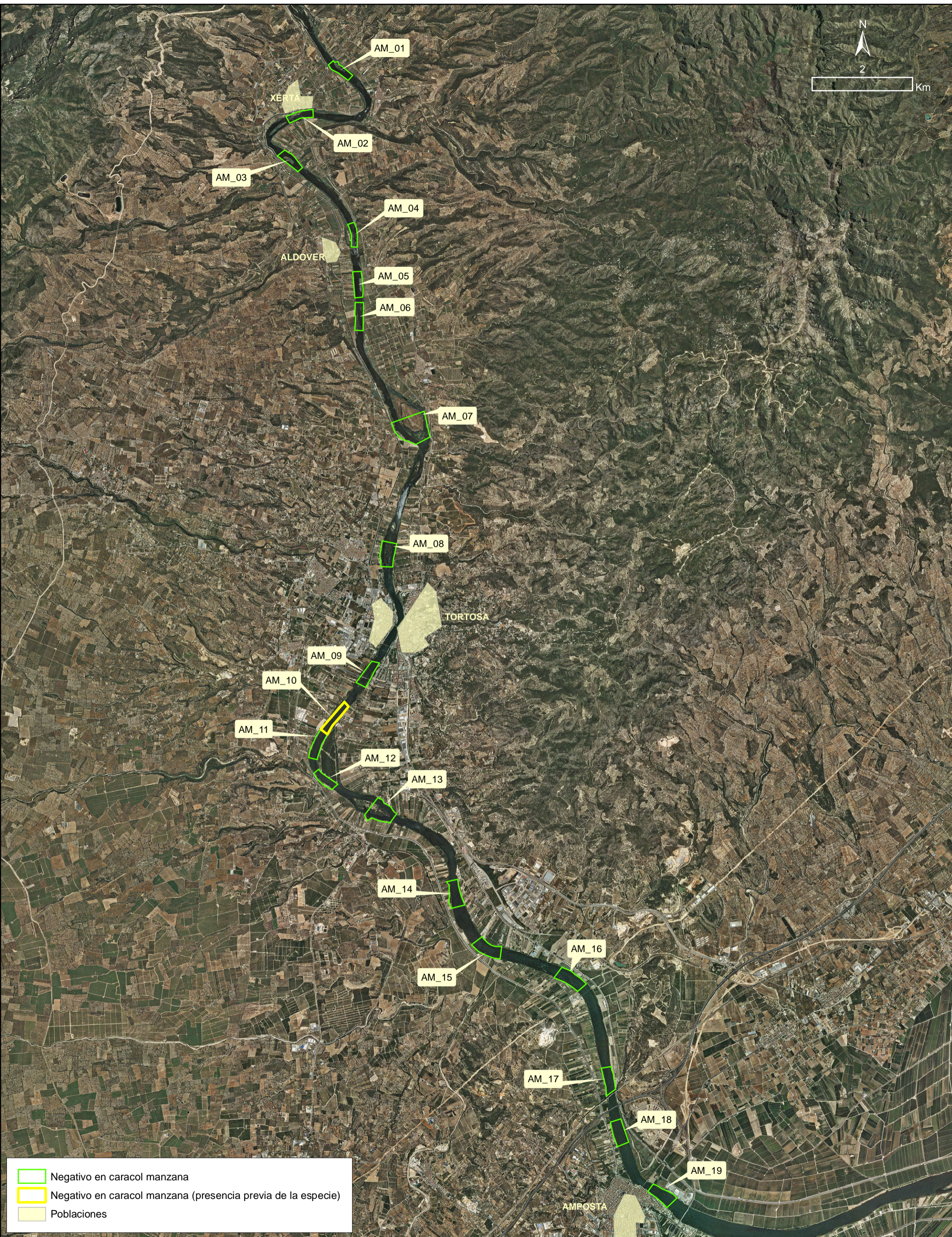
Fuente:
IGN (Ortofoto PNOA)

Escala:
En el mapa

Autor:


Promovido por:


2. Cartografía correspondiente a los resultados obtenidos



	Negativo en caracol manzana
	Negativo en caracol manzana (presencia previa de la especie)
	Poblaciones

Proyecto:
Seguimiento de las poblaciones de
caracol manzana en el bajo Ebro

18/07/2014

Fuente:
IGN (Ortofoto PNOA)

Escala:
En el mapa

Autor:

www.paleoymas.com

Promovido por:

**ANEXO 5. PROTOCOLO DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE CARACOL MANZANA
(POMACEA SP.)**

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. RECOGIDA DE MUESTRAS EN SU MEDIO	2
2. MANEJO DE MUESTRAS PARA DARLES MUERTE IN SITU EVITANDO SU TRANSPORTE EN VIVO	2
3. MANEJO DE MUESTRAS DURANTE EL TRANSPORTE AL LABORATORIO	4
4. PROCESAMIENTO EN EL LABORATORIO DE LAS MUESTRAS TRANSPORTADAS VIVAS.	4
5. CONSERVACIÓN DE EJEMPLARES TRANSPORTADOS VIVOS AL LABORATORIO..	5
6. REMISIÓN DE MUESTRAS CONSERVADAS A LOS LABORATORIOS PARA ESTUDIO TAXONÓMICO.....	6

PROTOCOLO DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE CARACOL MANZANA (*POMACEA SP.*)

1. RECOGIDA DE MUESTRAS EN SU MEDIO

- Todas las muestras obtenidas serán retenidas y no devueltas al medio natural.
- A las muestras vivas que no vayan a ser objeto de estudio o uso educativo se les dará muerte una vez contabilizadas, caracterizadas y fotografiadas en conjunto. Se retendrán en recipientes herméticos hasta su destrucción en lugar autorizado.
- Siempre que sea posible, en cada estación de muestreo positiva se obtendrá para su estudio en laboratorio un total de 6 especímenes vivos adultos (machos y hembras) y la mayor puesta de huevos hallada.
- Las muestras de cada estación se conservarán en recipientes o envases de tamaño suficiente para albergar los especímenes, identificados y provistos de cierre hermético.
- La identificación constará en una etiqueta con los datos de proyecto, estación de muestreo, localidad, número de ejemplar, taxón y fecha de obtención. Se mantendrá dicha identificación en lo sucesivo, incluyendo el tipo de conservación aplicado.
- Las muestras vivas se mantendrán frescas, con papel húmedo y agujeros de ventilación, hasta proceder a su muerte.
- Las muestras de conchas vacías que vayan a ser conservadas para un uso educativo se introducirán en seco en recipientes herméticos, etiquetados con su identificación.

2. MANEJO DE MUESTRAS PARA DARLES MUERTE IN SITU EVITANDO SU TRANSPORTE EN VIVO

- Las muestras vivas cuyas conchas vacías vayan a ser luego conservadas para un uso educativo se introducirán en recipientes herméticos cubiertos con etanol al 70%.
- Las muestras de puestas de huevos que vayan a ser objeto de estudio en el laboratorio se introducirán en un recipiente hermético, etiquetado con su identificación, cubiertas con una solución al 1-10% de hidróxido sódico (para separar los huevos).
- Las muestras de individuos adultos vivos que vayan a ser objeto de estudio taxonómico en el laboratorio serán procesadas siguiendo los siguientes pasos:

1º Fotografiado de cada individuo para identificar la imagen con la muestra.

2º Relajación previa. Se dispone de un recipiente de plástico lleno de hielo hasta 4/5 partes, introducido en una nevera portátil a -20°C. Se agrega el quinto restante de agua mineral líquida y se esperan 10-20 minutos hasta que la temperatura del agua líquida alcance los 4°C. Entonces se introducen los individuos adultos en el recipiente con agua a 4°C durante al menos 5 minutos.

3º Conservación para estudio molecular. Se tira un poco del opérculo para facilitar que con un bisturí se seccione una porción del pie y éste se conserva en etanol al 96% (puro, sin aditivos) en un frasco así identificado.

4º Preparación para su muerte. Se corta con un bisturí la última vuelta de la concha por la sutura lo más posible, en general a lo largo de toda la cavidad paleal (que es negra) hasta que empieza el riñón (que es marrón). Así se facilita que entren bien los líquidos conservantes con posterioridad.

5º Procedimiento para darles muerte. Se introducen los individuos en una solución de Raillet-Henry durante al menos 24 h. Su muerte se produce a los pocos minutos, por lo que ya no existe riesgo de escape.

Observación: El Raillet-Henry es un líquido fijador que está compuesto por agua destilada 93%, ácido acético 2%, formol 5% y 6 gramos de Cloruro de sodio (sal) por litro de solución. El Raillet Henry no endurece los tejidos y se facilitan las disecciones y además se podría hacer histología si fuera necesario, lo que también ayuda a la identificación de especies de Pomacea. La cantidad de fijador no debe ser menor a 10 veces el volumen del material a fijar. Se debe usar con mascarilla como medida de precaución para evitar inhalaciones de formol.

6º Conservación posterior para estudio morfo-anatómico. Tras 24 h en líquido Raillet-Henry, los ejemplares se pasarán a etanol al 70%, para evitar tener que trabajar con emanaciones del formol.

- El transporte de las muestras muertas requerirá autorización de la autoridad competente.

3. MANEJO DE MUESTRAS DURANTE EL TRANSPORTE AL LABORATORIO

- Las muestras de puestas de huevos que vayan a ser objeto de estudio posterior en el laboratorio se introducirán en recipientes herméticos, etiquetados con su identificación.
- Los especímenes vivos que vayan ser procesados en el laboratorio se introducirán en recipientes herméticos y se mantendrán frescos, con papel húmedo y agujeros de ventilación.
- Todas las muestras vivas se transportarán con las máximas medidas de seguridad para evitar su escape o suelta accidental.
- El transporte de las muestras vivas requerirá autorización de la autoridad competente.

4. PROCESAMIENTO EN EL LABORATORIO DE LAS MUESTRAS TRANSPORTADAS VIVAS.

- Previamente a su conservación se fotografiará cada uno de los ejemplares y puestas recogidos junto con una etiqueta identificativa, de tal forma que se pueda relacionar cada individuo con su muestra.
- En la etiqueta de la muestra deberá constar el proyecto, estación de muestreo, número de ejemplar y fecha de obtención.
- Las puestas de huevos se introducirán por separado en una solución al 1-10% de hidróxido sódico (para separar los huevos) y se conservarán en etanol al 70% con los mismos datos, para su recuento en el laboratorio.
- Las muestras vivas cuyas conchas vayan a ser conservadas para un uso educativo se hervirán y se extraerá sus partas blandas, que se eliminarán de modo autorizado. Las conchas se quedarán vacías y limpias. Se les fijará el opérculo pegado a un algodón introducido en la boca de la concha. Se conservarán en seco junto con las conchas obtenidas vacías en el medio, bien identificadas con una etiqueta.
- Las muestras vivas que vayan a ser objeto de estudio molecular y morfo-anatómico se dispondrán de modo inmediato para su tratamiento de conservación.

5. CONSERVACIÓN DE EJEMPLARES TRANSPORTADOS VIVOS AL LABORATORIO.

Las muestras de individuos adultos vivos que vayan a ser objeto de estudio taxonómico en laboratorio empleando un mismo espécimen para su estudio molecular y morfo-anatómico, serán conservadas siguiendo el mismo procedimiento expuesto en el manejo de muestras para darles muerte in situ.

En el caso de que no se vaya a emplear un mismo espécimen para su estudio molecular y morfo-anatómico, se procederá con los siguientes pasos:

1º Fotografiado de cada individuo para identificar la imagen con la muestra.

2º Conservación para estudio molecular. Se inyecta etanol al 96% en tres puntos separados de la concha previamente abiertos con un punzón y a continuación se introduce el ejemplar en un frasco cubierto con etanol al 96% (puro, sin aditivos) con etiqueta identificativa.

3º Conservación para estudio morfo-anatómico. Se someterán al tratamiento de anestesia para relajación de las partes blandas que a continuación se expone:

a) En un recipiente se dejará una cantidad de agua suficiente para que cubra los especímenes de cada muestra.

b) En dicho recipiente se colocarán cristales de mentol o se aplicará solución al 2% de Penta-Hypnol®, cubriendo la superficie del agua.

c) Se mantendrá en reposo en el paso anterior y sin luz unas 24 horas o hasta comprobar que no se observe retracción de las partes blandas de los especímenes.

d) Tras lo anterior, se retirarán del frasco los cristales de mentol y se dejarán secar para su reutilización.

e) Luego se separará el agua de los especímenes con un colador y acto seguido se someterán a un choque térmico sumergiéndolos en agua a 60°C durante 5 segundos.

f) Cada muestra se introducirá en frascos de cierre hermético con etanol al 70% y con la etiqueta identificativa.

Para cada frasco con muestras en etanol al 96% o al 70%, la identificación se escribirá en etiqueta exterior rotulada con tinta indeleble y a su vez con lápiz en una porción de papel vegetal que se introducirá de forma visible en el interior de cada frasco

Los frascos con muestras en etanol al 96% o al 70% han de estar completamente llenos del líquido conservante para evitar que queden sin fijar bien los especímenes, sus partes o puestas de huevos. Deben estar cerrados herméticamente y precintados con cinta aislante para evitar pérdidas de líquido.

6. REMISIÓN DE MUESTRAS CONSERVADAS A LOS LABORATORIOS PARA ESTUDIO TAXONÓMICO.

Se tomarán fotografías de todos los frascos con etanol antes de remitir a los laboratorios para su estudio taxonómico molecular y morfo-anatómico.

Se elaborará un registro de salida de las muestras y se llevará durante su transporte, junto con las autorizaciones de las autoridades competentes.

Las muestras se transportarán custodiadas en todo momento por una persona del equipo hasta los laboratorios concertados en los que quedarán registradas de entrada para su depósito oficial.

ANEXO 6. FONDO DOCUMENTAL SOBRE EL CARACOL MANZANA

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. FAMILIA AMPULLARIIDAE	3
2. GÉNERO POMACEA.....	3
3. GENÉTICA, FILOGENIA Y EVOLUCIÓN.....	4
4. CICLO DE VIDA, REPRODUCCIÓN, JUVENILES Y CRECIMIENTO	4
5. CONTROL Y BIOCONTROL	6
6. IMPACTO SOBRE LOS ECOSISTEMAS.....	7
7. DESARROLLO.....	8
8. EPIDEMIOLOGIA.....	8
9. ESPECIES INVASORAS	9
10. FACTORES ABIÓTICOS DE INFLUENCIA	9
11. FISIOLOGÍA Y METABOLISMO	10
12. IDENTIFICACIÓN P.CANALICULATA.....	10
13. GESTIÓN DE LA PLAGA	11
14. VARIACIÓN CONQUIOLIOLÓGICA CANALICULATA.....	14
15. OTROS	15
16. ESPAÑA.....	19
17. RECURSOS ELECTRÓNICOS:	21

FONDO DOCUMENTAL SOBRE EL CARACOL MANZANA

1. FAMILIA AMPULLARIIDAE

Cowie R. H. y Héros V. 2012. — Annotated catalogue of the types of Ampullariidae (Mollusca, Gastropoda) in the Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, with lectotype designations. *Zoosystema*, 34(4): 793-824. <http://dx.doi.org/10.5252/z2012n4a8>

Köhler, F. y M. Glaubrecht. 2006. The Types of Ampullariidae Gray, 1824 (Mollusca, Gastropoda) in the Malacological Collection of the Natural History Museum, Berlin: an annotated catalogue with lectotype designations. *Mitt. Mus. Nat.kd. Berl., Zool. Reihe*, 82(1): 198-215.

2. GÉNERO POMACEA

Cowie, R.H. 1997. *Pila* Röding, 1798 and *Pomacea* Perry, 1810 (Mollusca, Gastropoda): proposed placement on the Official List, and AMPULLARIIDAE Gray, 1824: proposed confirmation as the nomenclaturally valid synonym of PILIDAE Preston, 1915. *Bulletin of Zoological Nomenclature*. 54(2): 83-88.

International Commission on Zoological Nomenclature (ICZN), 1999. *Pila* Röding, 1798 and *Pomacea* Perry, 1810 (Mollusca, Gastropoda). Placed on the Official List, and AMPULLARIIDAE Gray, 1824, confirmed as the nomenclaturally valid synonym of PILIDAE Preston, 1915. *Bulletin of Zoological Nomenclature*, 56(1): 74-76.

International Commission on Zoological Nomenclature (ICZN), 2002. *Pila* Röding, 1798 and *Pomacea* Perry, 1810 (Mollusca, Gastropoda). *Ampullaria canaliculata* Lamarck, 1822 (currently *Pomacea canaliculata*; Mollusca, Gastropoda): specific name conserved. *Bulletin of Zoological Nomenclature*, 59(2): 137-138.

MAGRAMA. 2012. Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras, Fam. Ampullariidae. <http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies-amenazadas/Fam._Ampullariidae_2013_tcm7-307134.pdf> [Consulta: 15 de julio de 2014].

Vázquez-Silva, G.; Castro-Barrera, T.; Castro-Mejía, J. y Mendoza-Martínez, G.D. 2011. Los caracoles del género *Pomacea* (Perry, 1810) y su importancia ecológica y socioeconómica. *Contactos*, 81: 28-33.

3. GENÉTICA, FILOGENIA Y EVOLUCIÓN

- Andree, K.B. y M.A. López. 2013. Species identification from achieved snail shells via genetic analysis: a method for DNA extraction from empty shells. *Molluscan Research*, 33(1): 1-5.
- Colgan, D.J., McLauchlan, A., Wilson, G.D.F., Livingston, S., Macaranas, J., Edgecombe, G.D., Cassis, G. y Gray, M.R. 1998. Molecular phylogenetics of the Arthropoda: relationships based on histone H3 and U2 snRNA DNA sequences. *Aust. J. Zool.*, 46: 419–437.
- Dong, S., Shentu, X., Pan, Y., Bai, X., Yu, X. y H. Wang. 2011. Evaluation of genetic diversity in the golden apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck), from different geographical populations in China by inter simple sequence repeat (ISSR). *African Journal of Biotechnology*, 10(10): 1777-1783.
- Harasewych, M.G.; Adamkewicz, S.L.; Plassmeyer, M. y Gillevet, M.P. 1998. Phylogenetic relationships of the lower Caenogastropoda (Mollusca, Gastropoda, Architaenioglossa, Campaniloidea, Cerithioidea) as determined by partial 18s rDNA sequences. *Zoologica Scripta*, 27 (4): 361-372.
- Hayes, K.A., Cowie, R.H. y Thiengo, S.C. 2009. A global phylogeny of apple snails: Gondwanan origin, generic relationships and the influence of outgroup choice (Caenogastropoda: Ampullariidae). *Biol. J. Linn. Soc. Lond.*, 98(1), 61-76.
- Jorgensen, A.; Kristensen, T.K. y Madsen, H. 2008. A molecular phylogeny of apple snails (Gastropoda, Caenogastropoda, Ampullariidae) with an emphasis on African species. *Zoologica Scripta*, 37: 245-252.
- Matsukura, K., Okuda, M., Cazzaniga, N.J. y Wada, T. 2013. Genetic exchange between two freshwater apple snails, *Pomacea canaliculata* and *Pomacea maculata* invading East and Southeast Asia. *Biological Invasions*, 15: 2039–2048.
- Tran, C.T.; Hayes, K.A. y Cowie, R.H. 2008. Lack of Mitochondrial DNA Diversity in Invasive Apple Snails (Ampullariidae) in Hawaii. *Malacología*, 50(1-2): 351-357.

4. CICLO DE VIDA, REPRODUCCIÓN, JUVENILES Y CRECIMIENTO

- Baker, P., Zimmanck, F. y S.M. Baker. 2010. Feeding rates of an introduced freshwater gastropod *Pomacea insularum* on native and non indigenous aquatic plants in Florida. *Journal of molluscan studies*, 76: 138-143

- Barnes, M.A., Fordham, R.K. y R.L. Burks. 2008. Fecundity of the exotic apple snail, *Pomacea insularum*. J.N. Am. Benthol. Soc. 27(3): 738-745.
- Boland, B.B.; Meerhoff, M.; Fosalba, C.; Mazzeo, N.; Barnes, M.A. y Bursks, R.L. 2008. Juvenile Snails, Adult Appetites: Contrasting Resource Consumption Between Two Species of Apple snails (*Pomacea*). Journal of Molluscan Studies. 1-8.
- Burks, R.L., Hensley, S.A. y C.H. Kyle. 2011. Quite the appetite: juvenile island apple snails (*Pomacea insularum*) survive consuming only exotic invasive plants. Journal of molluscan studies. 77: 423-428.
- Burks, R.L., Kyle, C.H. y M.K. Trawick. 2010. Pink eggs and snails: field oviposition patterns of an invasive snail, *Pomacea insularum*, indicate a preference for an invasive macrophyte. Hydrobiologia. 646: 243-251.
- Duberlyn, D.T.V. 2013. Determinación del ciclo biológico del caracol *Pomacea canaliculata*, Utilizando hojas de arroz como base alimenticia, bajo condiciones de invernadero. Tesis de Grado. Director: Álava-Vera. D. Universidad técnica de Babahoyo.
- Estoy, G.F., Yusa, Y., Wada, T., Sakurai, H. y K. Tsuchida. 2002. Size and age at first copulation and spawning of the apple snail, *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae). Appl. Entomol. Zool. 37(1): 199-205.
- Heiler, K.C.M., vonOheim, P.V., Ekschmitt, K. y Ch. Albrecht. 2008. Mollusca, 26 (1): 73-81.
- Horn, K.C.; Johnson, D.S.; Boles, K.M.; Moore, A.; Siemann, E. y Gabler, C.A. 2008. Factors Affecting Hatching Success of Golden Apple Snail Eggs: Effects of Water Immersion and Cannibalism. Wetlands. 28 (2): 544-549.
- Kyle, C.H.; Kropf, A.W. y Burks, R.L. 2011. Prime waterfront real estate: Apple snails choose wild taro for oviposition sites. Current Zoology 57 (5): 630-641.
- Kyle, C.H.; Tracwick, M.K.; McDonough, J.P. 2009. Population Dynamics of an Established Reproducing Population of the Invasive Apple Snail (*Pomacea insularum*) in suburban southeast Houston, Texas. The Texas Journal of Science. 61 (4): 1-5.
- Lach, L.; Britton, D.K.; Rundell, R.J. y Cowie, R.H. 2000. Food preference and reproductive plasticity in an invasive freshwater snail. Biological invasions 2: pp. 279-288.
- Qiu, J.W. y Kwong K.L. 2009. Effects of macrophytes on feeding and life-history traits of the invasive Apple snail *Pomacea canaliculata*. Freshwater Biology. 54: 1720-1730.
- Saveanu, L. y Martín, P.R. 2013. Pedal surgace collecting as an alternative feeding mechanism of the invasive Apple snail *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda: Ampullariidae). Journal of Molluscan Studies. 79: 11-18.

- Seuffert, M.E. y Martín, P.R. 2013. Juvenile growth and survival of the apple snail *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda: Ampullariidae) reared at different constant temperatures. SpringerPlus. 2: 312. Disponible en: [<http://www.springerplus.com/content/2/1/312>].
- Tamburi N.E. y Martín, P.R. 2008. Reaction norms of size and age at maturity of *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae) under a gradient of food deprivation. Journal of Molluscan Studies 75. Pp.19-26.
- Tamburi, N.E. y P.R. Martin. 2008. Reactions norms of size and age at maturity of *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae) under a gradient of food deprivation. Journal of Molluscan Studies. 75: 19-26.
- Tamburi, N.E. y Martín P.R. 2011. Effects of food availability on reproductive output, offspring quality and reproductive efficiency in the apple snail *Pomacea canaliculata*. Biological Invasions 13: 2351-2360.
- Teo, S.S. 2004. Biology of the golden snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822), with emphasis on responses to certain environmental condition in Sabah, Malaysia. Molluscan Research. 24:139-148.
- Wong, P.K., Liang, Y., Liu, N.Y. y J.W. Qiu. 2010. Palatability of macrophytes to the invasive freshwater snail *Pomacea canaliculata*: differential effects of multiple plant traits. Freshwater biology, 55: 2023-2031.
- Wu, J.Y. Wu, Y.T., Li, M.C., Chiu, Y.W., Liu, M.Y. y L.L. Liu. 2011. Reproduction and juvenile growth of the invasive apple snails *Pomacea canaliculata* and *P. scalaris* (Gastropoda: Ampullariidae) in Taiwan. Zoological Studies 50(1): 61-68.

5. CONTROL Y BIOCONTROL

- Joshi, R.C.; San Martín; R. Saez-Navarrete, C.; Alarcon, J.; Sainz, J.; Antolin, M.M.; Martín, A.R. y Sebastian L.S. 2008. Efficacy of quinoa (*Chenopodium quinoa*) saponins against Golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) in the Philippines under laboratory conditions. Crop protection, 27: 553-557.
- Levin, P. 2006. Statewide strategic control plan for apple snail (*Pomacea canaliculata*) in Hawai'i. The hawai'i land restoration Institute. 182 pp.
- Martin, C.H., Bayha, K.M. y Valentine, J.F. 2012. Establishment of the invasive Island Apple Snail *Pomacea insularum* (Gastropoda: Ampullariidae) and eradication efforts in Mobile, Alabama, USA. Gulf of Mexico Science, 1-2: 30-38.

- Molina-Zamora, V.S. 2012. Evaluación del uso del sábalo (*Brycon sp.*) para el bio control de la población de caracol manzana (*Pomacea sp.*). Tesis de grado. Director: Pérez, M. Universidad Estatal Amazónica.
- Ochoa-Chumaña, L.A. y García-Onofre, J.A. 2012. Tesis de grado: Determinación de la Actividad Molusquicida de dos Extractos Vegetales sobre Caracol Manzana (*Pomacea canaliculata*) y su impacto en la Diversidad de Artrópodos. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- San Martin, R.; Ndjoko, K. y Hostettmann, K. 2008. Novel molluscicide against *Pomacea canaliculata* based on quinoa (*Chenopodium quinoa*) saponins. *Crop Protection*, 27: 310-319.
- Wada, T. 2004. Strategies for Controlling the Apple Snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullariidae) in Japanese Direct-Sown Paddy Fields. *JARQ*, 38 (2): 75-80.
- Wu, D.C.; Yu, J.Z.; Chen, B.H.; Lin, C.Y. y Ko, W.H. 2005. Inhibition of egg hatching with apple wax solvent as a novel method for controlling golden apple snail (*Pomacea canaliculata*). *Crop Protection*, 24: 483-486.

6. IMPACTO SOBRE LOS ECOSISTEMAS

- Carlsson, N.O.L, Brönkmark, Ch. y L.-A. Hansson. 2004. Invading herbivory: the golden apple snail alters ecosystem functioning in Asian wetlands. *Ecology*, 85(6): 1575-1580.
- Carlsson, N.O.L.; Sarnelle, O. y Strayer, D.L. 2009. Native predators and exotic prey an acquired taste?. *Front Ecol Environ*, 7(10): 525-532.
- Conner, S.L.; Pomory, C.M. y Darby, P.C. 2008. Density effects of native and exotic snails on growth in juvenile apple snails *Pomacea paludosa* (Gastropoda: Ampullariidae): A laboratory experiment. *Journal of Molluscan Studies*, 74: 355-362.
- Costanza, R., et al. 1997. The value of the worlds ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253–260.
- Cowie, R.H. 2001. Invertebrate invasions on Pacific Islands and the replacement of unique native faunas: a synthesis of the land and freshwater snails. *Biological Invasions*, 3: 119-136.

Horgan, F.G., Stuart, A.M. y E.P. Kudavidanage. 2012. Impact of invasive apple snails on the functioning and services of natural and managed wetlands. *Acta Oecologica*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.actao.2012.10.002>.

Kwong, K.L., R.K.Y. Chan y J.W.Qiu. 2009. The potential of invasive snail *Pomacea canaliculata* as a predator of various life-stages of five species of freshwater snails. *Malacologia*, 51(2): 343-356.

Morrison, W.E. y Hay, M.E. 2012. Are lower-latitude plants better defended? Palatability of freshwater macrophytes. *Ecology*, 93 (1). Pp. 65-74.

7. DESARROLLO

Liu, W.H.; Chiu, Y.W.; Huang, D.J.; Liu, M.Y.; Lee, C.C. y Liu, L.L. 2006. Imposex in the golden apple snail *Pomacea canaliculata* in Taiwan. *Science of the Total Environment*, 371: 138-143.

8. EPIDEMIOLOGIA

Adegoke, A.A.; Bukola, A.T.C.; Comfort, I.U., Olayinka, A.A. y Amos, K.O. 2010. Snails as meat source: Epidemiological and nutritional perspectives. *Journal of Microbiology and Antimicrobials* Vol. 2 (1). Pp. 1-5.

Brady, S.K. y Meagher, M.J. (Eds.) 2013. *Angiostrongylus*. *Hawaii Journal of Medicine and Public Health. Asia pacific Medicine and Public Health*. 2013. 71(6) Supplement 2.

Deng, Z.H.; Zhang, Q.M.; Huang, S.Y. y Jones, J.L. 2012. First provincial survey of *Angiostrongylus cantonensis* in Guandong Province, China. *Tropical Medicine and International Health*, 17(1): 119-122.

Hochberg, N.S.; Park, S.Y.; Blackburn, B.G.; Sejvar, J.J.; Gaynor, K.; Chung, H.; Leniek, K.; Herwaldt, B.L. y Effler, P.V. 2007. Distribution of Eosinophilic Meningitis Cases Attributable to *Angiostrongylus cantonensis*, Hawaii. *Emerging Infectious Diseases*, 13(11): 1675-1680.

Hollingsworth, R.G. y Cowie, R.H. 2006. Apple Snails as Disease Vectors. En: *Global advances in ecology and management of golden apple snails* / Ravindra C. Joshi, Leocadio S. Sebastian, editores.—Nueva Ecija : Philippine Rice Research Institute, 121-132.

- Lv S, Zhang Y, Liu H-X, Hu L, Yang K, et al. 2009 Invasive Snails and an Emerging Infectious Disease: Results from the First National Survey on *Angiostrongylus cantonensis* in China. PLoS Neglected Tropical Diseases, 3(2): 1-8.
- Lv, S.; Shang, Y.; Steinmann, P.; Yang, G.J.; Yang, K.; Zhou, X.M. y Utzinger, J. 2011. The emergence of angiostrongyliasis in the People's Republic of China: the interplay between invasive snails, climate change and transmission dynamics. Freshwater Biology, 56: 717-734.
- Muzzio-Aroca, J.K. 2011. Moluscos hospederos intermediarios de *Angiostrongylus cantonensis* en dos provincias de Ecuador. Tesis de Maestría en el Instituto de Medicina Tropical Pedro Kouri. La Habana, Cuba.
- Saulo, A.A. 2009. Avoid Contracting Angiostrongyliasis (Rat Lungworm Infection): Wash Fresh Fruits and Vegetables before eating!. Food Safety and Technology, FST-35.
- Vázquez-Perera, A.A.; González-Coello, C.; Sánchez-Noda, J. y Menéndez, A.A. 2010. Distribución y características ecológicas de moluscos fluviales de interés médico en la provincia de Santiago de Cuba. Revista Cubana de Medicina Tropical, 63(1): 58-63.

9. ESPECIES INVASORAS

- Keller, R.P.; Drake, J.M. y Lodge, D, M. 2006. Fecundity as a Basis for Risk Assessment of Nonindigenous Freshwater Molluscs. Conservation Biology, 21(1): 191-200.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S. y De Poorter, M. 2000. 100 of the World's Worst Invasive Alien Species A selection from the Global Invasive Species Database. Published by The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN), 12 pp.

10. FACTORES ABIÓTICOS DE INFLUENCIA

- Byers, J. E., McDowell, W., Dodd, S., Haynie, R., Pintor, L. y Wilde, S. 2013. Climate and pH predict the potential range of the invasive apple snail (*Pomacea insularum*) in the southeastern United States. PLoS ONE, 8 (2): 1-9.

11. FISIOLÓGÍA Y METABOLISMO

Dreon, M.S.; Lavarias, S.; Garin, C.F.; Heras, H. y Pollero, R.J. 2002. Synthesis, Distribution, and Levels of an Egg Lipoprotein From the Apple Snail *Pomacea canaliculata* (Mollusca: Gastropoda). *Journal of Experimental Zoology* 292: 323-330.

Dreon, M.S., Schinella, G., Heras, H., y Pollero, R.J. 2004. Antioxidant defense system in the apple snail eggs, the role of ovorubin. *Arch Biochem Biophys*, 422: 1–8.

Dreon, M.S., Ituarte, S., Ceolín, M. y Heras H. 2008. Global shape and pH stability of ovorubin, an oligomeric protein from the eggs of *Pomacea canaliculata*. *FEBS Journal*, 275: 4522-4530.

Garin, C.F.; Heras, H. y Pollero, R.J. 1996. Lipoproteins of the Egg Perivitelline Fluid of *Pomacea canaliculata* Snails (Mollusca: Gastropoda). *The journal of Experimental Zoology*, 276: 307-314.

Heras, H.; Garin, C.F. y Pollero, R.J. Biochemical Composition and Energy Sources During Embryo Development and in Early Juveniles of the Snail *Pomacea canaliculata* (Mollusca: Gastropoda). *The Journal of Experimental Zoology*, 280: 375-383.

12. IDENTIFICACIÓN P.CANALICULATA

Bronson, C.H. 2002. Apple snails. Technical bulletin no. 3, Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee, Florida, USA.

Cowie, R.H. 2001. Invertebrate invasions on Pacific Islands and the replacement of unique native faunas: a synthesis of the land and freshwater snails. *Biological Invasions*, 3: 119-136.

Cowie, R.H., Hayes, K.A. y Thiengo, S.C. 2006. What are apple snails? Confused taxonomy and some preliminary resolution. Pages 3–24 in R. C. Joshi y L.S. Sebastian (editors). *Global advances in ecology and management of Golden Apple Snails*. Philippine Rice Research Institute, Nueva Ecija, Philippines.

Denson, D. Channeled apple Snails invade Numerous florida Waters. Disponible en: [<https://www.leoncountyfl.gov/lcswm/PomaceaCanaliculata.pdf>]

EFSA Panel on Plant Health (PLH). 2012. Statement on the identity of apple snails. *EFSA Journal*, 10(4): 2645. 11 pp. doi:10.2903/j.efsa.2012.2645. <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2645.htm>.

- Ferentinos, L.; Smith, J. y Valenzuela, H. 2002. Sustainable Agriculture Green Manure Crops. SAGM-2. 1-3.
- Generalitat de Catalunya. 2012. El Cargol Poma: Identificació de diferents espècies del gènere Pomacea. Servicio de Sanitat Vegetal.
- Hayes, K.A., Cowie, R.H., Thiengo, S.C. y Strong, E.E. 2012. Comparing apples with apples: clarifying the identities of two highly invasive neotropical Ampullariidae (Caenogastropoda). Zool. J. Linn. Soc., 166: 723–753.
- Marqués de Mesquita, E.F.; Campos dos Santos, A. y Andrade, J. 1991. Anatomía e Histología do Conducto Genital Femenino de *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822) (Mollusca, Gastropoda, Pilidae). Revista Brasileira de Zoologia, 7(3): 281-287.
- Matsukura, K.; Okuda, M.; Kubota, K. y Wada, T. 2008. Genetic divergence of the genus Pomacea (Gastropoda: Ampullariidae) distributed in Japan, and a simple molecular method to distinguish *P. canaliculata* and *P. insularum*. Appl. Entomol. Zool., 43 (4): 535-540.
- Youens, A.K. y Burks, R.L. 2008. Comparing applesnails with oranges: the need to standardize measuring techniques when studying Pomacea. Aquat. Ecol., 42: 679-684.

13. GESTIÓN DE LA PLAGA

- .Fang, L.; Wong, P.K.; Lin, L.; Lan, C. y Qiu, J.W. 2010. Impact of invasive apple snails in Hong Kong on wetland macrophytes, nutrients, phytoplankton and filamentous algae. Freshwater Biology, 55: 1191–1204.
- BARKER, G.M. y WATTS, C. 2002. Management of the invasive alien snail *Cantareus aspersus* on conservation land. Department of Conservation, Wellington.
- Burlakova LE; Padilla, D.K.; Karatayev, AY; Hollas, D.N, Cartwright, L.D. et al. 2010. Differences in population dynamics and potential impacts of a freshwater invader driven by temporal habitat stability. Biological Invasions, 12: 927-941
- Carlsson, N.; Kestrup, A; Martensson, M. y Nyström, P. 2004. Lethal and non-lethal effects of multiple indigenous predators on the invasive golden apple snail (*Pomacea canaliculata*). Freshwater Biology, 49: 1269-1279.
- Carlsson, N.O.L, Brönkmark, Ch. y Hansson, L.A. 2004. Invading herbivory: the golden apple snail alters ecosystem functioning in Asian wetlands. Ecology, 85 (6): 1575-1580.

- Cooperative Extension Service. 2009. The Pesticide Label: Key to Pesticide Safety and Education. Honolulu, Hawaii.
- Cowie, R.H., Dillon, RT; Robinson, DG.; Smith, JW. 2009. Alien non-marine snails and slugs of priority quarantine importance in the United States: A preliminary risk assessment. *American malacological bulletin*, 27: 113-132.
- Ebenso, I.E. 2003. Molluscicidal effects of neem (*Azadirachta indica*) extracts on edible tropical land snails. *Pest Management Science*, 60: 178-182.
- Estebenet, A.L. y Martín, P.R. 2002. *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae): Life-history Traits and their Plasticity. Workshop minireview en *Biocell*, 26 (1): 83-89.
- Holland, BS; Christensen, CC; Hayes, KA; y Cowie, RH. 2008. Biocontrol in Hawaii: A Response to Messing (2007). *Biocontrol in Hawaii: A Response Proc. Hawaiian Entomol. Soc.*, 40: 81-83.
- Huang, H.C; Liao,S.C. y Chang, F.R. 2003. Molluscicidal Saponins from *Sapindus mukorossi*, Inhibitory Agents of Golden Apple Snails, *Pomacea canaliculata*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 4916-4919.
- Hwang, PA; Noguchi, T; y Hwang, DF. 2004. Neurotoxin tetrodotoxin as attractant for toxic snails. *Fisheries Science*; 70: 1106–1112.
- Ichinose, K; Yusa, Y. y Yoshida, K. 2003. Alarm response of hatchlings of the apple snail, *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae), to aqueous extracts of other individuals. *Ecological Research*, 18: 213–219.
- Joshi, R.C. 2007. Problems with the management of the Golden Apple Snail *Pomacea canaliculata*: an important exotic pest of rice in Asia. M.J.B. Vreysen, and J. Hendrichs (eds.) *Area-wide Control of Insect Pests Springer, Netherland*, 257-264.
- Joshi, R.C.; San Martín; R. Saez-Navarrete, C.; Alarcon, J.; Sainz, J.; Antolin, M.M.; Martín, A.R. y Sebastian L.S. 2008. Efficacy of quinoa (*Chenopodium quinoa*) saponins against Golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) in the Philippines under laboratory conditions. *Crop protection*, 27: 553-557.
- Levin, P. 2006. Statewide strategic control plan for apple snail (*Pomacea canaliculata*) in Hawai'i. The hawai'i land restoration Institute. 182 pp.
- Levin, P., Cowie, RH; Taylor, JM; Hayes, KA. Et al. 2006. Apple Snails Invasions and the Slow Road to Control: Ecological Economic, Agricultural and Cultural perspectives in Hawaii. En: *Global advances in ecology and management of golden apple snails / Ravindra C. Joshi, Leocadio S. Sebastian, Editores.—Nueva Ecija : Philippine Rice Research Institute, 2006. 325-335.*

- Litsinger, JA. y Estano, D.B. 1993. Management of the Golden Apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) in rice. *Crop Protection*, 12(5): 362-370.
- Lo C.-C. y Hsieh T.-T. 2000. Acute Toxicity to the Golden Apple Snail and Estimated Bioconcentration Potential of Triphenylphosphine Oxide and Series of Related Compounds. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology*, 65:104-111.
- Martin, C.H., Bayha, K.M. y J.F. Valentine. 2012. Establishment of the invasive Island Apple Snail *Pomacea insularum* (Gastropoda: Ampullariidae) and eradication efforts in Mobile, Alabama, USA. *Gulf of Mexico Science*, 1-2: 30-38.
- Moran, S.; Gotlib, Y. y Yaakov, B. Management of land snails in cut green ornamentals by copper hydroxide formulations. *Crop Protection*, 23: 647–650.
- Peña, S.C.; Pocsidio, G.N. 2007. Influence of Copper on the Feeding Rate, Growth and Reproduction of the Golden Apple Snail, *Pomacea canaliculata* Lamarck. *Bull Environ Contam Toxicol*, 79: 606–608.
- Plan, MRR.; Saska, I.; Cagauan, A.G. y Craik, D.J. 2008. Backbone Cyclised Peptides from Plants Show Molluscicidal Activity against the Rice Pest *Pomacea canaliculata* (Golden Apple Snail). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 5237-5241.
- Reed, W.L.; Janzen, F.J. 1999. Natural selection by avian predators on size and colour of a freshwater snail (*Pomacea jagellata*). *Biological Journal of the Linnean Society*, 67: 331-342.
- San Martin, R.; Ndjoko, K. y Hostettmann, K. 2008. Novel molluscicide against *Pomacea canaliculata* based on quinoa (*Chenopodium quinoa*) saponins. *Crop Protection*, 27: 310-319.
- Sanico, A.L.; Peng, S.; Laza, R.C. y Visperas, R.M. 2002. Effect of seedling age and seedling number per hill on snail damage in irrigated rice. *Crop Protection*, 21: 137–143.
- Schoenly, KG.; Cohen, J.E.; Heong; K.L. et al. 2010. Fallowing did not disrupt invertebrate fauna in Philippine low-pesticide irrigated rice fields. *Journal of Applied Ecology*, 47: 593–602.
- Snelder, D.J.; Masipiqueña, M.D. & Snoo, G. R. 2008. Risk assessment of pesticide usage by smallholder farmers in the Cagayan Valley (Philippines). *Crop Protection*, 27: 747–762.
- Song ZJ, Xu XM, Deng WL, Peng SL, Ding LS y Xu HH. 2011. A new dimeric iridal triterpenoid from *Belamcanda chinensis* with significant molluscicide activity. *Org Lett*, 13:462–465

- Sun J., Wang, M., Wang H., Zhang H., Zhang X., Thiyagarajan V. et al. 2012. De novo assembly of the transcriptome of an invasive snail and its multiple ecological applications. *Molecular Ecology Resources*, 12: 1133–1144.
- Sun, J.; Zhang H.; Wang, H.; Heras, H.; Dreon, M.S.; Ituarte, S. et al. First Proteome of the Egg Perivitelline Fluid of a Freshwater Gastropod with Aerial Oviposition. *Journal of Proteome Research*, 11: 4240-4248.
- Teo, S.S. 2001. Evaluation of different duck varieties for the control of the golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) in transplanted and direct seeded rice. *Crop Protection*, 20: 599-604.
- Teo, S.S. 2006. Evaluation of different species of fish for biological control of golden apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) in rice. *Crop Protection*, 25: 1004–1012.
- Vázquez-Silva, G.; Castro-Barrera, T.; Castro-Mejía, J. y Mendoza-Martínez, G.D. 2011. Los caracoles del género *Pomacea* (Perry, 1810) y su importancia ecológica y socioeconómica. *Contactos*, 81: 28-33.
- Wu, D. C., Yu, J. Z., Chen, B. H., Lin, C. Y., y Ko, W. H. 2004. Inhibition of egg hatching with apple wax solvent as a novel method for controlling golden apple snail (*Pomacea canaliculata*). *Crop Prot.*, 24: 483-486.
- Yoshie, H. y Yusa, Y. 2011. Indirect interactions in a rice ecosystem: density dependence and the interplay between consumptive and non-consumptive effects of predators. *Freshwater Biology*, 54: 302-310.

14. VARIACIÓN CONQUIOLIOLÓGICA CANALICULATA

- Estebenet, A.L. y Martín, P.R. 2003. Shell Interpopulation Variation And Its Origin In *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae) From Southern Pampas, Argentina. *Journal of Molluscan Studies*, 69: 301–310.
- Estebenet. A.L.; Martín, P.R.; y Burela, S. 2006. Conchological variation in *Pomacea canaliculata* and other South American Ampullariidae (Caenogastropoda, Architaenioglossa). *BIOCELL*, 30(2): 329-335.
- Youens, A.K. y R.L. Burks. 2007. Comparing apple snails with oranges: the need to standardize measuring techniques when studying *Pomacea*. *Aquat Ecol*, 42: 679-684.

15. OTROS

- Ampuero, A. 2013. Diferenciación morfológica de las especies de “Churo” (Mollusca, Caeno Gastropoda: *Pomacea* spp.) comercializadas en Iquitos. Tesis en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú. *Revista de Biología Tropical*, 51(3): 225-284.
- Cazzaniga, N.J. 2002. Old species and new concepts in the taxonomy of *Pomacea* (Gastropoda: Ampullariidae). *BIOCELL*, 26(1): 71-81.
- Cowie, R.H. 1997. Patterns of introduction of non-indigenous non-marine snails and slugs in the Hawaiian Islands. *Biodiversity and Conservation*, 7: 349-368.
- Cowie, R.H. 2000. Non-indigenous land and freshwater molluscs in the islands of the Pacific: conservation impacts and threats. En: *Invasive species in the Pacific: A technical review and draft regional strategy*. South Pacific Regional Environment Programme. 143-172.
- Cowie, R.H. y Thiengo, S.C. 2003. The apple snails of the Americas (Mollusca: Gastropoda: Ampullariidae: *Asolene*, *Felipponea*, *Marisa*, *Pomacea*, *Pomella*): a nomenclatural and type catalog. *Malacologia*, 45: 41–100.
- Cowie, R.H. 2005. The Golden Apple Snail: *Pomacea* species including *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822) (Gastropoda: Ampullariidae): DIAGNOSTIC STANDARD. Center for Conservation Research and Training, University of Hawaii. USA. Disponible en: [<http://www.planthealthaustralia.com.au/wp-content/uploads/2013/03/Golden-apple-snail-DP-2005.pdf>]
- Cowie, R.H.; Hayes, K.A.; Tran, C.T. y Levin, P. 2007. Distribution of the invasive apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) in the Hawaiian Islands (Gastropoda: Ampullariidae). *Bishop Museum Occasional Papers*, 96: 48-51.
- Darrigran, G.; Damborenea, C.; y Tambussi, A. 2011. *Pomacea canaliculata* (Mollusca, Gastropoda) in Patagonia: potential role of climatic change in its dispersion and settlement. *Braz. J. Biol.*, 71(1): 9-13.
- Donnay, J. y Beissinger, S.R. 1993. Apple Snail (*Pomacea doliodes*) and Freshwater Crab (*Dilocarcinus dentatus*) Population Fluctuations in the Llanos of Venezuela. *Biotropica*, 25(2): 206-214.
- Fasulo, T.R. 2011. Apple snails of Florida *Pomacea* spp. (Gastropoda: Ampullariidae). Disponible en: [<http://edis.ifas.ufl.edu/in598>]
- FWC. Non-native applesnails in Florida. Ficha divulgativa. Florida Fish and Wildlife Conservation Commission (FWC).

- Hayes, K.A., Joshi, R., Thiengo, S.C. y Cowie, R.H. 2008. Out of South America: multiple origins of non native apple snails in Asia. *Diversity and Distrib.* 14: 701–712.
- Howells, R.G., y J.W. Smith. 2002. Status of the apple snail *Pomacea canaliculata* in the United States. Pág. 86-96 en: T. Wada, Y. Yusa, and R.C. Joshi. Proceedings of a Special Working Group on the golden apple snail (*Pomacea* spp.). Seventh International Congress on Medical and Applied Malacology, Los Baños, Philippines, October 2002. 157 pp.
- Howells, R.G. 2005. Invasive Apple snails in Texas: Status of these Harmful snails Through spring. Texas Parks and Wildlife Department. 1-2.
- Howells, R.G., Burlakova, L.E., Karatayev, A.Y., Marfurt, R.K. y Burks, R.L. 2006. Native and introduced Ampullariidae in North America: History, status and ecology. *Global advances in ecology and management of golden apple snails.* 41 pp.
- Jackson D. y Jackson, D. 2009. Registro de *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822) (Ampullariidae), molusco exótico para el norte de Chile. *Gayana*, 73(1): 40-44, 2009.
- Karatayev, A.Y.; Burlakova, L.E.; Karatayev, V.A. y Padilla, D.K. Introduction, distribution, spread, and impacts of exotic freshwater gastropods in Texas. *Hydrobiologia*, 619: 181–194.
- Kenji, I. 2003. Expansion of the Golden Apple snail, *Pomacea canaliculata*, and features of its habitat. *Extension Bulletin Food and Fertilizer Technology Center*, 540.
- Lach, L. y Cowie, R.H. 1999. The spread of the introduced freshwater apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullariidae) on O‘ahu, Hawai‘i. *Bishop Museum Occasional Papers*, 58: 66-71.
- Martin, D.A. 2009. Hawaii Taro. U.S. Department of Agriculture National Agricultural Statistics Service, Honolulu. February. 2-4.
- Matsukura, K. y Wada, T. 2007. Environmental factors affecting the increase of cold hardiness in the Apple snail *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae). *Appl. Entomol. Zool.*, 42(4): 533–539.
- Matsukura, K.; Tsumuki, H.; Izumi, Y. y Wada, T. 2008. Changes in chemical components in the freshwater Apple snail, *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae), in relation to the development of its cold hardiness. *Cryobiology*, 56(2008): 131–137.
- Matsukura, K.; Tsumuki, H; Izumi, Y. y Wada, T. 2009a. Temperature and Water Availability Affect Decrease of Cold Hardiness in the apple Snail, *Pomacea canaliculata*. *Malacologia*, 51(2):263-269.

- Matsukura, K.; Tsumuki, H.; Izumi, Y. y Wada, T. 2009b. Physiological response to low temperature in the freshwater apple snail, *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae). *The Journal of Experimental Biology*, 212: 2558-2563.
- NPAG 1998. NPAG DATA: *Pomacea canaliculata*, golden apple snail. 7 de mayo de 1998.
- Rawlings, T.A., Hayes, K.A., Cowie, R.H. y Collins, T.M. 2007. The identity, distribution, and impacts of non-native apple snails in the continental United States. *BMCEvol.Biol.* 7, 97.
- Rumi, A.; D. E. G. Gregoric, V. Nuñez y Darrigran, G.A. 2008. Malacología Latinoamericana. Moluscos de agua dulce de Argentina. *Rev. Biol. Trop.*, 56(1): 77-111.
- Stange, L.A. 1998. The Apple snails of Florida (Gastropoda: Prosobranchia: Pilidae). *Entomology Circular*, 388. 1-2.
- Tamburi, N.E. y Martín, P.R. 2009. Feeding Rates and Food Conversion Efficiencies in the Apple Snail *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda: Ampullariidae). *Malacología*, 2009, 51(2): 221-232.
- Tanaka, K.; Watanabe, T.; Higuchi, H.; Miyamoto, K.; Yusa, Y.; Kiyonaga, T. et al. 1999. Density-dependent growth and reproduction of the Apple snail, *Pomacea canaliculata*: a density of manipulation experiment in a paddy field. *The Journal of Experimental Biology*, 212: 2558-2563.
- Vera-Ardila, M.L. 2008. Lista de los géneros de moluscos terrestres de Colombia (Mollusca: Gastropoda: Prosobranchia: Mesogastropoda y Pulmonata: Stylommatophora). *Biota Colombiana*, 9 (1) 39 – 62.
- Wada, T. y Matsukura, K. 2011. Linkage Of Cold Hardiness With Desiccation Tolerance In The Invasive Freshwater Apple Snail, *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda: Ampullariidae). *Journal of Molluscan Studies*, 77: 149–153.
- Watanabe, T.; Tanaka, K.; Higuchi, H.; Miyamoto, K.; Kiyonaga, T. Kiyota, H.; Suzuki, Y. y Wada, T. 2000. Emergence of Apple snail, *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae), after irrigation in a paddy. *Appl. Entomol. Zool.*, 35(1): 75-79.
- Wood, T.S., Anurakpongsatorn, P., Chaichana, R., Mahujchariyawong, J. y Satapanajaru, T. 2006. Heavy predation on freshwater bryozoans by the golden apple snail, *Pomacea canaliculata* Lamarck, 1822 (Ampullariidae). *The Natural History Journal of Chulalongkorn University*, 6(1): 31-36.
- Yoshida, K.; Hoshikawa, K.; Wada, T. y Yusa, Y. 2009. Life cycle of the apple snail *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda: Ampullariidae) inhabiting Japanese paddy fields. *Appl. Entomol. Zool.*, 44(3): 465–474.

- Yusa, Y. 2001. Predation on Eggs of the Apple Snail *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae) by the Fire and *Solenopsis geminata*. *Journal of Molluscan Studies*, 67: 275-279.
- Yusa, Y.; Sugiura, N. y Wada, T. 2006. Predatory potential of freshwater animals on an invasive agricultural pest, the apple snail *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae), in southern Japan. *Biological Invasions*, 8: 137–147.

16. ESPAÑA

Andree, K.B., Lopez, V., Altaba, C. y Lopez, M.A. 2010. First Report of the Invasive Apple Snail (*Pomacea insularum*) in Europe (North Western Mediterranean). *Tentacle*, 18: 26-28.

Andree, K.B. y López, MA. 2013. Species identification from achieved snail shells via genetic analysis: a method for DNA extraction from empty shells. *Molluscan Research*, 33(1): 1-5.

Comisión Europea. 2014. Informe Final De Una Auditoría Efectuada En España Del 16 Al 20 De Septiembre De 2013 Con El Fin De Evaluar Las Medidas De Control Aplicadas En Relación Con *Pomacea* .

EFSA Panel on Plant Health (PLH). 2012. Scientific Opinion on the evaluation of the pest risk analysis on *Pomacea insularum*, the island apple snail, prepared by the Spanish Ministry of Environment and Rural and Marine Affairs. *EFSA Journal*, 10(1): 2552. 57 pp. doi:10.2903/j.efsa.2012.2552. <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2552.htm>

EFSA Panel on Plant Health (PLH). 2012. Statement on the identity of apple snails. *EFSA Journal*, 10(4): 2645. 11 pp. doi:10.2903/j.efsa.2012.2645. <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2645.htm>.

EFSA Panel on Plant Health (PLH). 2013. Assessment of the potential establishment of the apple snail in the EU. *EFSA Journal*, 11(12): 3487. 50 pp. doi:10.2903/j.efsa.2013.3487. <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/3487.htm>.

EFSA Panel on Plant Health (PLH), 2014. Scientific Opinion on the environmental risk assessment of the apple snail for the EU. *EFSA Journal* 2014; 12(4): 3641, 97 pp. doi:10.2903/j.efsa.2014.3641. <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/3641.htm>

EPPO, 2012. First report of *Pomacea insularum* (island apple snail) in Spain. En: *Eppo Reporting Service*, 2: 16-17.

Generalitat de Catalunya. 2013. Pla d' acció contra el cargol (*Pomacea insularum*) al delta de L'Ebre 2013. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. 5 pp.

- Generalitat de Catalunya. 2014. Pla especial d' acció per a l'eradicaci'o del cargol poma (*Pomacea* sp). Àrea demarcada del "Delta de L'Ebre" (Província de Tarragona). Comunitat Autònoma de Catalunya 2014. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. 46 pp.
- Junta de Andalucía. *Pomacea insularum* (Caracol Manzana). Ficha divulgativa. Consejería de Agricultura, pesca y medio ambiente. Dirección General de Producción Agrícola y Ganadera. Servicio de Sanidad Vegetal.
- Korycinska, A.; y Eyre, D. 2012. Apple snails, *Pomacea* species. The Food and Environment Research Agency (Fera). November.
- López MA, Lòpez V, Alàs J y Martínez, D. 2009: Anàlisi de la presència i distribució del caragol poma (*Pomacea* sp.) al Delta de l'Ebre. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Generalitat de Catalunya. 51 pp.
- López, J.; Quiñonero, S. y Tarruella, A. 2009. Presencia masiva de *Pomacea* cf. *canaliculata* (Lamarck, 1822) (Gastropoda: Ampullariidae) en el Delta del Ebro (Cataluña, España). *9. 3(1-2): 117-121*.
- López, M.A., Altaba, C.R., Andree, K.B. y López, V. 2010. First invasion of the Apple snail *Pomacea insularum* in Europe. *Tentacle, 18: 26-28*.
- MAGRAMA. 2012. Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras, Fam. Ampullariidae. <http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies-amenazadas/Fam._Ampullariidae_2013_tcm7-307134.pdf> [Consulta: 15 de julio de 2014].
- MAGRAMA. 2013. Protocolo de prospecciones del género *Pomacea* (Perry). Subdirección general de Sanidad e Higiene Vegetal y Forestal, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- MMAMRM, 2011. Pest Risk Analysis on the introduction of *Pomacea insularum* (d'Orbigny, 1835) into the EU. Dirección general de Recursos agrícolas y ganaderos, Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino.
- Oscoz J, Tomás P y Durán C. 2010. Review and new records of non-indigenous freshwater invertebrates in the Ebro River basin (Northeast Spain) *Aquatic Invasions. 5(3): 263-284*.
- Pérez Pons. M. 2013. Archivada la causa contra la empresa que propagó el caracol manzana en el Ebro. *El País, 26/10/2013*. http://ccaa.elpais.com/ccaa/2013/10/25/catalunya/1382729239_084539.html [Consulta: 15 de julio de 2014].

- Plaza T y Galimany G. 2013. El caracol manzana, una nueva plaga del cultivo del arroz. *VidaRURAL* 370: 50-56.
- Qui, J.W. y K.L. Kwong. 2009. Effects of macrophytes on feeding and life-history traits of the invasive apple snail *Pomacea canaliculata*. *Freshwater Biology*, 54: 1720-1730.
- Quiñonero, S. y López, J. 2013. Moluscos dulceacuícolas invasores del Delta del Ebro (Cataluña, España). *Spira* 5 (1-2): 59-71.

17. RECURSOS ELECTRÓNICOS:

- <http://www.seo.org/2013/09/02/seobirdlife-combate-a-mano-el-caracol-manzana-en-el-delta-del-ebro/>
- <http://www.seo.org/2013/09/02/el-caracol-manzana-una-terrible-especie-invasora-amenaza-el-delta-del-ebro/>
- http://ccaa.elpais.com/ccaa/2013/10/21/catalunya/1382386788_948063.html
- <http://www10.gencat.cat/gencat/AppJava/cat/actualitat2/2013/31021pladelluitacontraelcargolpoma.jsp>
- <http://www20.gencat.cat/portal/site/DAR/menuitem.5fbcc9934b5f463053b88e10b031e1a0/?vgnextoid=ca84cf7db5caa310VgnVCM1000008d0c1e0aRCRDyvgnextchannel=ca84cf7db5caa310VgnVCM1000008d0c1e0aRCRDyvgnextfmt=default>
- http://www.iagua.es/noticias/especies-invasoras/13/10/21/cataluna-presenta-el-plan-de-lucha-contra-el-caracol-manzana-que-se-aplicara-en-el-delta-de?quicktabs_empleo_licitaciones_tabbed=0