Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.), nº **54** (30/6/2014): 443–458.

TRAMPA AUTOMÁTICA LAMINAR SELECTIVA DE LUZ ACTÍNICA PARA LA ATRACCIÓN DE INSECTOS

Rafael Magro

C/ García Morato 23, 9º Ñ, 47007, Valladolid (España) - correolaboratorio@yahoo.es

Resumen: Se presenta un modelo de trampa de luz basada en paneles con láminas transparentes para la captura de insectos con fototaxismo positivo. El sistema de iluminación utiliza dos tipos de luz fluorescente actínica que cubren un alto rango del espectro ultravioleta. El diseño de la trampa permite seleccionar por grosor los especímenes que se desea penetren en su interior. Se dan instrucciones detalladas para su construcción. Se incluyen planos pormenorizados tridimensionales y bidimensionales del prototipo de cuarta generación que hemos denominado 'Trampa laminar'. El conjunto se puede utilizar para estudios de faunística y control biológico.
Palabras clave: Insecta, trampa laminar selectiva, luz actínica.

Selective laminar automatic actinic light trap to catch insects
Abstract: A new model of light trap is presented. The trap is based on transparent sheets and catches insects with positive phototaxis. The lighting system uses two types of actinic fluorescent light which cover a high range of the ultraviolet spectrum. The trap designed so that it can be adjusted to select specimens according to their thickness. Detailed instructions to build it are given, including three-dimensional and two-dimensional detailed plans of the fourth generation prototype, which we have called "Laminar trap". The set can be used in faunistic studies and biological control.
Key words: Insecta, selective laminar trap, actinic light.

Introducción

Durante una prospección lepidopterológica nocturna en un biotopo de Valladolid, dado lo exiguo del material que acudió a la luz y el poco éxito las pesquisas, decidimos colocar una pantalla en un lugar conocido en la provincia de Zamora en busca de lepidópteros que volaban a altas horas de la noche. Cuando llegamos, entorno a la madrugada, encontramos casualmente al lepidopterólogo Don Tomás Molina, que ya había colocado varias trampas. Unas con embudo, similares al tipo descrito por Fernández-Rubio basado en Heath (1965), (Fernández-Rubio, 1985 y 1992), y otras de un modelo del que teníamos noticia pero que nunca habíamos visto. Estas trampas se componían de cuatro bastidores de aproximadamente 1 m^2 y una tapadera de aglomerado del mismo tamaño. En dichos armazones se habían colocado solapadas horizontalmente sendas fajas de malla metálica ondulada de tal manera que entre las mismas existía una separación de no menos de 15 mm de grosor y unos 150 mm de anchura. Los cuatro bastidores estaban dispuestos formando un cubo y la tapadera con una batería encima que con su peso daba soporte y consistencia al montaje. El conjunto colocado en una peana. En el interior, pendiendo de la parte alta de la tapadera opaca estaba colocado verticalmente un tubo de luz negra de 8 W. Todo el módulo pintado de color oscuro. La idea era similar a la de las trampas convencionales para moscas donde son atraídas por medio de la luz hacia unos filamentos con alto voltaje, pero de mayor tamaño tanto las franjas metálicas de separación como y el volumen del tetraedro. En un principio el sistema nos pareció demasiado grande y tosco para la atracción de lepidópteros en nuestras latitudes y algo engorroso su transporte y montaje, pero la idea subyacente se nos antojó original y digna de investigación. El propósito de este artículo es mostrar el desarrollo y evolución de un nuevo modelo de trampa que mejora las prestaciones sobre todo en lo concerniente a la atracción de insectos, particularmente lepidópteros, con respecto a las trampas tradicionales de embudo y pantallas de tela.

Material y métodos

HISTÓRICO Y EVOLUCIÓN DE LOS PROTOTIPOS

Desarrollamos aquí este elenco histórico en vez de limitarnos a la descripción del resultado final, porque pensamos que varias de las ideas aplicadas durante el proceso y que no se usan en el cuarto prototipo de trampa laminar, no son en absoluto desechables y el lector pudiera hallar provecho en los métodos y usos planteados para continuar con el perfeccionamiento y la evolución del sistema posteriormente presentado.

DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO DE PRIMERA GENERACIÓN

Partiendo como referencia de las trampas de Don Tomás, se realizó un modelo similar y se probó varias noches. Esta trampa de cuatro bastidores metálicos formaba un tetraedro que medía aproximadamente 1 metro cúbico y debajo una peana de aglomerado. Inmediatamente percibimos que el montaje de tantas piezas era laborioso, por lo que adquirimos unos tetraedros de tubo cuadrangular como los que se encuentran en el mercado para la realización de mesas-nido cúbicas. Estos se arman con tornillería en unos minutos, pero no están diseñados para montarlos y desmontarlos continuamente y, en cualquier caso, esta operación hubiera resultado aún más engorrosa que usar los primeros bastidores independientes. El tamaño de la estructura ocupaba gran cantidad de espacio en el vehículo, por lo que el transporte de varios módulos se hacía muy engorroso. Como peana realizamos una caja de aglomerado donde colocamos, por primera vez, la batería en su interior. Las membranas eran de malla de acero cadmiado.

Los ejemplares se colectaban quitando una madera que estaba colocada en el techo del cubo. De esta pieza pendía colgado de un cáncamo un tubo de luz ultravioleta. Optamos por el uso de este montaje de manera provisional para comprobar si este tipo de trampa pudiera mejorar los sistemas de atracción más habituales y evaluar si el método era merecedor de inversión crematística y de tiempo para la elaboración de estudios futuros. Tras experimentar con el prototipo durante unas jornadas, en efecto parecía proporcionar ciertas ventajas en lo referente a la atracción de lepidópteros, pero también algunos inconvenientes en comparación con las de embudo o con las pantallas. El escueto y aparente éxito de esta prueba nos estimuló a la construcción de una primera serie de tres trampas diferentes, evolución axiomática de la línea conceptual de paneles de membrana.

DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO DE SEGUNDA GENERACIÓN

Se trataba de un bastidor rígido de listón de acero en forma de paralelepípedo rectangular cuya cara más grande medía 500 x 400 mm y la pequeña 250 x 400 mm. El conjunto poseía una puerta con bisagras y resbalón y una tapadera fija y opaca con asideros que cerraba la trampa por su parte alta. Cada trampa llevaba una numeración. En el interior del basamento se ubicó la batería en un doble fondo de manera que la parte alta de la estructura era telescópica y se empotraba o extraía de la peana hueca. Cuando se desenvainaba el armazón superior del cajón, en la cara de arriba había cuatro pernos con un pequeño picaporte que giraba un óvalo metálico que cuando alcanzaba su diámetro más largo proporcionaba apoyo al bastidor superior y a la estructura de mallas, de esta manera la parte alta quedaba en su posición óptima para su funcionamiento, es decir, el plano inferior del chasis rectangular alineado al de la altura del basamento. La trampa poseía una puerta con tirador, bisagras y un sistema de cierre tipo resbalón. En cada una de las tres caras del armazón metálico y en la puerta se colocaron cuatro bandas solapadas en tejadillo de retícula de tejido fibra de vidrio elástico. Malla que recubierta de polivinilo, con una luz de 0.3 m alcanzaba una gran resistencia a la par que era muy suave al contacto, evitándose de esta manera el deterioro de los lepidópteros con el roce de los mismos sobre la de malla de acero, detalle que se había observado en la primera tentativa de trampa. La iluminación, que se colocó en la parte interior superior de la trampa debajo de la tapadera, consistía en un tubo de luz negra de 16 W que se encendía mediante la conexión a unos bornes, unas pinzas de cocodrilo y un interruptor manual. En la parte media de la base de la trampa se realizó una especie de laberinto simétrico, parecido al que se utiliza en las cajas de colección de minerales para realizar separaciones entre ejemplares. En el mismo se ubicaron 12 pequeños recipientes de cocina de polivinilo de diferentes tamaños con tapadera identificativa por un código numérico y un código de color para cada trampa. Los insectos penetraban atraídos por la luz a través de las aperturas horizontales de las fajas de malla, volaban hacia la luz y caían en los recipientes, que al poseer su interior muy pulido y haberse limpiado con aceite de silicona, no proporcionaban agarre suficiente en sus paredes verticales, haciendo imposible la huida de los especímenes. Al mismo tiempo, su pequeño tamaño, la mayoría aproximadamente de 50 x 50 mm de base, imposibilitaba el despegue a una buena cantidad de ejemplares voladores. Si se optaba por la captura presencial de ejemplares, bastaba abrir la puerta y cerrar uno de ellos con su tapadera para llevarse el espécimen de estudio y reemplazar el recipiente con otro de la misma envergadura. No se utilizó ningún tipo de veneno evaporable o anestésico, como es habitual en las trampas de embudo. La trampa se pintó con cloro-caucho, recubrimiento muy resistente a la humedad y al agua. En principio, no se colocaba tela en el suelo debajo de la misma, pero resultó tras varios ensayos, que su uso atraía más insectos hacia las mallas superiores. Muchos de los ejemplares que acudían a la trampa pero que no penetraban en su interior permanecían posados en esta tela hasta el amanecer y eran más visibles en el tejido blanco que en el suelo, es decir, menos miméticos. El tejido utilizado, de Nylon® impermeable blanco brillante, se ensuciaba poco, era de fácil lavado y tenía gran resistencia, similar al utilizado en las cortinas baño de calidad. Las trampas se transportaban con la ayuda de un carrito a la ubicación definitiva en el campo, se extraía el bastidor superior embutido en la base de doble fondo y se fijaba con unas placas giratorias. Para su funcionamiento bastaba conectar los cables de cada polo con su borne correspondiente, encender la luz y destapar todos los recipientes (fig. 1-2).

Sin embargo, este segundo diseño del laboratorio reveló ciertas carencias y problemas con la práctica de campo, surgiendo varias ideas para su mejora y perfeccionamiento. Se procedió entonces a la realización de una tercera generación de trampas diferentes muy perfeccionadas con respecto a las primeras y segundas.

DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO DE TERCERA GENERACIÓN

Partiendo del segundo modelo las modificaciones se hicieron con el fin de conseguir los siguientes propósitos: reducir su tamaño hasta el límite sin perjudicar el sistema de atracción por luz; el menor peso para evitar el uso de carritos y facilitar el acceso a lugares escarpados; el mínimo mantenimiento y limpieza, sobre todo en lo concerniente a la malla de fibra de vidrio con polivinilo, que aunque muy resistente son muy pocos los adhesivos efectivos y la falta de agarre provocaba desprendimientos del bastidor y constantes cuidados; procurar disminuir el ondulación en forma de 's' de las fajas de retícula que provocaba atascos de los insectos en las zonas no paralelas; que las mismas conectadas durante 8 horas no agotasen la fuente de energía al menos durante 12 noches; que el tipo de luz abarcase la longitud de onda más amplia; cambiar la ubicación de la luz para procurar que la misma se difundiera en la mayor cantidad de direcciones posibles; que el establecimiento y desinstalación fuera lo más rápido; el menor número de piezas sueltas; reducir el número de ejemplares que consiguen escapar diagonalmente. Para dar solución a dichas contingencias las trampas se modificaron sustancialmente en esta tercera generación. Miden 470 x 210 mm de base del paralelepípedo y 400 mm de altura, después de varios ensayos se considera que es la media menor que no afecta a la atracción de los insectos. La estructura de la parte superior se fabricó en madera de abeto ruso muy resistente a la humedad y muy ligera, disminuyendo a la mitad el peso con respecto a la segunda generación. Se integró al aparato un faldón de cuatros láminas y cuatros telas impermeables. Éste tiene la funcionalidad de que a través de cuatro bisagras de piano de aluminio funciona como la tela en el suelo y a la vez como sistema de empaquetado y protección que al plegarse cierra el aparato. Las telas de Nylon® están cosidas con tiras adhesivas de Velcro® y pueden extraerse para eventual lavado. Se sustituyó la malla de fibra de vidrio por láminas de metacrilato

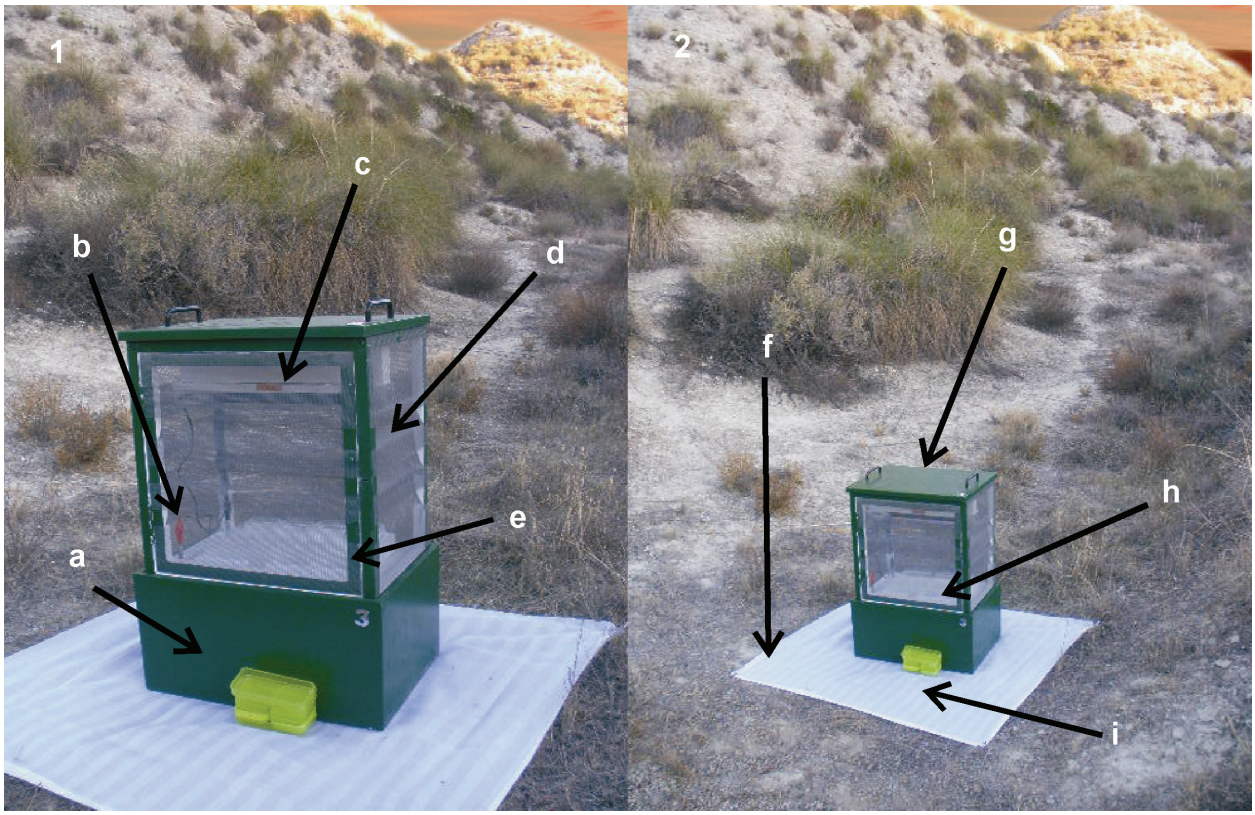


Fig.1-2. El segundo prototipo de trampa en el campo. **a:** base hueca de doble fondo donde se ubica la batería; **b:** borne de conexión de la lámpara; **c:** tubo de luz negra; **d:** malla de fibra; **e:** puerta; **f:** base de tela blanca impermeable; **g:** tapadera con asideros; **h:** base con compartimentos; **i:** tapaderas de los recipientes ubicados en el interior.

de extrusión Plexi® transparente y planas evitando el "cuello de botella" en la ondulación de las fajas no paralelas. Se integraron en la trampa dos tubos actínicos de luz de 8 W, uno de luz negra y otro de ultravioleta + más violeta, consiguiendo de esta manera abarcar el espectro de onda más amplio posible en la franja violeta. Los circuitos se conectaron de manera oculta prescindiendo de las pinzas de cocodrilo, pero se mantuvieron los bornes para la carga de las baterías. Se usó una batería de 72 ah que según la fórmula 72 ah x 12V = 864W, 864W / 8W = 108 horas, es decir 13, 5 días a 8 W y 8 horas (que en la práctica hemos utilizado hasta 18 días, debido al apagado y regeneración de la propia batería) 6,75 días a 16 W y 8 horas (que en la práctica duran aproximadamente 9 jornadas). Se prescindió de las láminas laterales evitando la fuga en diagonal de insectos, pero se incrementó la superficie de entrada a 423 cm^2 dado que aun siendo menor la franja lineal de apertura, aumentó por el alejamiento entre láminas a 15 mm. Al estar más separadas se alargó su solapamiento a 120 mm, de esta manera se evitó la salida de los ejemplares al resultarles difícil volar hacia abajo. La tapadera de la trampa se sustituyó por otra de Plexi® transparente y por lo tanto el sistema de iluminación se colocó en el centro de la base del paralelogramo prescindiendo de los recipientes. Tras probar en el campo durante unos meses tres trampas laminares del tipo descrito, aún surtieron varias ideas para su perfeccionamiento.

Descripción del prototipo de cuarta generación

Las trampas tienen el mismo tamaño que el tercer modelo, son muy parecidas y con el mismo número de láminas. Las modificaciones se realizaron para conseguir los siguientes propósitos: sustituir la conexión por medio de bornes y pinzas para la carga de la batería, que resultó ser algo engorrosa, por una clavija hembra adecuada adaptada al tipo de macho de los cargadores, pero mantener los bornes para compatibilizar con las pinzas en una eventual carga de la base en un taller de automoción; dotar a la trampa de una estación meteorológica y ubicar un sensor externo de humedad relativa en el ambiente y temperatura; incluir un sensor de carga de la batería; poner una toma externa para trabajar sin la fuente de alimentación, es decir con la trampa conectada por cable a la red eléctrica y su necesario transformador entre corriente alterna, 125V, 220V y continua 12 V; colocar un selector para bifurcar estas operaciones; añadir a las trampas un sistema no presencial en el encendido de las luces con un interruptor crepuscular y un potenciómetro regulador de la luz, de manera que el encendido y apagado de la trampa fuera automático; sustitución de las láminas de metacrilato de extrusión Plexi® transparente por un material menos frio (policarbonato UV trasparente), dado que en algunas ocasiones se observó que en biotopos muy húmedos al crepúsculo o al amanecer las láminas se velaban por la condensación de la humedad ambiental, particularmente en las partes horizontales; buscar un material para las láminas más resistente al rozamiento; en el anterior modelo se observó que a la hora de limpiar el metacrilato de extrusión Plexi® se producía mucha electricidad estática lo cual dificultaba el lavado obligando a la utilización productos de limpieza antiestáticos, para las láminas se sustituyó por un tipo de plástico menos electrostático (policarbonato UV trasparente); insertar en los vértices de la tela cuatro ojales de aluminio de 25 mm para su eventual fijación al suelo con piquetas o como refuerzo para colocar peso en caso de viento;

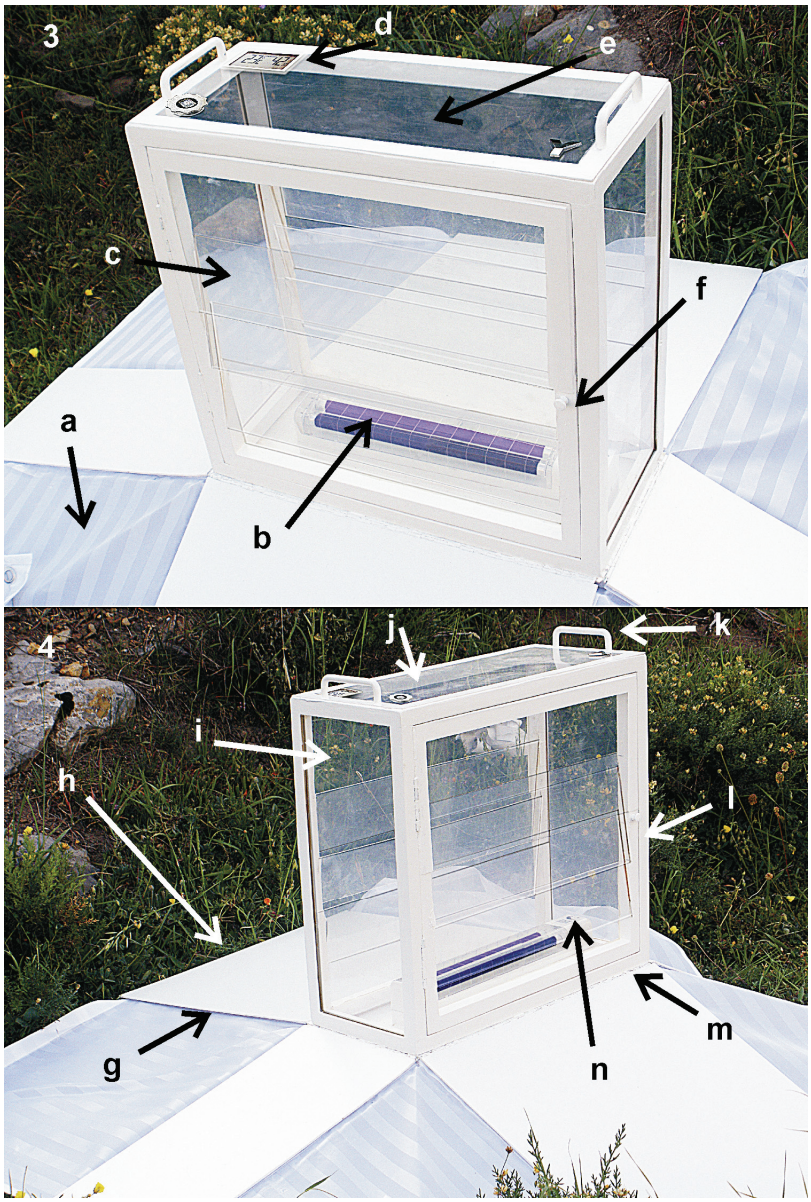


Fig. 3- 4. El cuarto prototipo de trampa en el campo. **a:** faldón; **b:** tubos fluorescentes de luz ultravioleta + violeta y de luz negra; **c:** láminas de policarbonato UV; **d:** estación meteorológica; **e:** parte superior transparente de la trampa "Y"; **f:** puerta, resbalón y tirador; **g:** unión con Velcro® entre la lámina y el tejido; **h:** lámina giratoria de la base; **i:** una lámina empotrada en la ranura de lateral; **j:** sensor de humedad y temperatura de la estación; **k:** asidero; **l:** puerta con tope, tirador y cierre; **m:** bisagra de piano; **n:** conmutador de encendido de las fuentes de luz.

con respecto a la pintura, eludir el uso de cloro-caucho que aunque muy resistente a la humedad en las anteriores trampas resultó ser delicado para los golpes y esgrafiados provocados por la maleza, cardos, etc.; añadir un sensor de proximidad y una alarma de sonido, todo para 12 V, para evitar hurtos de bípedos impunes, ahuyentar animales y localizar las trampas con luz apagada con mayor facilidad. Añadir tomas USB para el eventual uso de sopladores, lámparas y otros adminículos (fig. 3-4).

El prototipo de cuarta generación tiene las siguientes características:

Parte superior

- Un bastidor de madera de Abeto.
- Tres paneles de policarbonato UV, dos para los laterales y uno para la parte alta. Todos ellos embutidos en las ranuras de las barras de madera.
- Cara posterior y puerta con 4 láminas inclinadas y 2 paralelas de policarbonato UV.
- Una puerta con bisagras de aluminio.
- Un tirador para la puerta.
- Un cierre del tipo resbalón de aluminio.
- Un tope de puerta en la parte superior de la barra derecha interior.
- Cuatro faldones rígidos blancos de Am a modo de paneles abatibles por medio de bisagras de piano de aluminio.
- Cuatro piezas cuadrangulares de tela blanca de Nylon® unidas con Velcro® a los paneles abatibles.
- Cuatro ojales de aluminio embutidos en los las esquinas de la tela.
- Cuatro cantoneras de tela para reforzar los vértices.
- Una cincha de goma forrada para el anclaje de los paneles.
- Una estación meteorológica con pantalla.
- Sensor de humedad relativa en el ambiente y de control de temperatura con grabación de valores máximos y mínimos dentro de un intervalo de tiempo.
- Dos asas de aluminio en la parte superior para el transporte.
- Recubrimiento gliceroftálico hidrófugo de dos componentes.

Parte inferior

- Una base con mesa en la parte superior y cajón en la inferior.
- En la mesa dos bornes externos para cargar la batería con pinzas.
- En la mesa lámpara en cámara estanca de policarbonato UV trasparente, con dos tubos fluorescentes de 8 W, uno de luz ultravioleta + violeta y otro de luz negra ultravioleta pura.
- Lámpara con un conmutador para encendido y apagado de los tubos por separado y/o a la vez, es decir dos tubos, uno de luz ultravioleta + violeta y otro ultravioleta pura, un total de 16 W, o cada uno de ellos por separado con 8 W.

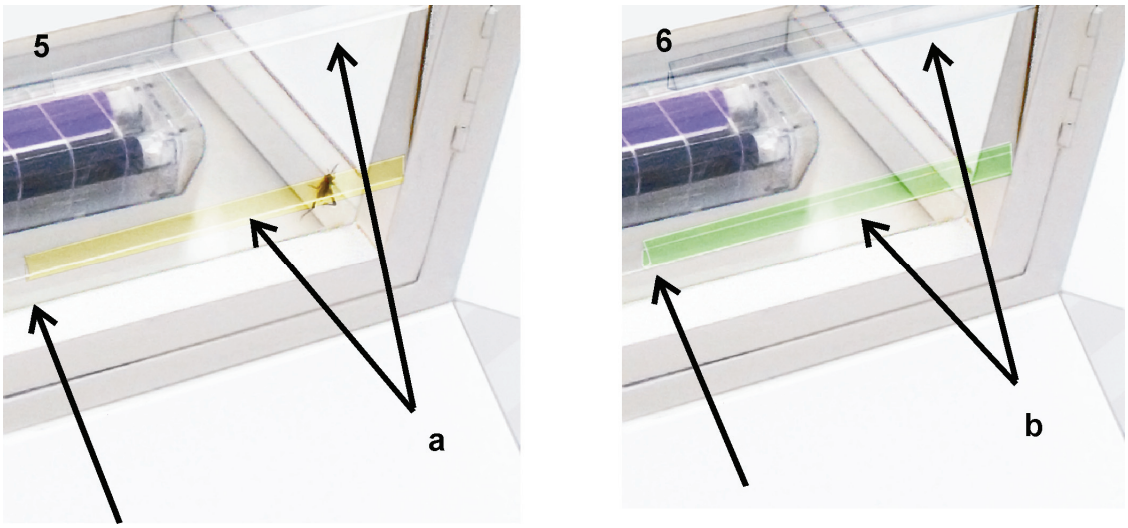


Fig. 5-6. 5: Detalle del ángulo inferior de las dos últimas láminas de la puerta de la trampa de cuarta generación donde se han colocado dos tiras de encuadernar de polivinilo. Una de ellas se ha teñido digitalmente para observar su colocación en el borde de la lámina. Igualmente, se han cortado para que se aprecie su ubicación, en el uso cotidiano las tiras recorren las láminas de lado a lado. En este caso el grosor de las barras es de 8 mm, con lo cual la luz entre las láminas es de 7 mm, por lo tanto la capacidad de captura de especímenes queda limitada a una medida menor. Son necesarias tantas barras como bordes externos de láminas, es decir 6 por trampa. **6:** Con barras de 11 mm de grosor, es decir, con una luz de 4 mm para la captura de insectos menores a este tamaño. **a** y **b:** barras extraíbles limitadoras de varios grosores.

- Un panel de control en la parte frontal inferior del centro de la base con 12 tapaderas de estanqueidad, dos de ellas con ventana transparente sellada.
- Una batería de 72 Ah a 12 V optativa.
- Una batería de 12 Ah a 12 V optativa.
- Dos arandelas de fibra anti-sulfatación en los bornes de la batería.
- Un adaptador para anclar a la base la batería más pequeña de 12 Ah a 12 V.
- Un interruptor crepuscular.
- Un sensor para el interruptor crepuscular.
- Un potenciómetro para calibración de la luz del interruptor crepuscular.
- Un transformador entre corriente alterna, 125 V, 220 V y continúa 12 V.
- Un conmutador para la bifurcación del funcionamiento general a 125 V o a 220 V.
- Selector de 8 operaciones. En este modelo sólo se utilizan la mitad, pero se montó este selector para posibles ampliaciones futuras.
- Pantalla con lente para un detector de proximidad.
- Mecanismo detector de proximidad a 12 V.
- Bocina (buzzer de una frecuencia) de alarma para 12 V.
- Potenciómetro de caudal de sonido.
- Conmutador oculto para la activación del detector de proximidad.
- Cuatro tomas USB, para conexiones a 12 V.
- Cuatro hembras de conexión de tres polos.
- Un sensor de batería con tres leds de colores indicativos del estado de la carga.
- Un panel indicativo estanco de los mecanismos y la posición del selector de operaciones.
- Seis barras de 8 mm de grosor y la anchura de las láminas para limitar la entrada al interior de la trampa a insectos de 7 mm de grosor. Seis más de 11 mm de grosor.
- Un asa adaptador para transporte y protección de la musculatura de la mano.
- Recubrimiento gliceroftálico hidrófugo de dos componentes.

Selección del tamaño de los insectos

La trampa laminar puede ser selectiva dependiendo de la separación de las hojas que la conforman. Aquí se presenta un prototipo cuya separación está estipulada en 15 mm, válida para la mayoría de los lepidópteros e insectos del viejo continente. Juntando o separando estas láminas cuando se construye la trampa, o bien utilizando unas barras de encuadernar de diferentes grosores de polivinilo transparente, se puede disminuir la separación entre ellas. De esta manera es factible limitar la entrada a la trampa, por ejemplo, con una separación de 4 mm sólo penetrarían microlepidópteros e insectos muy pequeños (fig. 5 y 6).

Fundamento de captura de los insectos por la trampa laminar

Algunos tipos de insectos no son capaces de volar en sentido vertical hacia abajo, otros como los himenópteros, dípteros, ciertos hemípteros, etc., pueden hacerlo. También hay varios que no tienen ningún inconveniente anatómico sin embargo muestran un fuerte fototaxismo positivo (atracción por la luz). Tan persuasiva les resulta esta llamada luminosa que los insectos no son capaces de evitar el vuelo hacia la fuente emisora, incluso hasta la muerte. Esto lo sabemos muy bien aquellos que como el autor, hace muchos años usamos para la captura de lepidópteros nocturnos el método de luz conocido como sistema Reticelle®, donde una buena parte de las capturas terminaban rostizadas en las llamas de gas del aparato. Este fototaxismo positivo y las características anatómicas de los insectos, son aprovechados por la trampa laminar de varias maneras. Posee dos fuentes de luz con una longitud de onda en la franja violeta muy extensa. Cuando se enciende la trampa ocurre que los insectos se sienten atraídos por la iluminación y vuelan hacia la luz pero se topan con una pantalla transparente de policarbonato UV (fig. 7). Esta pared está inclinada hacia el interior de la trampa y cubierta por otra en su parte superior a modo de tejadillo. Los ejemplares van resbalando por dicha inclinación entre la angosta cavidad y

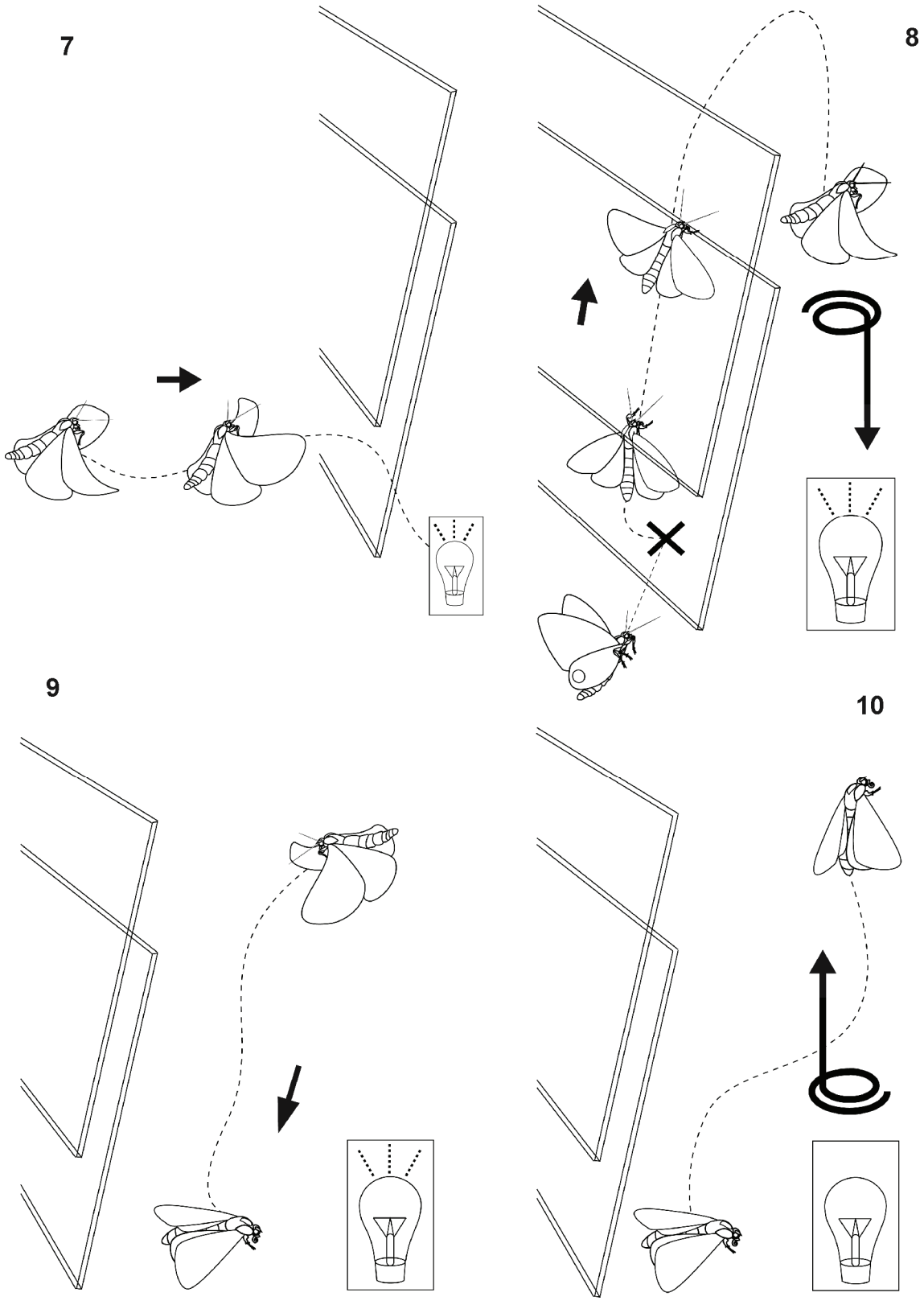
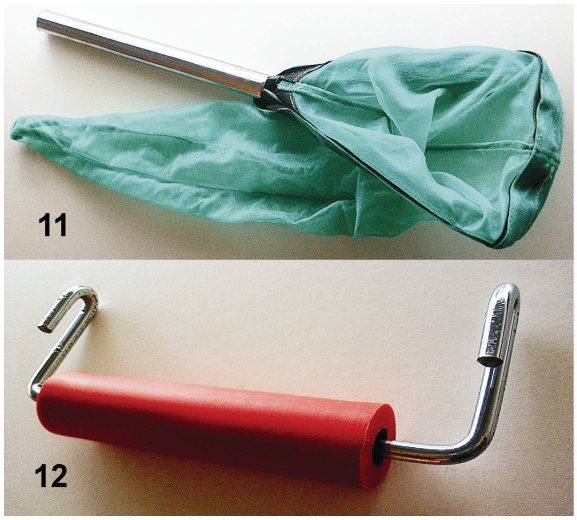


Fig. 7-10. Fundamento de captura de los insectos por la trampa laminar. La luz está representada en modo icónico por una bombilla de luz incandescente encendida o apagada, exclusivamente a efectos pedagógicos.

hasta que penetran en el interior del cubículo en cuyo centro está la fuente de luz por la que son atraídos (fig. 8 y 9). Bien por la fuerte atracción que provoca en ellos dicha iluminación, como que para aventarse los especímenes tiene que realizar maniobras hacia abajo e introducirse en sentido descendente por la ranura inclinada, la mayoría de los ejemplares quedan apresados. Incluso si se apaga la luz artificial y se espera al amanecer, casi todos los insectos suben, por lo general andando, a la parte superior y se posan en las paredes de la trampa o en la cara interior de las láminas, cerca del techo transparente, sin ser capaces de escapar de su confinamiento (fig. 10).



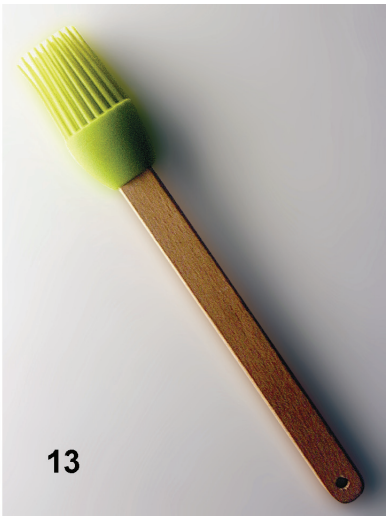


Fig. 11-13. 11: 'Mini-caza' con la base elástica de hilo de acero para trabajar en el interior de la trampa sin dañar las láminas. **12:** asa para transportar la base de la trampa. **13:** brocha blanda.

CONSTRUCCIÓN DE LA TRAMPA LAMINAR

Los materiales leñosos que se necesitan para hacer una trampa son: listones de madera ligera y resistente a la humedad (de abeto, álamo, chopo, samba, etc…); chapa prensada de Am de 3 mm; tablero de Dm de 10 mm de grosor. El material de ferretería: tirafondos, bisagras, pernos, tirador, asideros blancos, cierre resbalón, tope de puerta, tubo de aluminio 8 mm para encastrar espigas, tubo de 8 mm de cobre cromado para bornes; cuerda de acero forrado de polivinilo de 4 mm de diámetro, ojales de aluminio. Material plástico: chapa de policarbonato UV de 3 mm de grosor. Pinturas: esmalte blanco brillante de alta resistencia al desgaste y al agua, químicos, etc. Cola para madera y resina epoxi para pegar las láminas de policarbonato. Electricidad: cable, mecanismos, iluminación, baterías, etc. Corte y confección: máquina de coser, tela de Nylon® impermeable, Velcro®, hilo de Nylon®, etc. El resto de las herramientas que se necesitan son las comunes para el trabajo de madera: ingleteadora con disco de diente fino, taladro, formones, brochas, etc. Con respecto a los ojales, si no se tiene un aparato Vulcan que son caros, se pueden mandar poner a módico precio en tiendas especializadas y obradores de reparación de calzado. Se recomienda, si se me permite a cobijo de la experiencia, que se comience por la construcción del armazón de la parte superior, de este modo, si al final existe algún fallo en las medidas será mucho más fácil adaptar la base a la parte superior que no al contrario. La mayoría de las técnicas y operaciones para fabricar una trampa de este tipo no tienen ninguna dificultad. Sin embargo hay que ser especialmente cuidadoso en el ranurado de las dos barras verticales donde se van a insertar las láminas de policarbonato UV, el proceso entraña cierta dificultad debido a que suponen tres largos y delgados cortes paralelos que tienen que tener la suficiente precisión para que al montar las láminas de los laterales éstas no acusen el desfase amplificado a lo largo de 438 mm de anchura del lateral. El cableado del sensor de temperatura y humedad relativa en el ambiente se canaliza a través de la ranura del panel lateral de policarbonato UV, de tal manera que queda oculto y protegido. El resto de los conmutadores y tomas se sitúan en la pared frontal interior de la parte de abajo de la trampa En el apartado final de este artículo se facilita una imagen del panel de control, la trampa laminar y los planos de construcción de la misma, uno tridimensional con el despiece completo de las dos partes excepto los faldones, y otro detallado con las piezas más importantes en planta y alzado (anexo: fig. 30-35). Para el trabajo con estas trampas se confeccionaron varios útiles que resultaron de sumo provecho, un mini-cazamariposas triangular acometado con base elástica para no dañar las láminas y un asidero adaptador cromado externo para insertar en el cordón de acero forrado de la base, con el fin de proteger la musculatura de los dedos de la mano al transportar el cubículo de mayor peso donde se estaciona la batería. También se usó un pincel de silicona. Para la confección de los mismos se necesita tubo de aluminio, tubo de acero cromado, hilo de acero inoxidable, barra de acero cromado, barra horadada de polivinilo, tela de malla, máquina de coser, taladradora y aparato para soldar metales (fig.11-13).

USO DE LA TRAMPA LAMINAR

La ubicación de la misma ha de estar medianamente nivelada, en caso contrario calzar con piedras o con cualquier material que se tenga a mano en el campo. Colocar la parte superior sobre la base. Abrir las láminas empaquetadoras y fijar las telas, si es ineludible, con unas piedras o con piquetas a través de los ojales. Encender el sistema de iluminación y si se cree necesario el sensor de proximidad y el sensor de carga de baterías. Destapar el sensor de temperatura y humedad relativa en el ambiente. Para la limpieza del interior de la trampa se utilizó con éxito la brocha de filamentos de silicona y bateas de papel de cocina. Para guardar la trampa, el faldón de tela y las láminas inferiores se repliegan sobre si misma como si se tratase de un pañuelo por medio de las bisagras de piano. Dicho empaquetado se embrida con una cinta elástica. Se tardan muy pocos segundos en realizar esta operación (fig. 14-27).

Resultados

Cualquier valoración de la efectividad de la atracción de una trampa de luz es difícilmente cuantificable durante una noche. Basta separar dos trampas no más de 20 metros para observar que con tan irrisoria separación la primera puede resultar tremendamente efectiva y la segunda un fracaso. Si el estudio se realiza durante un periodo dilatado en el tiempo y se comparan el número de ejemplares que acuden entre diferentes modelos de trampas se puede tener una idea de su efectividad. Como es obvio, la media del número de ejemplares atraídos tanto en la ubicaciones fallidas cuanto en las acertadas tiende a equilibrase. Tras un año de uso y 69 jornadas de prospección,

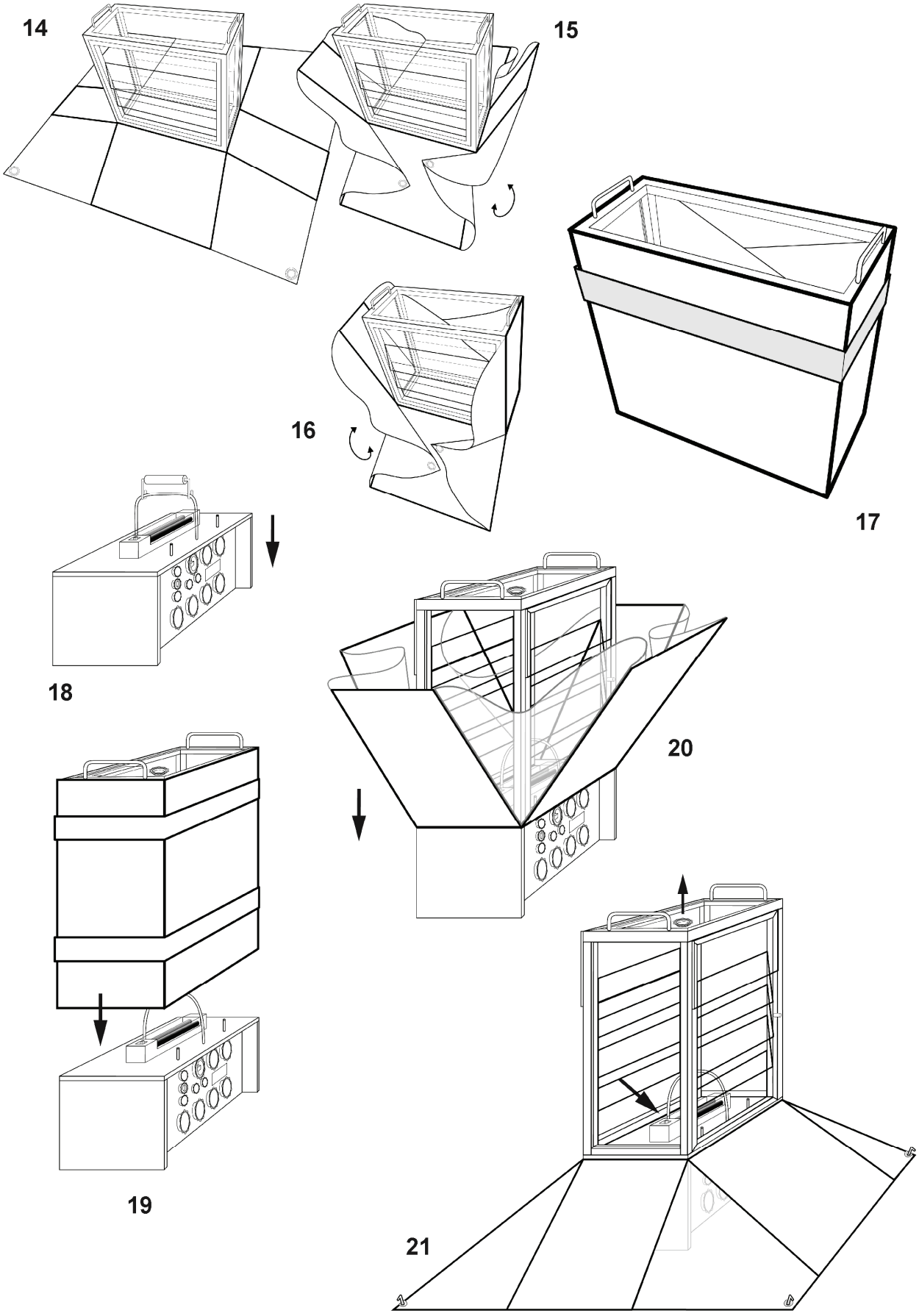


Fig. 14-17. Apertura y cierre y plegado de la tela de la parte superior de la trampa laminar. **Fig. 18-21.** Diseño y uso de la trampa laminar; **18:** Ubicación y nivelado de la base; **19:** ajuste de la parte superior a la base; **20:** apertura de los faldones y las telas; **21:** anclado de las telas, extracción de la tapa del sensor de temperatura y humedad relativa y encendido de los tubos. En el dibujo la tela frontal derecha se muestra semitransparente para que se observe como la parte baja con la fuente de alimentación y mecanismos queda encastrada, protegida y oculta.

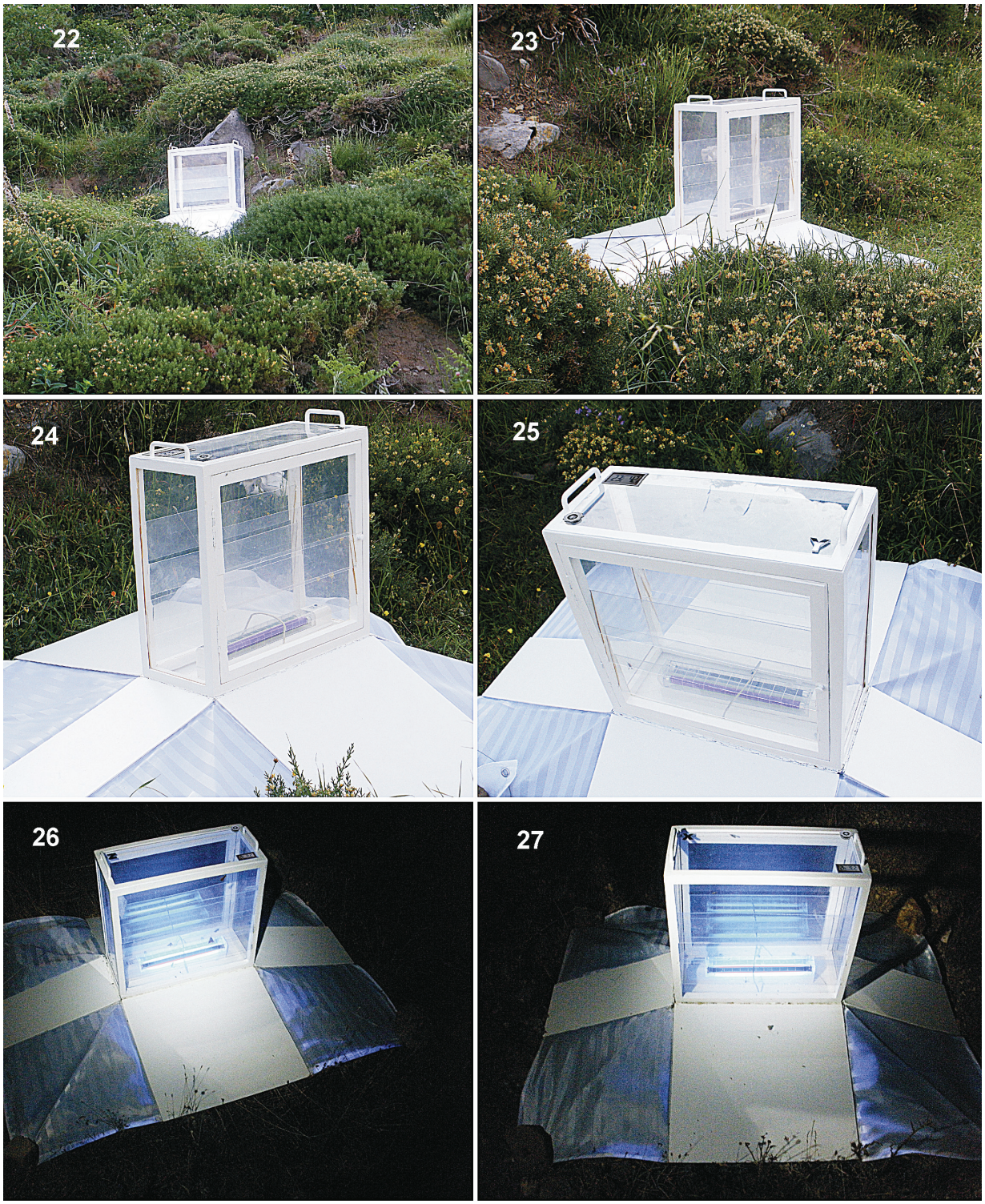


Fig. 22-27. Vistas y usos de la trampa laminar: colocadas en el campo. **22-23:** sobre la ladera de una montaña, para lo cual se han nivelado las bases; **24:** terreno irregular para uno de los faldones y llano para el resto, sin fijar; **25:** toda la estructura en llano en el momento en el que se está procediendo a su fijación; **26** y **27:** las trampas laminares nada más encenderlas a doble tubo, todavía está tapado el sensor de humedad y temperatura. Nótese, que debido a las características de dureza del terreno no se pudo anclar los faldones con piquetas por que se utilizaron piedras del terreno colocadas en los refuerzos de los vértices de la tela de Nylon®.

estamos en condiciones de aseverar que la cantidad de especímenes que captaron por separado en su interior las tres trampas laminares de cuarta generación fabricadas por nosotros a tal efecto, fue notoriamente superior al que entraron en una trampa tradicional con embudo de 35 / 4,7 cm de diámetro. Es mucho mayor la cantidad de los ejemplares que entran las trampas laminares frente a los que pasan al frasco de contención del embudo. La superficie de entrada de la base del agujero del embudo es 15,6 cm^2 y la de las ranuras de las láminas es de 423 cm^2, en decir, la del embudo es 27,11 veces menor. Esta diferencia provoca que el número de ejemplares contados en el frasco del embudo sea abrumadoramente inferior a los de las trampas laminares. Conjuntamente con las trampas laminares y la de embudo también se colocó una

pantalla vertical de 4 x 1,5 m con un tubo fluorescente de 40 W. Incluso con el uso esta fuente de luz más potente en estas pantallas, la atracción de especímenes no superó en la mayoría de la ocasiones a la de las trampas laminares (fig. 28-29).

El uso de la trampa es bastante cómodo al contar sólo con dos piezas. Su apertura y cierre muy sencillo. El trasporte de cada una de las piezas en un brazo es asequible. Para lugares más alejados se puede utilizar un carrito con ruedas. El conjunto de la parte superior pesa 4 kilogramos y el inferior con mecanismos cableado sensores, etc., pero sin batería, 5 k. La batería de 72 ah que utilizamos pesa 15 k. Si se opta por el uso de una batería de 12 ah para recarga diaria el peso es de 5 k. Debido a su versatilidad en las conexiones también se pueden utilizar las trampas laminares sin batería, siempre que exista lugar para enchufarlas. En algunas ocasiones hemos utilizado con éxito un cable de 12 metros conectado al coche. Un rollo de cable más largo resulta muy útil si se desea conectar las trampas a la red eléctrica. En cargar las baterías de 72 ah se tarda unas 12 horas, por lo que se pueden trasladar cada 9-19 días al lugar donde se esté hospedado o bien cargarlas en un taller mecánico, donde en muchas ocasiones no suelen cobrar por el servicio. Las baterías de 12 ah se cargan bastante rápido, incluso se puede utilizar el alternador de vehículo mientras está en marcha. Con una conexión adecuada y la sustitución de algunos fusibles es muy útil cargar las baterías mientras se realiza el viaje o la aproximación al lugar de estudio.

La captura de los insectos atraídos en el interior se realiza de forma manual tomándolos como si estuvieran posados en una pared, o bien capturando los que están volando en el interior con un mini-cazamariposas. No existe ningún inconveniente en abrir las trampas por un corto período de tiempo, cuando los tubos están encendidos la mayoría de los ejemplares no escapan, por lo tanto la recolección se puede efectuar de manera secuencial sin el más mínimo problema. También se pueden colocar las trampas al atardecer y volver durante los minutos previos a la claridad del amanecer para tomar los ejemplares, pero si el interruptor crepuscular ha desconectado ya la fuente de iluminación conviene volver a encender los tubos para la colecta.

Con el fin de proteger los mecanismos de las inclemencias ambientales, se usó un sistema muy eficaz a base de tapaderas de polivinilo. Las pruebas de estanqueidad se realizaron echando cubos de agua encima de la trampa y el resultado fue muy satisfactorio. No obstante, este sistema ya había sido probado con éxito durante más de 25 años en otros modelos.

Para recoger de las trampas hay que volver a dejar los ejemplares sobrantes en el mismo lugar. La aproximación a las mismas se deberá realizar con prudencia. Ha de tenerse recato de no pisar los individuos que están en el suelo y que son miméticos. Si no se hace al amanecer se pueden apagar las luces, abrir las trampas y esperar unos 15 minutos a que la mayoría de los insectos hayan salido por la puerta. Resulta muy útil colocar a distancia una fuente de luz puesto que muchos de los especímenes dejarán las trampas para dirigirse hacia ese punto. La limpieza final realizada con la brocha de silicona no daña la fauna ni las láminas de policarbonato. Igualmente, es práctico un soplador conectado a una de las tomas. Al finalizar cada expedición conviene un lavado más profundo, este se puede realizar con una manguera de agua o vaciando cubos de agua encima. Para almacenar las trampas en invierno hay que desconectar la batería y sacar las pilas de los sensores de humedad y temperatura.

Posibles líneas de investigación futura

Sería interesante afinar el sistema que se usa para que las trampas sean selectivas con algún tipo de mecanismo que hiciera las láminas basculantes y el ángulo de apertura regulable. Se ha realizado un primer intento con la colocación de un perno en el eje central de cada lámina, pero el sistema de control del ángulo de apertura debilita el conjunto del sistema y contraviene la máxima de fabricación que hemos aplicado en el cuarto prototipo: sencillez, robustez y facilidad de uso. El peso de las baterías pudiera mejorarse con elementos de última generación que, de momento, mantienen un alto precio en el mercado. En el campo de la inteligencia los sensores y mecanismos, mucho se pueden completar las trampas, por ejemplo, se está estudiando en la actualidad la posibilidad de usar tecnología inalámbrica y dotar de un puerto de comunicaciones. Ello brindaría la oportunidad de efectuar operaciones como programación del encendido, alarma, transferencia de datos de los diferentes sensores, GPS, o incluso la trasmisión de imágenes de una cámara alojada en la trampa. El análisis de estas grabaciones de imágenes, a distancia, pudiera resultar extremadamente útil en estudios de faunística. El control de todos estos parámetros de manera inalámbrica con un computador portátil y los programas adecuados para su gestión, pudieran proporcionar numerosas funcionalidades. Los aplicativos de recuento y análisis de imágenes en conjunción con la algoritmia de redes neuronales e inteligencia artificial, cada vez son más sofisticados (véase bibliografía en MAGRO: 2013), quizá en un futuro no muy lejano, simplemente con las imágenes provenientes de una cámara se puedan contar, incluso determinar automáticamente los diferentes táxones de insectos. El uso de controladoras Arduino también pudiera ser interesante. Las trampas de luz laminares modificadas con un recipiente por ejemplo, para ligamaza, o agua a la que se ha disminuido la tensión superficial, vapores tóxicos, etc., pudiera ser efectivo en el control biológico, siempre y cuando los materiales fueran más robustos, por ejemplo: sustituir la estructura de madera por acero, aluminio o carbono y las láminas de policarbonato por cristal armado o irrompible. En alguna ocasión las trampas laminares también se utilizaron sin luz, ubicando en su interior un recipiente con licor azucarado, los insectos penetraron en su interior igual que lo hicieron con la luz, pero este sistema sólo se ha probado dos jornadas por lo que sería conveniente profundizar en el tema e investigar si es compatible la atracción por luz con el uso de atractivos de olor. Pudiera ser que las especies que no acuden a la luz (mal llamadas lucífugas y que en realidad se trata de especies que presentan fototaxismo neutro), también las lucífugas (aquellas que huyen de la luz, es decir las que poseen fototaxismo negativo), inhiban su comportamiento en lo concerniente a la alimentación en recipientes con cebos azucarados en presencia de una fuente de luz. Sería igualmente interesante aclarar lo contrario, la posibilidad de que hubiera algún inconveniente del uso conjunto cebo + luz en aquellas especies que si son cautivadas por las fuentes luminosas, es decir, aquellas que presentan fototaxismo positivo. Para terminar, apuntar que ciertas propuestas que se han tanteado y desdeñado en el histórico y evolución de los prototipos pudieran resultar útiles. Nosotros no continuamos su perfecciona-

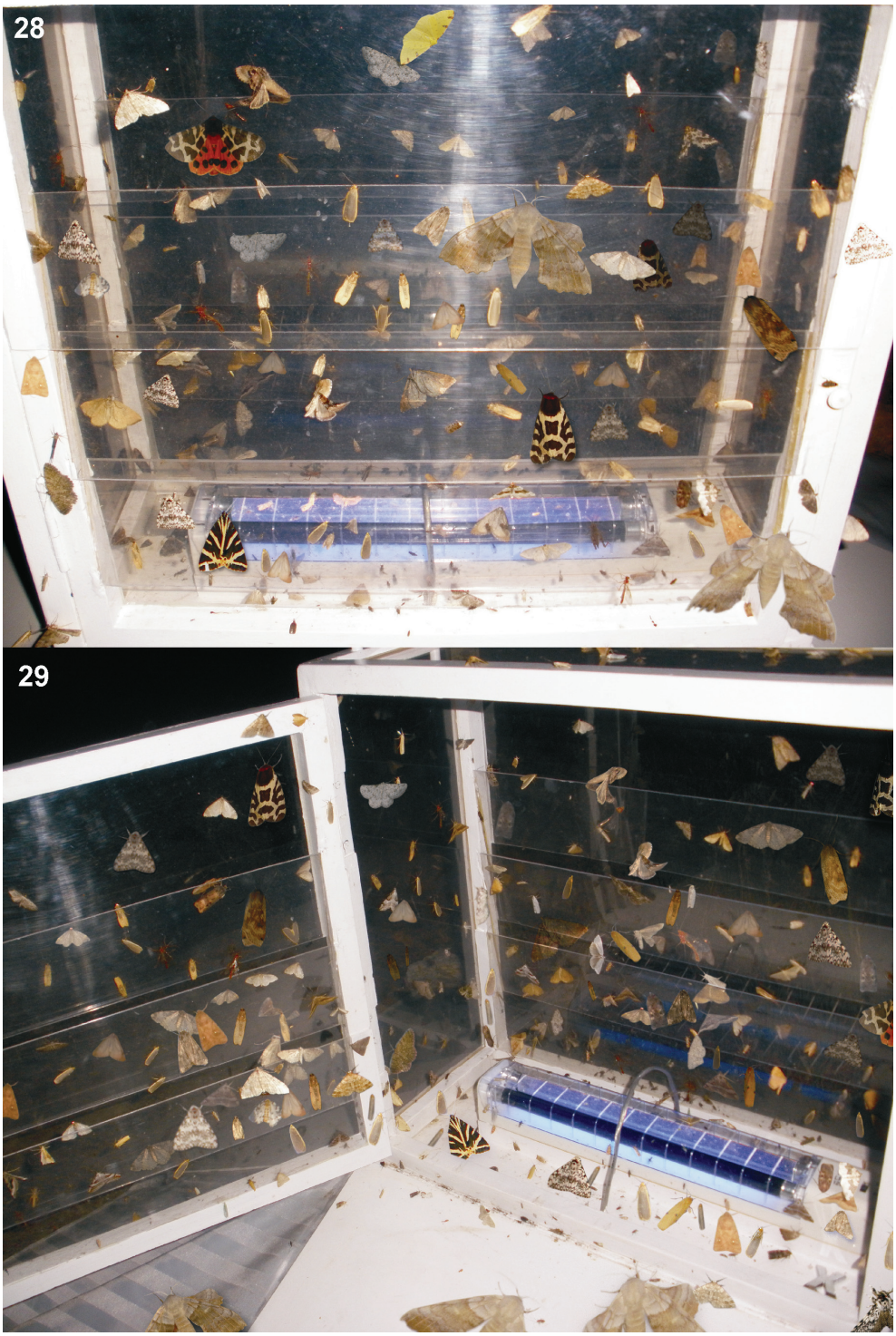


Fig. 28-29. Una trampa laminar en funcionamiento a dos tubos, sobre las 3 de la madrugada; **28:** cerrada; **29:** un poco antes en la misma noche, la trampa con la puerta abierta.

miento técnico por nuestro particular interés por los lepidópteros, pero para aquellos lectores que basen sus estudios en otros órdenes de insectos es posible que su evolución resulte de utilidad en el futuro.

Agradecimiento

A Ismael Magro que con enorme paciencia se encargó durante 40 noches de la limpieza de tres trampas laminares con los insectos atraídos al final de cada prospección entomológica, casi siempre a horas intempestivas. También mi gratitud para A. Melic.

Bibliografía

FERNÁNDEZ- RUBIO, F. 1985. Un nuevo modelo de trampa de luz portátil automática para la caza de insectos. *Boletín de la Estación central de Ecología*, **14**(28): 91- 102.

FERNÁNDEZ- RUBIO, F. 1992. Las trampas de luz automáticas para las caza de insectos. *Zapateri*, **1**(2): 79-80.

HEATH, J. 1965. A genuinely portable U.V. light tramp. *Entomologist' Record and Journal of Variation,* **77**: 236-238.

MAGRO, R, 2013. Binarización de imágenes digitales y su algoritmia como herramienta aplicada a la ilustración entomológica. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa,* **53**: 443-464.

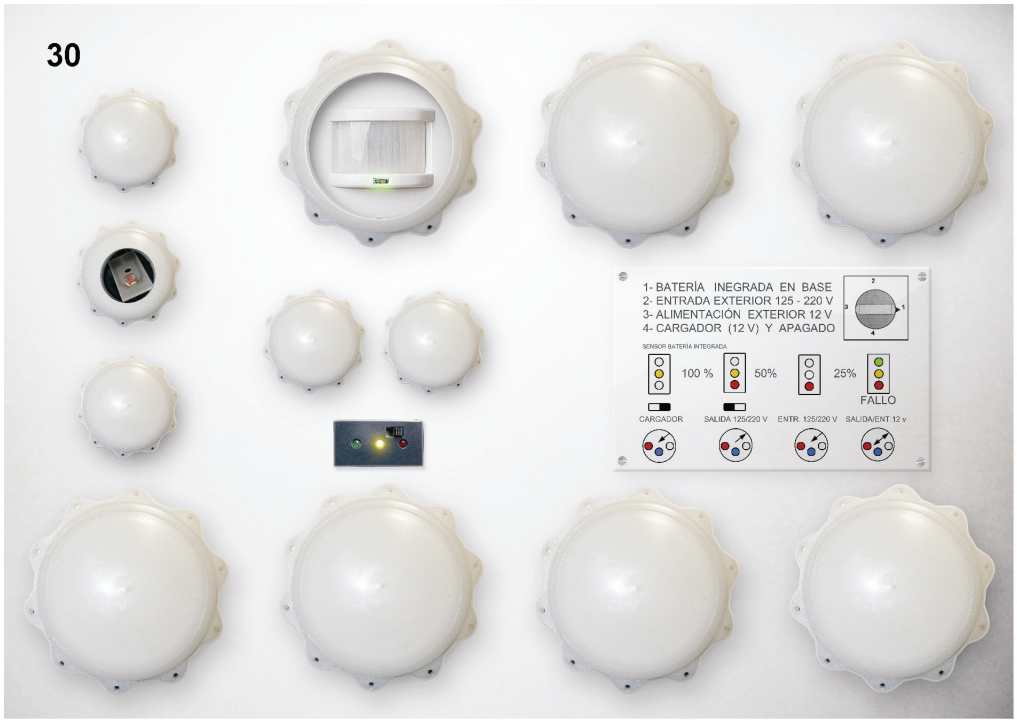


Fig. 30. Parte central del panel de control con todos los mecanismos cerrados. Este sistema con tapaderas de frascos de polivinilo resultó muy eficaz para la estanqueidad. **Fig. 31.** Parte central del panel de control con todos los mecanismos abiertos. Desde arriba de izquierda a derecha: selector 125/220 V, sensor de proximidad, tomas USB, selector de operaciones, sensor del interruptor crepuscular, buzzer, potenciómetro caudal de sonido, panel informativo, potenciómetro de caudal de luz, sensor de carga de la batería, cuatro tomas,de izquierda a derecha, entrada para la carga de la batería , salida a 125-220, entrada para alimentación exterior a 125-220, entrada y salida a 12V.

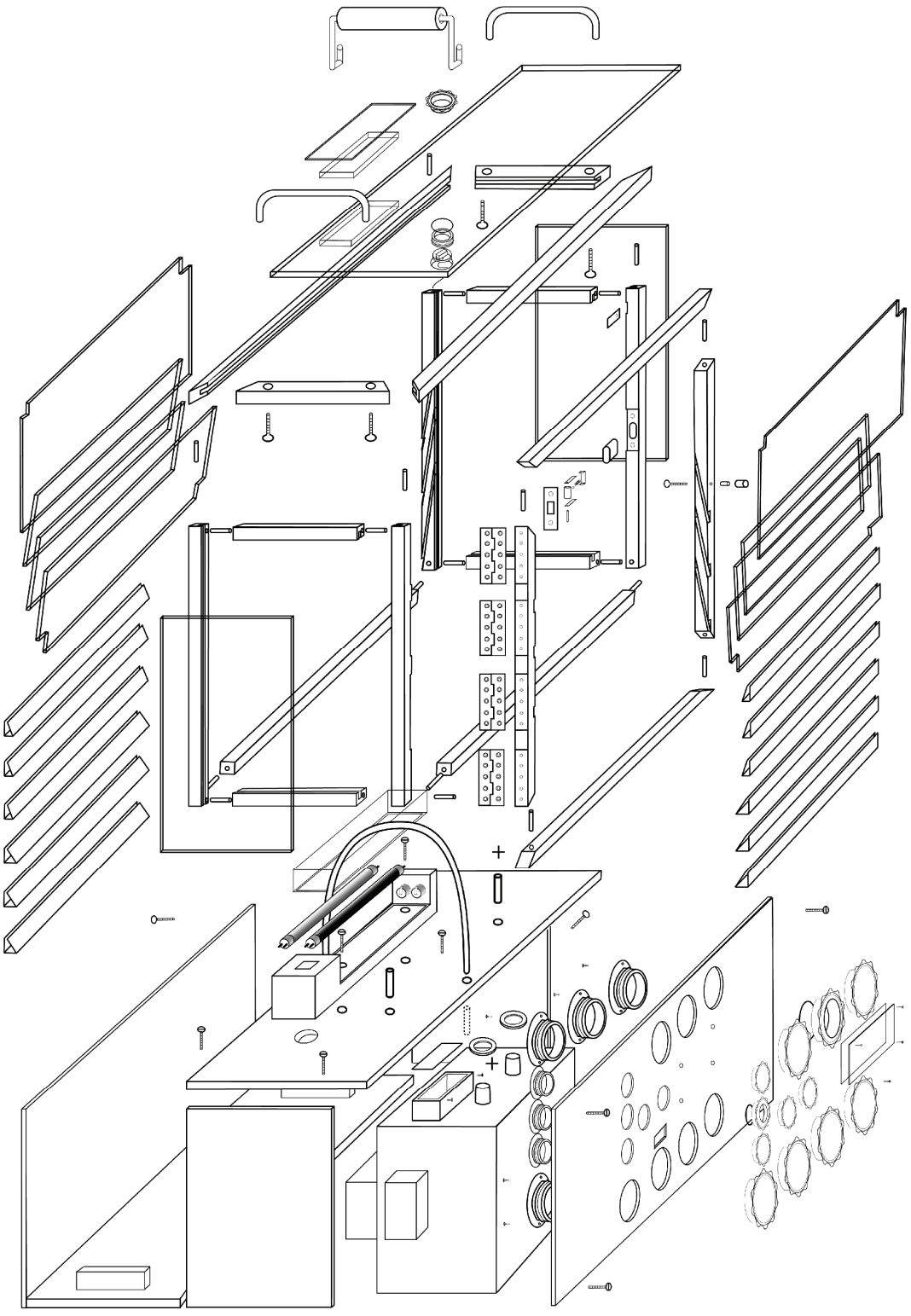


Fig. 32. Dibujo tridimensional sin fuga del despiece de la trampa laminar sin incluir faldones.

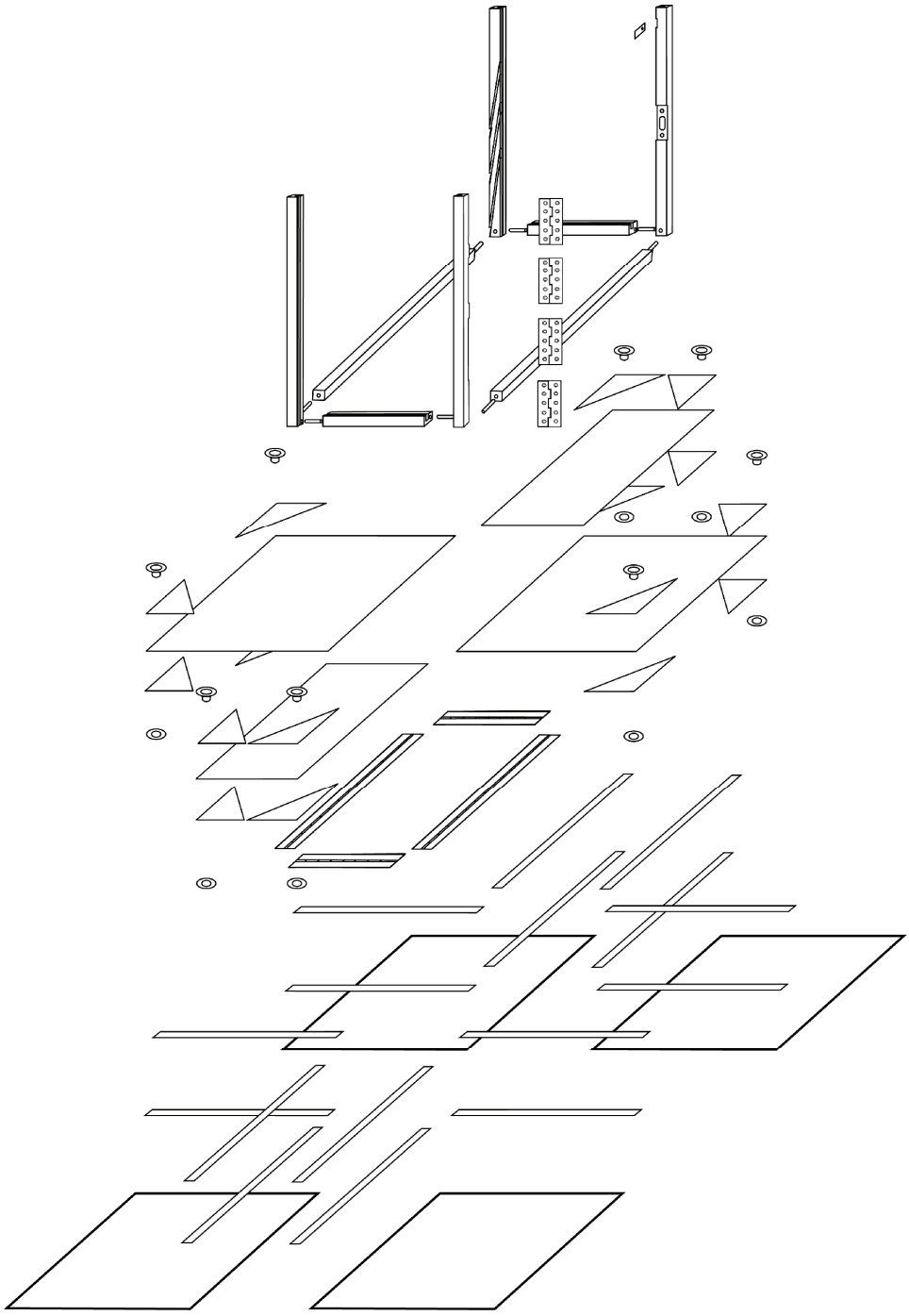


Fig. 33. Dibujo tridimensional sin fuga del despiece de la trampa: parte de los faldones. Se conserva el gráfico de la zona inferior del bastidor a efectos de referencia en el plano espacial.

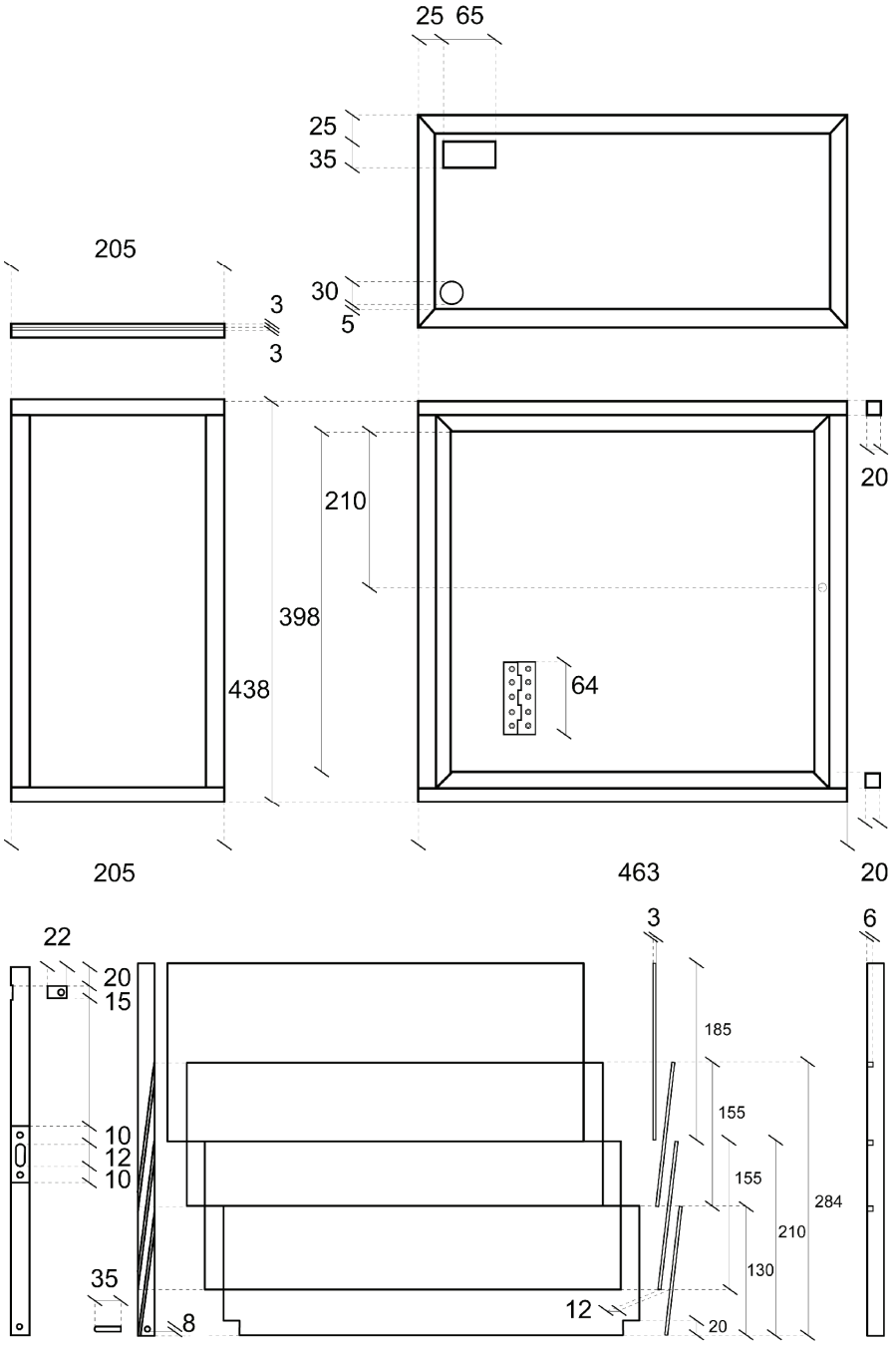


Fig. 34. Plano de la parte superior de la trampa laminar: medidas más importantes (en milímetros). Las láminas inferiores se desplazan a la izquierda para su mejor observación.

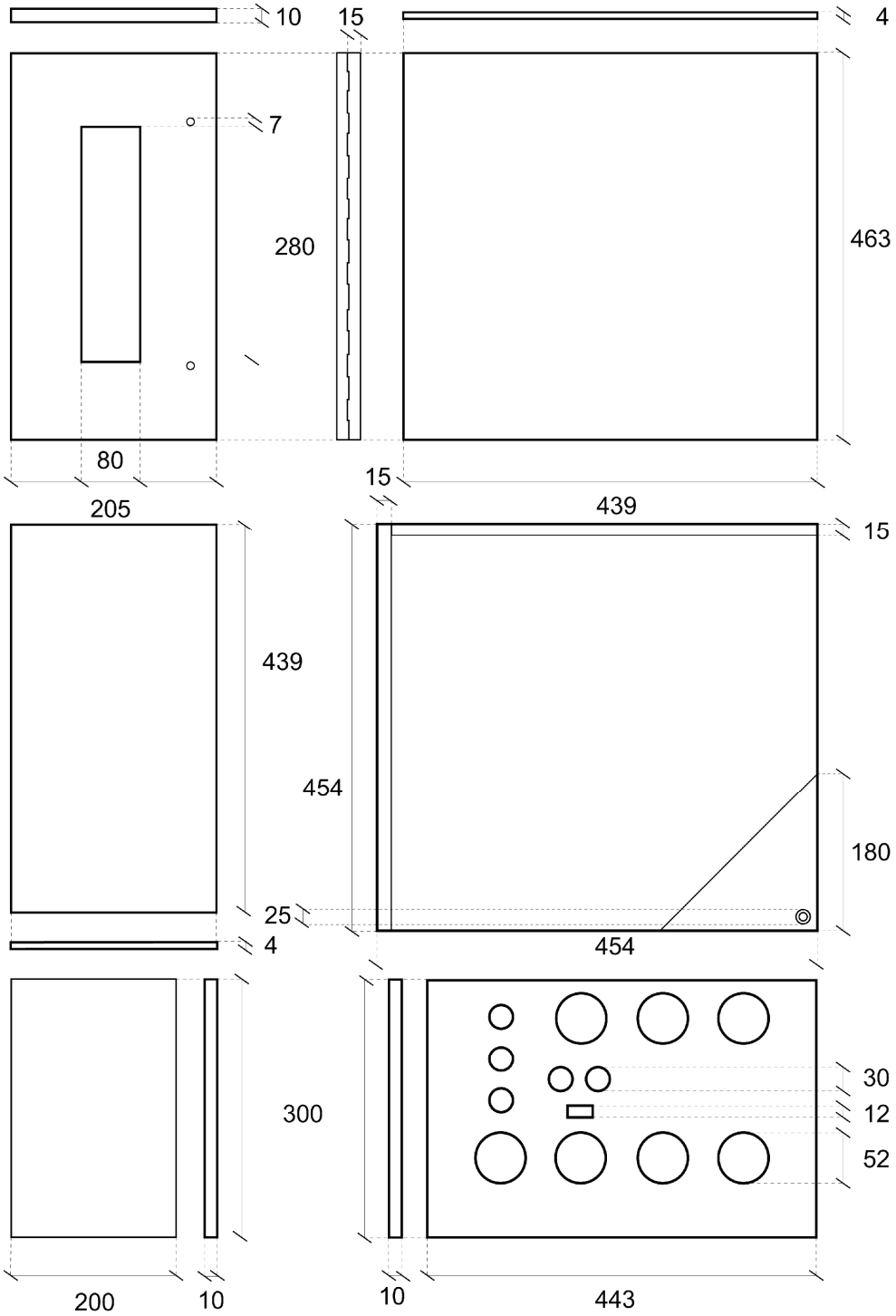


Fig. 35. Plano de la parte inferior de la trampa laminar: medidas más importantes (en milímetros).